

FESTVERANSTALTUNG

DIE GRAZER GEODÄSIE WIRD INTERNATIONAL

HELMUT MORITZ

Donnerstag, 4. 3. 2010, 11:00 Uhr s.t.
Technische Universität Graz, Aula
Rechbauerstraße 12, 1.OG

**Nachhaltige Entwicklungen
an der TU Graz und
ihre Initiatoren**

Inhalt

3 Hans Sünkel

o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn., Rektor der TU Graz
Geodäsie und Weltraumforschung

8 Helmut Moritz

Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.h.c.mult. Dr.techn., Institut für Navigation und
Satellitengeodäsie der TU Graz
Wissenschaftliches – Autobiographisches

36 Bernhard Hofmann-Wellenhof

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.h.c.mult. Dr.techn., Institut für Navigation und
Satellitengeodäsie der TU Graz
Helmut Moritz und Galileo Galilei

Hans Sünkel

o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.

Rektor der TU Graz

Geodäsie und Weltraumforschung

Geodäsie und Weltraumforschung

Hans Sünkel

TU Graz

Die Satellitengeodäsie als Teil der Geodäsie liefert zwei sehr wesentliche Beiträge zur Weltraumforschung: durch ein stabiles Referenzsystem höchster Genauigkeit liefert die Geodäsie die Grundlage für die räumliche Einbettung aller Weltraummissionen, und mittels dedizierter Satellitenmissionen ermöglicht sie die detaillierte Erforschung unseres Heimatplaneten Erde. Raum und Zeit sind es, die Geodäsie mit Weltraumforschung verbinden. Und als drittes Element gesellt sich die Gravitation und somit die Schwere hinzu, die letztlich Raum und Zeit verbindet.

Und es ist mittlerweile nahezu viereinhalb Jahrhunderte her, als Galileo Galilei aus seinem berühmt gewordenen Fallversuch in Pisa einen Zusammenhang herstellte, der wohl zu den schönsten der Naturwissenschaften zählt: jenen zwischen Raum, Zeit und Schwere. Ja, diese drei Elemente sind es, die den Kern der Satellitengeodäsie ausmachen und so auch den Beitrag der Geodäsie zur Weltraumforschung auf das Wesentliche reduziert beschreiben.

Die Grundlage aller Weltraummissionen ist ein geozentrisches Bezugssystem mit höchster Präzision und Langzeitstabilität. Ein dieses Ansprüchen genügendes Bezugssystem ist nur durch ein System künstlicher Satelliten und interferometrischer Raummethoden realisierbar.

Die Anomalien des Gravitationsfeldes der Erde bilden sich in solchen der Satellitenbahnen ab. Stehen daher Raumverfahren zur Realisierung eines Bezugssystems sowie Positionierungs- und Navigationsaufgaben im Vordergrund, so ist man gut beraten, künstliche Satelliten in möglichst erdferne Bahnen zu bringen.

Die ersten Schritte erfolgten etwa ein Jahrzehnt nach dem Start von Sputnik I mit dem Ballonsatelliten Pageos (Passive Geodetic Earth Orbiting Satellite), der in einer Bahnhöhe von etwa 4000 km auf der Basis der Stellartriangulation die Grundlage für die Schaffung eines weltumspannenden Netzes von 46 Observatorien war, die so mit einer Genauigkeit von etwa 5 Meter lokalisiert werden konnten.

Ein Jahrzehnt danach wurde die Richtungsbestimmung der Stellartriangulation durch die Laser-Entfernungsmessung (Satellite Laser Ranging, SLR) zu Lageos (Laser Geodynamics Satellite) in einer Bahnhöhe von etwa 6000 km abgelöst. Mit Hilfe des Lageos-Systems, unterstützt durch ein globales VLBI-Netzwerk (Very Long Baseline Interferometry), konnte ein langzeitstabiles globales geozentrisches Referenzsystem mit Millimetergenauigkeit realisiert werden. SLR dient aber nicht nur zur Realisierung eines globalen Referenzsystems, sondern in hohem Maße auch der Bahnbestimmung von zahlreichen mit Laser-Retroreflektoren ausgestatteten Satelliten. Die Messgenauigkeit eines Hochleistungs-SLR-Systems wie jenes des Observatoriums Graz-Lustbühel liefert dabei Distanzen zu Satelliten

bis zu 2000 mal pro Sekunde mit einer Genauigkeit von wenigen Millimetern, aus welchen letztlich die Bahn von Satelliten abgeleitet wird.

Heute sind es die Globalen Positionierungs- und Navigations-Satellitensysteme (GPS, GLONASS, GALILEO et al.), die globale Positionierung mit Millimeter-Genauigkeit ermöglichen. Das Observatorium Graz-Lustbühel hat diese technologische Entwicklung von Anbeginn mitgestaltet und verfügt derzeit über eines der weltweit leistungsfähigsten SLR-Systeme sowie über eine Permanent-Station für GPS und GLONASS.

Wiederum etwa zehn Jahre danach war der Beginn der Ära der Fernerkundung mit Hilfe von Satelliten in Bahnhöhen von etwa 800 km und Bahnspuren, die sich im Rhythmus von 35 bis 160 Tagen wiederholen und so Zeitreihen über Veränderungen des Erdkörpers liefern. Eines von zahlreichen Messsystemen an Bord aller Fernerkundungsmissionen wie etwa ERS-1/2 oder ENVISAT ist ein Radar-Altimeter, das den Abstand des Satelliten von der aktuellen Meeresoberfläche mit einer Genauigkeit von wenigen Zentimetern misst und folglich bei bekannter Satellitenbahn erlaubt, die jeweilige Raumposition der Meeresoberfläche zu bestimmen. Diese Abtastung der Meeresoberfläche im Rahmen einer solchen Mission liefert ein Bild der geometrischen Veränderung der Meeresoberfläche. Eine exakte Ableitung der Meeresströmungen braucht aber noch zusätzlich die Information Gravitationsfeld.

Die Kalibrierung dieser Altimetersysteme erfolgt unter anderem mit Hilfe eines Altimeter-Transponders in Form einer simulierten Meeresoberfläche mit aktivem Transponder. Das Grazer Altimeter-Transponder-System wird so zur Kalibrierung diverser Radar-Altimeter auf der griechischen Insel Gavdos erfolgreich eingesetzt.

Im Gegensatz zur Aufgabe der Positionierungssysteme erfordert die globale Erforschung des Gravitationsfeldes der Erde mit hoher Auflösung und höchster Genauigkeit den Einsatz dedizierter Satellitenmissionen in Bahnen, die dem Erdkörper möglichst nahe kommen. Nach jahrzehntelangen Vorarbeiten konnten schließlich drei Satellitenmissionen realisiert werden: CHAMP (2000), GRACE (2002) und GOCE (2009). Alle drei Missionen teilen sich die Eigenschaft, in niedrigen Bahnhöhen zwischen etwa 250 und 450 km zu operieren und ihre Bahnen mit einer Genauigkeit von jeweils wenigen Zentimetern mit Hilfe des GPS-Systems bestimmen zu können. Gleichsam aus der Inversion der Bahndaten werden die langwelligen Strukturen des Gravitationsfeldes abgeleitet. Das Tandem-System GRACE verfügt zusätzlich über ein Mikrowellen-Messsystem, das laufend die gegenseitige Entfernung der beiden Satelliten mit hoher Genauigkeit bestimmt und aus diesen Daten einerseits höhere Auflösungen des Gravitationsfeldes erzielt und andererseits dessen zeitliche Änderungen erfasst.

Die GOCE-Mission verfügt über ein System von dreidimensionalen Beschleunigungsmessern (als Gradiometer bezeichnet) symmetrisch zum Massenzentrum des Satelliten angeordnet, sowie über ein Ionenstrahl-Triebwerk, das die Summe aller am Satelliten wirkenden nichtkonservativen Kräfte wie Luftwiderstand, Strahlungsdruck der Sonne und Albedo-Effekt der Erde kompensiert und dafür sorgt, dass sich der Satellit auch in einer Bahnhöhe von nur 250 km noch im freien Fall bewegt. Die erwarteten mehrere hundert Millionen Gradiometerdaten werden in Verbindung mit den Bahndaten das globale Gravitationsfeld der Erde mit höchster Genauigkeit und einem Detailreichtum, der durch etwa 70.000 Parameter beschrieben ist, abbilden.

Der Bereich der Theoretischen Geodäsie der TU Graz, unterstützt durch jenen der Abteilung für Satellitengeodäsie des Instituts für Weltraumforschung der ÖAW ist im Rahmen der

GOCE-Mission nicht nur in ein internationales europäisches Konsortium eingebettet, sondern wird noch vor dem Sommer 2010 die weltweit erste Lösung des Gravitationsfeldes aus GOCE-Daten liefern. Die Information Gravitationsfeld wird die Bahnprädiktion von Satellitenmissionen erheblich verbessern, die Realisierung eines globalen Höhensystems ermöglichen, durch Kombination mit Laufzeiten der elastischen Erdbebenwellen geotomografische Einblicke ins Erdinnere erlauben, und durch Kombination mit Satelliten-Altimeterdaten das Muster der Ozeanströmungen mit höchster Genauigkeit bestimmen.

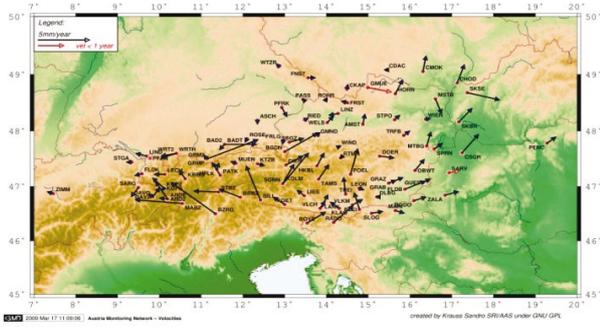
So sind die Brücken zwischen Geodäsie und Weltraumforschung mannigfaltig. Und die Brücken sind wissenschaftlich tragfähig und in hohem Maße nachhaltig.



Ballonsatellit Pageos (1966)



Geodynamischer Satellit Lageos (1976)



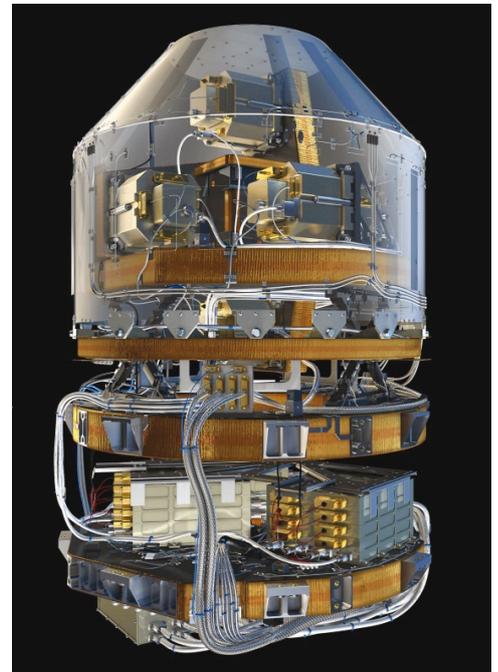
Stationsgeschwindigkeiten



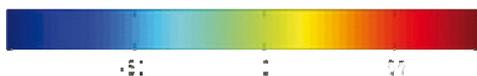
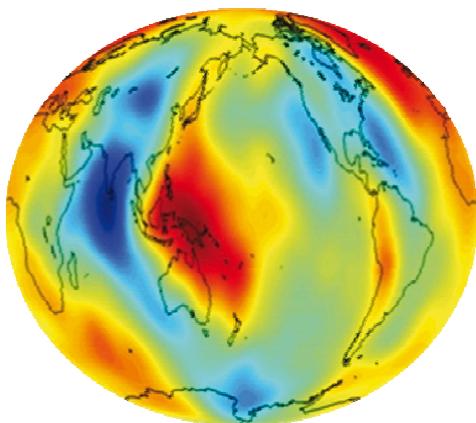
ESA-Fernerkundungs-Satellit ERS-1 (1991)



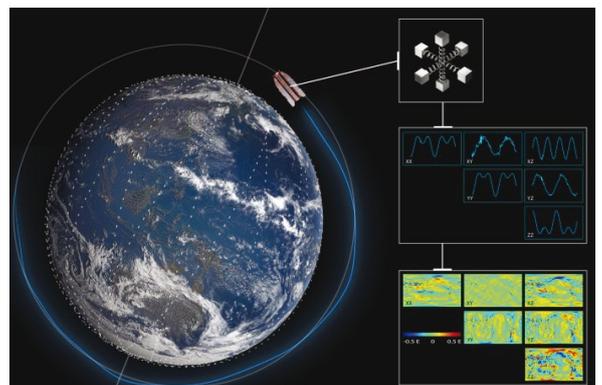
ESA-Satellit GOCE (2009)



Gradiometer der GOCE-Mission



Geoid



Gradiometrie-Meßprinzip

Helmut Moritz

Em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.h.c.mult. Dr.techn.

Institut für Navigation und Satellitengeodäsie der TU Graz

Wissenschaftliches – Autobiographisches

2. Eine kleine Geschichte der Erdmessung

Anlässlich meines 75. Geburtstages hielt die Leibniz-Sozietät in Berlin (die Nachfolgeinstitution der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin) im Jahre 2008 ein Kolloquium ab, in dem Prof. Dr. Heinz Kautzleben die Geschichte der modernen Erdmessung (Physikalische Geodäsie) seit Beginn der französischen Gradmessung um 1740 an Hand von sieben Personen illustrierte. Mit seiner Genehmigung führe ich ihnen Kautzlebens Folien vor. (Bilder 4 -15.) Sie bilden eine unnachahmlich knappe historische Einführung in unser Thema und führen endlich zum heute zu Ihnen Sprechenden hin.

3. Meine Anfänge: Gymnasium

Ich bin am 1. November 1933 in Graz als Sohn von Josef und Karoline Moritz auf die Welt gekommen, am Allerheiligentag. Ich bin deshalb kein Heiliger geworden. Trotzdem wurde ich in Peking einmal mit Dienstwagen zum Sonntagsgottesdienst in die Kathedrale geführt, und zurück. (Dort sah ich zu meiner Freude auch Bilder von einem Besuch des österreichischen Bundespräsidenten Kirchschräger in Peking.)

Ich hatte schon immer viele Interessen, am meisten war es die Natur in allen ihren Erscheinungsformen. Gegen Ende des 2. Weltkriegs übersiedelten meine Mutter und ich zum Schutz vor den Bombenangriffen auf Graz in ein kleines Dorf in der Nähe von Stainz in der Weststeiermark; mein Vater kam 1944 bei der Invasion in Frankreich ums Leben. Er war Eichbeamter, und meine Verwandten kamen alle aus dem Bauern- oder Handwerkerstand. Er war aber recht gebildet, las viel, etwa Gottfried Kellers „Grünen Heinrich“, und machte gerne mit mir Spaziergänge, auf denen er mir viel Interessantes erzählte. Meine Mutter war schlicht und einfach gut (damals nannte man das eine Seele von einem Menschen). Als Einzelkind bildete ich mit ihr ein wunderbares Team, wie man heute sagen würde. Wegen ihrer Güte und Selbstlosigkeit (sie hat nicht wieder geheiratet) wuchs ich als frühreifes Einzelkind auf, was nicht nur Nachteile hatte.

