



## Die internationale Assoziation für Geodäsie

Helmut Moritz <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Erdmessung und physikalische Geodäsie der Technischen Universität in Graz, Steyrergasse 17, A-8010 Graz*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **64** (1), S. 23–29

1976

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Moritz_VGI_197603,  
Title = {Die internationale Assoziation f{"u}r Geod{"a}sie},  
Author = {Moritz, Helmut},  
Journal = {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen und  
Photogrammetrie},  
Pages = {23--29},  
Number = {1},  
Year = {1976},  
Volume = {64}  
}
```



[2] *Fajkiewicz, Z.*: Approximierung der Regionalfelder durch Polynome höherer Grade im Lichte der Möglichkeit ihrer numerischen Ausrechnung. Berlin 1961.

[3] *Gerstenecker, C.*: Die genaue Messung von kleinen Schwereunterschieden. DGK, Reihe C, Nr. 191, München 1973.

[4] *Gotthardt, E.*: Einführung in die Ausgleichsrechnung. Sammlung Wichmann, Band 3, Karlsruhe 1968.

[5] *Haalck, H.*: Lehrbuch der angewandten Geophysik I/II, Verlag Bornträger, Berlin 1953.

[6] *Jung, K.*: Schwerkraftverfahren in der Angewandten Geophysik. Akad. Verlagsanstalt, Leipzig 1961.

[7] *Steiner, F.*: Die Rolle der Polynomdarstellungen in der Lösung geophysikalischer Probleme. Acta geodaetica, geophysica et montanistica Tomus 6, Fasc. 1–2 p. 63 ff. Budapest 1971.

[8] *Watermann, H.*: Über systematische Fehler bei Gravimetermessungen. DGK, Reihe C, Nr. 21, München 1957.

[9] *Wolf, H.*: Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Verlag Dümmler, Bonn 1968.

## Die internationale Assoziation für Geodäsie\*)

Von *Helmut Moritz, Graz*

### *Zusammenfassung:*

Nach einem Überblick über die Geschichte der internationalen geodätischen Vereinigungen wird die gegenwärtige Struktur der IAG beschrieben. Mit dem Problem der geodätischen Parameter und Bezugssysteme wird ein Beispiel für die wissenschaftliche Arbeit dieser Assoziation gegeben. Schließlich wird die Stellung Österreichs innerhalb der IAG betrachtet.

### *1. Einleitung*

Für den Vermessungsingenieur ist es oft schwer, sich von der Arbeit innerhalb internationaler geodätischer und geophysikalischer Organisationen oder überhaupt unter internationaler Erdmessung etwas Rechtes vorzustellen. Man hat auf der Hochschule eine Vorlesung über Erdmessung gehabt; man hat von einer österreichischen Schule der Erdmessung mit Namen wie Hopfner und Ledersteger gehört; aber die tägliche Praxis der meisten von uns liegt doch auf ganz anderem Gebiet.

Unwillkürlich drängen sich Fragen auf: was hat ein so kleines Land wie Österreich mit der internationalen Erdmessung zu tun? Welchen Nutzen hat es von internationaler Zusammenarbeit, und kann es überhaupt sinnvoll an Aufgaben der Erdmessung mitwirken?

Der vorliegende Aufsatz soll einen Überblick über die Internationale Assoziation für Geodäsie (IAG) geben, über ihre Geschichte ebenso wie über ihre gegenwärtigen Aufgaben und Arbeiten. Schließlich soll versucht werden, die Stellung Österreichs innerhalb der IAG zu erkennen und zu sehen, welcher Nutzen und welche Pflichten Österreich aus der Mitgliedschaft an dieser Assoziation erwachsen.

### *2. Geschichtlicher Überblick*

Die Internationale Assoziation für Geodäsie ist die älteste internationale wissenschaftliche Vereinigung überhaupt. Bereits im Jahr 1862 erkannten einige weit-

---

\*) Nach gleichnamigen Vorträgen im Rahmen des Österreichischen Vereins für Vermessungswesen und Photogrammetrie in Graz am 30. Oktober 1975 und in Wien am 17. Dezember 1975.

