



Wissenschaftliche Aufgaben internationaler geodätischer Zusammenarbeit

Helmut Moritz ¹

¹ *Institut für Erdmessung und Physikalische Geodäsie der Technischen Universität Graz, Steyrergasse 17, 8010 Graz*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **70** (2), S. 82–87

1982

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Moritz_VGI_198205,  
  Title = {Wissenschaftliche Aufgaben internationaler geod{"a"}tischer  
    Zusammenarbeit},  
  Author = {Moritz, Helmut},  
  Journal = {"Österreichische Zeitschrift f{"u"}r Vermessungswesen und  
    Photogrammetrie},  
  Pages = {82--87},  
  Number = {2},  
  Year = {1982},  
  Volume = {70}  
}
```



Wissenschaftliche Aufgaben internationaler geodätischer Zusammenarbeit

Von *Helmut Moritz*, Graz

1. Einleitung

Stellen wir uns vor, in unserem Land gäbe es keine einheitliche Katastervermessung. Für jede Vermessung einer Stadt oder einer Gemeinde hätte man ein eigenes lokales Koordinatensystem verwendet, wie es sich gerade dem Zufall oder dem jeweiligen speziellen Bedarf entsprechend ergeben hätte. Man könnte sogar noch weitergehen und jede Grundteilung auf ein eigenes lokales Koordinatensystem, ohne Zusammenhang mit Nachbargrundstücken, beziehen.

Eine solche Vorgangsweise wäre nicht ganz ohne Vorteile: man brauchte nicht an koordinatenmäßig gegebene Ausgangspunkte anzuschließen und könnte durch die Wahl eines jeweils lokalen Systems alle Projektionsverzerrungen vermeiden, wie wir sie etwa als Richtungs- und Streckenreduktion bei der Gauß-Krüger-Abbildung kennen. Es bedarf aber keiner Worte, um die entscheidenden Nachteile eines solchen bunten Flickwerks lokaler Systeme zu beschreiben und den überragenden Vorteil eines einheitlichen Landessystems für die Katastervermessung herauszustellen.

In der Erdmessung liegt die Situation ganz ähnlich. Global gesehen bilden die Landessysteme ein buntes Flickwerk, dessen Vereinheitlichung wünschenswert, ja für die heutigen Bedürfnisse notwendig ist. Durch Verkehr und Wirtschaft rücken die Länder einander immer näher – trotz aller Rückschläge durch oft allzu menschliche Politik –, und müssen es auch, wenn die Menschheit überhaupt überleben will. Für die Schaffung von Grundlagen für die sinnvolle Erschließung eines Landes und für die internationale Zusammenarbeit in Wirtschaft und Verkehr ist die Geodäsie unentbehrlich.

Globale Geodäsie kann man nur durch internationale Zusammenarbeit betreiben, und es kann gesagt werden, daß diese Zusammenarbeit, über politische und ideologische Grenzen hinweg, bemerkenswert gut ist – eine Bestätigung des völkerverbindenden Charakters der Wissenschaft. Wenn heute in einem Entwicklungsland ohne geodätische Grundlagen die räumlichen Koordinaten irgendeines Punktes in einem globalen Koordinatensystem durch Doppler-Messungen mit einer Genauigkeit im Meterbereich bestimmt werden können, so ist das nur im Rahmen eines globalen Vermessungssystems möglich.

Das Beispiel der Doppler-Messungen zu Satelliten zeigt übrigens auch die enge Verbindung und gegenseitige Durchdringung von Geometrie und Gravimetrie, von Erdfigur und Erdschwerefeld: die exakte Punktbestimmung durch Doppler setzt eine gute Kenntnis des Erdschwerefeldes voraus, um die Satellitenbahn mit der notwendigen Genauigkeit vorausberechnen zu können. Eine ähnliche Durchdringung werden wir auch bei den nachfolgend beschriebenen Parametern für die Erdgestalt finden.

2. Globale Bezugssysteme und geodätische Parameter

Jede Landesvermessung benützt ein Bezugsellipsoid. Das österreichische Gebrauchsnetz (Gauß-Krüger-Koordinaten) ist auf das *Ellipsoid von Bessel* (1841)

bezogen, ein Rotationsellipsoid, dessen große Halbachse a und Abplattung f die Werte haben:

$$a = 6\,377\,397 \text{ m}, f = 1/299,15.$$

Der tatsächlichen Erdgestalt schon viel näher kommt ein 1909 vom amerikanischen Geodäten Hayford berechnetes Ellipsoid, das 1924 von der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) als *Internationales Ellipsoid* angenommen wurde; seine Dimensionen sind

$$a = 6\,378\,388 \text{ m}, f = 1/297.$$

Auf dieses Ellipsoid bezieht sich die in den letzten Jahrzehnten durchgeführte Neuberechnung des Europäischen Dreiecksnetzes, an der auch die Bundesrepublik Deutschland und Österreich teilnehmen.