Da ich in der Volksschule als begabt galt, schickten mich meine Eltern 1943 ins Akademische Gymnasium in Graz, wo man mir mit Erfolg mein Interesse an Sprachen wie Latein und Griechisch weckte. Noch heute bin ich sprachlich sehr interessiert. Später gewannen Naturwissenschaften und Mathematik den Vorrang.

Ich verdanke dem Gymnasium fast meine ganze Allgemeinbildung, lernte aber selbst nie viel. Ich erinnere mich, dass in der 3.Klasse der Biologielehrer die Frage stellte, warum der Darm bei Würmern so gerunzelt sei, und ich antwortete: „Damit die Nahrung aufsaugende Oberfläche größer wird.“ (Das war sozusagen meine erste selbständige wissenschaftliche Aussage; ich kannte den Umstand noch nicht und reagierte spontan und, wie sich zeigte, richtig auf die Frage.)

In anderen Fächern war es ähnlich. So hatte ich von Anfang an bis zur Matura einen guten Ruf, und meine Lehrer scheuten sich, ihn durch schlechte Noten zu stören. Meine unbewusste Methode war, in jedem Jahr mich für ein bestimmtes Fach besonders zu interessieren, und später zehrte ich so von den früher gewonnenen Kenntnissen. Später war es so mit der Literaturgeschichte, die mich als Leseratte besonders packte. Ich erinnere mich, dass der Deutschlehrer einmal eine literaturgeschichtliche Frage stellte und ich mich meldete, worauf dieser sagte: „Moritz, du interessierst mich nicht“. So kam ich immer mit sehr guten Noten durch. Ich galt aber nicht als „Streber“, weil ich fast nichts LERNTE und mir

die Dinge ohne Anstrengung in den Schoß fielen. Trotzdem habe ich die Matura mit Auszeichnung bestanden.

Ich habe immer gute und wohlwollende Lehrer gehabt. Wie erwähnt, verdanke ich dieser Schule meine Allgemeinbildung. Sie legte auch die Grundsteine für alle meine späteren unkonventionellen Interessen.

Bevor ich auf weitere Einzelheiten eingehe, möchte ich einige allgemeine Bemerkungen machen. Wie gesagt, ich war kein „Streber“, der um der guten Noten willen lernte. Ich versuchte immer, meinen eigenen Interessen nachzugehen. Eine Karriere zu planen, kam mir überhaupt nicht in den Sinn. Das habe ich auch später so gehandhabt. Ich hatte das Glück (das es heute nicht mehr gibt), mich nie um eine Stelle bewerben zu müssen. Das war besonders bei meiner internationalen Tätigkeit wesentlich. Wäre nämlich ein zweiter Bewerber da gewesen, so hätte ich gesagt: „Großartig, so soll das der andere Bewerber machen“. Ich wollte mir eben immer einen genügenden Freiraum zum Denken schaffen. Das ist nicht hochmütig, sondern mir ging es um die Sache und nicht um die Titel. Diese sind mir zu meiner eigenen Verwunderung selbst in den Schoß gefallen. Ich hatte immer große Gelehrte, die mir freundschaftlich begegneten und mich uneigennützig förderten.

4. Studium an der TH Graz

Die Matura hatte ich also bestanden. Nun stellte sich die Frage, ob und was ich studieren sollte. Hierzu muss ich etwas weiter ausholen.

Als ich mit der Mutter zu Kriegsende auf dem Lande, in der Weststeiermark, wohnte, habe ich, wie gesagt, großes Interesse an der Natur in allen ihren Erscheinungsformen bekommen. (Nach dem Kriegsende verbrachte ich, bis in die Hochschulzeit hinein, alle Ferien bei einem Bauern in der Oststeiermark.) Ich wollte zunächst Gutsverwalter oder Förster werden. Das war bald durch den Umstand ausgeschlossen, dass wir so arm waren, dass ein Studium an der damaligen Hochschule für Bodenkultur in Wien nicht in Frage kam; ich hätte wahrscheinlich ohnehin als Professor für theoretische Land- oder Forstwirtschaft geendet...

In den oberen Klassen des Gymnasiums hatte mein Interesse für Mathematik die Oberhand über die klassischen Sprachen bekommen. Mein Hochschulstudium musste also unbedingt die Mathematik enthalten, aber auch mein Interesse an der Natur befriedigen. Da mein Vater Eichbeamter war, fuhr in der Maturaklasse meine Mutter mit mir nach Wien, um den Präsidenten des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen über meine Berufsaussichten im Bundesamt zu befragen. Dieser sagte, im Eichwesen seien die Aussichten ganz schlecht, aber im Vermessungswesen seien sie sehr gut. Das ließ ich mir nicht zweimal sagen; ich sah mich schon als Triangulator im Hochgebirge. Vorbilder waren Carl Friedrich Gauss, oder bescheidener und literarisch, Old Shatterhand als Eisenbahnvermesser. (Meine Liebe zu Karl May in verschiedenen Sprachen besteht bis heute: im Jahre 2008 habe ich „Ardistan und Dschinnistan“ auf Tschechisch gelesen. Karl May und Adalbert Stifter sind meine Lieblingsautoren; ich freue mich diebisch, wenn der Leser die Nase rümpft.)

Also begann ich im Herbst 1951 das Studium des Vermessungswesens an der Technischen Hochschule (TH) Graz. (Heute heißt sie natürlich „Technische Universität Graz“ und statt „Vermessungswesen“ sagt man gerne wohlklingender „Geodäsie“). Das erste Jahr war vernichtend: ich musste zum ersten Mal systematisch LERNEN! Damals wurden die Zeichnungen noch mit Tusche gemacht und ich habe nie so viel gepatzt wie damals. Darstellende Geometrie hatte ich auf dem Gymnasium nicht gehabt; trotzdem fiel es mir nach anfänglichen Patzereien nicht sehr schwer.

Um das Schicksal zu testen, legte ich die als schwer geltende Mechanik als erste Prüfung ab, mit der Note „vorzüglich“ (1). Als ich bald darauf die noch schwerere Prüfung aus Darstellender Geometrie mit der gleichen Note ablegte, war mein anfänglicher Schock überwunden. In Mathematik hatten wir den großartigen Lehrer Professor Bernhard Baule. In Vermessungskunde zauberte Professor Karl Hubeny elegante Zeichnungen und Formeln an die Tafel, und er und sein Assistent Günther Schelling führten uns in die Geheimnisse des Zahlenrechnens ein, dessen Wichtigkeit der Princeps Mathematicorum, Gauss, nicht genug rühmen hatte können. (Bild 10.)

Nach einem Jahr war also mein Friede mit der TH Graz geschlossen. Auch für meine Allgemeinbildung habe ich unbezahlbar Wesentliches gelernt: mathematisches Denken und „Gaußsches Denken“: Rechnen mit „wirklichen“ Zahlen, sowie die Theorie der Messfehler und deren Ausgleichung.

Nun ging es glatt, aber arbeitsreich weiter. Gerne denke ich dankbar an meine Lehrer, die Professoren Hubeny und Alois Barvir, sowie an den Lehrbeauftragten Wenzel Konopasek, eine liebenswerte Persönlichkeit, über die man manchmal lächelte, der aber von uns Studenten sehr verehrt wurde. Er war Absolvent der Militärakademie in Wiener Neustadt, worauf er sehr stolz war. Als er eines Tages in den Hörsaal kam, fand er auf der Tafel ein anonymes Gedicht:

„Kommt sich Wenzel Militär,
kriegt sich Wenzel Sabel,
denkt sich, das ist Schießgewehr,
schießt sich miserabel.“

Dazu ist zu sagen, dass seine Muttersprache Ungarisch war, dass er aber mit leicht ungarischer Färbung sehr gut Deutsch sprach. Vor allem aber gilt, was besonders für mich wesentlich war, dass er eine Version der Matrizenrechnung lehrte, die er „Tensorrechnung“ nannte. Matrizen gab es in unserem offiziellen Studienplan aber noch nicht! Er war ein Pionier. (Bild16.)

1955 wurde ich „wissenschaftliche Hilfskraft“ bei Professor Hubeny. Im Jahre 1956 legte ich die Diplomprüfung an der TH Graz mit Auszeichnung ab. Nun konnte ich als Diplomingenieur tätig werden.

5. Auf dem Weg zum Doktorat

Zunächst blieb ich noch bei Professor Hubeny. Ich wollte das Doktorat machen und sprach mit ihm über ein mögliches Dissertationsthema. Er sagte: „Was wolln'S denn, in der Geodäsie sind doch schon alle Probleme gelöst!“

So musste ich mir ein Thema selbst finden (Bild 17), ein Thema, das in der Geodäsie vorher noch nicht behandelt worden war. Grundstücks-Flächeninhalte wurden damals mit dem Polarplanimeter bestimmt, indem man auf der Karte ihren Umfang abfuhr. Ein Rätsel für mich waren die Messfehler, die durch das Zittern der Hände beim Umfahren entstanden. Die gewöhnliche Gaußsche Theorie der Fehlerfortpflanzung war darauf nicht anzuwenden. Der Messfehler $\varepsilon(s)$ ist eine kontinuierliche Funktion des Abschnitts s des Umfangs der Fläche, die man, von einem Anfangspunkt ausgehend, gerade umfahren hatte. Der Fehler $\varepsilon(s)$ der Strecke s ist eine periodische Funktion von s .

Denken Sie sich einfach als Fläche einen Kreis, dann kann man $\varepsilon(s)$ in eine Fourierreihe entwickeln:

$$\varepsilon(s) = \sum a_i \varphi_i(s).$$

Die $\varphi_i(s)$ sind Sinus- oder Cosinus-Funktionen:

$$1, \cos s, \sin s, \cos 2s, \sin 2s, \cos 3s, \sin 3s, \cos 4s, \sin 4s, \cos 5s, \sin 5s, \dots$$

Wir haben also die *kontinuierliche* Variable s , $0 \leq s < 2\pi$, und den *unendlichen diskreten* Vektor der Fourierkoeffizienten a_i , $1 \leq i < \infty$. Für endliche Vektoren mit Index i , $1 \leq i \leq n$, war die Fehlertheorie bereits entwickelt worden. Wir brauchen also nur noch $n \rightarrow \infty$ gehen zu lassen, um die gewünschte Fehlertheorie beim Planimeter zu erhalten. Ja, noch mehr: wir brauchen nicht im „Spektralraum“ der Fourierkoeffizienten zu arbeiten, wir können im ursprünglichen „Funktionsraum“ bleiben und die Funktion $\varepsilon(s)$ als *kontinuierlichen Vektor* auffassen, mit dem man analog arbeiten kann. (Bild 18.) Wir bekommen also gleich zwei analoge Verallgemeinerungen der Fehlertheorie: im Funktions- und im Spektralraum. Beide sind äquivalente Formen des unendlich-dimensionalen *Hilbert-Raums*, der uns heute eine Selbstverständlichkeit ist.

Wie bin ich auf diese Lösung gekommen? Erstens war ich jung und noch nicht abgenützt, zweitens hatte ich mich „illegal“ mit der Quantentheorie beschäftigt, wo der Hilbertraum in seinen beiden Ausformungen vorkommt: diskret in der „*Heisenberg-Darstellung*“ und kontinuierlich in der „*Schrödinger-Darstellung*“.

Mir gefiel dieser Gedanke, und den Begutachtern Baule und Barvir offensichtlich auch. (Mein damaliger Chef Hubeny hatte die Begutachtung abgelehnt, hatte mir aber großzügig Zeit zur Arbeit gegeben.) Jedenfalls wurde die Dissertation „Fehlertheorie im Funktionenraum“ und das Promotionsverfahren „mit Auszeichnung“ beurteilt. Ich war aber mit der Arbeit wegen ihrer scheinbaren Bedeutungslosigkeit für die Anwendung und ihrer Folgenlosigkeit nicht ganz zufrieden. Scheinbar war es ein Schießen mit Kanonen auf Spatzen. Man sagte über mich: „Schlauer Junge, aber hoffnungslos verrückt“. Ich machte mir aber nichts daraus, denn ich durfte ja nach meiner Promotion „sub auspiciis“ (Bild 19) 1959 meine Verlobte Gerlinde heiraten.

Ich hatte durch meinen Übertritt in das Vermessungsamt Graz 1958 die mir für die Ehe notwendig erscheinende feste Anstellung erhalten. Wir machten eine Hochzeitsreise nach Assisi und Siena, was von heimatstreuen Leuten fast als ein Vaterlandsverrat angesehen wurde, denn es gab gerade Konflikte zwischen Österreich und Italien wegen Südtirol.

Wahrheitsgemäß muss ich sagen, dass das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen mich in jeder Form unterstützte und förderte. Ich lernte sogleich alle Arbeiten, vom Kataster bis zur Triangulation, kennen. Meine Dankbarkeit brachte ich dadurch zu Ausdruck, dass ich all diese Arbeiten sehr ernst nahm (sie gefielen mir auch sehr). Daneben habilitierte ich mich 1960 nebenberuflich an der TH Graz mit einer relativ unbedeutenden und folgenlosen Arbeit über ellipsoidische Geometrie. Ich wollte aber beim Bundesamt bleiben; eine akademische Laufbahn lag mir nicht im Sinn.

6. Amerika

Wie schon erwähnt, machte im Jahre 1961 Professor Karl Rinner eine Amerikareise, die ihn auch zum damaligen Weltzentrum der Geodäsie, dem *Department of Geodetic Science* an der *Ohio State University* in Columbus, Ohio führte (Bild 20). Direktor war der große finnische Geodät Weikko A. Heiskanen (Bilder 21, 14). Rinner muss mich wirklich sehr gelobt haben, denn nach kurzer Zeit berief mich Heiskanen als Research Associate an sein Department. Das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen beurlaubte mich für zwei Jahre (Februar

1962 – Januar 1964), und ich fuhr mit Frau Gerlinde und Tochter Berta (geboren 1960) nach Columbus. Der Campus war schön, die Stadt weniger.

Die ersten Tage waren für mich sehr aufschlussreich. Ein deutscher Kollege und ich bekamen einen kleinen Arbeitsraum, der keine Fenster, aber eine verschließbare Tür hatte (später war es ein Zimmer mit Fenster, aber ohne Tür.). Die erste Aufgabe, die wir bekamen, war die Berechnung der Schwerkraft in Flughöhe für die Fluggravimetrie. Das geschah mit Hilfe einer Schablone, die über eine Schwerekarte gelegt wurde. Die Daten in den einzelnen Feldern der Schablone mussten abgelesen und mit irgendwelchen Faktoren händisch multipliziert und addiert werden.

Es war eine Tätigkeit, die an Langeweile keine Wünsche offen ließ. Ich hörte nach kurzer Zeit damit auf, denn mir fiel auf, dass ich auf dieses Problem meine Fehlertheorie wunderbar anwenden konnte. Ein Licht war mir aufgegangen! Mein deutscher Kollege machte zähneknirschend weiter.