blickende Geodäten die Notwendigkeit einer über die Landesgrenzen hinausgehenden Zusammenarbeit. In diesem Jahr wurde in Berlin von Vertretern Preußens, Sachsens und Österreichs die „*Mittleuropäische Gradmessung*“ gegründet. Die Initiative ging vom preußischen Generalleutnant J. J. Baeyer aus; als Vertreter Österreichs fungierten der Direktor des militärgeographischen Instituts, Generalmajor A. von Fligely, Professor Dr. J. Herr und Dr. C. von Littrow, der Direktor der Sternwarte in Wien. Die Aufgaben dieser Vereinigung klingen schon ganz modern; Bestimmung der Figur der Erde und insbesondere der Abweichung des Geoids von einem Bezugsellipsoid, geodätische Anwendungen und geophysikalische Schlußfolgerungen.

Bereits 1867 erweiterte sich diese Vereinigung durch Beitritt Spaniens, Portugals und Rußlands zur „*Europäischen Gradmessung*“; in rascher Folge traten andere Staaten bei. Von ihr ging auch die Anregung zur Schaffung des Internationalen Büros für Maß und Gewicht in Paris aus; wir begingen ja soeben die Hundertjahrfeier der Internationalen Meterkonvention von 1875.

Immer mehr Länder beteiligten sich an diesen Arbeiten, und so erhielt die Vereinigung 1886 den Namen „*Internationale Erdmessung*“, (*Association Géodésique Internationale*). Die folgende glanzvolle Periode wurde von der überragenden Persönlichkeit Friedrich Robert Helmerts geprägt, des Direktors des Geodätischen Instituts Potsdam und des Zentralbüros der Internationalen Erdmessung. Der damals (1888) begründete Internationale Polhöhendienst ist heute noch tätig; sein Aufgabengebiet — die Untersuchung der Polschwankungen — ist heute aktueller als je zuvor.

Der erste Weltkrieg setzte dieser fruchtbaren Tätigkeit ein jähes Ende. Zwar bemühte man sich gleich nach dessen Ende (1919), durch Schaffung der *Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG)* einen neuen, umfassenderen Rahmen zu schaffen: die Geodäsie bildet eine der Assoziationen dieser Union. Jedoch war diese Union zunächst satzungsmäßig auf die Siegermächte und die neutralen Staaten beschränkt. Deutschland trat erst knapp vor Ausbruch des zweiten Weltkriegs bei. 1939 fand eine Generalversammlung der IUGG in Washington statt. Das Schiff mit der deutschen Delegation war gerade dahin unterwegs, als es telegraphisch zurückbeordert wurde: der Krieg war ausgebrochen.

Nach dem zweiten Weltkrieg lief die internationale Zusammenarbeit in Geodäsie und Geophysik verhältnismäßig schnell wieder an. Die Generalversammlungen waren wie folgt: 1948 Oslo (auf dieser Generalversammlung wurde Österreich in die IUGG aufgenommen), 1951 Brüssel, 1954 Rom, 1957 Toronto, 1960 Helsinki, 1963 Berkeley (Kalifornien); seither im Vierjahresrhythmus: 1967 Luzern, 1971 Moskau, 1975 Grenoble; die nächste Generalversammlung wird 1979 in Canberra (Australien) sein: zum erstenmal außerhalb Europas und Nordamerikas.

Auf der Liste der Präsidenten und Generalsekretäre der IAG stehen bekannte Namen. In der vergangenen Amtsperiode (1971 bis 1975) war der Präsident Prof. J. Boulanger (Sowjetunion); seit der Generalversammlung in Grenoble leitet Prof. T. J. Kukkamäki (Finnland) die IAG. In den Jahren 1960 bis 1975 oblag das verantwortungsvolle Amt des Generalsekretärs Prof. J. J. Levallois, seit Grenoble Herrn M. Louis (beide Frankreich).

### 3. Gegenwärtige Struktur der IAG

Wie schon erwähnt, bildet die Geodäsie eine der Assoziationen der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG). Diese ist ihrerseits eine der siebzehn wissenschaftlichen Unionen, die im International Council of Scientific Unions (ICSU) vereinigt sind.