Die Satellitengeodäsie brachte einen entscheidenden Fortschritt in unserer Kenntnis der Erdgestalt, der seinen Niederschlag im Geodätischen Bezugssystem 1967 fand. Ihm entsprechen

$$a = 6\,378\,160 \text{ m}, f = 1/298,247 \dots$$

Es zeigte sich jedoch bald, daß die Halbachse a noch immer einen zu großen Wert hat. Um eine sorgfältige Klärung der Frage der besten Erddimensionen herbeizuführen, beschloß das Exekutivkomitee der IAG auf seiner Sitzung im Februar 1974 in Paris, eine Studiengruppe über „Fundamentale geodätische Konstanten“ einzurichten, deren Vorsitzender bis Dezember 1979 der Verfasser war. Aufgabe dieser Studiengruppe sollte sein, in Zusammenarbeit mit den entsprechenden internationalen Institutionen und Organisationen die Entwicklung neuer Zahlenwerte für geodätisch wichtige Konstanten zu verfolgen und bei jeder Generalversammlung der IAG Empfehlungen über die jeweils besten Zahlenwerte abzugeben. Dies geschah erstmals 1975 in Grenoble.

Eine zweite, begrifflich verschiedene Aufgabe dieser Studiengruppe sollte es sein, den Stand geodätischer Bezugssysteme zu verfolgen und gegebenenfalls Empfehlungen für ein neues Bezugssystem abzugeben. Vor der Generalversammlung im Dezember 1979 in Canberra zeigte es sich, daß gegenüber dem in Grenoble als „zur Zeit bestem“ System geodätischer Parameter nur geringfügige Änderungen auftraten; daher hielt die IAG es für angebracht, ein neues Bezugssystem zu empfehlen.

Damit wurde auf Empfehlung der IAG von der IUGG auf ihrer XVII. Generalversammlung in Canberra 1979 praktisch einstimmig folgende Resolution gefaßt:

„Die Internationale Union für Geodäsie und Geophysik

erkennt, daß das Geodätische Bezugssystem 1967, das auf der XIV. Generalversammlung der IUGG in Luzern 1967 angenommen wurde, nicht mehr die Größe, die Gestalt und das Schwerfeld der Erde mit ausreichender Genauigkeit für viele geodätische, geophysikalische, astronomische und hydrographische Anwendungen wiedergibt,

stellt fest, daß nunmehr angemessenere Werte vorliegen,
und empfiehlt daher,

a) daß das Geodätische Bezugssystem 1967 durch ein neues Geodätisches Bezugssystem 1980 ersetzt wird, das ebenfalls auf der Theorie des geozentrischen Niveauellipsoids beruht und durch die folgenden konventionellen Konstanten definiert wird:

Äquatorradius der Erde:

$$a = 6\,378\,137 \text{ m},$$

geozentrische Gravitationskonstante der Erde (einschließlich der Atmosphäre):

$$GM = 3986005 \cdot 10^8 \text{ m}^3\text{s}^{-2},$$

dynamischer Formfaktor der Erde, mit Ausschluß der permanenten Gezeiten-deformation:

$$J_2 = 108263 \cdot 10^{-8},$$

Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation:

$$\omega = 7292115 \cdot 10^{-11} \text{ rad s}^{-1};$$

b) daß die gleichen, auf der XV. Generalversammlung der IUGG in Moskau 1971 angenommenen und von der IAG veröffentlichten Formeln verwendet werden wie für das Geodätische Bezugssystem 1967; und

c) daß die kleine Achse des oben definierten Bezugsellipsoids parallel ist zur Richtung, die vom Konventionellen Internationalen Ursprung für die Polbewegung (CIO) definiert wird, und daß der Bezugsmeridian parallel ist zum Nullmeridian der vom BIH angenommenen Längen."