Nach einigen Tagen kam Heiskanen und fragte, was wir gemacht hätten. Der Kollege sagte, die Tätigkeit sei eines Akademikers unwürdig usw. Heiskanen sagte nichts und kam zu mir: „Und was haben Sie gemacht?“ Ich sagte, mir sei es auch zu langweilig gewesen. Deshalb hätte ich eine kleine Arbeit über die Fehlerfortpflanzung bei diesem Verfahren geschrieben. Heiskanen blätterte sie durch und sagte: „Das werden wir sofort bei der Finnischen Akademie der Wissenschaften zur Publikation einreichen.“

Der Kollege ist nicht lange geblieben, ich aber schwebte im siebenten Himmel. Endlich konnte ich meine „unbrauchbare“ Doktorarbeit bei praktisch relevanten Problemen anwenden. Das war vielleicht mein größtes Erfolgserlebnis überhaupt.

Zur Fehlertheorie gehörte auch eine entsprechende Ausgleichung. Es war eine Modifikation der Prädiktion nach kleinsten Quadraten, die im zweiten Weltkrieg unabhängig voneinander vom Amerikaner Norbert Wiener und vom Russen Andrej Kolmogorow entwickelt worden war. Mein amerikanischer Kollege Richard Rapp schrieb eine Dissertation, in der er meine theoretische Schwere-Prädiktionsformel auf „real data“ in einem schönen Computerprogramm anwendete. Eines Tages kam er zu mir und sagte: „Helmut, deine Theorie ist falsch: ich bekomme imaginäre mittlere Fehler (d. h. negative Fehlervarianzen)“. Ich schaute mir die Sache an und sagte: „Dick, du hast ja eine nicht-positiv-definite Schwere-Kovarianzfunktion genommen.“ (Heute weiß jeder unserer Studenten, dass jede Kovarianzmatrix positiv-definit sein muss.)

Ich arbeitete ungestört und intensiv. So gut war es mir noch nie gegangen. Eines Tages fragte mich Heiskanen, ob ich mit ihm ein neues Buch „Physical Geodesy“ schreiben wolle. Ich sagte sofort zu. Das Buch ist 1967 erschienen und ist zu einem geodätischen „Bestseller“ geworden. Es galt als Standardwerk und wurde ins Chinesische, Serbische, Spanische und Türkische übersetzt. (Bernhard Hofmann-Wellenhop fragte mich vor einigen Jahren, ob ich mit ihm eine Neuauflage schreiben wolle. Diese ist 2005 erschienen und ist sehr bald ins Chinesische, Japanische und Russische übersetzt worden.)

Glücklicherweise bin ich dann als Adjunct Professor (deutsch etwa Ständiger Gastprofessor) mit der Ohio State University mehr als 20 Jahre lang verbunden geblieben und konnte so in jedem Jahr den Monat September zu einem ungestörten und höchst anregenden Forschungsurlaub in Columbus verwenden.

In Columbus wurde 1962 mein Sohn Albrecht geboren. Ein späteres Geschenk war das Ehrendoktorat (DSc.h.c.) der OSU im Jahre 1993.

7. Hannover und Molodensky

Nach meiner Rückkehr nach Graz wurde ich bald (April 1964) als beamteter Privatdozent nach Hannover berufen (Bild 27). Dort hatte ich auch viel Zeit zur Forschung. Ich konnte dort, wie schon in Columbus, über das geodätische Randwertproblem des großen russischen

Geodäten M. S. Molodensky arbeiten und weitere Fortschritte erzielen. Diese Forschungen machen einen guten Teil meines Lebenswerkes aus.

Ich durfte meinen Dank, zusammen mit meinen russischen Kollegen, in einer posthumen Gedenkschrift abstellen, die im Jubiläumsjahr 2000, 9 Jahre nach seinem Tod, in der Schriftenreihe der geodätischen Institute erschien. Die Beiträge verschiedener Autoren, Nachrufe usw. waren unter der Leitung von Molodenskys Schülerin M.I. Yurkina aus dem Russischen ins Englische übersetzt worden und bedurften nur geringer Überarbeitung. Sie sind nicht nur wissenschaftlich interessant, sondern geben auch wertvolle Einblicke in das Leben in der damaligen Sowjetunion. Wegen ihrer Bedeutung habe ich die Gedenkschrift in meine Webpage <http://www.helmut-moritz.at> gestellt, um ihr eine kostenlose weite Verbreitung zu sichern (Bild 38).

Die deutsche Übersetzung des Hauptwerks von Molodensky war bereits 1958 von Horst Peschel in Dresden herausgegeben worden. Das Werk war mathematisch ungewöhnlich anspruchsvoll und wurde nur allmählich verstanden. In Columbus arbeitete ich mit den in meiner Dissertation begonnenen Hilberttraum-Methoden und begann, mich in die Theorie von Molodensky einzuarbeiten. In der kurzen aber schönen Zeit in Hannover setzte ich meine Arbeiten an der Theorie von Molodensky fort. Beiden, Hilbert und Molodensky, das heißt allgemein der physikalischen Geodäsie als Theorie und Berechnung des Erdschwerefeldes, bin ich auch später treu geblieben.

Internationale Zusammenarbeit in der Molodensky-Theorie setzte ich in mit einigen russischen Kollegen, besonders L. P. Pellinen, fort; für die Anwendungen der Hilbert-Theorie fand ich beim bereits erwähnten Richard Rapp einen hervorragenden Mitarbeiter, der meine Theorien schon seit 1962 in FORTRAN-Programme umsetzte.

8. Berlin

1964 hatte ich also ein halbes Jahr in Hannover verbracht. Im gleichen Jahr (Oktober 1964, Bild 27)) wurde ich im Alter von 30 Jahren als ordentlicher Professor an die Technische Universität Berlin im Westteil der Stadt berufen. (Mein Traum vom höheren Vermessungsbeamten war damit endgültig ausgeträumt.)

Meine Familie, die mir überall gefolgt war, und ich fühlten sich in Berlin sehr wohl. Auf die Frage, wie wir uns in Berlin eingelebt hätten, sagte ich immer: „Überhaupt nicht, wir waren von Anfang an zuhause.“ Es gab weite Wälder, in denen man gehen oder laufen konnte, und die Berliner Mauer sah ich nur, wenn ich sie Besuchern zeigte.

Allerdings gab es Anfangsschwierigkeiten. Fast alle Mitarbeiter waren älter als ich; ich musste viel Neues aufbauen; und wenn man an einen Mitarbeiter höflich eine Bitte stellte, wurde das manchmal als unverbindlicher Privatwunsch und nicht, wie beabsichtigt, als dienstliche Anweisung betrachtet. Ich musste jetzt verpflichtende Vorlesungen halten, was ich sehr gerne tat. Leider dauerten die Fakultätssitzungen schon vor der „68er Revolution“ bis in die Nacht hinein. Die Kollegen waren rhetorisch unvergleichlich besser und zeigten es auch.

Da man (vor der Revolution) gute Leute brauchte, hatte man es leicht. Um ein teureres Gerät zu erhalten oder eine neue Personalstelle zu bekommen, genügte ein Anruf beim Senator für Wissenschaft und Kunst (am besten in schönem Österreichisch), und am nächsten Tag war die Genehmigung da. So hatte sich meine Gruppe schließlich auf 12 Leute aufgeblasen, was für mich Anfänger viel zu viel war. Während der Dienstzeit war an wissenschaftliche Arbeit nicht zu denken.

Einen Ruf an die TH Graz 1967, den Professor Rinner veranlasste, nahm ich nach dem Verlauf der Berufungsverhandlungen in Wien nicht an. („Sie müssen doch froh sein, vom eisernen Vorhang wegzukommen“: ein so schnödes Verhalten eines Ministerialbeamten

war ich nicht gewohnt). Der Hauptgrund liegt aber bei mir: ich war gerade mitten im Aufbau meines Instituts, und meine Frau wollte von Berlin nicht weg.

Im nächsten Jahr, 1968, kam aber dann die eiskalte Dusche. Früher hatte der Wissenschaftssenator alles darangesetzt, um gute Wissenschaftler zu gewinnen. Jetzt aber, um die randalierenden Studenten zu befrieden, drehte er das Steuerrad um 180 Grad herum und tat alles für die Studenten und alles gegen die Professoren. Wer konnte, ließ sich vom sinkenden Schiff Berlin weg berufen, und die frühere Qualität der TU Berlin war für die nächsten Jahre zerstört oder zumindest gestört.

9. Zurück nach Graz !

Daher bin ich sehr dankbar, dass die TH Graz es noch einmal versucht hat, mich für Graz zu gewinnen; Professor Rinner bemühte sich wieder sehr, und diesmal erfolgreich. Im Jahr 1971 wurde ich an die (damals noch) TH Graz berufen (seit 1975 TU Graz). Mir gefällt es in Graz natürlich besser, und meine Familie hat sich auch schnell wieder eingelebt. Vor allem war es von Graz aus viel leichter, international tätig zu sein: für die Kollegen aus den damaligen Oststaaten war es fast unmöglich, nach Westberlin („W“ groß, „b“ klein!) zu fahren.

Das Erste war, sich wieder gesund zu schrumpfen. In Berlin waren wir schließlich 12, und bei den neuen Berufungsverhandlungen verlangte ich nur 2 Assistenten. Man fragte, ob ich nicht doch noch einen Dritten wolle, und ich sagte, „Meinetwegen, aber bitte erst nach einem Jahr“. Überhaupt war das Klima der Verhandlungen viel besser als beim ersten Mal.

Die Hochschulreform erreichte Österreich in Form des Universitätsgesetzes 1975. Die Gremienwirtschaft war formal noch schlimmer: in allen Gremien war Drittelparität. Im Gegensatz zu Berlin hat es der TU Graz kaum geschadet. Der Gesetzgeber war so weise, dass er sagte, alle Gremien müssten wenigstens EINMAL im Semester tagen, und das taten sie auch. In Berlin jedoch fanden in vorauseilendem Gehorsam Gremiensitzungen praktisch jeden Tag bis in die Nacht hinein statt: wissenschaftliche Arbeit war schließlich unmöglich. Auch ist die Mentalität der Österreicher viel sanfter und kompromissbereiter.

Die Bilder 28 -30 geben einen Einblick in unsere damaligen Tätigkeiten. Um wissenschaftlich optimal arbeiten zu können, tat ich das nachmittags zuhause. Das erste Resultat war das Buch „Advanced Physical Geodesy“, das ich innerhalb eines Jahres schrieb (1980), und so folgten drei weitere Bücher, die das Gesamtgebiet der physikalischen Geodäsie überdecken sollten, einschließlich zeitlicher Veränderungen (Geodynamik) und Erdrotation:

(mit I.I. Mueller) Earth Rotation: Theory and Observation, 1987;

The Figure of the Earth: Theoretical Geodesy and the Earth's Interior, 1990;

(mit B. Hofmann-Wellenhof) Geometry, Relativity, Geodesy, 1993.

Letzteres zeigt, dass bei der inzwischen erreichten hohen Genauigkeit die klassische Newtonsche Physik nicht mehr ausreichte; Einsteins Relativitätstheorie musste angewendet werden. Heute könnte man etwas salopp sagen, dass in jedem Auto, das GPS-Navigation verwendet, Albert Einstein als blinder Passagier auf dem Rücksitz mitfähre (Bild 31).

Da die Gradiometrie (Messung zweiter Ableitungen des Schwerepotentials) sowohl für das Verständnis der allgemeinen Relativitätstheorie (Trennung von Gravitation und Trägheit) als auch für die Satellitengeodäsie (GOCE) grundlegend ist, habe ich mich schon 1967 an der OSU mit diesen Problemen (unter dem etwas unglücklichen Titel „Kinematische Geodäsie) beschäftigt.

Nach meinem Buch „Science, Mind and the Universe“ (1995), das aus freien Vorlesungen über Naturphilosophie hervorgegangen ist, fand ich, dass ich für gute Forschung schon zu alt und verbraucht sei. Da wandte ich mein Interesse den Computer-Anwendungen zu, die ich bisher sträflich vernachlässigt hatte. Ich lernte in kurzer Zeit gleichzeitig die Programmiersprachen Basic, Pascal und C/C++, wobei als Anregung die Theorie der Fraktale galt (Bilder 32 – 33). Hier kehrte sich das Verhältnis Professor-Assistent um: meine Assistenten wurden meine Lehrer, und sie sind gute Lehrer! Es folgten Internet und E-Mail, denn ich musste und will meine Korrespondenz schließlich selbst machen.

Manches andere, was wir taten und tun, folgt später. Ich möchte aber hier noch des hervorragenden Geodäten und Mathematikers Peter Meissl gedenken, der 1973 als o.Professor für mathematische Geodäsie an die TU Graz berufen wurde, aber schon 1982 bei einem Bergunfall ums Leben kam.

10. Internationale und wissenschaftliche Tätigkeit

Während des 2. Jahres meines ersten Amerika-Aufenthalts fand 1963 eine Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) statt, an der ich teilnehmen durfte. Besonders interessierte mich die Internationale Assoziation für Geodäsie (IAG). Man bekam einen großartigen Überblick über den damaligen Stand der Geodäsie. Nach dem Start des ersten künstlichen Satelliten, des sowjetischen Sputnik (1957), und des darauf folgenden amerikanischen Explorers (1958), zeigte die internationale Geodäsie vorher unvorstellbare erste Ergebnisse. Ich wurde mit den größten Geodäten der damaligen Zeit bekannt, wie Arne Bjerhammar, William Kaula, Jean-Jacques Levallois und Antonio Marussi. Ich erkannte, dass die Geodäsie als Vermessung der ganzen Erde INTERNATIONAL sein müsse (Bilder 34 – 42).

1964 wurde ich also nach Berlin berufen. Ein Jahr später wurde ich Vorsitzender der Deutschen Kommission (DGK). Meine erste Amtshandlung war, dass mich der Ständige Sekretär der DGK, Max Kneissl (München), zum Generalsekretär der IAG, dem mir schon bekannten Herrn Levallois, nach Paris schickte. Dieser nahm sich meiner überaus gütig an, machte mir aber auch klar, dass Französisch die 2. offizielle Sprache der IAG/IUGG sei und dass ich es lernen sollte. Das machte ich sehr gerne und hatte auch die beste Gelegenheit dazu, da Frankreich im westlichen Berlin ausgezeichnet vertreten war. Es war leicht, französische Bücher zu kaufen, im dortigen Sender die französischen Nachrichten zu hören und einen französischen Sprachlehrer („native speaker“) zu bekommen.

In allen späteren Funktionen innerhalb der IAG und IUGG hatte ich frankophone Generalsekretäre, was meinen französischen Sprachkenntnissen sehr zu Gute kam. Mit Herrn Levallois aber verband mich eine lebenslange Wertschätzung und Freundschaft. Man sprach eine Zeit lang von der „Max und Moritz“-Periode in der DGK (1965-1967).

Auf der darauf folgenden Generalversammlung in Luzern (1967) wurde ich Vorsitzender der IAG-Studiengruppe für mathematische Methoden in der physikalischen Geodäsie. Mein größtes Verdienst war, das scheue Genie Torben Krarup aus Kopenhagen für die Mitarbeit zu gewinnen. Damit bekam die Theorie der physikalischen Geodäsie einen unerhörten Aufschwung.