Die IUGG besteht aus sieben Assoziationen, die mit ihren offiziellen Bezeichnungen angeführt seien:

International Association of Geodesy (IAG)

Int. Ass. of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI)

Int. Ass. of Vulcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI)

Int. Ass. of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA)

Int. Ass. of Meteorology and Atmospheric Physics (IAMAP)

Int. Ass. of Hydrological Sciences (IAHS)

Int. Ass. of the Physical Sciences of the Ocean (IAPSO)

Nunmehr wollen wir uns unserem eigentlichen Thema, der IAG, zuwenden. Sie ist in fünf Sektionen gegliedert:

Sektion I: Geodätische Netze

Sektion II: Satellitenverfahren

Sektion III: Gravimetrie

Sektion IV: Theorie und Auswertung

Sektion V: Physikalische Interpretation

Die wissenschaftliche und fachliche Hauptarbeit wird von den Sektionen geleistet, insbesondere von den ihnen unterstellten Kommissionen und Studiengruppen, die dem Studium spezieller Fragen und Teilgebiete dienen.

Ein besonders interessantes Beispiel für eine große Kommission ist die auf der letzten Generalversammlung in Grenoble (1975) gegründete Kommission für kontinentale Netze, die durch Erweiterung der bereits bestehenden Kommission für die Neuausgleichung der europäischen Triangulationen (RETRIG) auf andere Kontinente entstanden ist: sie umfaßt nun Subkommissionen für Europa, Nordamerika, Südamerika sowie Australien und Ozeanien. Für Geodäsie in Afrika wurde eine eigene Kommission geschaffen. So sieht man auch hier, daß außereuropäische Länder zunehmend an Bedeutung gewinnen. Ein Beispiel für die Arbeit einer Studiengruppe wird im nächsten Abschnitt gegeben werden.

Die administrative Leitung und Organisation der IAG erfolgt etwa nach dem Muster eines demokratischen Staates. Dem Parlament entspricht das *Konzil*, das aus je einem Vertreter jedes Mitgliedslandes besteht; zur Zeit gehören 76 Staaten der IUGG und damit der IAG an. Der Regierung entspricht das *Exekutivkomitee*, dem u. a. der Präsident und die drei Vizepräsidenten der IAG, der Generalsekretär der IAG und die Präsidenten der fünf Sektionen angehören. Die laufenden wissenschaftlichen und organisatorischen Geschäfte werden vom *Büro* der IAG geführt, das aus dem Präsidenten, dem ersten Vizepräsidenten und dem Generalsekretär besteht. Für die Verwaltung sorgt ein *Zentralbüro* unter Leitung des Generalsekretärs; sein Sitz ist Paris.

Die letzte Instanz für alle wesentlichen Entscheidungen ist aber die *Generalversammlung*, die alle vier Jahre zusammentritt; so wird versucht, das Ideal einer direkten Demokratie zu verwirklichen.

Außer den Generalversammlungen, auf denen sowohl wissenschaftliche als auch administrative Fragen behandelt werden, gibt es *Symposien*, die bestimmten wissenschaftlichen Themen gewidmet sind.

Von der IAG allein oder mit anderen Assoziationen oder Unionen gemeinsam werden ständige wissenschaftliche Einrichtungen betrieben, zum Beispiel das Bureau International de l'Heure und das Bureau Gravimetric International, beide in Paris, und das Zentralbüro für Satellitengeodäsie in Athen.

Die IAG gibt eine Zeitschrift heraus, das *Bulletin Géodésique*, das in Paris erscheint; der Leser sei besonders auf die Nr. 118 dieser Zeitschrift (Dezember 1975) verwiesen, die einen Überblick über die letzte Generalversammlung in Grenoble, die dort gefaßten wissenschaftlichen Beschlüsse, die Struktur der IAG u. dgl. gibt.

#### 4. Geodätische Parameter und Bezugssysteme

Als Beispiel für die wissenschaftliche Arbeit der IAG sei ein Problem erwähnt, mit dem der Verfasser persönlich vertraut ist: das der geodätischen Parameter und Bezugssysteme.