Die vier Definitionsparameter a , GM , J_2 und ω (sie sind übrigens dieselben wie beim Geodätischen Bezugssystem 1967, natürlich mit anderen Zahlenwerten) mögen abgesehen von a dem Vermessungsingenieur ungewohnt klingen. Sie zeigen aber, daß die heutige Satellitengeodäsie als Beobachtungsergebnisse physikalische Größen, nämlich GM und J_2 , liefert. Die Abplattung f wird daraus als abgeleitete Größe berechnet; es ergibt sich $f = 1/298,257222 \dots$. Für weitere abgeleitete Größen und Rechenformeln wird auf H. Moritz, „Geodetic Reference System 1980“, Bulletin Géodésique 54 (3) 1980, verwiesen.

Auf die vorsichtige Formulierung der Resolution, die auch atmosphärische und Gezeiten-Effekte berücksichtigt, sei hingewiesen, ebenso auf den Umstand, daß auch die Lage des Bezugsellipsoids (Mittelpunkt im Erdschwerpunkt) und seine Orientierung (kleine Achse und Nullmeridian) festgelegt werden.

Das Geodätische Bezugssystem 1980 besitzt eine Genauigkeit besser als 10^{-6} (vgl. Triangulationsgenauigkeit etwa 10^{-5} , Basismessgenauigkeit 10^{-6}). Es wird als Bezugsfläche für die Neuausgleichung des Nordamerikanischen Dreiecksnetzes dienen, das die USA, Kanada und Mexiko bedeckt. Auch für alle anderen Länder, die eine neue Triangulation schaffen oder eine Neuberechnung ihres Dreiecksnetzes durchführen wollen, ist damit ein modernes Bezugssystem gegeben.

Das österreichische Netz bezieht sich noch auf das oben erwähnte Bessel-Ellipsoid, dessen Halbachse a um 1 km zu klein ist. Es sollte daher erwogen werden, ob nicht jetzt der richtige Zeitpunkt wäre, auf das Geodätische Bezugssystem 1980 überzugehen. Freilich ist dieses Problem außerordentlich komplex und diffizil und muß sehr sorgfältig durchdacht werden.

Auf der Generalversammlung in Canberra 1979 wurde auch ein System *fundamentaler geodätischer Parameter* empfohlen, das heute als das beste gelten kann. Es umfaßt u. a. folgende Parameter:

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c = (299\,792\,458 \pm 1,2) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Newtonsche Gravitationskonstante	$G = (6672 \pm 4,1) \times 10^{-14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1}$
Winkelgeschwindigkeit der Erde (gerundeter Wert)	$\omega = 7\,292\,115 \times 10^{-11} \text{ rad s}^{-1}$
geozentrische Gravitationskon- stante, einschließlich Atmosphäre	$GM = (39\,860\,047 \pm 5) \times 10^7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$

zonale Kugelfunktionskoeffizienten	$J_2 = (108\,263 \pm 0,5) \times 10^{-8}$
	$J_3 = (-254 \pm 1) \times 10^{-8}$
	$J_4 = (-162 \pm 1) \times 10^{-8}$
	$J_5 = (-23 \pm 1) \times 10^{-8}$
	$J_6 = (55 \pm 1) \times 10^{-8}$
Äquatorialradius der Erde	$a = (6\,378\,137 \pm 2) \text{ m}$
Schwere am Äquator	$\gamma_e = (978\,033 \pm 1) \times 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Abplattung	$1/f = (298\,257 \pm 1) \times 10^{-3}$
Geoidpotential	$W_0 = (6\,263\,686 \pm 3) \times 10 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$

Dieses Parametersystem ist vom Geodätischen Bezugssystem 1980 begrifflich scharf zu trennen. Es wird auf der nächsten Generalversammlung 1983 gewiß einigen Änderungen unterliegen, da es die „jeweils besten Werte“ geben soll. Das Bezugssystem 1980 soll jedoch über Jahrzehnte hinweg unverändert bleiben. Daher ist das Parametersystem mit möglichst realistischen Schätzungen des mittleren Fehlers versehen, während die Grundgrößen des Bezugssystems 1980 als exakte Zahlenwerte definiert sind.

Dabei ist klar, daß wir die Definitionsgrößen des Bezugssystems 1980 auch im obigen Parametersystem wiederfinden, mit einer kleinen Änderung: die Genauigkeit der Bestimmung von GM (fast 10^{-7} !) rechtfertigt die Angabe auf 8 Ziffern im kurzlebigen Parametersystem, während beim Bezugssystem 1980 ein gerundeter Wert angenommen wurde, der eine längere Lebensdauer erwarten läßt.

Die Erdgestalt im Großen ist daher heute wohl mit einer Genauigkeit zwischen 10^{-6} und 10^{-7} bekannt. Auffällig sind auch die sehr hohe Genauigkeit der Lichtgeschwindigkeit, die implizit den heutigen geodätischen Längenmaßstab liefert, und die geringe Genauigkeit der Newtonschen Gravitationskonstanten G, die glücklicherweise kaum benötigt wird, da sie praktisch immer in Verbindung mit der Erdmasse M auftritt.

3. Wissenschaftliche Zusammenarbeit in der Internationalen Assoziation für Geodäsie

Das Problem globaler Bezugssysteme und Erdparameter gab bereits ein gutes Beispiel für die Arbeit der Internationalen Assoziation für Geodäsie. Im Anschluß an einen früheren Aufsatz in dieser Zeitschrift (H. Moritz, „Die Internationale Assoziation für Geodäsie“, ÖZ, 64 (1) 1976) soll über die Arbeit einiger ständiger Kommissionen und sonstiger Einrichtungen der IAG berichtet werden.

Bekannt ist die *Kommission für kontinentale Netze*, deren Präsident Professor Rudolf Sigi aus München ist. Unterkommissionen bestehen für die europäische Triangulation (RETRIG) und das europäische Nivellement (REUN), sowie für Nordamerika, für Südamerika und für Südostasien und Pazifik. RETRIG und REUN sind vielen von uns bekannt. Die Subkommission für Nordamerika ist besonders durch die bereits erwähnte gegenwärtige Neuausgleichung dieses Kontinents bemerkenswert.

Eine eigene Kommission besteht für *Geodäsie in Afrika*. Dieser Kontinent zeigt in der aktiven Arbeit der Kommission in besonders augenfälliger Weise die Bedeutung der Geodäsie für Entwicklungsländer, die hierbei auftretenden Schwierigkeiten und die lohnenden Aufgaben und Möglichkeiten.

Moderne geodätische Grundlagen sind ohne sinnvolle Verwendung der Satellitengeodäsie undenkbar. Deshalb ist die *Kommission für die internationale Koordinierung von räumlichen Verfahren für Geodäsie und Geodynamik* von besonderer Bedeutung. Sie arbeitet eng mit den erstgenannten Kommissionen zusammen und stellt gleichzeitig die Verbindung mit COSPAR her.

Der *Internationalen Gravimetrischen Kommission* verdanken wir die Erstellung eines Weltschwerenetzes hoher Präzision, gestützt durch zahlreiche Absolutmessungen der Schwere. Auch in Österreich gibt es vier Absolutstationen, die unlängst durch einen französisch-italienischen Apparat bestimmt wurden. Das *Internationale Gravimetrische Büro* in Paris sammelt, verarbeitet und veröffentlicht Schweremessungen aus der ganzen Welt, die ihm zur Verfügung gestellt werden.

Den kleinen Veränderungen der Erde, bekannt unter dem Stichwort Geodynamik, gilt heute besondere Aufmerksamkeit. Das erklärt die aktuelle Bedeutung der *Kommission für Erdzeiten* (Büro in Brüssel), der *Kommission für rezente Erdkrustenbewegungen* (Büro in Prag), des *Internationalen Dienstes für die Polbewegung* und des *Internationalen Dienstes für das mittlere Meeressniveau*. Eine grundlegend wichtige Verbindung zur Astronomie stellt das bereits erwähnte *Bureau International de l'Heure* (BIH) in Paris dar.

Wichtig sind auch die *Kommission für die Internationale geodätische Bibliographie* und – last not least – die von Professor Karl Rinner in Graz geleitete *Kommission für geodätische Ausbildung*, die in Zusammenarbeit mit der *Fédération Internationale des Géomètres* und der *Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung* vorbildliche Arbeit leistet.

Neben diesen permanenten Einrichtungen gibt es Spezial-Studiengruppen zur Lösung wissenschaftlicher Detailprobleme in Zusammenarbeit internationaler Fachleute. Es ist unmöglich, hier auf die zur Zeit 32 Studiengruppen einzugehen; es muß aber unterstrichen werden, daß die wissenschaftliche Hauptarbeit der IAG in den Kommissionen und Studiengruppen geleistet wird. Die Arbeit einer Studiengruppe haben wir ja schon im vorigen Abschnitt kennengelernt.

4. *Schlußbemerkung*

Die stürmische Entwicklung der Geodäsie beruht auf den neuen technologischen Errungenschaften, die zu neuen Meßverfahren führen. Je verfeinerter, leistungsfähiger und komplizierter die Technologie aber wird, desto wichtiger wird auch ein immer genaueres und tieferes Verständnis der geodätischen Problematik, insbesondere des Erdschwerfeldes. Also: je mehr Technologie, desto mehr Geodäsie (und nicht umgekehrt). Dies soll abschließend an zwei Beispielen erläutert werden.

Während noch vor 25 Jahren die Erd„messung“ weitgehend akademische Theorie war, gibt es heute eine unvorstellbare Fülle von Meßdaten, deren optimale Verarbeitung und Kombination alles andere als ein triviales Problem ist. Die gewöhnliche Ausgleichsrechnung ist wegen der Kompliziertheit des Erdschwerfeldes nicht anwendbar, und so wurde in Zusammenarbeit von Fachleuten aus Dänemark, Deutschland, Italien, Österreich, Polen, UdSSR, USA und aus anderen Ländern ein Verfahren geschaffen, das als *Kollokation nach kleinsten Quadraten* bekannt geworden ist und vielfache Anwendung gefunden hat.

Die *Inertialvermessung*, bei der die räumliche Lage durch zweifache Integration gemessener Beschleunigungen erhalten wird, erlaubt Punktbestimmungen mit der Genauigkeit einiger Dezimeter. Sie eignet sich besonders zur Verdichtung von Doppler-Netzen und beginnt, der klassischen Triangulation und Trilateration ernsthafte Konkurrenz zu machen, besonders in weiträumigen Gebieten und in Entwicklungsländern. Nun sind aber die Inertialbeschleunigungen von der Schwerebeschleunigung nicht ohne weiteres zu trennen, und so kommt es, daß mit der Steigerung der Genauigkeit und Leistungsfähigkeit der Inertialvermessung das Erdschwerfeld eine immer größere Rolle spielt. Während Technologie und Apparatur zuerst in den USA entwickelt wurden, wurden und werden in Kanada Pionierleistungen in der geodätischen Verwendung und der theoretischen und praktischen Verfeinerung erbracht.

Die klassischen Geodäten Deutschlands und Österreichs, Friedrich Robert Helmert und Friedrich Hopfner, wären mit der Entwicklung ihrer Disziplin gewiß zufrieden. Sie würden feststellen, daß die Forschungsprobleme an Zahl, Schwierigkeit und Bedeutung gewaltig zugenommen haben und daß die internationale Zusammenarbeit wichtiger ist, als je zuvor. Helmert, dieser unermüdliche Verfechter einer solchen Zusammenarbeit, würde aber auch mit Befriedigung sehen, daß die nächste Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik 1983 in Hamburg stattfinden wird. Diese Generalversammlung wird einen echten und überzeugenden Einblick in das Thema geben, das im vorliegenden Aufsatz nur abrißhaft und unvollständig angedeutet werden konnte.

Aufbau einer Datenbank für Höhenfestpunkte in Österreich

Von *Josef Zeger*, Wien

Im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien sind derzeit die Vorbereitungsarbeiten für den Aufbau einer Datenbank für Höhenfestpunkte, weiterhin kurz als „Höhendatenbank“ (= HDB) bezeichnet, im Gange.

Diese Höhendatenbank wird im wesentlichen die folgenden Datenfelder beinhalten:

1. Nummer der Nivellementlinie, in welcher der Höhenfestpunkt bestimmt worden ist.
2. Bezeichnung des Höhenfestpunktes.
3. Nummer des Kartenblattes der Österreichischen Karte 1 : 50.000, auf dem der Höhenfestpunkt liegt.
4. Nummer der Katastralgemeinde, in welcher sich der Höhenfestpunkt befindet.
5. Auflagennummer der zugehörigen Punktkarte.
6. Sperrvermerke.
7. Geographische Koordinaten des Höhenfestpunktes.
8. Gemessener und auf den Höhenfestpunkt bezogener Schwerewert.
9. Angabe des Höhenbezugspunktes (z. B. Scheitel, Loch Mitte).
10. Sphäroidisch reduzierte Höhe.
11. Mittlerer Fehler der sphäroidisch reduzierten Höhe aus der Ausgleichung.
12. Geopotentielle Kote.
13. Mittlerer Fehler der geopotentiellen Kote aus der Ausgleichung.
14. Verschlüsselte Angabe der Stelle, von welcher die Höhenmessung durchgeführt wurde.
15. Jahr der letzten Höhenmessung.
16. Jahr der erstmaligen Höhenmessung.
17. Reduktionsgröße für die Reduktion des gemessenen Schwerewertes auf den durchschnittlichen Schwerewert in der Lotlinie.
18. Abstand des Geoides vom Ellipsoid.
19. Anmerkungen.