Die Hilbertraum-Theorie des Erdschwerefeldes, die ich in Columbus begonnen hatte (auf Grund meiner Dissertation, Bild 18), wurde 1968 von Krarup von der Schwere-Prädiktion auf beliebige geodätische Messgrößen verallgemeinert. Es entstand die KOLLOKATION nach kleinsten Quadraten, die heute allgemein verwendet wird. Heute wissen wir, dass die Kollokation nichts anderes ist als Ausgleichung im Hilbertraum.

Krarup brachte aber auch neuen Auftrieb in die Theorie von Molodensky, indem er das Problem so exakt linearisierte, dass es auch für Mathematiker interessant wurde. Deshalb gelang es Arne Bjerhammar, auch Mitglied meiner Studiengruppe, den großen Mathematiker Lars Hörmander für das Problem zu interessieren. Dieser bewies 1976 Existenz und Eindeutigkeit auch des nichtlinearen Problems unter gewissen, mathematisch klar formulierten, wenngleich nicht sehr realistischen, Voraussetzungen. Das war ein Durchbruch, der auch Mathematiker auf die Geodäsie aufmerksam machte.

Kurz danach hatten wir den junge Physiker Fernando Sanso aus Mailand bei uns zu Gast. Ich hielt für ihn eine Spezialvorlesung über diese neue Theorie von Molodensky. Nach einer Vorlesung kam Sanso zu mir mit dem genialen Gedanken, dass eine Formel der linearen Theorie von Molodensky auch nichtlinear interpretiert werden könnte. Damit fand er eine einfachere nichtlineare Form des Molodensky-Problems „im Schwereraum“.

Die Jahre 1975 -1985 waren vielleicht die interessantesten und kreativsten Jahre meines Lebens. Wie in Trance schrieb ich innerhalb eines Jahres das ziemlich dicke Buch „Advanced Physical Geodesy“ (1980), das ich für mein bestes halte. Daneben ging die Arbeit als Professor an der TU Graz und meine Tätigkeit als Gastprofessor an verschiedenen ausländischen Universitäten weiter. Da ich fand, dass ich für die Außenpolitik besser geeignet sei als für die Innenpolitik, reduzierte ich die Verwaltungsarbeit an der TU Graz auf das notwendige Maß. Ich lehnte es mehrmals ab, Dekan zu werden.

Auf der Generalversammlung in Moskau (1971) war ich zum Präsidenten der Sektion 4, Theory and Evaluation, der IAG gewählt worden. Bald darauf wurde ich Vorsitzender einer neuen Studiengruppe über fundamentale Erdkonstanten, die nicht nur geodätische, sondern auch astronomische, geophysikalische und geographische Bedeutung haben. Auf der nächsten Generalversammlung in Grenoble (1975) fanden diese Resultate Beachtung (und ich wurde zum Vizepräsidenten der IAG gewählt), aber erst in der darauf folgenden Generalversammlung in Canberra (Dezember 1979) wurden die Resultate als so ausgereift befunden, dass das „Geodätische Bezugssystem 1980“ international eingeführt wurde, auf das auch später das GPS-System bezogen wurde. Ich wurde zum Präsidenten der IAG gewählt.

Meine internationale Bürokratisierung ging unerwartet weiter. Auf der Generalversammlung 1983 in Hamburg wurde ich Mitglied des Büros der IUGG, und auf der Generalversammlung in Wien 1991 Präsident der IUGG.

Neben dieser dünnen Aufzählung muss erwähnt werden, dass nach anfänglichen großen Schwierigkeiten des lokalen Organisationskomitees Professor Hans Sünkel die Sache in die Hand nahm und von Graz aus regierte; damit brachte er die Wiener Generalversammlung brillant über die Bühne, wie alle seine späteren Tätigkeiten.

Auch muss erwähnt werden, dass ich in meinem Amtsvorgänger Professor Vladimir Keilis-Borok aus Moskau nicht nur den großen Wissenschaftler sah, sondern einen geistesverwandten Freund hatte und habe (Bild 41). Soll man da nicht die internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit lieb gewinnen?

Ich war also IUGG-Präsident ab 1991 und dann auf der Generalversammlung 1995 in Boulder (Colorado), wo die Luft in jeder Hinsicht schon ziemlich dünn ist. Ich war noch einige Jahre Mitglied des Präsidiums von ICSU (International Council of Scientific Unions) und trat dann 1996 endgültig, wie ich glaubte, von der internationalen Wissenschaftsbühne ab.

NACHSPIEL: *Sarajevo und Dubrovnik*. Ich hatte mich schon immer bei unseren südöstlichen Nachbarn wohl gefühlt. Nach dem schrecklichen Bruderkrieg in Jugoslawien wurde ich von Ivan Supek (s.u.) 1998 gebeten, Präsident der Internationalen Humanistenliga (ILH) in Sarajevo und gleichzeitig Generaldirektor des Inter-Universitäts-Zentrums (IUC) in Dubrovnik zu werden. Es waren großartige Erlebnisse und ich konnte einiges machen, war aber nach einigen Jahren endgültig ausgebrannt und trat von Dubrovnik 2002 und von Sarajevo 2006 zurück. (Bilder 47 – 51). (Übrigens war während des Bürgerkriegs Dubrovnik von der „jugoslawischen Volksarmee“ vom Meer aus beschossen worden. Der verantwortliche

Admiral soll gesagt haben: „Keine Sorge, wir werden Dubrovnik wieder aufbauen: größer, schöner und älter als es jemals war.“ Die Kroaten haben übrigens die Spuren der Zerstörung bald wieder entfernen können.)

AKADEMIEN Ich könnte nun den Leser langweilen, indem ich die Namen der etwa 10 wissenschaftlichen Akademien, von Finnland bis China, aufzählte, die mich zu ihrem Mitglied machten; eine Liste findet sich im tabellarischen Lebenslauf im Anhang.

Wirklich aktiv geworden bin ich, abgesehen von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, nur an der Akademie der Wissenschaften der DDR, die später in die Leibniz-Sozietät übergang, an der Chinesischen Akademie der Wissenschaften, die mich mehrmals zu Gastvorträgen in China einlud, an der Kroatischen Akademie der Wissenschaften, der ich meine oben genannten Aktivitäten in Sarajevo und Dubrovnik verdanke, und an der Polnischen Akademie der Wissenschaften, welche uns die später zu erwähnenden Stipendiaten Krynski und Brzezinski schickte und für die ich als Berater in Weltraumfragen tätig war.

In diesem Zusammenhang mit Kroatien möchte ich zweier leider schon verstorbener Kollegen gedenken. Professor Kresimir Colic, der sich unermüdlich um die Zusammenarbeit zwischen Zagreb und Graz bemühte, und Professor Ivan Supek, früher Assistent bei Werner Heisenberg (er vermittelte die Ehrenpromotion Heisenbergs an der Universität Zagreb um 1970, an der Marschall Tito selbst teilnahm). Supek war Rektor dieser Universität und später Präsident der Kroatischen Akademie der Wissenschaften und Künste, als welchen ich ihn bei meinem ersten Vortrag an dieser Akademie kennen lernte. Wir wurden sofort Freunde. Er hat die oben genannten Institutionen ILH und IUC gegründet, und auch die kroatische Übersetzung meines Buches „Science, Mind and the Universe“ vermittelt.

Im Zusammenhang mit China ist Professor Junyong Chen zu nennen, der als einer der Ersten nach der Kulturrevolution in China in Graz bei Professor Rinner das Doktorat machte. Er wurde später Leiter des gesamten Vermessungswesens von China! Später kamen noch viele Chinesen zum Doktorat nach Graz. Sie waren alle höchst intelligent und fleißig. Auch meine Mitarbeiter kümmerten sich sehr um sie. Ich hielt auch Gastvorlesungen in China und wurde zum Mitglied der Chinesischen Akademie der Wissenschaften und zum Professor h.c. der Universität Wuhan berufen.

Hinsichtlich der Berliner Akademie war es Professor Heinz Kautzleben, der sich unermüdlich um gute wissenschaftliche Kontakte mit dem Westen bemühte. Er hielt in dreijährigem Abstand von 1970 bis 1990 Symposien über „Geodäsie und Physik der Erde“ in verschiedenen interessanten Städten der DDR ab, an denen auch Wissenschaftler aus dem Westen teilnahmen. Er lud mich dann auch zu verschiedenen wichtigen Veranstaltungen der Leibniz-Sozietät in Berlin ein. Herr Kautzleben war und ist ein wissenschaftlicher Brückenbauer ersten Ranges. Es gibt kaum eine Akademie der Wissenschaften, an der die Geodäsie einen solchen Stellenwert hat wie an der Leibniz-Sozietät.

GAUSS-MEDAILLE. Anlässlich des 200. Jahrestages der Geburt von Carl Friedrich Gauss verlieh mir die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft 1977 die Gauss-Medaille. Ich habe noch mehrere Medaillen bekommen, So verlieh mir die Berliner Akademie 1983 die Alexander-von-Humboldt-Medaille. Als Kuriosum erwähne ich das unlängst erschienene Buch von Daniel Kehlmann, „Die Vermessung der Welt“, in dem Gauss und Humboldt die Hauptrolle spielen.

ZUSAMMENARBEIT MIT MÜNCHEN. Seit meiner oben erwähnten Tätigkeit in der DGK bestand immer eine sehr enge wissenschaftliche Zusammenarbeit mit der TU München, die in München von Max Kneissl, Rudolf Sigl und Reinhard Rummel, in Graz von Karl Rinner, Hans Sünkel und Bernhard Hofmann-Wellenhof getragen wurde und wird, um nur einige Namen zu nennen. 1982 erhielt ich von der TU München mein erstes Ehrendoktorat. Zwei weitere Ehrendoktorate kamen anlässlich meines 60. Geburtstags. Das eine ist eine

Anerkennung meiner jahrzehntelangen, für beide Teile äußerst fruchtbaren Zusammenarbeit mit der Ohio State University. Wenig später durfte ich ein Ehrendoktorat von MIIGAiK, der Moskauer Universität für Geodäsie, Aerophotogrammetrie und Kartographie aus den Händen des damaligen Rektors Viktor Savinych, eines dreifachen Kosmonauten, in Empfang nehmen.

11. Unsere Institutsfamilie

Wie gesagt, hatte ich mich seit 1971 auf 3 - 4 Mitarbeiter: drei Assistenten und eine Sekretärin, beschränkt. Bei den Sekretärinnen nenne ich nur zwei Namen: meine langjährige Mitarbeiterin Ruth Hödl, und Sandra Berghold, die mich seit meiner Emeritierung 2002 wunderbar betreut.

Mein Mitarbeiter der ersten Stunde ist Hans Sünkel, mein Student, Assistent, Dozent, Oberassistent, Professor und jetzt Rektor der TU Graz, dicht gefolgt von Bernhard Hofmann-Wellenhof, ebenfalls mein Student, Oberassistent, Dozent, Professor und, nach meiner Emeritierung, als Institutsvorstand mein fürsorglicher Chef. Meine letzten Assistenten vor meiner Emeritierung sind Prof. Norbert Kührtreiber und Dr. Konrad Rautz.

Sie sind alle meine guten Kameraden geblieben. Nach meiner Emeritierung versuche ich, jeden Vormittag ins Institut zu kommen. Auch von den neuen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen werde ich immer freundlichst begrüßt und unterstützt.

Wir haben immer sehr viele Stipendiaten, die zum Doktorat aus verschiedenen Ländern zu uns nach Graz kamen und kommen. Wie schon oben erwähnt, kamen besonders viele aus China, beginnend mit Junyong Chen, und Ägypten, wir hatten aber auch Gerard Lachapelle aus Kanada und Christan Ezeigbo aus Nigerien. Der Ägypter Professor Hussein Abd Elmotal arbeitet noch heute mit uns zusammen. Lachapelle leitet heute die Geodäsie an der Universität in Calgary. Die Genannten und einige Andere sind heute Professoren an ihren Heimatuniversitäten.

Auch Post-Doctorates kamen zu uns: Fernando Sanso habe ich bereit genannt (er wurde später Präsident der IAG), aus Polen kamen die Dozenten Jan Krynski und Aleksander Brzezinski, ohne die ich nie Polnisch gelernt hätte.

Kaum einer lernte Deutsch, aber meine Mitarbeiter lernten Englisch.

Meine Mitarbeiter und ich hielten 3 Sommerschulen, „Summer Schools in the Mountains“, ab: 1973 und 1978 in Ramsau und 1982 in Admont. Es gelang uns, die besten in- und ausländischen Kollegen als Lehrer zu gewinnen. Hier muss ich zwei Namen nennen, die bisher noch nicht gefallen sind: meine lieben Freunde Professor Christian Tscherning aus Kopenhagen und Professor Erik Grafarend aus Stuttgart. Die ersten beiden Sommerschulen waren hauptsächlich der Kollokation nach kleinsten Quadraten und anderen Approximationsmethoden gewidmet. Die erste trug sehr zur internationalen Verbreitung der Kollokation bei und brachte uns einige Stipendiaten. Die dritte Sommerschule 1982 war der Geodynamik und Erdrotation gewidmet; sie brachte uns den ersten Vortragenden aus Russland: den sprachgewandten Professor Viktor Abalakin, den späteren Leiter der weltberühmten Sternwarte von Pulkovo beim heutigen Sankt Petersburg. Jetzt habe ich auch eine russische Stipendiatin, Elena Mazurova. Spät, aber hervorragend.

Eine besonderen Erwähnung verdient Klaus-Peter Schwarz, der das Diplom in Bonn gemacht und Master an der University of New Brunswick geworden war, bevor er als Assistent zu mir nach Berlin kam. Er machte in Berlin das Doktorat und ging dann mit mir als Assistent nach Graz, wo er sich habilitierte. Dann ging er zurück nach New Brunswick und sehr bald darauf an die University of Calgary, an der er mit Gerard Lachapelle das Geodäsie-Studium aufbaute, das mit dem Namen „Geomatik“ einen großen Aufschwung gewann. Calgary gilt als eine der beiden besten Geodäsie-Schulen in Nordamerika.

Unsere Institutsfamilie, begonnen mit Karl Rinner und weiter geführt von Bernhard Hofmann-Wellenhof unter unserem Rektor und jetzt auch Präsidenten der

Universitätenkonferenz Hans Sünkel, kann sich daneben sehen lassen, wofür man mir einen bescheidenen Stolz gestatten möge.

12. Fremdsprachen

Schon aus dem Gymnasium hatte ich die Liebe zu fremden Sprachen mitgebracht, die ich in alphabetischer Reihenfolge anführen darf:

Englisch (Gymnasium)

Französisch,

Italienisch,

Polnisch,

Russisch,

Serbokroatisch,

Slowenisch,

Spanisch und ganz zuletzt

Tschechisch (2008) .

Diese Reihenfolge entspricht zufällig ziemlich genau der zeitlichen Reihenfolge ihrer Erlernung und auch der Güte meiner entsprechenden Kenntnisse. In allen diesen Sprachen, außer Tschechisch, habe ich einschlägige Gastvorlesungen an Universitäten und Akademien gehalten.