Die Bestimmung der besten Parameter des Erdellipsoids gehörte schon zu den Aufgaben der „Mitteleuropäischen Gradmessung“ bei ihrer Gründung vor mehr als hundert Jahren, und gehört bis heute zu den wichtigsten Problemen der internationalen Erdmessung. Markante Punkte in dieser Entwicklung sind die Annahme des Ellipsoids von Hayford durch die IAG als „*Internationales Ellipsoid*“ im Jahre 1924 und die Schaffung des *Geodätischen Bezugssystems* 1967 auf der Generalversammlung in Luzern, das bis heute das offizielle Bezugssystem der IAG bildet.

Durch die in rascher Entwicklung begriffenen neuen Beobachtungsverfahren, insbesondere der Satellitengeodäsie, unterliegen aber die Ellipsoidparameter und andere geodätische Konstanten laufender Verbesserung. Immer wieder wird daher an die IAG die Frage nach den gegenwärtig besten Werten für die Erdparameter herangetragen, von Geodäten ebenso wie von Vertretern anderer Wissenschaften.

So beschloß das Exekutivkomitee der IAG auf seiner Sitzung im Februar 1974 in Paris, eine Studiengruppe „Fundamental Geodetic Constants“ unter Leitung des Verfassers einzurichten. Aufgabe dieser Studiengruppe ist es, in Zusammenarbeit mit den entsprechenden internationalen Institutionen und Organisationen die Entwicklung neuer Zahlenwerte für geodätisch wichtige Konstanten zu verfolgen und auf jeder Generalversammlung Empfehlungen über die jeweils besten Zahlenwerte abzugeben.

Auf Grund der Empfehlungen der genannten Studiengruppe wurde auf der Generalversammlung in Grenoble eine diesbezügliche Resolution gefaßt, die Resolution Nr. 1 der IAG, und ist in dem bereits genannten Heft Nr. 118 des „Bulletin Géodésique“ auf S. 365 veröffentlicht; der Bericht der Studiengruppe findet sich ebenfalls in diesem Heft (S. 398). Hier seien nur die neuen Zahlenwerte für drei besonders vertraute Konstanten mit ihren geschätzten mittleren Fehlern angegeben.

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum:

$$c = (299\,792\,458 \pm 1,2) \text{ ms}^{-1};$$

große Halbachse  $a$  und Abplattung  $f$  des Erdellipsoids:

$$a = (6\,378\,140 \pm 5) \text{ m},$$

$$f^{-1} = (298\,257 \pm 1,5) \times 10^{-3}.$$

Man beachte die heute erreichte hohe Genauigkeit von  $c$ ; diese Genauigkeit ist so groß, daß man vermutlich bei einer künftigen Neudefinition des Meters den angegebenen Zahlenwert unverändert lassen und so die Länge indirekt, als Produkt von Lichtgeschwindigkeit und Zeit, definieren wird.

### 5. Österreich und die IAG

Wie wir gesehen haben, war Österreich einer der drei Staaten, welche die Mitteleuropäische Gradmessung gründeten, die Organisation, aus der die heutige IAG hervorging. Wie ist die Stellung Österreichs in der IAG heute?

Diese Frage erfordert eine recht differenzierte Antwort. Auf der einen Seite ist Österreich eines der Länder mit der längsten und besten geodätischen Tradition. Die traditionellen Meßverfahren sind bei uns in langjähriger Erfahrung zu hoher Vollkommenheit entwickelt worden. Die Hochgebirgstopographie Österreichs hat das Messen vielfach erschwert, aber dadurch auch zur Fortentwicklung beigetragen. Wie schon in der Einleitung bemerkt, hat Österreich eine Reihe bedeutender und international anerkannter Wissenschaftler auf verschiedenen Gebieten der Geodäsie hervorgebracht. Und wir besitzen eine geodätische Ausbildung von einer Qualität, um die uns auch Länder beneiden, die heute in der Erdmessung eine weit bedeutendere Position einnehmen. Im übrigen stellt Österreich den Präsidenten der Sektion I (Prof. Rinner) und den 1. Vizepräsidenten der IAG (Prof. Moritz).

