



Über die Tätigkeit der geodätischen Abteilung des Observatoriums Graz, Lustbühel

Karl Rinner ¹

¹ *Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie, Abteilung für Landesvermessung, Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, 8010 Graz*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **73** (1), S. 46–50

1985

Bib_T_EX:

```
@ARTICLE{Rinner_VGI_198504,  
  Title = {{\\"U}ber die T{\\"a}tigkeit der geod{\\"a}tischen Abteilung des  
    Observatoriums Graz, Lustb{\\"u}hel},  
  Author = {Rinner, Karl},  
  Journal = {{\\"O}sterreichische Zeitschrift f{\\"u}r Vermessungswesen und  
    Photogrammetrie},  
  Pages = {46--50},  
  Number = {1},  
  Year = {1985},  
  Volume = {73}  
}
```



Über die Tätigkeit der geodätischen Abteilung des Observatoriums Graz-Lustbühel

Von K. Rinner

1. Geschichtliche Entwicklung und Zielsetzung

Auf Vorschlag des Verfassers haben am 7. 11. 1969 die in der Erforschung des nahen Weltraums tätigen oder an dieser interessierten Grazer Universitätsprofessoren O. Burkard, P. V. Gilli, H. List, W. Riedler und K. Rinner die nachfolgende Grundsatzerkklärung beschlossen und publiziert:

- In Anbetracht der großen Bedeutung der wissenschaftlichen Erforschung des Weltraumes sowohl für den wissenschaftlichen Fortschritt als auch für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes erscheint es dringend notwendig, alle Möglichkeiten der Beteiligung an den Forschungsprojekten, welche diesem Zwecke dienen, auszunützen.
- Wegen der beschränkten Mittel und Möglichkeiten, welche in unserem Land zur Verfügung stehen, ist ein Erfolg solcher Bemühungen nur dann zu erwarten, wenn alle interessierten ihre Bemühungen koordinieren und auf instrumentellem und personellem Sektor eng zusammenarbeiten. Auch sollten Forschungsprojekte nach Möglichkeit so geplant werden, daß sich viele Kollegen daran beteiligen können.
- Die Unterzeichneten haben aus diesen Gründen den Beschluß gefaßt, eine *Arbeitsgemeinschaft für Weltraumforschung in Graz* zu bilden, mit dem Ziele, unter Ausnutzung aller zur Verfügung stehenden Mittel Beiträge wissenschaftlicher und technischer Natur zu erarbeiten.
- Die Unterzeichneten laden alle an diesem Ziele interessierten Kollegen ein, sich dieser Arbeitsgemeinschaft anzuschließen. Sie geben der Hoffnung Ausdruck, daß die gebildete Arbeitsgemeinschaft die Keimzelle für ein von öffentlichen Institutionen gefördertes Forschungsinstitut für Weltraumfragen sein möge.

Unmittelbar danach, am 19. 11. 1969 wurde die Gesellschaft für Weltraumforschung mit dem Sitz in Graz gegründet. Die dadurch gebündelten Bemühungen von Forschern der Universität, der Technischen Universität und der Industrie in Graz sowie der unter diesen befindlichen Mitgliedern der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (=ÖAW) haben nach intensiven Bemühungen und Überwindung zahlreicher Hindernisse zum Bau des Observatoriums Graz-Lustbühel (=OGL) geführt. In diesem 1976 fertiggestellten Observatorium werden unter Leitung der o. Universitätsprofessoren Bauer, Burkard, Haupt, Richter, Riedler und Rinner Forschungen auf den Gebieten der planetarischen Physik, der Astronomie, der Nachrichtentechnik und Wellenausbreitung sowie der Geodäsie durchgeführt.

Außerdem wurde darin das Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften untergebracht, dem die Professoren Bauer, Riedler und Rinner als Abteilungsleiter und die Professoren Haupt und Moritz als Mitglieder des Kuratoriums angehören.

An der Finanzierung dieser Einrichtung und der darin ausgeführten Forschungsarbeiten sind viele Stellen beteiligt. Die Universitäten haben das Gelände zur Verfügung gestellt und den Bau errichtet. Außerdem werden fallweise Assistenten der einschlägigen Universitätsinstitute im OGL eingesetzt. Die Österreichische Akademie der Wissenschaften (ÖAW) gewährt Budgetmittel, mit denen Wissenschaftler angestellt und Verwaltungsausgaben bestritten werden können. Die Anschaffung der außerordentlich teuren Beobachtungs- und Rechengerate erfolgte in der Regel mit Mitteln des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung

(=FWF), welche für individuelle oder gemeinsame Projekte auf Antrag der Professoren bereitgestellt werden. Zum Aufbau der geodätischen Abteilung haben aber auch das Land Steiermark (durch den Bau des Beobachtungsturmes) und die Stadtgemeinde Graz (durch den Ankauf eines Präzisionskomparators) wesentlich beigetragen.

Da sich die Forschungsziele der 3 Abteilungen im nahen Außenraum der Erde überlappen und Instrumente und Ergebnisse sowie Laboreinrichtungen gemeinsam benutzt werden können, ergeben sich für alle Beteiligten bemerkenswerte Vorteile. Als Beispiel für die geodätische Abteilung sei die Benutzung der von der Abteilung für Nachrichtentechnik und Wellenausbreitung betriebenen Zeitstation sowie die Ergebnisse der Ionosphärenforschung der Abteilung für planetarische Physik angeführt. Dadurch konnte in kurzer Zeit ein kleines, aber leistungsfähiges Observatorium entstehen, das in der Lage ist, Beiträge zu aktuellen Problemen des nahen Weltraumes und der Erde auszuarbeiten und Österreich in internationalen Projekten der Weltraum- und Erdforschung zu vertreten.

In der geodätischen Abteilung des Observatoriums Graz-Lustbühel (OGL) wurden eine Hochleistungskammer Zeiss BMK 75 (Wert 6 Mio. öS) und ein Präzisionskomparator (Wert 1,5 Mio. öS) für die photographische Bestimmung von Richtungen nach Satelliten im astronomischen System erworben. Für die Positionsbestimmung mit Hilfe von Dopplermessungen im US Navy Navigation Satellite System (NNSS) wurden zwei Empfänger angeschafft und die benötigten Auswertprogramme bereitgestellt (Wert 2 Mio. öS). Zur Bestimmung von genauen Satellitenbahnen und von genauen Positionen von terrestrischen Punkten sowie deren Abhängigkeit von der Zeit wurde ein Lasersystem höchster Genauigkeit (Wert 14 Mio. öS) entwickelt und eingesetzt. Für die Durchführung numerischer Berechnungen steht die leistungsfähige Computeranlage UNIVAC 1100/81 des Rechenzentrums Graz über ein im OGL befindliches Terminal zur Verfügung.

Die geodätische Abteilung des OGL ist Basisstation eines geodynamischen Grundnetzes, durch das ein terrestrisches Referenzsystem höchster Genauigkeit definiert werden kann. Zu dieser Station gehören auch ein absoluter Schwerepunkt und Einrichtungen zur Registrierung der Erdzeiten. Außerdem ist an die Station das Testnetz Steiermark (Durchmesser: 100 km) angeschlossen, in dem die Pilotstudien für genaue Verfahren der zwei- und dreidimensionalen Positionsbestimmung und zur Ermittlung eines genauen Geoides sowie deren Änderungen in Funktion der Zeit ausgeführt werden können.

Die Station trägt auch zur Transformation der Daten der österreichischen Landesvermessung in ein globales System bei. In ihr werden Grundlagen für neue in Zukunft benötigte Verfahren der Landesvermessung entstehen. Die geodätische Abteilung des OGL hat daher sowohl für die Forschung als auch für die praktische Landesvermessung Bedeutung. Sie ist eine wichtige Forschungseinrichtung Österreichs und Bestandteil der österreichischen Landesvermessung. Die auf der Station gewonnenen Erkenntnisse sollen aber auch anderen Ländern, insbesondere Ländern der Dritten Welt als österreichischer Beitrag zur Verfügung gestellt werden. Dadurch kann das OGL auch Pfeiler einer Brücke sein, welche über verschiedene Ideologien und politische Systeme hinweg den so notwendigen wissenschaftlichen und menschlichen Kontakt zwischen den Wissenschaftlern fördert.

In der Folge wird über Forschungen und Projekte berichtet, welche entsprechend der beschriebenen Zielsetzung seit dem Beginn der Tätigkeit der geodätischen Abteilung des OGL durchgeführt wurden.

2. Bisher bearbeitete geodätische Projekte

Die bisher bearbeiteten geodätischen Projekte betreffen vor allem die photographische Bestimmung von Richtungen im astronomischen Referenz-System, die Messung von Laser-Entfernungen nach Satelliten und die Positionsbestimmung terrestrischer Punkte mit Hilfe von

Dopplerfrequenzen im Navy Navigation Satellite System (NNSS). Dazu kommen die Bestimmung von Verbindungsvektoren nach benachbarten geodätischen Observatorien (Geostationen) durch Stellartriangulation und durch terrestrische, dreidimensionale Netze, sowie die Messung der absoluten Schwere und Erdgezeiten.

2.1 Richtungen

Vor Errichtung des OGL wurden mit einer behelfsmäßig adaptierten Fliegerkamera BE ($f=30$ cm) auf einem Pfeiler im Gelände des jetzigen OGL im Rahmen des Westeuropäischen Satellitenprogrammes der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) 393 Richtungen nach den Satelliten PAGEOS und ECHO 1 und 2 bestimmt (siehe [1]). Für die Westeuropäische Short Arc Kampagne (von Tengström, Uppsala) wurden 90 Richtungen ermittelt. Die BE-Kammer wurde ab 1977 als Zenitkammer umgebaut und für die Bestimmung der Lotrichtung (Länge und Breite) in Punkten des österreichischen Netzes erster Ordnung benutzt (siehe [2a]). Nach Fertigstellung des OGL wurde erst in der Westkuppel und ab 1980 in einem zusätzlich errichteten Beobachtungsturm eine Hochleistungskammer BMK 75 ($f=75$ cm) aufgestellt. Die mit der Kammer vorgesehenen Projekte zur Bestimmung von Raumrichtungen mußten unterbleiben, weil der Satellit PAGEOS (vermutlich durch Einschlag eines Meteoriten) zerstört wurde. Die Kammer wurde daher für die Bestimmung der Lotrichtung (Zenitkammer) und für Stellartriangulationen zur Bestimmung der Richtungen von Graz nach Wetzell und nach Sopron eingesetzt. Nach Start eines geeigneten Satelliten soll in Zusammenarbeit mit benachbarten Observatorien ein astronomisch orientiertes Richtungsnetz beobachtet werden, das die Transformation des astronomischen Referenzsystems in das System der Quasare, der Doppler- und der Laser-Satelliten stützen kann.

2.2 Laser-Entfernungen

Laser-Entfernungen zu Satelliten gehören zu den genauesten Daten der Satellitengeodäsie. Sie werden benötigt, um genaue Bahnkurven zu bestimmen und um daraus genaue terrestrische Positionen abzuleiten. Außer diesem SLR (=Satellite Laser Ranging) Verfahren gibt es Verfahren des Lunar Laser Ranging (LLR), welche für die Zeitbestimmung von Bedeutung sind. Im OGL wurde ein Nd-Yag Laser für SLR-Verfahren installiert, mit dem Entfernungen nach den geodätischen Satelliten LAGEOS, STARLETTE und BEACON C in Entfernungen bis 8000 km gemessen werden können; außerdem ein Rubin-Laser zur Messung von Entfernungen nach einem 26 000 km entfernten stationären Satelliten, mit dem der Vergleich von Atomuhren durchgeführt werden sollte. Der geodätische Nd-Yag Laser hat eine Impulsbreite von 100 psec (3 cm) und eine Ausgangsenergie von 0,1 nsec ($= 10^{-9}$ sec). Dieser entspricht bei einer Schußfrequenz von 10 je sec eine Leistung von 10 Gigawatt, also die Leistung eines großen Kraftwerkes. Für den Rubinlaser liegt die Pulsbreite bei 3 nsec oder 90 cm, die Ausgangsenergie bei 0,25 Gigawatt. Beide Laser werden über ein gemeinsames Ausgangsteleskop ausgesendet. Die Öffnung des Laserstrahles während der Messung beträgt etwa 100 m je 1000 km Entfernung (0,1 Millirad). Die Laseranlage wird von einem Computer gesteuert und kontrolliert. Nähere Einzelheiten über die Anlage sind in [3] zu ersehen.

Da das OGL nur 10 km vom Flughafen Thalerhof entfernt ist, bestehen Restriktionen für die Durchführung der Messungen. Messungen sind nur in der betriebsfreien Zeit von 0 bis 6 Uhr früh und nur in Höhen über 45° zulässig. Sie müssen in jedem Fall gemeldet und genehmigt werden. Außerdem mußte ein optisches Detektionssystem vorgesehen werden, das die Anlage automatisch abschaltet, wenn ein Flugzeug in den Bereich des Laserkegels kommt. Trotz dieser Beschränkungen konnten seit der Inbetriebnahme der Anlage von Oktober 1982 bis Juli 1984 in 415 Durchgängen 107 015 Messungen von Entfernungen nach den Satelliten LAGEOS (8000 km), STARLETTE (1000 km) und BEACON C (1000 km) durchgeführt werden.

Eine Übersicht ist in der nachstehenden Tabelle enthalten.

LAGEOS:	178 Durchgänge mit insgesamt	67 945 Returns;
STARLETTE:	163 Durchgänge mit insgesamt	29 642 Returns;
BEACON C:	74 Durchgänge mit insgesamt	9 428 Returns;
Total:	415 Durchgänge mit insgesamt	107 015 Returns;

Die Meßdaten werden Auswertezentren in den USA und in der BRD zur Verfügung gestellt und können auch von anderen Interessierten angefordert werden. Aus den bisher vorliegenden Berechnungen folgt für Entfernungen bis etwa 8000 km die hohe Genauigkeit von etwa ± 4 bis ± 5 cm je Einzelmessung. Daraus folgt, daß die Laserstation im OGL Ergebnisse liefert, die zu den genauesten der Welt gehören.

2.3 Doppler-Positionen

Für die Positionsbestimmung im NNS-(Navy Navigation Satellite) System stehen seit 1976 ein Marconi-Empfänger CMA 772B und ein Empfänger Marconi 725 für den Empfang von GEOS C Frequenzen zur Verfügung. Für die Berechnung durch Einzel- und Mehrfachpunkt-einschaltung mit gesendeten (broadcast) und genauen (precise) Bahndaten wurden Versionen des Programmes GEODOP (siehe [4]) adaptiert. Das OGL ist die einzige österreichische Station im Europäischen Doppler-Netz EDOC II und hat an den europäischen Kampagnen SEADOC, HOTDOC und TIMEDOC teilgenommen, welche zur Ermittlung von Daten für die Ozeanographie und die Verbindung von Zeitstationen dienen. Das OGL beteiligt sich seit 1976 an der internationalen Kampagne MEDOC (Motion of the earth by Doppler Observation Campaign) und seit 1983 an dem weltweiten IAG-Projekt MERIT (Monitoring Earth Rotation by Intercomparing Techniques), durch welche die genaue Erfassung der Polbewegung und die Bestimmung eines erdfesten Referenzsystems COTES (Conventional Terrestrial Reference System) erfolgen soll.

Gemeinsam mit dem Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut (DGFI) wurde vom OGL 1977 bis 1979 eine deutsch-österreichische Dopplerkampagne DODOC durchgeführt, in der für 15 Punkte der Haupttriangulierung der Bundesrepublik und 6 Punkte in Österreich geozentrische dreidimensionale Koordinaten sowie die Parameter für die Transformation der verschiedenen Systeme der Landestriangulation in ein einheitliches (Doppler-)System bestimmt wurden (siehe [4]). Außerdem wurde Einblick in die Fehlerstruktur der Grundtriangulation gewonnen. In der vom OGL durchgeführten Kampagne TESTDOC wurde die Genauigkeit festgestellt, mit der für Ingenieurprojekte im Hochgebirge die gegenseitige Position von 30 bis 50 km entfernten Punkten durch Doppler-Messungen festgestellt werden kann.

Mit der ebenfalls vom OGL geplanten und geleiteten Kampagne WEDOC (West East Doppler Campaign) wurden einheitliche Dopplerkoordinaten (im RETrig System) von Punkten in den östlichen Ländern CSSR, DDR, Polen, UdSSR und in den westlichen Ländern BRD, Griechenland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Holland, Italien, Österreich und Schweiz bestimmt. Damit ergaben sich Beiträge für eine geodätische Brücke zwischen den westlichen und östlichen geodätischen Systemen (siehe [5]). Das OGL nimmt auch an der Kampagne ALGEDOP teil, in der im alpinen Bereich der Länder BRD, Frankreich, Schweiz, Italien und Österreich sowie für den Mittelmeerraum eine einheitliche Orientierung der vorliegenden Geoidstücke erreicht werden soll.

Schließlich werden im OGL seit Jänner 1978, also durch 6 Jahre hindurch, kontinuierliche Dopplerdaten registriert und in 5-Tage-Blöcken ausgewertet. Daraus ergaben sich, in Übereinstimmung mit analogen Untersuchungen an anderen Stellen, jährliche und wenig signifikante Perioden von etwa 128 Tagen für die Breite und Höhe mit Amplituden von etwa 1 Meter. Eine Erklärung hierfür liegt noch nicht vor (siehe [5]).

2.4 Testnetz, Geoid und Erdgezeiten

An das OGL ist das Testnetz Steiermark mit einem Radius von etwa 50 km angeschlossen. In diesem wurden die Entfernungen (mit Laser), die horizontalen und vertikalen Winkel, die nivellitischen Höhen sowie die Schwerewerte bestimmt und Lotrichtungen gemessen. Eine dreidimensionale Ausgleichung des Systems und ein Vergleich mit den Ergebnissen von RETRig liegen vor (siehe [6]). Daraus konnten Hinweise auf die Vorteile einer 3D-Ausgleichung und zweckmäßige Folgerungen für die Landvermessung gewonnen werden.

Im Gebiet des Testnetzes Steiermark wurde das astro-geodätische Geoid mit einer Genauigkeit von etwa ± 10 cm bestimmt. Daraus folgte eine Pilotstudie für die Ermittlung des Geoides in Österreich über das in [2] berichtet wurde.

Um den Einfluß von Sonne und Mond auf die Parameter des Schwerevektors (Schwerkraft, geographische Länge und Breite) in der Umgebung des OGL zu erfassen, wurden in den Stationen Graz (Schloßberg), Peggau und im Gleinalmtunnel Registrierungen der Erdgezeiten seit 1963 durchgeführt. Als Ergebnis liegen repräsentative Werte für die Love'schen Parameter vor, mit welchen aus den vorhergesagten theoretischen Gezeiten Wirkungen auf die aktuellen Daten abgeleitet werden können (siehe [7]).

3. Ausblick

Der Zielsetzung entsprechend hat das OGL die Zusammenarbeit mit Forschungsinstitutionen sowie mit Akademien in der BRD, England, Frankreich, Italien, USA, Ungarn, Polen sowie in China durchgeführt. Es ist durch seine Teilnahme an internationalen Projekten und nationalen Aufgaben anerkannter Partner auf dem Gebiete der Satellitengeodäsie geworden und bemüht sich, dies auch in Zukunft zu sein.

Es soll jedoch nicht verschwiegen werden, daß Sorge besteht, ob das OGL auch in der nahen Zukunft seine Aktivität aufrecht halten kann. Aus diesem Grund seien alle an den Arbeiten der geodätischen Abteilung des OGL Interessierten, insbesondere das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen aufgerufen, ihren möglichen Beitrag zur Erhaltung dieser weltweit beachteten Einrichtung der österreichischen Vermessung zu erbringen.

[1] Rinner K., Brandstätter G.: Forschungsberichte über Erdgezeiten und Satellitengeodäsie, Mitteilungen der geod. Institute der TU Graz, Folge 9, 1971.

[2a] Österreichische Kommission für die Internationale Erdmessung: Österreichische Beiträge zur XVII. Generalversammlung der IUGG und der IAG, Canberra 1979.

[2b] Österreichische Kommission für die Internationale Erdmessung: Das Geoid in Österreich, Geodätische Arbeiten Österreichs für die Internationale Erdmessung, Neue Folge, Band II, Graz 1983.

[3] Rinner K., Pesec P., Kirchner G.: Report on Doppler and Laser Activities at the Observatory Graz-Lustbühel, Proceedings Intercosmos Meeting Suzdal (USSR), Sept. 1982.

[4] Deutsche Geodätische Kommission (DGK): Die Deutsch-Österreichische Dopplerkampagne, Reihe B, Heft Nr. 260, Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a./M. 1982.

[5] Rinner K., Pesec P.: West-East-Doppler-Observation-Campaign, Final Results, Manuscripta Geodetica, 1982.

[6] Reichsthaler K.: Dreidimensionale Netzausgleichung im Testnetz Steiermark unter Berücksichtigung von Dopplermessungen, Mitteilungen der geod. Institute der TU Graz, Folge 46, 1983.

[7] Rinner K.: Österreichisches Forschungsprojekt S20-01, Satellitengeodäsie, Abschlußbericht, 1984 (p.1-80), Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Wien.