Ich werde oft gefragt, wie ich es mache. Meine Antwort ist: ja keinen Sprachkurs; da langweilt man sich zu Tode. Ich habe die Sprachen gelernt wie ein kleines Kind die Muttersprache lernt: viel sprechen, auch falsch, und wenn man dazu keine Gelegenheit hat, und überhaupt, LESEN, zuerst Fachliteratur, dann Kriminalromane, bei denen die Spannung den Griff zum Wörterbuch schwer macht. Die grammatikalischen Fragen kommen von selbst. Dann möglichst einen „native speaker“ als Sprachlehrer oder Sprachlehrerin. *Keine Angst vor Fehlern*, auch beim öffentlichen Auftreten: die Leute wollen wissen, was ich zu sagen habe, und nicht, wie gut ich spreche. Keine Übersetzung ins Deutsche wie an der Mittelschule, gleich in der Fremdsprache denken!

Leider habe ich gute Sprachlehrer nur für Französisch, Italienisch und Tschechisch gehabt; die anderen Sprachen habe ich durch Interpolation gelernt. Ein Beispiel: mit meinen polnischen Stipendiaten habe ich schonungslos nur Polnisch gesprochen. Das war meine erste slawische Sprache, und glücklicherweise habe ich eine der schwersten erwischt und sie gut gelernt.

Das Russische habe ich auf dem Papier gelernt (sehr viel lesen, die Russen haben wunderbare Fachbücher und Klassiker!), die Aussprache mit Schallplatten. Glücklicherweise ist das Russische recht leicht, wenn man schon vorher eine slawische Sprache gut kann, und die kyrillische Schrift ist für einen Gymnasiasten mit Altgriechisch kein Problem. Vor allem hat Russisch eine klare Grammatik.

Im Oktober 1980 wurde ich eingeladen, in Moskau in einer Woche drei Vorträge zu halten, und ich hatte die Frechheit, dabei zum ersten Mal mein Russisch in den Vorträgen zu testen. Es ging offensichtlich ganz gut, denn ich wurde gebeten, noch zwei Vorträge dazu zu improvisieren, also 5 Vorträge in einer Woche. Und dabei jeden Abend die berühmte russische Gastfreundschaft mit viel Alkohol!

Leider habe ich die einmalige Gelegenheit versäumt, mit meinem engen Freund und Amtsvorgänger Vladimir Keilis-Borok das Russische warm zu halten, so wie ich durch meine, durchwegs frankophonen, Generalsekretäre das Französische immer parat hatte. Volodya spricht sehr gut Englisch, und es gelang mir nicht, mein bescheidenes Russisch bei unseren heiklen Fragen durchzusetzen.

Ich habe das Sprachenproblem etwas länger besprochen, denn ich halte Fremdsprachen in der internationalen Tätigkeit für unerlässlich. Man bekommt dadurch sofort Kontakt zum anderen Menschen.

13. Musik

Ich habe mich schon als Gymnasiast sehr für klassische Musik interessiert. Das Klavierspiel war aus finanziellen Gründen unmöglich. In der Maturaklasse ging ich aus Verzweiflung zu anderen Leuten spielen, die mich wegen des Lärms bald wieder hinauswarfen. Als Technikstudent gab ich Nachhilfestunden aus Mathematik, mit deren Ertrag ich ein Klavier mieten konnte.

Ich lernte damals einen hervorragenden Klavierlehrer kennen, Professor Karl Haidmayer (Bild 52), einen großartigen Musiker und schon damals bekannten Komponisten, der die Güte hatte, dem kleinen Moritz Klavierstunden zu geben. Ich wurde nie ein guter Klavierspieler, denn es ist zu spät, erst mit 17 Jahren anzufangen. Aber er war geduldig, und bei ihm lernte ich zumindest das theoretische Klavierspiel (ich war immer ein Theoretiker) und Musiktheorie. Genauso wie mich früher die Literaturgeschichte interessiert hatte, interessierte mich jetzt die Musikgeschichte. Nach dem 2. Weltkrieg wurden zum ersten Mal die „modernen“ Komponisten wie Debussy, Bartok und Hindemith bekannt.

Meine Eskapaden nach USA und Berlin unterbrachen diesen Unterricht. Als ich 1980 Präsident der IAG wurde, fand ich in unrealistischer Weise, dass ich alles erreicht hatte, was nur denkbar war, und dass ich das Recht hätte, wieder etwas für meine Seele zu tun. Ich fragte Dr. Karl Haidmayer, ob er mir wieder Klavierstunden geben könnte. Er war inzwischen o. Professor für Musiktheorie und Komposition an der Grazer Musikuniversität und ein international bekannter Komponist geworden und hatte dafür sogar den Titel „Sir“ bekommen. Die Stunden sind seither bis heute eine dauernde Einrichtung geworden (mittwochs um 12 Uhr) und haben mir unendlich viel gegeben.

Eine Zeit lang war ich auch als Aushilfsorganist in unserer Kirche tätig, wobei mir Sir Karl gute Ratschläge für das Improvisieren gab.

14. Stifter und die Folgen

Seit meiner Gymnasialzeit war Adalbert Stifter mein Lieblingsautor. Es war kein Zufall, dass ich mich als Ferialpraktikant beim Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen um zwei Stellen, bei der Neuvermessung in Enns und bei der topographischen Landesaufnahme im oberösterreichischen Alpenvorland, bewarb.

Später machten wir mit der Familie Jahrzehnte lang Ferien im Mühlviertel, dem zweiten klassischen Stifterland. Dabei blickten wir oft über die Grenze ins Moldaugebiet und träumten davon, dass wir einmal über diese Grenze nach Oberplan (Horni Plana) fahren könnten. Nach der Wende 1990 ging es dann ganz unerwartet gut. Herr Petr Holota, ein hervorragender Geodät und mein Freund aus Prag, fuhr oft mit uns von der Grenze nach Oberplan; dann ging es zu Fuß zum Stifterdenkmal oberhalb des Plöckensteiner Sees (Bilder 53-55).

In Oberplan wird Stifters Geburtshaus in einer immer informativeren und objektiven Weise liebevoll zu einer Gedenkstätte und einem Museum eingerichtet. Alles ist in Tschechisch und in Deutsch beschriftet, und es gibt zweisprachige Bücher (Stifters tschechische Übersetzung mit dem deutschen Original.) Wegen meiner Polnischkenntnisse, die einmal recht gut waren, konnte ich von Anfang an tschechisch lesen. Einige Jahre widerstand ich der immer stärkeren Versuchung, tschechisch zu lernen. Am 1. Mai 2008 fiel mein Widerstand angesichts der vielen bilateralen Beziehungen. Man bemüht sich aufrichtig um Versöhnung, und da konnte jemand, der einmal Präsident der Internationalen Humanisten-Liga war, sich nicht ausschließen. Ich fing an, Tschechisch zu lernen, was

ungefähr der Schwierigkeit entspricht, als Anfänger Franz Liszt auf dem Klavier zu spielen. Die Sprache ist wohl die schwierigste slawische Sprache. So lese ich eben Agatha Christie und Karel Capek als Abendlektüre auf Tschechisch, und zu den kommende Sommerferien will sich unsere ganze Familie in Prag treffen.

Als ich auf der *österreichischen* Seite eine Bildtafel mit dem berühmten „Sanften Gesetz“ Stifters in beiden Sprachen las (Bild 56), wurden meine Augen feucht.

15. Meine Familie

„Die Familie steht bei einem Wissenschaftler stets an letzter Stelle.“ Dieser Gemeinplatz trifft, so glaube ich, bei mir nicht ganz zu. Freilich war meine Frau Gerlinde (1940-2002) eine begnadete Erzieherin, aber ich versuchte durchaus, mich um die Kinder Berta (geboren 1960 in Graz) und Albrecht (geboren 1962 in Columbus) zu kümmern. Gemeinsame Spaziergänge und Waldläufe waren gut für Körper und Geist. Ich war der Familienchauffeur. Ich glaube, unsere Umsiedlungen (Graz-Columbus-Graz-Hannover-Berlin-Graz) und die wechselnden Umfelder und Kulturen waren letztlich gut für uns alle. (Das erste Klavierstück in Schumanns Kinderszenen, „Von fremden Ländern und Menschen“, drückt eine alte Kindersehnsucht aus.) Wir haben viel gemeinsamen Urlaub gemacht, und ich war der Sportlehrer unserer Kinder.

Obwohl meine Frau „nur“ die Matura hatte und Hausfrau war, war sie unsere Autorität in Biologie und Theologie. Sie las unerhört viel in allen möglichen Sprachen: Italienisch, Französisch, Spanisch, Lateinisch und Griechisch. (Als Albrecht im Akademischen Gymnasium Griechisch lernte, lernte meine Frau sehr ernsthaft mit.) Griechische und lateinische Kirchenväter wurden im Urtext gelesen. Bei meinem Buch „Science, Mind and the Universe“ (1995) war sie Lektorin. Sie las unbekannte Bücher in meinen Literaturangaben und sagte mir, ob auch ich sie lesen müsse oder nicht. (Wenn das der Leser wüsste!). (Bild 58.)

Unsere Kinder haben in ähnlichen Fächern promoviert: Berta in Biologie in Graz, und Albrecht in Biochemie in Utrecht. Berta ist nun Direktorin eines kleineren internationalen Instituts für Krebsforschung in Wien und reist so in der Welt herum wie ich es seinerzeit getan hatte. Albrecht heiratete eine Kroatin aus Bosnien.

Albrecht und Josefa leben nun auf Dauer in Salem, Massachusetts, USA. Albrecht arbeitet in der biochemischen Forschung, Josefa hat ein Blumengeschäft. Der Familien-Zusammenhalt ist durch gemeinsame Urlaube (darunter in Berlin, in Dubrovnik und in Perugia (IUGG 2007!)) gesichert. Berta und ich haben in <http://www.helmut-moritz.at> die gemeinsame Arbeit „Über Naturgesetze und Evolution: ein Beitrag zu einem interdisziplinären Dialog“ (2007) veröffentlicht.

PS. Das letzte Bild 59 zeigt die damals noch bunte internationale Gruppe der Teilnehmer von der OSU an der IUGG-Generalversammlung in Wien 1991. Seit dem analogen Bild 22 und auch später hat sich vieles geändert.

ANHANG

Tabellarischer Lebenslauf

Helmut Moritz, geboren am 1. November 1933 in Graz

1939-1943	Volksschule in Graz
1943-1951	Akademisches Gymnasium in Graz
1951-1956	Studium des Vermessungswesens an der Technischen Hochschule Graz
1956	Dipl.-Ing.
1959	Promotio sub auspiciis praesidentis rei publicae, TH Graz
1960	Habilitation für Geodäsie an der Technischen Hochschule Graz
1955-1958	Wissenschaftliche Hilfskraft an der Technischen Hochschule Graz
1958-1964	Beamter in Graz beim Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
1962-1964	Visiting Research Associate am Department of Geodetic Science, Ohio State University, Columbus, Ohio, U.S.A.
1964	zurück am Bundesamt in Graz, bald darauf
1964	Beamter Privatdozent an der TH Hannover, bald darauf
1964 -1971	o.Professor an der Technischen Universität Berlin
1971	Berufung zum o.Professor an der Technischen Hochschule Graz
1962- heute	Forschungsgebiet: Theorie des Erdschwerefeldes als Grundlage für Messungen auf der Erdoberfläche und aus Satelliten, geodätische Anwendungen der allgemeinen Relativitätstheorie (1967 Gradiometrie); in langjähriger Zusammenarbeit als Adjunct Professor der Ohio State University und im Rahmen der Internationalen Assoziation für Geodäsie; Ergebnisse in 9 Büchern und ca. 230 Veröffentlichungen.

Mitglied von folgenden wissenschaftlichen Akademien:

1970	Finnland
1974	Italien / Lincei
1976	Österreich: korrespondierendes, 1988 wirkliches Mitglied)
1983	Ungarn: Ehrenmitglied
1984	Schweden / Ingenieurwissenschaften
1984	Spanien
1984	Deutschland / Berlin, fortgesetzt durch Leibniz- Sozietät Berlin (1992)
1987	Deutschland / Leopoldina, Halle
1988	Polen
1992	Academia Europaea / London
1994	Kroatien
2000	China
2001	Jugoslawien / Ingenieurwissenschaften

Ehrungen:

1963	Kaarina and W. A. Heiskanen Award, Ohio State University
1977	Gauss-Medaille, Braunschweig. wiss. Gesellschaft
1983	Alexander-von-Humboldt-Medaille, Akad. d. Wiss. Berlin
1998	Kopernikus-Medaille, Poln. Akad. d. Wiss.

- 2008 Struve-Medaille, Pulkovo
 2008 Tsiolkovsky-Medaille, Moskau
- 1982 Dr-Ing.h.c., TU München
 1993 DSc.h.c., Ohio State University
 1994 Dr.h.c., Geodätische Universität, Moskau
 1994 Prof.h.c., Wuhan University, China
- 1979-1983 Präsident der Internationalen Assoziation für Geodäsie
 1991-1995 Präsident der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik
- 1998-2002 Generaldirektor des Inter-Universitären Centrums Dubrovnik
 1998-2006 Präsident der Internationalen Humanisten-Liga in Sarajevo
- 2002 Emeritierung

Literatur

A. Bücher von H. Moritz

1. (mit W.A. Heiskanen) Physical Geodesy. W.H. Freeman, San Francisco 1967 (chinesische Übersetzung 1979, spanische Übersetzung 1985, türkische Übersetzung 1984)
2. (Hrsg., mit H. Sünkel) Approximation Methods in Geodesy. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe 1978
3. Advanced Physical Geodesy. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe 1980 (russische Übersetzung 1983, Nedra Press, Moskau; chinesische Übersetzung 1984); 2.Auflage 1989
4. (mit I.I. Mueller) Earth Rotation: Theory and Observation. Frederick Ungar, New York 1987 (russische Übersetzung 1991)
5. The Figure of the Earth: Theoretical Geodesy and the Earth's Interior. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe 1990 (russische Übersetzung 1994)
6. (mit B. Hofmann-Wellenhof) Geometry, Relativity, Geodesy. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe 1993
7. (Hrsg., mit G. Anger, R. Gorenflo, H. Jochmann und W. Webers) Inverse Problems: Principles and Applications in Geophysics, Technology, and Medicine (Mathematical Research, Vol. 74), Akademie-Verlag, Berlin 1993
8. Science, Mind, and the Universe: An Introduction to Natural Philosophy. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg 1995
9. (mit B. Hofmann-Wellenhof) Physical Geodesy. Springer-Verlag Wien New York 2005

**B. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften,
Kolloquium „Wissenschaftliche Geodäsie“**

anlässlich des 75. Geburtstages von Helmut Moritz
am 14. November 2008 in Berlin

mit Laudationes von Herbert Mang und Heinz Kautzleben
und mit Beiträgen von Herbert Hörz, Juhani Kakkuri,
Heinz Kautzleben & Günter Leonhardt, Dieter Lelgemann,
Alexander N. Marchenko & A. S. Zayats, Helmut Moritz,
Bogdan Ney und Gligorije Perovic

Band 104, Jahrgang 2009, Berlin

C. Webseite: <http://www.helmut-moritz.at>



Wissenschaftliches- Autobiographisches

Helmut Moritz
Technische Universität Graz

4. März 2010

Bild 1

Zur Einführung

Bild 2



Karl
Rinner
(1912-
1991)

Bild 3

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft in Berlin

Die nächsten 11 Folien wurden von
Herrn Professor Kautzleben (Berlin)
freundlichst zur Verfügung gestellt

Bild 4

Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin

Poster-Beitrag
zum Kolloquium „Wissenschaftliche Geodäsie“
am 14. November 2008 in Berlin
vorbereitet von Heinz Kautzleben

Bild 5

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin

Leibniz-Sozietät, Kolloquium am 14.11.2008

Die Gelehrte Gesellschaft zu Berlin
wurde 1700 auf Initiative von Gottfried Wilhelm Leibniz
durch den Kurfürsten von Brandenburg gestiftet,
1992/93 wurde sie privatisiert,
hat seit ihrer Gründung ihren Sitz
in der historischen Mitte von Berlin,
weist eine Mitgliederkette ohne Unterbrechung auf,
war zu allen Zeiten auf akademiespezifische Weise aktiv.