Gewiß, die bedeutenden und interessanten Probleme der heutigen Erdmessung und die technologischen und finanziellen Mittel zu ihrer Bewältigung liegen heute bei großen Staaten wie der Sowjetunion und den USA. Aber auch kleine Länder wie Österreich können durchaus an der Lösung der damit verbundenen theoretischen Aufgaben sinnvoll mitwirken und damit verhindern, daß sie die Rolle reiner Abnehmer übernehmen müssen.

Die globalen Methoden der Erdmessung haben, insbesondere durch die Entwicklung der Satellitengeodäsie, einen spektakulären Aufschwung genommen. Weniger beachtet wird, daß die Ausfüllung des globalen Rahmens durch geodätische Details ebenso notwendig ist, eine Kleinarbeit, die jedem einzelnen Staat für sein Gebiet obliegt. Insbesondere handelt es sich um die Schaffung eines räumlichen Dreiecksnetzes; die übliche Ausbreitung einer Triangulation auf einem Bezugsellipsoid genügt den heutigen Ansprüchen einfach nicht mehr. Damit in engem Zusammenhang steht die Berechnung eines detaillierten Geoids.

Hierzu sind insbesondere erforderlich astronomische Beobachtungen, mindestens Länge und Breite in jedem trigonometrischen Punkt 1. Ordnung, sowie ein

das ganze Land homogen überziehendes Netz von Schweremessungen. Von beiden Zielen sind wir allerdings noch ziemlich weit entfernt, im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern.

In Anbetracht der Wichtigkeit einer detaillierten Geoidbestimmung wurden auf der letzten Generalversammlung in Grenoble folgende zwei Resolutionen beschlossen, die in deutscher Übersetzung angeführt seien:

*Resolution Nr. 25*

*Die Internationale Assoziation für Geodäsie*

*erkennt* die Dringlichkeit der Schaffung von Geoidkarten in Ländern, in denen solche Karten nicht vorhanden oder nicht hinreichend genau sind und

*empfiehlt* daher, daß in solchen Ländern diese Arbeit durch Kombination astrogeodätischer, gravimetrischer und Satelliten-Daten durchgeführt wird.

*Resolution Nr. 26*

*Die Internationale Assoziation für Geodäsie*

*erkennt* die Notwendigkeit einer genauen Kenntnis der Detailform des Geoids in Europa, besonders im Alpengebiet,

*erinnert* daran, daß von der IAG eine Spezialstudien­gruppe für diese Aufgabe geschaffen wurde,

*empfiehlt* daher, daß ein hinreichend dichtes und genaues Netz von Lotabweichungspunkten, in dem eine Ost-West-Traverse entlang einer geographischen Breite von etwa  $47^\circ$  enthalten sein soll, im Alpengebiet bis Ende 1977 fertiggestellt wird und

*ersucht* die betreffenden Länder um die notwendige Unterstützung dieser Arbeit.

Die theoretischen Grundlagen für eine den heutigen Anforderungen entsprechende Lösung liegen vor; zur Zeit erfolgt die numerische Ausarbeitung im Rahmen eines vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützten Forschungsvorhabens. Was weitgehend fehlt, ist der wichtigste Teil, nämlich die Meßdaten. Daher ergeht der dringende Appell an alle entsprechenden Behörden und Institutionen, an den erforderlichen Messungen mitzuwirken.

Nun könnte man fragen: was hat Österreich davon, wenn es die empfohlenen Arbeiten durchführt? Welchen Nutzen hat überhaupt ein kleines Land von internationaler geodätischer Zusammenarbeit?

Nun, heute ist man bestrebt, jede lokale Vermessung in das Landeskoordinatensystem einzufügen, selbst wenn das keine unmittelbaren Vorteile bringt: von höherer Warte aus betrachtet, ist die Zweckmäßigkeit eines solchen einheitlichen Rahmens klar.