Bild 6

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin

Leibniz-Sozietät, Kolloquium am 14.11.2008

Die offiziellen Namen der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin:

Brandenburgische Sozietät der Wissenschaften
Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften
Preußische Akademie der Wissenschaften
Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin
Akademie der Wissenschaften der DDR
Leibniz-Sozietät e.V.
Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e.V.

Die Änderungen waren die Folge von politischen Ereignissen, die tief greifende Auswirkungen auf die Region Berlin hatten.

Bild 7

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin

Leibniz-Sozietät, Kolloquium am 14.11.2008

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin:

Pierre-Louis Moreau de Maupertuis
Karl Friedrich Gauß
Friedrich Wilhelm Bessel
Johann Jakob Baeyer
Friedrich Robert Helmert
Weikko Aleksanteri Heiskanen
Helmut Moritz

Bild 8

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin

Leibniz-Sozietät, Kolloquium am 14.11.2008



Pierre-Louis Moreau de Maupertuis

28.09.1698 †27.07.1759
Mitglied seit 23.06.1735

Gradmessung in Lappland
Die Erde ist ein abgeplattetes Rotationsellipsoid.

Präsident der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften

Bild 9

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin

Leibniz-Sozietät, Kolloquium am 14.11.2008



Karl Friedrich Gauß

*30.04.1777 †23.02.1855
Mitglied seit 18.07.1810

Vermessung des Königreichs Hannover

Die mathematische Erdfigur ist eine Äquipotentialfläche des Schwerefeldes der Erde.

Direktor der Sternwarte in Göttingen

Bild 10

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin

Leibniz-Sozietät, Kolloquium am 14.11.2008



Friedrich Wilhelm Bessel

*22.07.1784 †17.03.1846
Mitglied seit 16.07.1812

Gradmessung in Ostpreußen
Ellipsoid von Bessel

Direktor der Sternwarte in Königsberg i. Pr.

Bild 11

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin

Leibniz-Sozietät, Kolloquium am 14.11.2008



Johann Jakob Baeyer

*05.11.1794 †11.09.1885
Mitglied seit 27.05.1865

Initiator der Mitteleuropäischen Gradmessung

(erste internationale Organisation zur wissenschaftlichen Zusammenarbeit der Geodäten)

Gründer des Königlich Preußischen Geodätischen Institutes

Bild 12

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin

Leibniz-Sozietät, Kolloquium am 14.11.2008



Friedrich Robert Helmert

*31.07.1843 †15.06.1917

Mitglied seit 31.01.1900

„Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie“

Direktor des Königlich Preußischen Geodätischen Instituts und des Zentralbüros der Internationalen Erdmessung

Bild 13

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin

Leibniz-Sozietät, Kolloquium am 14.11.2008



Weikko Aleksanteri Heiskanen

*23.07.1895 †23.10.1971

Mitglied seit 29.06.1950

Isostasie und ihre geodätische Nutzung

„World Geodetic System“

Geodäsie-Professor und Institutsdirektor in Finnland und den USA

Bild 14

Die sieben großen Geodäten der Gelehrten Gesellschaft zu Berlin

Leibniz-Sozietät, Kolloquium am 14.11.2008



Helmut Moritz

*01.11.1933

Mitglied seit 14.06.1984

„Vormann“ der modernen Physikalischen Geodäsie

Professor der Physikalischen Geodäsie in Deutschland, USA und Österreich

Präsident der IAG und der IUGG

Bild 15

Moritz' Studium an der TH Graz

Beginn 1951, Dipl.-Ing. 1956, Dr.techn.1959; Habilitation 1960, seit 1955 wiss. Hilfskraft an der TH Graz, 1958 beim Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BAfEuV)

Lehrer:

o. Prof. Dr. Bernhard **Baule** (legendär!)

o. Prof. Dr. Karl **Hubeny** (verlangte selbständiges Denken)

o. Prof. Dr. Alois **Barvir** (gab sich viel Mühe)

Honorarprof. Dr. Wenzel **Konopasek** (ein Pionier!)

„Kommt sich Wenzel Militär, kriegt sich Wenzel Sabel, denkt sich, das ist Schießgewehr, schießt sich miserabel.“

Bild 16

Prof. Hubeny: „Was woll'n'S denn, in der Geodäsie sind doch schon alle Probleme gelöst“. **Selber nachdenken !**



Michelangelo
il penseroso



Bild 17

Der Hilbert-Raum

Unendliche Folgen von Zahlen (Fourierkoeffizienten, Kugelfunktionskoeffizienten) a_1, a_2, a_3, \dots sind Vektoren im **diskreten** Hilbertraum (in Quantentheorie Heisenberg-Darstellung). Äquivalent sind Funktionen als **kontinuierliche** Hilbert-Vektoren (z.B. Gravitationspotential) (in Quantentheorie Schrödinger-Darstellung). Der **diskrete** Hilbertraum ist der **Spektralraum** des Funktionsraumes, des **kontinuierlichen** Hilbertraums.

Bild 18



sub auspiciis
praesidentis...

Bild 19



The Ohio State University (OSU)

Bild 20



W. A.
Heiskanen
(1895 – 1971)

Bild 21



Heiskanen und Mitarbeiter an OSU

Bild 22



Cockins Hall, früher Department of Geodetic Science OSU

Bild 23



OSU Mirror Lake, man muss ja nicht immer arbeiten..

Bild 24



American Baseball

Bild 25



Müde in Bremerhaven, nach Schiffsfahrt von New York

Bild 26

Das Jahr 1964

Februar: Rückkehr an das BAFEV
 April: Dozent an der TH Hannover
 Oktober: o. Professor an der TU Berlin

Weiter:

1971 o. Professor an der TH Graz
 2002 Emeritierung

Bild 27

Überblick

Lehre und „Spitzenforschung“
 an in- und ausländischen Universitäten
 großartige Mitarbeiter
 viele tüchtige ausländische
 Doktoranden und Stipendiaten
 „International Summer Schools in the Mountains“
 leitende Stellung in internationalen
 Wissenschaftsorganisationen IAG, IUGG
 bilaterale Zusammenarbeit (Deutschland, USA,
 Polen, Russland, Kanada,
 Kroatien, Bosnien, Ägypten, China)

Bild 28

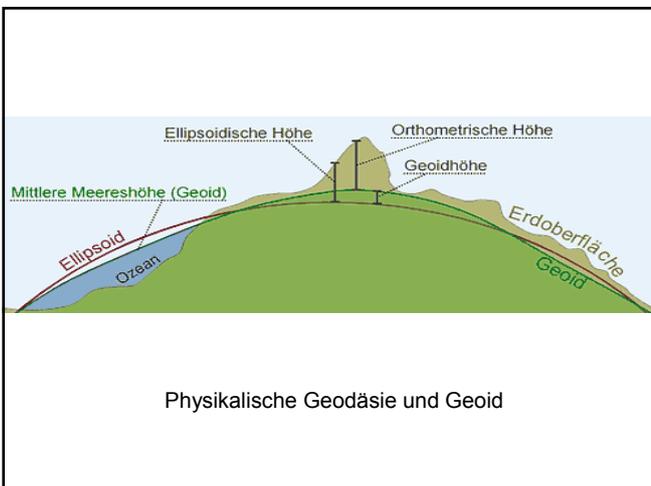


Bild 29

Hauptmethoden

Molodensky Integration	Kollokation Sehr große Gleichungs- systeme
---------------------------	---

Bild 30

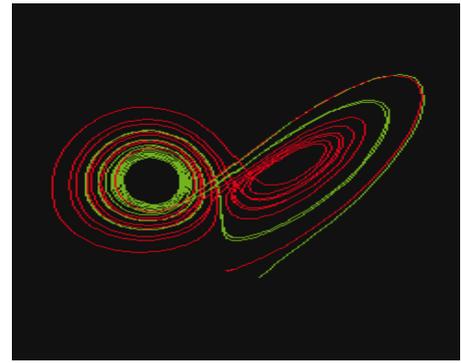
$$ds^2 = g_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta$$

$$\frac{d^2 x^\alpha}{ds^2} + \Gamma_{\beta\gamma}^\alpha \frac{dx^\beta}{ds} \frac{dx^\gamma}{ds} = 0$$

$$G_{\alpha\beta} = -8\pi k T_{\alpha\beta}$$

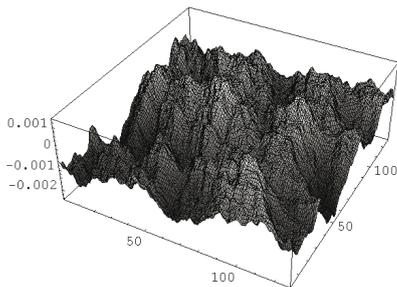
Die Grundformeln der Relativitätstheorie

Bild 31



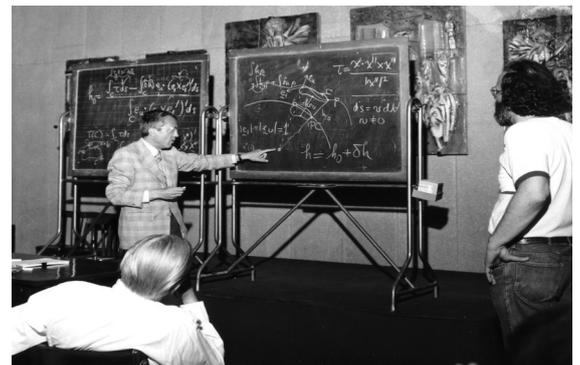
Chaostheorie: Lorenz-Schmetterling: Wettervorhersage

Bild 32



Chaostheorie: synthetisches Geländemodell

Bild 33



Antonio Marussi

Nathaniel Grossmann

Bild 34



Mit Yury Neyman auf dem Roten Platz in Moskau

Bild 35



Marx und Moritz in Moskau

Bild 36

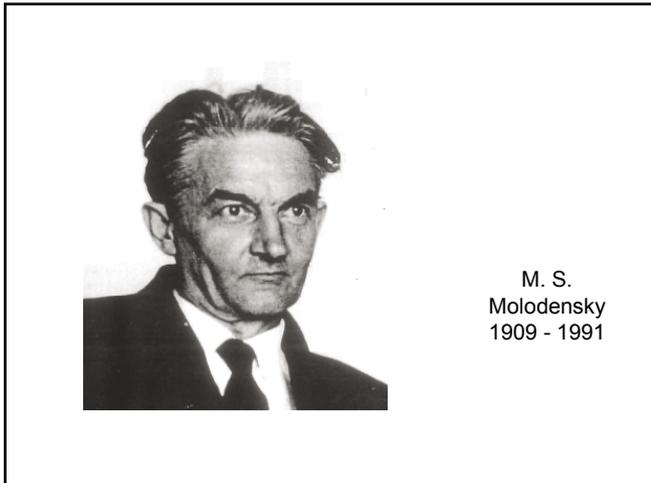


Bild 37

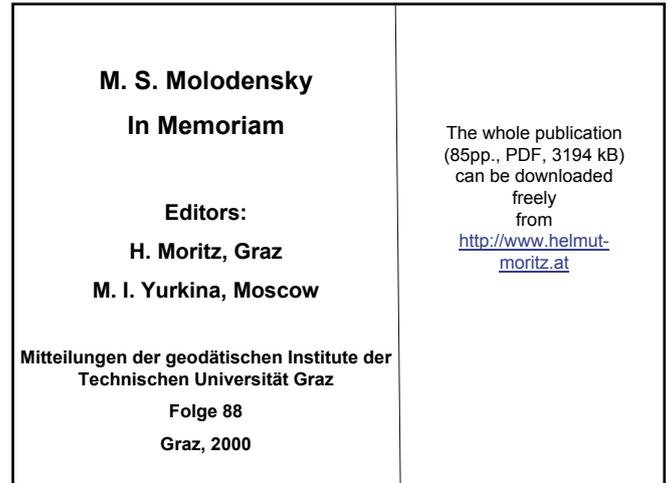


Bild 38

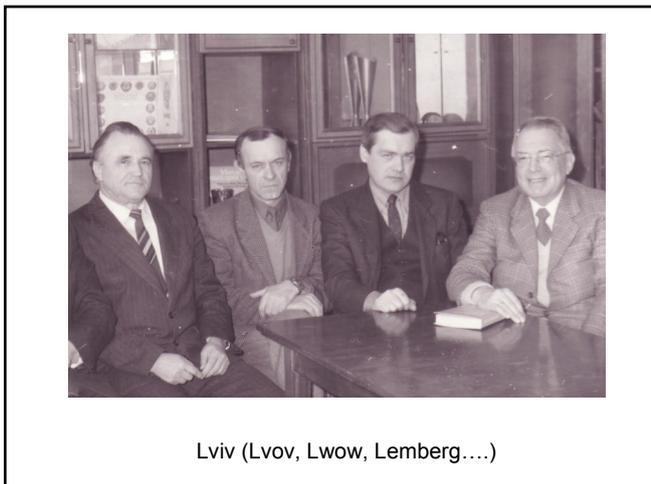


Bild 39

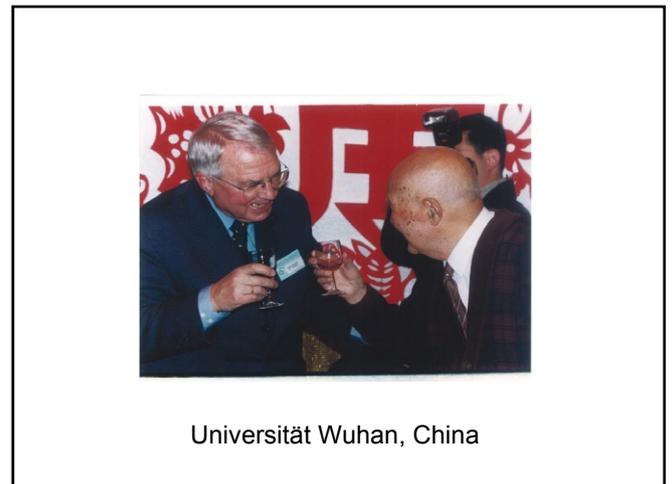


Bild 40



Bild 41



Bild 42

Ab und zu ist man ja auch in Graz.....

Bild 43



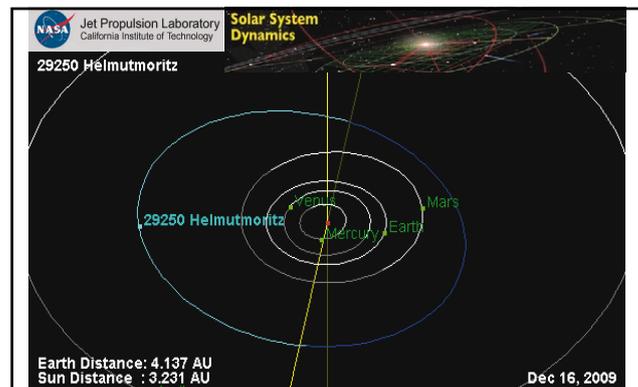
Landeshauptmann Krainer jr. (1985)

Bild 44



Runde Geburtstage
(1998)

Bild 45



Eine etwas abstraktere Ehrung im Weltraum:
das Planetoid HelmutMoritz
(in Graz darf man sogar mit dem Rektor konkurrieren...)

Bild 46

Nachsommer

1998 – 2002 Generaldirektor des
Inter-Universitäts-Zentrums Dubrovnik (internationale
wissenschaftliche Tagungsstätte)

1998 – 2006 Präsident der
Internationalen Humanisten-Liga
in Sarajevo (Versöhnung, Menschenrechte)

Schon früher fuhr ich nach 1990 zusammen mit Petr Holota
nach Oberplan (Horní Plana) im Böhmerwald.
Seit 2008 lerne ich tschechisch.
Adalbert Stifter zweisprachig: Völkerverständigung
nach schwerer Geschichte.

Bild 47



Dubrovnik

Bild 48



Die Internationale Humanisten-Liga tagt in Graz:
Präsident H.M.,
kath. Bischof Komarica aus Banja Luka (Vizepräs.)
Generalsekretär Zdravko Surlan aus Sarajevo

Bild 49



Übergabe des Präsidentenamtes
der ILH 2006

Bild 50



Die Nachfolge ist gesichert: Präs. ILH wird
österreich. Bund. Min. a.D. Dr. Sonja Stiegelbauer

Bild 51



Hobbies

MUSIK
(Theorie, Klavier) bei

Prof. Dr. Sir Karl Haidmayer

Anderes

Sprachen

Wandern

Lesen

Bild 52



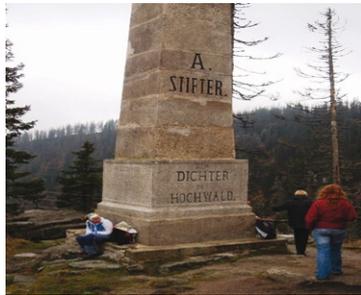
Mit Petr Holota auf den Spuren Adalbert Stifters:
am Plöckensteiner See, etwas müde...

Bild 53



Dreihundert Meter höher, das Stifterdenkmal
bewundernd

Bild 54



Stifterdenkmal

Bild 55

Laskavy zakon Adalberta Stiftera Das sanfte Gesetz Adalbert Stiffers

Vzdušne proudy,
zrcene vody,
rust obili,
dmuťi more,

zelen zeme,
trpyť hvezd,
povazuji za velke.

Das Wehen der Luft,
das Rieseln des Wassers,
das Wachsen der Getreide,
das Wogen des Meeres,

das Grünen der Erde,
das Glänzen des Himmels,
das Schimmern der Gestirne
halte ich für groß.

Adalbert Stifter, Vorrede der bunten Steine (1852)

Bild 56

**Helmut Moritz
aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie**

Helmut Moritz (*1. November 1933 in Graz) ist ein österreichischer Geodät.

Helmut Moritz ist emeritierter Professor für physikalische Geodäsie an der Technischen Universität Graz. Er gilt als der anerkannteste Repräsentant der physikalischen Geodäsie. Seine Forschungsarbeiten haben unter anderem dazu beigetragen, neue Mess- und Rechentechniken zur Beschreibung der Erdfigur zu entwickeln. Damit schuf er jene Voraussetzungen, die für die modernsten Satelliten erfolgenden Bestimmungen von Aussehen und Schwerefeld der Erde Voraussetzung sind.

Moritz ist weltweit ausgezeichnet worden und unter anderem Träger der Carl-Friedrich-Gauss-Medaille und der Alexander-von-Humboldt-Medaille.

(Stand 4.1.2010)

Bild 57



Familie Moritz 1983

Bild 58



Alte Freunde OSU Wien IUGG 1991...

Bild 59

Deo gratias.

Bild 60

Bernhard Hofmann-Wellenhof

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.h.c.mult. Dr.techn.
Institut für Navigation und Satellitengeodäsie der TU Graz

Helmut Moritz und Galileo Galileo

Helmut Moritz und Galileo Galileo

von Bernhard Hofmann-Wellenhof

1. Helmut Moritz initiiert die Navigation in Graz

Den Titel dieses kurzen Berichts wird man nur mit Hintergrundinformation verstehen, denn auf den ersten Blick trennt Helmut Moritz (geboren 1933) und Galileo Galileo (1564-1642) fast ein halbes Jahrtausend und es geht im Rahmen dieser Feier primär um Helmut Moritz. Sekundär sollen Schwerpunkte der Grazer Geodäsie auf dem Weg zur Internationalität beschrieben werden und ein zweiter Schwerpunkt, neben der Satellitengeodäsie, über die Hans Sünkel berichtet hat, ist die Navigation. Damit ist allerdings der Bogen zum Titel immer noch nicht gespannt. Daher blättere ich vom Heute rund 25 Jahre zurück und beobachte eine Szene am Institut für Physikalische Geodäsie in Graz und ein Gespräch zwischen dem Leiter des Instituts, Helmut Moritz, und einem seiner Assistenten, Bernhard Hofmann-Wellenhof, der gerade seine Habilitation abgeschlossen hat im Jahr 1984. Moritz (nachdenklich, eine Augenbraue hochgezogen): „Du musst jetzt einmal nach Amerika fahren!“ Hofmann-Wellenhof (jede Widerrede meidend): „Gut!“ Moritz: „Ich schlage vor, du fährst zum NGS.“ Hofmann-Wellenhof (gibt nicht zu erkennen, dass er das Akronym NGS nicht mit dem National Geodetic Survey in den USA zu interpretieren weiß): „Einverstanden – und wann?“ Moritz (ohne zu Zögern, aber in Gedanken bereits einen Schritt weiter): „Möglichst bald...“ Er hat mittlerweile zum Telefonhörer gegriffen und bittet seine Sekretärin, eine Verbindung zu Admiral John Bossler, dem damaligen Leiter des NGS, herzustellen. So wurde mein erster längerer Amerika-Aufenthalt initiiert. Und dann gab mir Helmut Moritz noch ein Thema mit auf den Weg in die USA: „GPS“. Wiederum wusste ich nichts damit anzufangen. Aber immerhin kopierte ich mir damals – es gab noch kein Internet – aus verschiedenen Tagungsbänden einige wenige Artikel, in denen dieses Akronym vorkam, und begann die Beiträge auf meinem Flug nach Washington zu lesen, ohne den Hintergrund zu verstehen, denn in Europa konnte man damals mit dem Global Positioning System (GPS) noch nicht viel anfangen. Aber das war der Auslöser, auch in Graz die Navigation zu etablieren. Einige Jahre später haben wir diesen Begriff in einem Institutsnamen verankert - erstmalig in Europa. Heute verbindet man mit Navigation in Europa schon wesentlich mehr, denn das europäische globale Satellitennavigationssystem Galileo kommt, wie im nächsten Abschnitt näher erläutert wird – und damit wird nun auch der Titel verständlich.

2. Von GPS zu GNSS

Gerade eine Generation ist seit dem für mich denkwürdigen Gespräch vergangen. Heute muss GPS nicht mehr erklärt werden, es gehört in der Geodäsie zum elementaren Handwerkszeug und findet Anwendungen, insbesondere im Bereich der Navigation, auch weit über die Grenzen der Geodäsie hinaus. Allerdings beginnt die Zukunft die Gegenwart einzuholen. Schon ändert man die Abkürzung, aus GPS wird GNSS (Global Navigation Satellite Systems), weil auch andere Länder erkannt haben, welches ungeheure Marktpotential es in den kommenden Jahren durch die Anwendung der satellitengestützten Navigation zu erobern gilt. Neben Russland, das in der Zeit des Kalten Kriegs damals noch als Sowjetunion parallel zu GPS das eigene System GLONASS entwickelt hatte, reift auch in Europa der Entschluss für ein eigenes System. Und im Jahr 2002 entschied das European Transport Council, ein globales Satellitennavigationssystem zu bauen und nennt dieses System Galileo. Eine Anmerkung am Rande: seit damals wird in Graz „Galileo“ als

eigenständige Lehrveranstaltung angeboten. Auch China, teilweise Partner bei Galileo, entwickelt ein eigenes System Compass (aufbauend auf dem Vorläufersystem Beidou). Sehr jung noch die Entscheidung von Indien, mit dem GINSS ein globales System zu bauen.

Neben den globalen Systemen, die „global“, also weltweit, angewandt werden können, werden auch regionale Systeme wie das japanische QZSS oder das indische IRNSS geplant und gegenwärtig realisiert. Schließlich gibt es noch zahlreiche Augmentierungssysteme, das sind Systeme, die ein globales System unterstützen. Aus europäischer Sicht wird hier auf EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) verwiesen, dessen Open Service am 1. Oktober 2009 für operationell erklärt wurde. Die Erklärung der Augmentierungssysteme würde den Rahmen des kurzen Übersichtsvortrags sprengen.

3. GNSS – gegenwärtige Aktivitäten und Probleme

GPS. Gegenwärtig gibt es 35 (!) GPS-Satelliten, allerdings sind davon nur 30 verwendbar, in der Fachsprache nennt man das „healthy“. Natürlich fragt man sich, warum die restlichen Satelliten nicht verwendbar sind. Die Antwort kommt – wie so oft – aus dem militärischen Bereich. GPS ist primär ein militärisches System, und es wurde der neue M-Code (ein rein militärischer Code) auf der neuen Block IIR-M Generation der Satelliten getestet.

Interessant sind auch die gegenwärtigen Neupositionierungen von GPS-Satelliten. Es wird die „erweiterbare“ 24+3 Konstellation angestrebt, das ist die klassische ursprüngliche Definition von 4 Satelliten in 6 Bahnebenen und 3 Reservesatelliten. Diese Konstellation weicht signifikant von den oben erwähnten 30 bzw. 35 Satelliten ab; allerdings gibt es mehrere nahe beieinander fliegende („Tandem“) Satelliten, wo ein neuer neben einem alten Satelliten platziert ist, um dessen möglichen Ausfall sofort kompensieren zu können. Eine Neupositionierung kann durchaus eine längere Reise sein. So hat sich im Jänner 2010 Satellite SVN24 auf die Reise zu seiner neuen Position gemacht, die er erst im Jänner 2011 erreichen wird. Der Grund für die lange Reise ist Treibstoffökonomie – lieber eine längere Reise und gesparter Treibstoff als umgekehrt. Denn den Treibstoff benötigt man für kleine Bahnkorrekturen und auch für eine finale Anstrengung, wenn es darum geht, den Satelliten in eine „Pensionsbahn“ zu schicken. Warum wird diese Neupositionierung durchgeführt? Die Antwort weiß das amerikanische Militär, denn damit wird eine bessere Satellitensichtbarkeit im Irak und in Afghanistan erreicht.

Interessant sind auch die Effekte mit der neuen Trägerwelle L5, die zu Problemen bei den „klassischen“ Trägerwellen L1 und L2 führten. Im Prinzip handelt es sich um eine Art Mehrwegeeffekt („Multipath“) durch die L5-Satellitenantenne, die zu Reflexionen führt, die wiederum L1 und L2 beeinträchtigen.

Galileo. Die Europäische Kommission hat am 7. Jänner 2010 mit einem Vertrag mit der deutschen Firma OHB System AG (in Bremen) den Bau von 14 Satelliten in Auftrag gegeben. Dabei sollte man noch erwähnen, dass OHB ein Konsortium leitet, zu dem auch Surrey Satellite Technology Ltd (Großbritannien) gehört, das den Galileo-Testsatelliten GIOVE-A gebaut hat. Zwei weitere Verträge gab es noch: Mit Thales Alenia Space (Italien) für „System Support Services“ und mit Ariespace (Frankreich) für „Launch Services“.

Ein interessantes Detail zu GIOVE-A, der ja seine Mission schon übererfüllt hat. Im September 2009 wurde GIOVE-A neu positioniert und zwar so, dass seine gegenwärtige Bahn rund 113 km über den zukünftigen Galileo-Satelliten liegt. Warum? Damit ist abgesichert, dass GIOVE-A in seiner „Pensionsbahn“ für über 100 Jahre die Bahnen der anderen Galileo-Satelliten nicht stören wird.

Am 19. November 2009 gab es eine kleine Feier: Kourou in Französisch-Guayana wurde zur Hauptbodenstation für Galileo gekürt. Kourou gehört zum Galileo-Bodensegment und ist auch eine der beiden Stationen, von denen in naher Zukunft die Navigationsnachrichten zu den Galileo-Satelliten geschickt werden. Kourou ist aber insbesondere Startrampe für die Galileo-Satelliten: Die vier IOV (in orbit validation) Satelliten werden Ende 2010 und im Frühjahr 2011 (je zwei) mit einer russischen Soyuz-Rakete in ihren Orbit gebracht werden.

Jetzt kommt noch die übliche Frage, wann Galileo verfügbar sein werde. Aus heutiger Sicht ist das Jahr 2014 für IOC (Initial Operational Capability) geplant. Das heißt, zu diesem Zeitpunkt sollen alle Galileo-Satelliten im Orbit sein, aber teilweise noch in einer Testphase.

GLONASS. Die erfolgreiche Wiederaufrüstung von GLONASS, die auf einen Erlass von Präsident Putin aus dem Jahr 2006 zurückgeht, ist etwas ins Stocken geraten. Grund dafür ist ein Signalgenerator auf einem GLONASS-M-Satelliten, der Schwierigkeiten verursacht. Deshalb gab es den im September 2009 vorgesehenen Start nicht, wohl aber den im Dezember 2009 mit drei Satelliten. Dieser eine fehlende Start wirkt sich aber signifikant auf die Konstellation aus. Denn derzeit (Stand Mitte Februar 2010) gibt es nur 19 operative Satelliten, das heißt, es fehlen 5 Satelliten für die nominelle 24-Satelliten-Konstellation. Anders ausgedrückt: der Präsidentenerlass, der 24 Satelliten zum Jahresende 2009 vorsah, konnte nicht eingehalten werden. Das bringt auch den Plan für die neuen GLONASS-K-Satelliten durcheinander. Diese neue Generation sollte in bezug auf Lebenserwartung an die GPS-Satelliten heranreichen, das ist ein Sprung von 3 Jahren auf 10 Jahre. Überdies gibt es für diese K-Generation neben den klassischen FDMA-Signalen (Frequency Division Multiple Access) erstmals ein CDMA-Signal (Code Division Multiple Access), also eine Annäherung an GPS (und Galileo).