Aus ähnlichen Gründen trachtet man heute allgemein, die einzelnen Landesnetze in einen einheitlichen globalen Rahmen einzufügen. Wirtschaft und Verkehr binden die einzelnen Länder immer enger aneinander; diese Entwicklung wird in Zukunft noch intensiver werden müssen, falls es überhaupt eine solche Zukunft geben soll. Der Erdmessung aber obliegt die wichtige Aufgabe der Bereitstellung von Grundlagen hierfür.

Dies geschieht zum Beispiel durch internationale Einrichtungen, wie das Bureau International de l'Heure, das internationale gravimetrische Büro und verschiedene Institutionen der globalen Satellitengeodäsie, um nur einige Einrichtungen zu nennen.

Damit bekommen die Mitgliedstaaten der IAG Grundlagen für ihre eigene geodätische Arbeit. Sie haben dafür aber auch die Verpflichtung, das ihrige zum gemeinsamen Werk beizutragen.

Aufgabe dieses Aufsatzes war es, in die Arbeit der Internationalen Assoziation für Geodäsie einzuführen. Vielleicht können wir jetzt die eingangs gestellte Frage, was Österreich mit der Erdmessung zu tun hat, beantworten und erkennen, daß Österreich in der IAG sinnvoll mitwirken *kann* und sinnvoll mitwirken *muß*.

## Ein nichtiteratives Verfahren zur Transformation geodätischer Koordinaten

Von Hans Sünkel, Graz

### 1. Einleitung

Um die rechtwinkligen Koordinaten  $(x, y, z)$  eines Punktes  $P$  in geodätische Koordinaten  $(\Phi, \lambda, h)$  zu transformieren, muß vom Punkt  $P$  auf das Bezugsellipsoid eine Normale gefällt werden (Helmertprojektion). Die Richtung dieser Normalen wird dann durch  $(\Phi, \lambda)$ , der Normalabstand des Punktes  $P$  vom Ellipsoid durch  $h$  bestimmt.

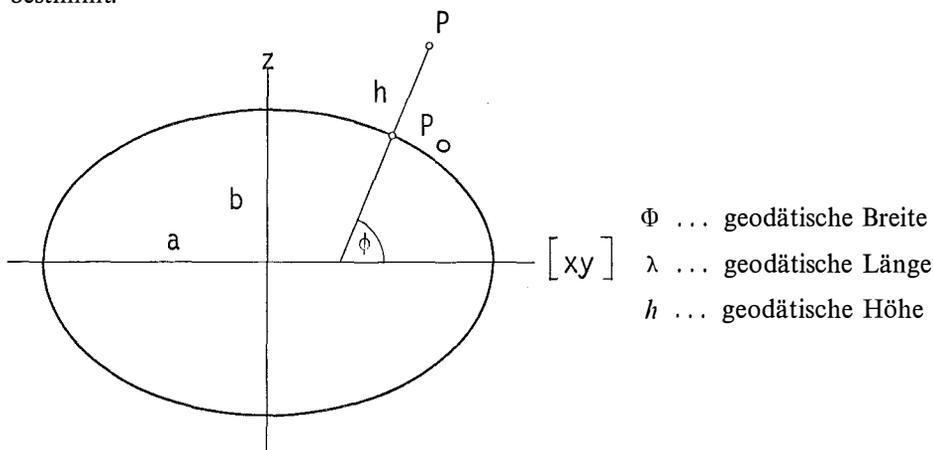


Fig. 1

Zur Bestimmung der Höhe  $h$  wurden von verschiedenen Autoren sowohl Iterationsverfahren als auch geschlossene Lösungen vorgeschlagen. Von den iterativen Verfahren erscheint mir neben dem von *Hirvonen-Moritz*, 1963, *Heiskanen-Moritz*, 1967, das kürzlich von *Bartelme-Meissl*, 1975, empfohlene vor allem wegen seiner Einfachheit und numerischen Stabilität besonders erwähnenswert. Die geschlossenen Lösungsmethoden (*Ecker*, 1967; *Benning*, 1974; *Paul*, 1973) sind entweder durch numerische Instabilitäten oder durch recht komplizierte Ausdrücke gekennzeichnet.