Compass. Die Situation mit dem chinesischen Compass, das aus geostationären Satelliten und MEO- Satelliten (Medium Earth Orbit) besteht, ist gegenwärtig etwas unübersichtlich. Im April 2009 wurde mit G2 ein geostationärer Satellit gestartet, der aber bis Jänner 2010 um rund 16 Grad von seiner ursprünglichen Position weggedriftet ist. Am 17. Jänner 2010 wurde ein weiterer geostationärer Satellit gestartet. Der erste MEO-Satellit wurde bereits am 14. April 2007 gestartet. In der Endausbaustufe soll Compass aus 5 geostationären und 30 MEO-Satelliten bestehen. Für die nächsten zwei bis drei Jahre sind 10 Satellitenstarts vorgesehen. Eine regionale Abdeckung für China ist bis etwa 2012 geplant, die globale Konstellation soll 2020 erreicht werden.

4. Literatur

Für diesen Kurzbeitrag wurden folgende Quellen verwendet:

- (1) ESA International Summer School on GNSS (ed): Presentations. Berchtesgaden, 20.-30. July 2009.
- (2) Lekkerkerk H.-J. (2010): Shifting satellites – GNSS update. GEOInformatics, vol 13, Jan./Feb. 2010, 18-20.
- (3) GPS World (ed, 2010): The System. Feb. 2010, 10-11.
- (4) Hofmann-Wellenhof B, Lichtenegger H, Wasle E (2008): GNSS – GPS, GLONASS, Galileo & more. Springer, Wien New York.

Helmut Moritz und Galileo Galileo



B. Hofmann-Wellenhof

Institut für Navigation und Satellitengeodäsie, Technische Universität Graz



GNSS - Gegenwart und Zukunft

Global	Regional	Augmentierung	
GPS	QZSS	WAAS	EGNOS
GLONASS	IRNSS	MSAS	GAGAN
Galileo		SDCM	SNAS
COMPASS		CWAAS	CSTB
GINSS			

GPS

- Stabile Konstellation
 - 32 Satelliten gegenwärtig (24.2.2010) verfügbar
 - 12 GPS IIA
 - 12 GPS IIR
 - 8 GPS IIR-M
 - 3 zusätzliche Satelliten in "residual status"
- 1995: FOC (Full Operational Capability)



GPS Modernisierung – neue zivile Signale

Zweites ziviles Signal "L2C"

- Für kommerzielle Anwendungen konzipiert
- Höhere Genauigkeit durch ionosphärische Korrektur
- Seit 2005 verfügbar (ohne CNAV ... commercial Navigation)
- CNAV-Nachricht beginnt mit September 2009
- Volle Verfügbarkeit: 24 Satelliten mit CNAV ~ 2016



Benefits existing professional receivers

Drittes ziviles Signal "L5"

- Genügt Anforderungen der Einsatzorganisationen (Safety of life)
- Verwendet das gut geschützte Aeronautical Radio Navigation Service (ARNS) Band
- Erster Start: 2009; volle Verfügbarkeit für 24 Satelliten ~ 2018

GPS Modernisierung – neue zivile Signale

Viertes ziviles Signal "L1C"

- Modernisiertes ziviles Signal auf L1
 - Robustere Navigation für viele Anwendungen
 - Bessere Leistung in schwierigen Umgebungen
 - Kompatibel zum ursprünglichen Signal auf L1
- Signalspezifikationen gemeinsam mit Industrie entwickelt
- Beginn mit GPS III im Jahr 2014
- Voll verfügbar auf 24 Satelliten ~ 2021



Under Trees



Urban Canyons

GLONASS



Global Navigation Satellite System (GLONASS)

New Presidential Initiative (18.01.2006):

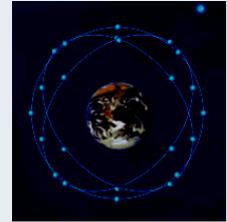
- To ensure GLONASS minimum operational capability (18 satellites) by the end of 2007
- To ensure GLONASS full operational capability (24 satellites) by the end of 2009
- To ensure GLONASS performance comparable with that of GPS and GALILEO by 2010

The main goal is to bring GLONASS to mass market

GLONASS Raumsegment



- 24 Satelliten
- 3 Bahnebenen
- 64.8° Bahnneigung
- 19100 km Höhe
- 11 h 16 min Umlaufzeit
- Frequency Division Multiple Access (FDMA)



GLONASS Satelliten



- Erster GLONASS Satellitenstart: 12. Oktober 1982
- 3 Satelliten pro Start
- 2 fehlgeschlagene Starts
- Gesamtzahl der bisher gestarteten Satelliten: 109

GLONASS-K Satellit



- Nachfolger des GLONASS-M Satelliten
- Aussenden eines dritten zivilen Signals (L3)
- Search and rescue Service
- Verbesserte Uhrenstabilität (10^{-14})
- Erhöhte Lebenserwartung (von 7 auf 10-12 Jahre)
- Geringeres Gewicht: 850 kg (GLONASS-M: 1415 kg)
- Erster Start geplant für Ende 2010

GLONASS-K = FDMA + CDMA

EGNOS – Meilensteine

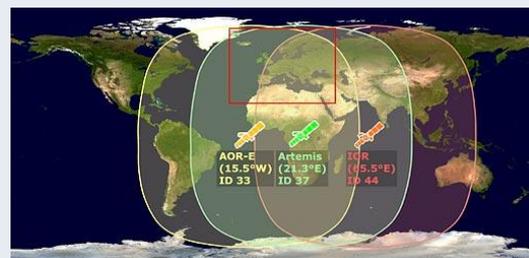


- Seit Juli 2006: Signal (2 Satelliten damals, heute 3)
- März 2009: EGNOS Economical Operator (EEO) ist verantwortlich
- 1. Oktober 2009: Open Service available
- Im Lauf von 2010: Safety-of-Life Service



Press conference on 1 October 2009, Mr Antonio Tajani, European Commission Vice-President for Transport Policy, announced the official start of operations for EGNOS, the European Geostationary Navigation Overlay Service.

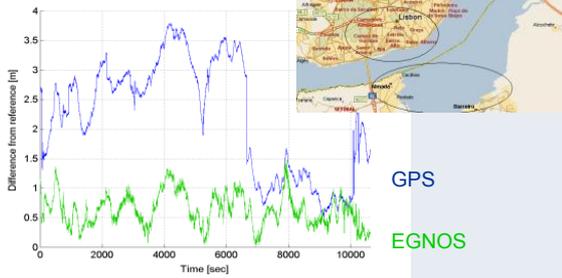
EGNOS Raumsegment



EGNOS - Anwendungsbeispiel



Kinematische Positionierung in Lissabon (Projekt GALEWAT 2007)



13

Galileo

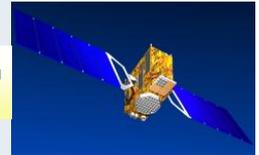


Galileo Galilei: Begründer der modernen Kinematik (Experimente zum Freien Fall). Die Geodäsie hat seinen Namen bereits in einer Einheit verehrt: $9,813456789 \text{ m/sec}^2 = 981 \text{ Gal}$

1564

†1642

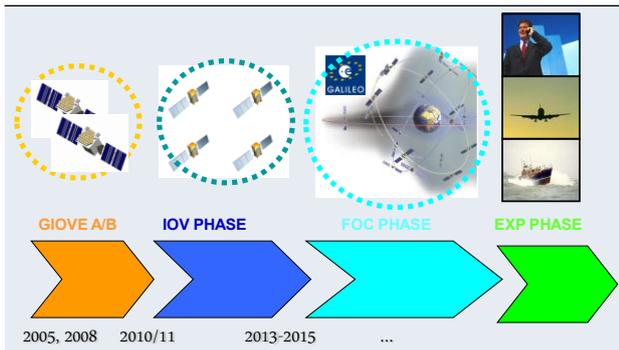
26 March 2002: The European Transport Council decides to build up its own Global Satellite Navigation System, called Galileo



2002

14

Galileo Stufenprogramm



15

GIOVE A – erster Testsatellit



- Surrey Satellite Technology
- Gewicht 600 kg
- Abmessungen 1,3 * 1,8 * 1,65 m
- Geplante Lebensdauer 2 Jahre
- Nur 2 der drei Frequenzbänder genutzt
- 2 Rubidium Atomuhren (Stabilität 10ns/Tag)

- Test kritischer Payload
- Sicherung der Frequenzen ITU



Folie: E. Klaffenböck

16

28. Dezember 2005



GIOVE A - Erfolgsgeschichte



Fakten:

- Start am 28. Dezember 2005
- nominelle Missionsdauer weit überschritten
- ESA: „full mission success“

Erreichte Ziele:

- Galileo Frequenzsicherung
- Repräsentatives Signal (signal-in-space)
- Sechswöchiger Nutzlasttest

18

GIOVE B

- Hersteller: Europäisches Industrieteam (Astrium, Thales Alenia, Austrian Aerospace bzw. RUAG, ...)
- Passiver Wasserstoff-Maser (Stabilität 1 ns/Tag)
- Masse: 523 kg
- 0.955 x 0.955 x 2.4 m
- MBOC
- Triple-channel transmission



Foto: ESA

19

Uhren an Bord

Rubidium Atomic Frequency Standard
3.2 Kg mass
30 W power

Navigation Payload:
Appr. 130 Kg / 900 W

Frequency Standards

Rubidium

- Cheaper and Smaller
- Short-term stability: less than 10 nsec per day
- Subject to larger frequency variation caused by environment conditions

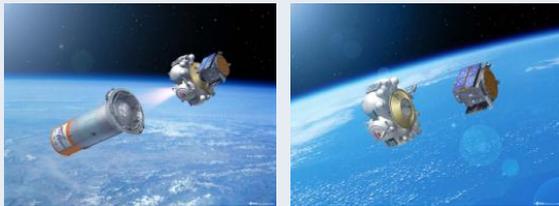
Passive H-Maser

- outstanding short-term and long term frequency stability: less than 1 nsec per day
- frequency drift

Passive Hydrogen Maser
18 Kg mass
70 W power

20

GIOVE B



Fotos: ESA

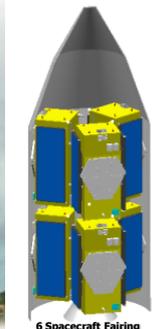
21

GIOVE B

- Launched on 27 April 2008
- Most accurate clock in space
- Most advanced GNSS signal
- Precursor of IOV

Galileo Startoptionen

- Voraussetzung: Satellit muss direkt in MEO Orbit gebracht werden
- Ariane 5 kann bis zu 6 Satelliten mit einem Start in die Bahn bringen
- Soyuz kann 2 Satelliten mit einem Start in die Bahn bringen



23

Galileo Raumsegment

Satellitenbahnen

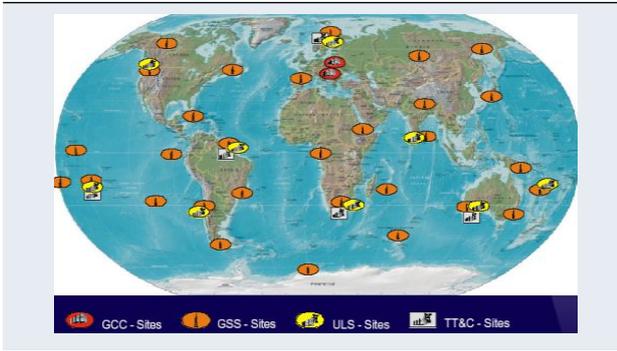
- Medium Earth Orbit (MEO), ca. 23 616 km über der Erde (Periode 14 h 04 min)
- 30 (27+3) Satelliten für globale Überdeckung
- Nahezu kreisförmige Bahnen
- Verteilung der Satelliten auf 3 Bahnebenen
- Inklination der Bahnebenen gegen den Äquator: ca. 56°

Bild: ESA



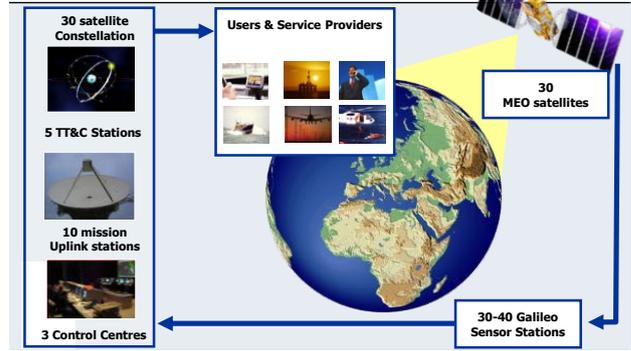
24

Galileo Kontrollsegment



25

Galileo Infrastruktur



26

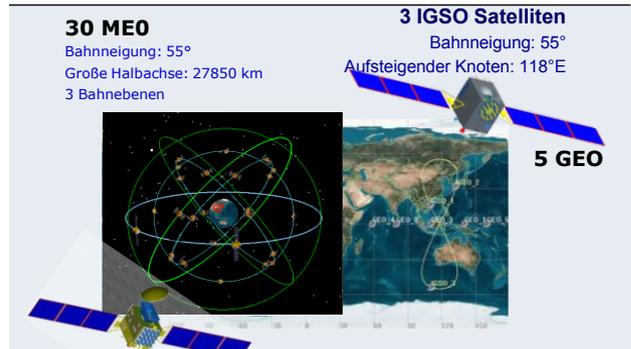
Galileo Services



Navigation	Open Access	Free to air; Mass market; Simple positioning	
	Commercial	Encrypted; High accuracy; Guaranteed service	
	Safety of Life	Open Service + Integrity and Authentication of signal	
	Public Regulated	Encrypted; Integrity; Continuous availability	
SAR	Search and Rescue	Near real-time; Precise; Return link feasible	

27

COMPASS



COMPASS - Services und Genauigkeiten



- ◆ **Zwei globale Services**
 - **Open Service:** frei für alle verfügbar
 - Positionsgenauigkeit: 10 m
 - Zeitgenauigkeit: 20 ns
 - Geschwindigkeitsgenauigkeit: 0.2 m/s
 - **Authorized Service:** sichert Zugang auch in schwieriger Umgebung
- ◆ **Zwei autorisierte regionale Services**
 - **Wide area differential service:** Positionsgen.: 1 m
 - **Short message service**

COMPASS Satellitenstart



Der erste MEO Satellit wurde gestartet am
14. April 2007





Die Geodäsie wird international



Danke, Helmut!



Zur Reihe „Nachhaltige Entwicklungen an der TU Graz und ihre Initiatoren“

Die Technische Universität Graz ist aus dem 1811 gestarteten Unterricht am Joanneum hervorgegangen, dessen Ziel es von Beginn an war, das Wissen der Gegenwart durch Anwendung in der Praxis in besonderer Weise für das Wohl der Menschen nutzbar zu machen. In dieser Veranstaltungsreihe aus Anlass des 200-jährigen Bestandes des eigenständigen technischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtes in Graz werden ausgewählte Persönlichkeiten vorgestellt, die der Verwirklichung dieses Gründungsgedankens in herausragender Weise entsprochen haben.

Eine Veranstaltungsreihe des Forums „Technik und Gesellschaft“
Kontakt: Josef Affenzeller, Kurt Friedrich, Wolfgang Wallner

Forum Technik und Gesellschaft an der Technischen Universität Graz
Schlögelgasse 9/1, A-8010 Graz
E-Mail: forumTUG@TUGraz.at, <http://TUG2.TUGraz.at>

Medienpartner:

Die Presse

gefördert von:

