

Paper-ID: VGI_197803



Wissenschaftliche Zielsetzung und bisherige Arbeiten auf der Satellitenbeobachtungsstation Graz-Lustbühel

Karl Rinner ¹

¹ *Institut für Landesvermessung und Photogrammetrie der Technischen Universität in Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **66** (1), S. 23–43

1978

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Rinner_VGI_197803,  
  Title = {Wissenschaftliche Zielsetzung und bisherige Arbeiten auf der  
          Satellitenbeobachtungsstation Graz-Lustb{\u}hel},  
  Author = {Rinner, Karl},  
  Journal = {{{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen und  
            Photogrammetrie},  
  Pages = {23--43},  
  Number = {1},  
  Year = {1978},  
  Volume = {66}  
}
```



Wissenschaftliche Zielsetzung und bisherige Arbeiten auf der Satellitenbeobachtungsstation Graz-Lustbühel*)

Von *Karl Rinner*, Graz

Zusammenfassung.

Für die Geodäsie liegen in der Zukunft große Aufgaben vor. Denn durch die Erd- und Landesvermessung soll mit Hilfe von Satelliten und Automaten für die Messung und Berechnung das dynamische Verhalten der Erde erfaßt werden. In der Ingenieurvermessung besteht die Forderung, durch verbesserte geodätische Aussagen den Fortschritt und die Wirtschaftlichkeit des Baugeschehens zu erhöhen. Ganz allgemein sollen geodätische Daten genauer, rascher und mit größerer Vollständigkeit zur Verfügung gestellt werden. Damit leistet die Geodäsie einen Beitrag zur technischen Entwicklung unserer Welt und zur Erhaltung der Lebensbedingungen auf dieser. Zur Erfüllung dieser Aufgabe sollte jedes Land durch Einrichtung von mindestens einem geodätischen Observatorium (Geostation) beitragen und sich mit diesem an internationalen Projekten beteiligen; von diesen Stationen aus können die für aktuelle geodynamische Untersuchungen im nationalen Bereich erforderlichen Grundlagennetze abgeleitet werden. In Österreich wurde (auch) zu diesem Zwecke das Observatorium Graz-Lustbühel errichtet, in welchem Vertreter verschiedener Disziplinen an Problemen des Verhaltens der Erde und des nahen Weltraumes tätig sind. Über die geodätischen Zielsetzungen und über die bisherige Tätigkeit auf dem Gebiete der Geodäsie wird in der vorliegenden Arbeit berichtet.

1. Einleitung

Am Lustbühel bei Graz wurde 1976 ein Observatorium in Betrieb genommen, in dem theoretische und experimentelle Forschungen auf Gebieten der Astronomie, der Geodäsie, der Geophysik und der Nachrichtentechnik durchgeführt werden sollen. Durch diese Tätigkeit soll ein österreichischer Beitrag zur Erforschung des erdnahen Weltraumes erbracht werden. Das Observatorium soll auch als geodynamische Station an internationalen und nationalen Projekten teilnehmen, welche die Bestimmung geodätischer und physikalischer Parameter der Erde und des nahen Weltraumes, sowie der Veränderung dieser Größen in Funktion der Zeit zum Ziele haben. In der Folge wird erst das Observatorium beschrieben, hierauf werden die geodätischen Zielsetzungen erläutert, schließlich wird über laufende Projekte und bisherige Ergebnisse berichtet.

2. Beschreibung des Observatoriums

Das Observatorium Graz-Lustbühel liegt auf einer 491 m hohen Wiesenkuppe, etwa 5 km östlich vom Zentrum der Stadt Graz. Das etwa 2 ha große, zum Observatorium gehörige Gelände sichert freie Sichten und einen schönen Ausblick auf die umliegenden Berge. Gegen die Stadt Graz, in der etwa

*) Nach einem Vortrag an der Rhein.-Westf. F. W. Universität in Bonn (am 3. 2. 1978).

200 000 Menschen leben, ist es durch einen dichten Baumbestand sichtbar abgeschirmt. Das Gelände und seine Umgebung gehören zum Erholungsraum der Stadt, der Name „Lustbühel“ drückt aus, daß dies auch in früheren Zeiten schon der Fall war.

Das Observatorium wurde nach etwa zehnjähriger Planungs- und Ausführungszeit im Dezember 1976 fertiggestellt. Es besitzt zwei auf einem Flachdach montierte Kuppeln für astronomische und geodätische Beobachtungen. Unter diesen befinden sich in zwei hexagonal gegliederten Bauteilen in zwei Stockwerken die Büro- und Laborräume. Die Situierung des Observatoriums und seine Konstruktion werden in den Fig. 1, 2a und 2b dargestellt.

Weltraumobservatorium Graz - Lustbühel

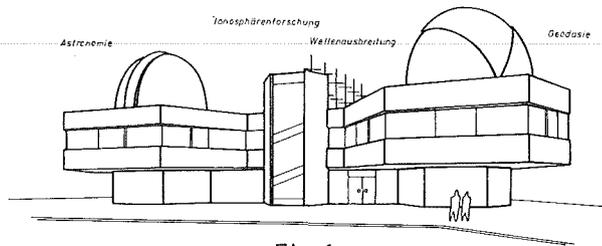


Fig. 1

Im Observatorium sind Forschungseinrichtungen für die Institute für Astronomie und Meteorologie, sowie Geophysik der Universität Graz, für die Institute für Landesvermessung und Photogrammetrie, sowie Nachrichtentechnik und Wellenausbreitung der Technischen Universität Graz und für das Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften untergebracht.

In der westlichen Kuppel ist eine Präzisionskamera BMK 75 der Fa. Zeiss (Oberkochen) äquatorial montiert, mit welcher Richtungsmessungen nach geodätischen Satelliten und die Beobachtung von kleinen Planeten des Sonnensystems ausgeführt werden. Die östliche Kuppel ist für die Durchführung von astronomischen Messungen zur Erforschung des Sonnensystems und für Positionsbestimmungen vorgesehen. Auf der zwischen den beiden Kuppeln befindlichen Plattform befinden sich Antennen für Funkmeß- und Dopplermessanlagen, welche für geodätische Zwecke und für die Ionosphärenforschung benutzt werden.

Für die Ausmessung der photographischen Stern- und Satellitenaufnahmen steht derzeit ein Stereokomparator PKS 2 der Fa. Zeiss (Oberkochen) mit einer automatischen Registriereinrichtung Ecomat 21 zur Verfügung. (Dieser soll jedoch in der nächsten Zeit gegen einen Monokomparator PKS 1 ausgetauscht werden, da mit diesem eine Verkürzung der Ausmeßzeiten erwartet werden kann.)

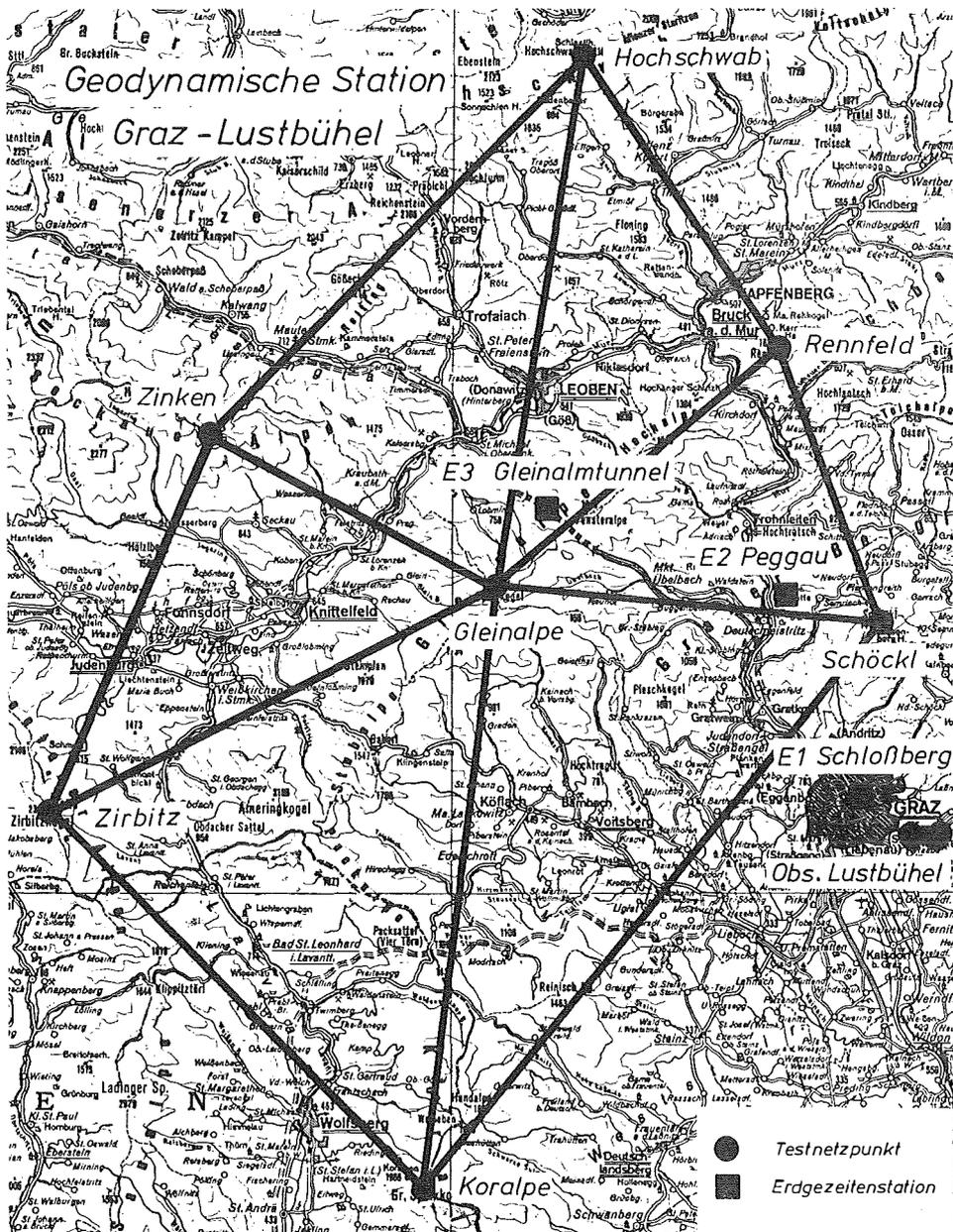


Fig. 2a

Das österreichische Dreiecksnetz 1. Ordnung

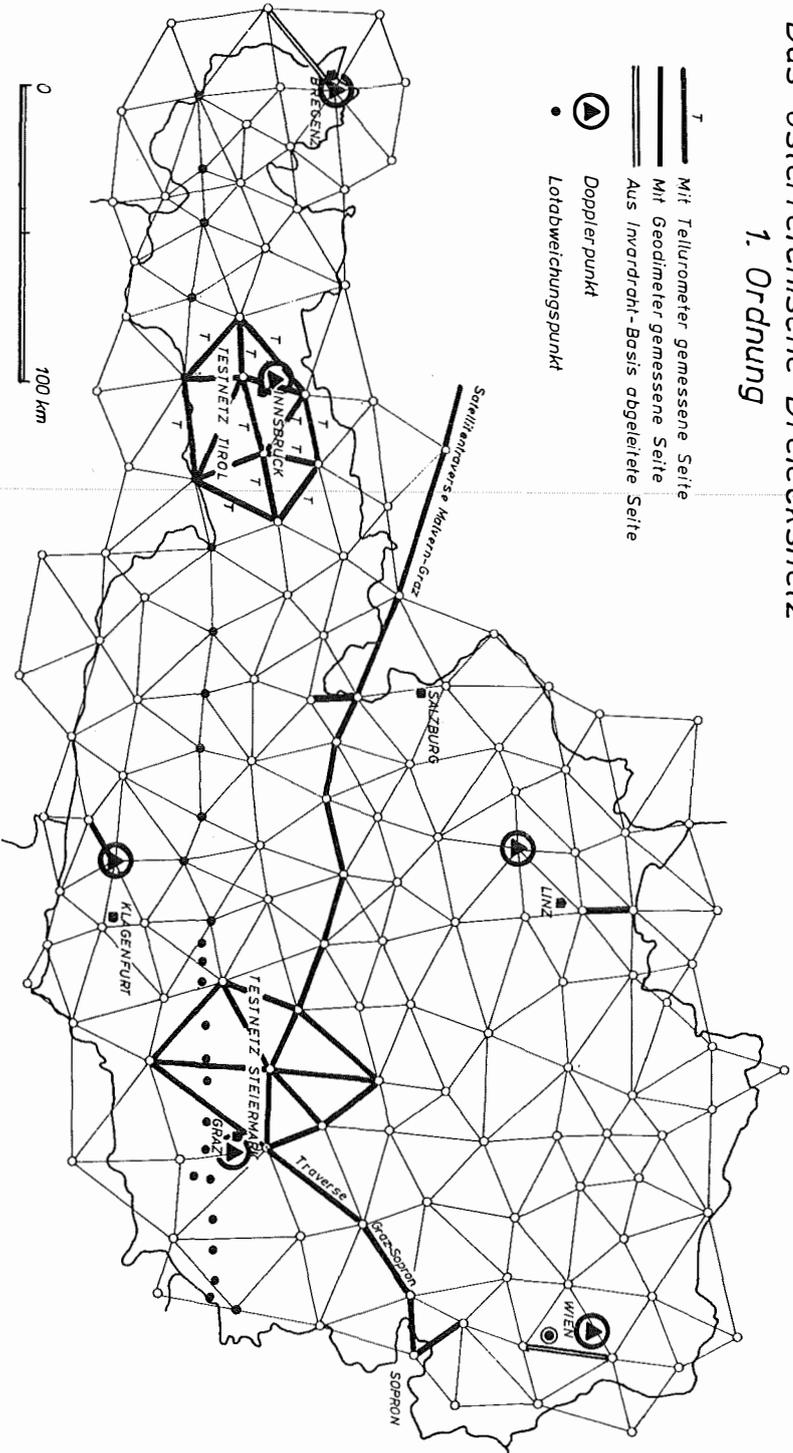


Fig. 2b

Vom Institut für Meteorologie und Geophysik werden derzeit Messungen zur Bestimmung der Elektronendichte der Ionosphäre und Studien über deren Struktur durchgeführt. Hierzu werden Funkmeß- und Dopplereinrichtungen für erdumlaufende und geostationäre Satelliten verwendet.

Das Institut für Nachrichtentechnik und Wellenausbreitung befaßt sich mit dem Einsatz von Nachrichtensatelliten und den Ausbreitungsbedingungen für lange Wellen. Für die erste Aufgabe steht eine Bodenstation mit einem 3 m Parabolspiegel für Frequenzen von 10 GHz zur Verfügung, mit der im Rahmen nationaler und internationaler Projekte Eigenschaften der Nachrichtenübertragung via Satellit für Rundfunk und Fernsehen untersucht werden. Modelle für die Ausbreitung von langen Wellen mit Frequenzen von 10 bis 100 kHz werden mit Hilfe einer Empfangsstation und koordinierten Raketenexperimenten studiert. Dabei wird versucht, mehr Einblick in den Ionisationsmechanismus und in den Aufbau der D-Schicht der Ionosphäre zu erhalten. Für den Betrieb dieser Station wird ein hochstabiles Caesium-Frequenznormal benutzt, das die koordinierte Weltzeit (UTC) auf Grund eines Zeitvergleiches mit einer transportablen Atomuhr auf $\pm 1 \mu\text{sec}$ anzeigt. Außerdem erfolgt eine laufende Kontrolle mit Hilfe des Loran C-Systemes.

Mit dem Caesium-Frequenznormal soll auch das Langzeitverhalten der Synchronisation von digitalisierten Nachrichtennetzen untersucht werden. Die damit erhaltene genaue Zeit steht allen Instituten des Observatoriums zur Verfügung.

Die erforderlichen numerischen Berechnungen können im Rechenzentrum Graz auf leistungsfähigen Computern (neuerdings UNIVAC 1100/81) ausgeführt werden. Ein eigener Terminal ist vorgesehen.

Im Observatorium Graz-Lustbühel sind nach den vorhergehenden Ausführungen Vertreter verschiedener Fachrichtungen und verschiedener wissenschaftlicher Institute an eigenen und fallweise an gemeinsamen Projekten und Aufgaben tätig und benutzen dabei gemeinsame Geräte und Laboreinrichtungen. Diese für Österreich neue Form der wissenschaftlichen Zusammenarbeit, die erfolgte Überwindung altherwürdiger Partikularismen und der ständige Erfahrungsaustausch lassen einen hohen Wirkungsgrad erwarten und eröffnen hoffnungsvolle Ausblicke für die Zukunft des Observatoriums.

3. Allgemeine geodätische Zielsetzungen

In der geodätischen Abteilung des Observatoriums sollen vor allem Probleme der Satellitengeodäsie (= SG) untersucht werden. Außerdem ist die Ausarbeitung von Vorschlägen für die Anwendung von Erkenntnissen der SG für die Praxis im allgemeinen und für die österreichische Landesvermessung im besonderen vorgesehen. Diese Ziele sollen durch theoretische Studien, durch instrumentelle und verfahrenstechnische Entwicklungen, sowie durch Beteiligung an internationalen geodätischen Projekten erreicht werden. Die

speziellen geodätischen Zielsetzungen für das Observatorium Graz-Lustbühel sind natürlich von der allgemeinen Entwicklungstendenz der geodätischen Forschung und Praxis abhängig.

Nach wie vor ist es Aufgabe der Geodäsie, die geometrische Beschreibung, Einteilung und Darstellung der Erdoberfläche und der darauf befindlichen natürlichen und künstlichen Objekte durchzuführen und die Parameter des Schwerefeldes der Erde zu bestimmen. Nach einer neueren Definition ist die Geodäsie die Wissenschaft von der Ausmessung und Darstellung der Erde und ihres Schwerefeldes in einem dreidimensionalen zeitabhängigen Raum. Dadurch wird zum Ausdruck gebracht, daß nunmehr auch die Forderung gestellt wird, die Änderungen der geometrischen und gravimetrischen Parameter der Erde und der darauf befindlichen Objekte in Funktion der Zeit zu bestimmen und die Tendenz dieser Änderungen möglichst rasch zu bestimmen.

Nach wie vor besitzt aber die Geodäsie zwei Wurzeln, aus welchen ihre Problemstellungen kommen. Eine liegt in den Geowissenschaften und führt zu den mit der Erdfigur zusammenhängenden Problemen. Die andere ist in die Ingenieurwissenschaften eingebettet und hängt mit der technischen Erschließung und Verwaltung der Erdoberfläche und der darauf befindlichen Objekte zusammen. Beide sind wesentlich, gleichnotwendig, und gleichberechtigt. Keine darf daher vernachlässigt werden. Als Geowissenschaft allein wäre die Geodäsie nur ein Teil der Geophysik, dem wegen seiner einfachen Problemstellungen eine untergeordnete Rolle zukommen würde. Als Ingenieurwissenschaft ist sie eine wichtige Voraussetzung für die Planung und Durchführung von Ingenieurprojekten verschiedenster Art. In beiden Funktionen schafft sie Grundlagen, auf denen andere Disziplinen aufbauen und die daher vor allem richtig sein müssen. Denn nicht in der Kühnheit und Kompliziertheit ihrer Gedanken, sondern in der nach menschlichem Ermessen gesicherten Richtigkeit der Aussage liegt ihr Wert.

Die geodätischen Aussagen werden aus Informationen abgeleitet, welche durch geometrische, astronomische und gravimetrische Meßgrößen oder durch (andere) Verfahren der Fernerkundung vermittelt werden. Die Verarbeitung dieser Daten erfolgt mit Hilfe funktionaler und stochastischer, mathematischer und physikalischer Modelle, deren Struktur immer differenzierter, und deren Approximation an die in der Natur ablaufenden Vorgänge besser wird und welche daher zu genaueren Aussagen führen. Die erstrebte Verkürzung der für die geodätische Aussage benötigten Zeit, welche notwendig ist, um innerhalb eines kurzen Zeitintervalles eine Veränderung von Zustandsgrößen in Funktion der Zeit und ihren Trend zu erkennen, kann durch Steigerung der Meßgenauigkeit, durch bessere Modelle und Verkürzung der für die Messung und Berechnung (Gewinnung und Verarbeitung der Information) erforderlichen Zeit erreicht werden. Wird dieser Weg beschritten, so kann die Geodäsie auch Aussagen über globale und lokale Bewegungsvorgänge in der Erd-

kruste und über Deformationen und Bewegungen (Rutschungen) natürlicher und künstlicher Objekte im Nahbereich machen. Sie wird damit ein Instrument zur Früherkennung solcher Veränderungen in lokalen, regionalen und globalen Zonen. Sie könnte beitragen, sich anbahnende Katastrophen rechtzeitig zu erkennen und Abwehr- und Schutzmaßnahmen gegen diese einzuleiten.

Zu diesem Zweck werden integrale Systeme für die Datengewinnung und Datenverarbeitung benötigt, durch welche systematische Einflüsse erkannt und ausgeschaltet werden. Mit diesen sich selbst kalibrierenden und möglichst automatisch ablaufenden Systemen sollen Kontrollpunkte höchster Genauigkeit bestimmt werden, welche den bisherigen Festpunktfeldern erster Ordnung übergeordnet sind. Dazu wird vorgeschlagen, Observatorien einzurichten, welche etwa 1000 km voneinander entfernt sind und welche mit Einrichtungen für die Gewinnung von Meßdaten von und nach geodätischen Satelliten (Richtungen, Entfernungen, Dopplerdaten), für die Durchführung von terrestrischen geodätischen Messungen (Richtungen, Entfernungen, Höhen), von astronomischen Messungen (Lotrichtung, Azimute, interferometrische Messungen nach Quasaren) und von Schweremessungen (Potentialdifferenzen, Schwerewerte, Gradienten und Erdzeiten) ausgestattet sind. Die gegenseitige Lage dieser geodynamischen (= Geo-)Stationen soll im Rahmen internationaler Projekte der Satellitengeodäsie nach verschiedenen, von einander unabhängigen Verfahren bestimmt und in möglichst kurzen Abständen überprüft werden. Außerdem sollen terrestrische, astronomische und interferometrische Verbindungsmessungen ausgeführt und in geeigneten Abständen wiederholt werden. Dadurch werden Daten für globale und regionale Netze zur Bestimmung der gegenseitigen Lage, sowie von Erdparametern und zum Studium ihres zeitlichen Verhaltens gewonnen.

Mit der Errichtung und dem Betrieb von Geo-Stationen kann jedes Land zur Lösung der für alle Länder wichtigen Probleme der Erdmessung beitragen und gleichzeitig an den neuen Entwicklungen teilnehmen. Durch die Geo-Stationen werden Grundlagen für die eigenen nationalen geodätischen und geophysikalischen Aufgaben bereitgestellt. Damit wird der Einblick und die Steuerung der weiteren Entwicklung dieser Aufgaben sichergestellt und diese bleiben trotz internationaler Kooperation dem nationalen Hoheitsbereich zugeordnet. Würde eine derartige Mitarbeit nicht erfolgen, so müßten fremde Agenturen mit der Durchführung der erforderlichen Grundlagenmessungen beauftragt oder die Durchführung durch Kauf fremder Lizenzen ermöglicht werden. Dadurch würde nicht nur dem Lande, sondern auch der gesamten Geodäsie Schaden zugefügt werden, weil all die vielen Beiträge nicht entstehen könnten, welche aus einer von individualistischen Standpunkten ausgehenden und auf individualistischen Wegen erfolgenden Forschung folgen.

Die weiteren geodätischen Aufgaben sind für Entwicklungsländer und Länder mit geodätischer Tradition verschieden. In Entwicklungsländern liegt die Aufgabe vor, möglichst rasch ein genügend dichtes und genaues System

von Kontrollpunkten als Grundlage für jene geodätischen Operationen zu bestimmen, welche von der Wirtschaft, der Technik und der Verwaltung des Landes benötigt werden. Traditionsländer haben die Aufgabe, zusätzlich zu den schon vorhandenen Grundlagen übergeordnete Systeme zu bestimmen, durch welche eine genauere, vollständigere und raschere Beschreibung regionaler und lokaler Veränderungen der Erdoberfläche und Durchführung von Ingenieurvermessungen hoher Genauigkeit möglich wird.

In Entwicklungsländern wird die Schaffung der Kontrollpunkte in verschiedenen Phasen erfolgen können, welche aufeinander aufbauen und Bausteine eines Gesamtsystems sind. In der ersten Phase werden Kontrollpunkte für die Lage und Höhe in Abständen von etwa 200 km mit Hilfe von Systemen von Navigationssatelliten (wie Tranet-Doppler), Schwerewerte durch Absolutmessungen an diesen Punkten bestimmt werden. Der Anschluß an übergeordnete regionale oder Weltsysteme wird durch Einbeziehung der Geo-Stationen des Landes ermöglicht. In der zweiten Phase erfolgt eine Verdichtung durch terrestrische Verfahren mit Hilfe von Lage-, Höhen- und Schwerenetzen bis zu Abständen von etwa 10 bis 20 km. Dabei werden in Zukunft die Verfahren der Inertialvermessung besondere Anwendung finden. In der dritten Phase werden Verfahren der Aerotriangulation und der Radargrammetrie eingesetzt, um die für die Herstellung von digitalen Modellen und Karten erforderlichen Paßpunkte zu erhalten. Nach Schaffung dieser für die Praxis notwendigen Grundlagen folgen astronomische Messungen zur Bestimmung von Laplacepunkten und eines lokalen Geoides, ergänzende Verbindungsmessungen und im Anschluß daran eine gemeinsame Ausgleichung aller Daten, um homogene Grundlagen zu erhalten. Da von Anbeginn an das System über Geo-Stationen und Satelliten an ein übergeordnetes regionales oder Weltsystem angeschlossen ist, ist die gemeinsame Ausgleichung aller Meßdaten und der Zusammenschluß nationaler Systeme zu übergeordneten regionalen nur mehr von wissenschaftlichem Interesse.

In geodätischen Traditionsländern sind Kontrollpunkte der nationalen Systeme in der Regel schon vorhanden. Hier besteht die Aufgabe, diese zu einem übergeordneten System zusammenzuschließen und gleichzeitig die Grundlagen für ein übergeordnetes System höherer Genauigkeit zu schaffen, mit dem die aktuell werdenden dynamischen Aufgaben der Geodäsie gelöst werden können. Die hierzu benötigten Kontrollpunkte nullter Ordnung werden an Geo-Stationen angeschlossen und ähnlich wie diese durch integrale Systeme bestimmt. Auch für diese sind Wiederholungsmessungen erforderlich, deren Abstände von den erwarteten Bewegungen abhängig sind.

Die in der Erdkruste auf den Kontinenten und im Meer vermarkten Kontrollpunkte dienen als Ausgangspunkte für Folgemessungen und als Indikatoren für Bewegungen der Erdkruste und Veränderungen. In beiden Funktionen werden sie durch Navigationssatelliten mit bekannten Bahndaten ergänzt. Die Position dieser Satelliten ist in Funktion der Zeit bekannt, die

Satellitenbahn gleicht daher einer kontinuierlichen Folge von Kontrollpunkten. Wegen der veränderlichen Lage des Satelliten ist, wie in der Astronomie, die Benutzung optimaler Konfigurationen für die terrestrische Punktbestimmung möglich. Die Bahndaten werden durch Änderungen des Verhaltens der gesamten Erde (Massenverteilung, Orientierung) und durch lokale oder regionale Veränderungen beeinflusst. Änderungen der Bahndaten geben daher Hinweise für diese.

Durch die beschriebenen Forderungen nach einer „dynamischen“ Geodäsie werden nicht nur den wissenschaftlichen Institutionen neue Aufgaben gestellt, sondern auch den nationalen Vermessungsbehörden. Diese Anforderungen sind in den Entwicklungsländern leicht zu erkennen und haben dort den stufenweisen Aufbau eines in übergeordnete regionale und Weltsysteme eingebetteten einheitlichen Vermessungssystems zum Ziel. In den geodätischen Traditionsländern bringen diese Forderungen zusätzlich zu den Aufgaben der Erhaltung, Verbesserung und Verwaltung schon vorliegender Festpunktfelder die Aufgabe der Einrichtung übergeordneter Festpunktsysteme höchster Genauigkeit und der Geostationen, sowie den Zusammenschluß zu regionalen Systemen. Dies bedeutet natürlich einen zusätzlichen Personal- und Sachaufwand.

Eine Vorstellung von dem weltweit, besonders in Entwicklungsländern zu leistenden Aufwand vermittelt eine UNESCO-Studie [1] aus dem Jahre 1976. Nach dieser gibt es erst für etwa ein Drittel der Kontinente ausreichend genaue und dichte Festpunktfelder. Um bis zum Jahr 2000, dem Zeitpunkt, in dem sich die Menschheit verdoppelt haben wird, die volle Deckung zu erreichen, muß der jährliche Zuwachs von bisher 0,4 v. H. um das Siebenfache gesteigert werden. Auch für die Landkartenrüstung liegt ein großer Nachholbedarf vor. Zwar gibt es von den in vorwiegend Landwirtschaft betreibenden präindustriellen Ländern die benötigten Karten 1 : 250 000 bereits etwa 85 v. H. Für Länder, die vorwiegend Industriegüter produzieren, fehlen jedoch etwa 60 v. H. der in diesem Stadium benötigten Karten 1 : 50 000. Von den im postindustriellen Stadium der Dienstleistungen benötigten großmaßstäblichen Karten bis 1 : 5000 gibt es nur etwa 13 v. H. Noch ungünstigere Verhältnisse bestehen in den Zweidrittel der Erdoberfläche, welche von den Meeren bedeckt sind und zunehmende wirtschaftliche Bedeutung erhalten. Festpunktfelder fehlen fast vollständig, Karten im Maßstab 1 : 100 000 und größer sind nur für etwa 5 v. H. des Meeresbodens vorhanden. Wegen der in der Meeresgeodäsie vorliegenden besonderen Verhältnisse erscheint es auch aussichtslos, den für die Kontinente vorgesehenen Weg der Schaffung von dichten Festpunktfeldern am Meeresboden zu gehen. Vielmehr werden vor allem Satelliten die Aufgaben der Kontrollpunkte und genaue Navigationsverfahren die Positionsbestimmung übernehmen. Aber auch in diesen Gebieten werden Geo-Stationen und einzelne am Meeresboden vermarkte Punkte

geschaffen werden müssen, um die Bewegungen der Erdkruste unterhalb der Meere erfassen zu können.

Eine in [1] durchgeführte Untersuchung des für die Durchführung der notwendigen Grundlagenmessungen bis zum Jahre 2000 benötigten Sach- und Personalaufwandes führt zur Forderung, den bisherigen weltweiten Aufwand von etwa 3,5 Mia. US\$ oder von 25 US\$/km je Jahr zu verdoppeln. Dies ist absolut gesehen, ein hoher Betrag, relativ zu dem 1976 für militärische Rüstungen bereitgestellten Aufwand von 276 Mia. US\$ ist er jedoch gering und erreicht nur etwa 4 v. H. dieser Summe. Außerdem kann dieser Betrag durch Intensivierung der geodätischen Forschung und die dadurch erwartete Entwicklung automatischer Verfahren mit größerer Wirtschaftlichkeit verringert werden. Auch die nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten mögliche Festsetzung neuer Qualifikationsmerkmale für Karten und digitale Modelle kann dazu beitragen.

Dafür sprechen aber auch noch andere Argumente. Nur mit der Schaffung der beschriebenen Grundlagen und Verfahren hoher Genauigkeit wird die Geodäsie auch in Zukunft in der Lage sein, die bisher auf den Gebieten der Geo- und Ingenieurwissenschaften, sowie in der Wirtschaft und Verwaltung ausgeübte Ordnungsfunktion zu erfüllen. Nur mit diesen können ihre Aussagen auch in Zukunft Fundamente sein, auf welchen die Aussagen anderer Disziplinen aufbauen. Nur dadurch wird sie auch in Zukunft einem Notar der Erde gleichen, der das Vertrauen der Geo- und Ingenieurwissenschaften und der zugehörigen Techniken besitzt. Allerdings muß als wichtige Voraussetzung hierfür die bisherige gültige geodätische Berufsethik erhalten bleiben. Das heißt, die Geodäsie muß auch weiterhin eine Geo- und Ingenieurwissenschaft bleiben. Sie muß sich auch weiterhin mit der eingangs geschilderten geometrischen und gravimetrischen Ausmessung der Erdoberfläche und der darauf befindlichen natürlichen und künstlichen Objekte, deren Darstellung und fehlertheoretische Durchleuchtung und der Ermittlung der Veränderungen ihrer Aussagen in Funktion der Zeit und des Trends dieser Veränderungen begnügen. Ihr Ziel muß sein, diese Aufgabe möglichst rasch, möglichst vollständig und möglichst genau auszuführen. Dabei soll bewußt sein, daß der Gewinn einer Zehnerpotenz in der Genauigkeit und Geschwindigkeit der geodätischen Aussage über das Verhalten der Erde im Großen vergleichbar ist mit dem Gewinn an Einsicht durch die Auffindung eines neuen Partikels im kleinsten Baustein der Erde, dem Atom. Daraus kann wiederum die Berechtigung für die Höhe der früher genannten finanziellen Anforderungen abgeleitet werden, denn diese sind in Vergleich etwa mit dem Aufwand der Atomphysiker sehr gering.

Die Interpretation der geodätischen Ergebnisse muß aber den zuständigen Disziplinen überlassen bleiben. Der Geodät muß sich zwar mit dem Wissensgut der Nachbardisziplin befassen, um die von diesen bereitgestellten

Geräte und Verfahren zu verstehen, um diese in seine Meß- und Berechnungsverfahren integrieren zu können und um in der Lage zu sein, eine sinnvolle Aussage zu machen. Aber das Auflösen großer Gleichungssysteme, von komplizierten Differential- und Integralgleichungen, die Integration von Satellitenbahnen, die Theorie der Quasare, die Konstruktion von Meßgeräten und strukturellen und kosmetischen Problemen der modernen Statistik sind nicht die wesentlichen Merkmale der Geodäsie. Sie sind notwendige Werkzeuge, mit denen der Geodät seine Informationen gewinnt und verarbeitet. Die geodätische Leistung liegt aber in der Aufstellung der physikalischen, mathematischen, funktionalen und stochastischen Modelle für Messung, Reduktion, Verarbeitung und der statistischen Interpretation der geodätischen Aussage. Das Ergebnis sind immer Zahlenwerte für geodätische Modellparameter, sowie Vertrauensintervalle oder andere statistische Kriterien hierfür und daraus abgeleitete Verzeichnisse und Pläne.

Wesentlich für das geodätische Berufsethos ist auch die angestrebte Transparenz der benutzten Verfahren und die nach menschlichem Vermögen gesicherte Richtigkeit der Aussage. Der alte geodätische Leitsatz „Was nicht kontrolliert ist, ist falsch“ hat auch im Zeitalter der Computer und Automaten seine Berechtigung. Es muß daher abgelehnt werden, ungeprüfte Computerergebnisse zu benutzen, oder nicht mehr transparente Verfahren der Datenverarbeitung anzuwenden oder automatische Meßverfahren als richtig anzuerkennen, ohne die wirkenden systematischen Einflüsse erfassen zu können.

Auch aus diesem Grunde ist es notwendig, daß Geodäten aus aller Welt sich mit den Problemen der Messung, Reduktion und Verarbeitung der Meßdaten befassen, diese kritisch durchleuchten und so sicherstellen, daß geodätische Grundlagenarbeit richtig ist. Auch dies kann als Aufgabe der Geo-Stationen angesehen werden. Sie sollen Observatorien sein, in denen in internationaler Kooperation im nationalen Hoheitsbereich geodätische Verfahren entwickelt, überprüft und angewendet werden, um lokale, regionale Aussagen zu gewinnen und zu globalen Aussagen beizutragen.

4. Geodätische Zielsetzungen für das Observatorium

Aus den allgemeinen Betrachtungen der vorhergehenden Abschnitte ergeben sich die folgenden geodätischen Zielsetzungen für das Observatorium Graz-Lustbühel:

- Das Observatorium Graz-Lustbühel soll als österreichischer Beitrag eine Station eines europäischen oder Weltsystems von Geo-Stationen sein, durch welches das dynamische Verhalten der Erde mit geodätischen Verfahren festgestellt wird. Außerdem sollen darin Methoden für geodätische Verfahren hoher Genauigkeit für Zwecke der Landes- und Ingenieurmessungen erprobt und entwickelt werden.

- Das Observatorium soll als österreichische Station an internationalen geodätischen Projekten teilnehmen. Der Stellung Österreichs als neutrales Land entsprechend, wird in gleicher Weise die Beteiligung an westlichen und östlichen Projekten angestrebt.
- Im Observatorium sollen permanent Messungen nach geodätischen Satelliten ausgeführt werden. Die dreidimensionale terrestrische astronomisch-geodätische Verbindung mit Geo-Stationen in benachbarten Ländern soll hergestellt und in Abständen von etwa zehn Jahren wiederholt werden.
- Vom Observatorium ausgehend soll ein österreichisches Netz nullter Ordnung entstehen, das dem Landesnetz erster Ordnung übergeordnet ist. An dieses Netz sollen Detailnetze für die Kontrolle tektonisch aktiver Gebiete angeschlossen werden. Auch diese Messungen sollen in bestimmten, aus geophysikalischen und geologischen Theorien folgenden Intervallen wiederholt werden.
- Mit den im Observatorium gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnissen soll die Struktur der geodätischen Landesnetze in Österreich studiert und gegebenenfalls verbessert werden. Außerdem werden daraus Prognosen für das lokale Verhalten der Kruste in tektonisch aktiven Gebieten und für die geophysikalische Exploration erwartet.
- Die Einrichtungen des Observatoriums und die gewonnenen Erfahrungen sollen als österreichischer Beitrag zur Entwicklung geodätischer Verfahren auch Entwicklungsländern zur Verfügung gestellt werden.

In der Geo-Station Graz-Lustbühel werden derzeit Richtungsmessungen mit einer Meßkammer und Dopplermessungen für TRANET-Satelliten und GEOS C ausgeführt. Außerdem Registrierungen von Erdzeiten in der Nähe des Observatoriums, Messungen in einem dreidimensionalen Testnetz (Steiermark) in der weiteren Umgebung und Vorbereitungen für beabsichtigte Lasermessungen.

a) Photographische Richtungsbestimmungen

Durch photographischen Anschluß an Fixsterne bestimmte Richtungen können derzeit mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 0,2$ oder ± 1 mm/km ermittelt werden. Sie sind im himmelfesten astronomischen Äquatorialsystem, also in einem wohldefinierten Inertialsystem, orientiert, in dem die zahlreichen Informationen der Astronomie enthalten sind, und unterscheiden sich dadurch von anderen Bezugssystemen der Satellitengeodäsie (siehe [7]). Für die Positionsbestimmung mit derartigen Richtungen sind außer einem Modell für die Differentialrefraktion keine weiteren Annahmen über physikalische Strukturen der Erde oder ihres Schwerefeldes notwendig. Die in Verbindung mit einer Zeitmessung erhaltenen Richtungen sind absolut im Inertialsystem orientiert, sie entsprechen den astronomisch orientierten Richtungen der terrestrischen Geodäsie und können wie diese, trotz geringer

Genauigkeit, zur Stützung von Netzen verwendet werden. Dazu kommt, daß das Potential von raumorientierten Richtungen für die Bildung von Raumnetzen dem von Strecken (Lasermessung) und Streckendifferenzen (Dopplermessung) vom geometrischen Standpunkt aus überlegen ist. Verfahren der Richtungsbestimmung durch photographischen Anschluß an Fixsterne sind daher auch in Zukunft für die Stützung und Kontrolle terrestrischer und übergeordneter Satellitensysteme von Bedeutung.

Aus numerischen Experimenten und aus theoretischen Überlegungen kann erwartet werden, daß die Kombination von Richtungen mit Entfernungen oder Dopplerdaten zu optimalen Konfigurationen führt.

Die Leistungsfähigkeit der Aufnahmekammern und Verfahren der ersten Generation (Wild BC 4 und andere) wurde im PAGEOS-Projekt untersucht und mit etwa $\pm 0,2$ Richtungsgenauigkeit festgestellt. Durch gerätetechnische Weiterentwicklungen und durch Ausnutzung von gewonnenen Erfahrungen kann eine geringfügig höhere Genauigkeit erwartet werden. Die vorgegebenen Schranken liegen in der Emulsion, sowie in der Szintillation und Refraktion und können nur durch bessere Verfahren zur Erfassung dieser verbessert werden.

Die im Observatorium Graz-Lustbühel aufgestellte ballistische Meßkammer BMK 75 besitzt ein Objektiv Astro-Topar 750 mm, 1 : 2,5, die Platten haben ein Format 18 x 18 cm und können automatisch gewechselt werden. Die Kammer ist parallaktisch nach dem System Zeiss/Coudé in siderische Nachführung montiert. Die Kammer enthält 8 Lamellen-Rotationsverschlüsse, der mittlere Öffnungszeitpunkt wird mit einer Auflösung von 10 μ sec erfaßt und registriert.

Versuchsaufnahmen der Satelliten Explorer 19, Kosmos 44, Pageos (Reststück) Red Cat und Saljut 4 ergaben bei siderischer Nachführung und Belichtungszeiten von etwa 30 sec eine optimale Abbildung für Sterne der Größe 6,5. Die Verzeichnung der Kammer bei Blende 1,25 und 1,56 wurde aus Sternaufnahmen ermittelt. Der Vergleich mit den Angaben der Herstellerfirma Zeiss zeigt maximale Verzeichnung von $\pm 3 \mu/m$.

Um die volle Leistungsfähigkeit der Kammern der BMK-Serien festzustellen, wurde mit dem DGFI-München die Ausmessung eines BMK-Testnetzes mit den Stationen Berlin, Bonn, Wetzell und Graz, sowie mit der Polnischen Akademie der Wissenschaften die Teilnahme an einem Projekt vereinbart, das die Stationen Borowiec, Athen und Graz verbinden soll. Auch die Mitarbeit an den Interkosmos-Projekten der UdSSR ist vorgesehen.

Die BMK 75 soll auch zur Bestimmung der Polbewegung eingesetzt werden. Hiezu ist die Anbringung von zwei Talyvel-Libellen vorgesehen, durch welche eine gut genäherte Lotrechtstellung der Kammerachse ermöglicht wird. Aus Aufnahmen in vier symmetrischen Azimuten folgt mit Hilfe des für die Orientierung von Satellitenaufnahmen entwickelten Verfahrens die Lotrichtung.

Vor der Einrichtung des Observatoriums Graz-Lustbühel wurden mit einer behelfsmäßigen Ausrüstung (BE 1, $f = 300$ mm) des DGFI München insgesamt 393 Aufnahmen der Satelliten ECHO 1, 2 und PAGEOS gemacht und von diesen 215 Simultanaufnahmen reduziert. Die aus der Ausgleichung folgenden Richtungen wurden dem Westeuropäischen Satelliten-Programm zur Verfügung gestellt.

b) Dopplermessungen

Verfahren für die Positionsbestimmung durch Dopplermessungen nach Satelliten mit bekannten Bahndaten haben bereits jetzt große Bedeutung für die Bestimmung von geodätischen Kontrollpunkten in Entwicklungs- und Traditionsländern. Wegen des einfachen, weitgehend automatischen Ablaufes der Messung, der Unabhängigkeit von optischer Sicht, Wetter und der automatischen Berechnung der Ergebnisse ist dieses Verfahren vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit allen übrigen Verfahren der Positionsbestimmung mit Satelliten überlegen. Auch können damit bereits jetzt Grundsysteme für die Schaffung oder für die Stützung von terrestrischen Triangulationen bestimmt werden. Ebenso ist die Positionsbestimmung für Aufgaben der Bodenordnung, der Ingenieurgeodäsie und der Geodynamik möglich. Hinsichtlich der erzielbaren Genauigkeit und der anzuwendenden Verfahren der Messung und Berechnung gibt es jedoch noch Diskussionen.

Bei der Bestimmung von Einzelpunkten wird angenommen, daß die Bahndaten bekannt sind, so daß die Genauigkeit der bestimmten Position vor allem von der Genauigkeit dieser Daten abhängt. Dazu kommen in zweiter Linie die Genauigkeit der Meßdaten (Dopplerfrequenzen) und die Erfassung des Einflusses der Refraktion.

Für die 5 bis 6 Satelliten des Navy-Navigations-Satelliten-Systems (NNSS) stehen genäherte (operative) Bahndaten für eine im Intervall von 12 Stunden aktuelle Keplerellipse zur Verfügung. Diese werden aus 4 OPNET (operational network)- Stationen in den USA mit Hilfe des Erdmodelles WGS 72 berechnet und bilden mit diesem zusammen das TRANSIT-System. Die Genauigkeit der daraus abgeleiteten Positionen wird mit ± 2 bis 5 m angegeben.

Zur Berechnung der genauen Bahndaten werden zusätzlich auch Dopplermessungen auf 15 über die Welt verteilte TRANET-Stationen verwendet. Mit diesen und dem Erdmodell NWD 10F werden Korrekturen zu den aus den genäherten Bahndaten folgenden Raumpositionen von zwei Satelliten (19 und 20) berechnet und (nachträglich) mitgeteilt. Außerdem werden kurzfristig in Abständen von zwei bis drei Jahren und langfristig in Abständen von zehn Jahren allfällige Änderungen der Stationskoordinaten ermittelt. Die Genauigkeit der aus den genauen Bahndaten bestimmten Einzelpunkte wird mit $\pm 0,2$ bis 1,0 m angenommen. Durch Einzelpunktbestimmung mit genäherten (broadcast = BC) bzw. genauen (precise = P) Ephemeriden (BCU bzw. PE)

ergeben sich geozentrische Koordinaten in den Weltsystemen WG 72 bzw. NWD 10F. Die relative Genauigkeit einer Punktgruppe kann aus simultanen oder zentrierbaren Messungen wesentlich genauer ermittelt werden.

Eine vollständige Elimination der Bahndaten ist theoretisch möglich, wenn auf mindestens sieben Stationen mindestens 14 simultane Messungen ausgeführt werden. Beim Verfahren der Translokation, bei dem nur je zwei Stationen simultan oder semi-simultan messen, werden vor allem Translationen zwischen genäherter und genauer Bahnkurve eliminiert. Beim erweiterten Verfahren der Multilokation erfolgt auch die Elimination bestimmter Drehungen. Bei beiden Verfahren ist die Elimination jedoch nicht transparent und erfolgt im statistischen Sinne. Aus diesem Grunde sind Short-Arc-Verfahren vorzuziehen, bei welchen für jeden Satelliten 5 unbekannte Bahnparameter eingeführt und durch Überlappungen miteinander verknüpft werden. Bei diesen Verfahren folgen zwar nur genähert geozentrische Koordinaten der Punktgruppe, die relative Genauigkeit der Punkte ist jedoch größer und unabhängig von der Genauigkeit der vorgegebenen Bahndaten. Geozentrische Koordinaten können daraus mit Hilfe von Paßpunkten durch eine lineare oder Transformation höherer Ordnung abgeleitet werden. Für die „örtlichen“ Punktlagen wird eine Genauigkeit von $\pm 0,1$ bis $0,2$ m erwartet, genaue Bahndaten werden nur mehr für die Bestimmung von (mindestens 3) Paßpunkten der gesamten Gruppe benötigt.

Für Entfernungen von etwa 200 km kann daher eine relative Streckengenauigkeit von mehr als ± 1 mm/km und eine Richtungsgenauigkeit von mehr als $\pm 0,1$ erreicht werden und mit linear wachsender Entfernung ein linear abnehmender Wert. Da die Genauigkeit terrestrischer Netze mit etwa ± 1 bis 10 mm/km angenommen werden kann, ist das TRANSIT-System schon jetzt in der Lage, zur Analyse und Verbesserung der Fehlerstruktur bestehender terrestrischer Netze beizutragen. Darüber hinaus vermittelt, führt es in Entwicklungsländern zu einer guten Grundlage für den Aufbau regionaler Kontrollpunktsysteme. (Ein typisches Beispiel ist z.B. die Region Asien und Ozeanien mit mehreren tausend Inseln und Halbinseln wie Australien, Japan, Indonesien, Indochina, die dadurch in einfacher Weise miteinander verbunden werden können.) Aber auch eine Strukturuntersuchung und Stützung der österreichischen Triangulation 1. Ordnung erscheint möglich mit dem Ziel, die Aufdeckung von vermuteten systematischen Lotabweichungen und Refraktionsfehlern im Hochgebirge. Außerdem wird eine Kontrolle des im RETRIG erhaltenen Grundnetzes vermittelt.

Aus diesen Gründen werden im Observatorium Lustbühel auch Dopplermessungen mit je einem Empfänger CMA 722B und CMA 725 für das NNSS-System und für GEOS C-Frequenzen mit den entsprechenden Zusatzeinrichtungen (Mini-HP Computer, Kassetten) ausgeführt. Für die Datenverdichtung und für die Einzel- und Mehrfachpunktbestimmung durch Trans- und Multilokation stehen erprobte Programme (wie GEODOP) zur Verfügung. Die Be-

rechnung wird in den Rechenzentren Graz (UNIVAC 1100/81) und Wien (CDC, CYBER 74) ausgeführt werden.

Als Fundamentalpunkt des Dopplernetzes in Österreich wurde am Dach des Observatoriums ein Punkt vermerkt und darüber ein stabiles Gerüst für die Aufstellung der Antenne errichtet. Auf diesem Punkt wurden in den Monaten Mai und Juni 1976 insgesamt 650 brauchbare Satellitendurchgänge registriert. Die Ergebnisse der Auswertung mit genäherten und genauen Bahndaten BCE und PE sind in Tab. 1 zusammengestellt und in Fig. 3 graphisch dargestellt. Daraus geht hervor, daß in beiden Fällen nach einer Registrierzeit von etwa 7 Tagen ein Einpendeln der Ergebnisse auf einen fast stabilen Wert erfolgt.

Mit diesem Punkt hat Österreich auch an der zweiten europäischen Dopplercampagne EDOC 2 (23. April bis 7. Mai 1977) teilgenommen, wobei 232 brauchbare Durchgänge registriert werden konnten. Schließlich gehört der Punkt auch dem Deutsch-Österreichischen Dopplernetz DÖDOC an, in dem für 6 Punkte der österreichischen Landestriangulation Dopplerkoordinaten ermittelt wurden. Die in verschiedenen Registrierperioden und durch Auswertung in verschiedenen Rechenzentren bisher für den Punkt Lustbühel erhaltenen Koordinaten sind in Tab. 2 zusammengestellt. Daraus geht hervor, daß mit genäherten Bahndaten BCE ein Punktlagefehler von etwa ± 2 m, mit den genauen Bahndaten ein solcher von etwa $\pm 0,4$ m (absolut) erreicht werden konnte. Die nach den beiden Verfahren erhaltenen Koordinaten differieren jedoch, weil sie in verschiedenen Systemen (WGS 72 und NWD 10F) dargestellt sind.

Die in DÖDOC mit genäherten (BCE) und genauen (PE) Bahndaten erhaltenen Ergebnisse für 5 Punkte der Landestriangulation wurden mit den Koordinaten der RETRIG-Ausgleichung (Phase 1) verglichen. Dabei wurden die Undulationen des Bomford-Geoids sowie die Annahme eingeführt, daß die Höhen der österreichischen Triangulationspunkte als Geoidhöhen angesehen werden können. Die Transformation der aus Landeskoordinaten und Höhen (nach bekannten Formeln) gebildeten Raumkoordinaten in das DÖDOC-System erfolgte linear durch Verschiebung (3 Parameter), durch Verschiebung und Drehung des Zeitmeridianes (4 Parameter) und (ohne physikalische Berechtigung) auch durch Verschiebung und Drehung um 3 Achsen (6 Parameter), in allen Fällen mit und ohne Maßstabsänderung. Die verbleibenden Restklaffungen wurden in das Horizontsystem jedes Punktes transformiert und durch ellipsoidische Koordinatenunterschiede dx (Nord), dy (Ost) und dh (Lotrichtung) ausgewiesen. Die für Mehrfachpunktbestimmung mit 5 Satelliten mit den genäherten Bahndaten BCE und durch Einzelpunktbestimmung mit 2 Satelliten mit genäherten und genauen Bahndaten erhaltenen (vorläufigen) Ergebnisse enthält Tab. 3. In dieser sind auch die Maßstabsänderungen, der mittlere Klaffungsfehler m_0 und die Transformationsparameter ausgewiesen.

DOPPLER - EINZELPUNKTEINSCHALTUNG (GRAZ - LUSTBÜHEL, PUNKT L2)

1a. PE, SATELLIT NR.19

	Tag Nr.	Durchgänge	ΔX	ΔY	ΔZ
5.-30.Mai 76	126 - 132	25	$30,6 \pm 1,3$	$85,7 \pm 0,7$	$44,6 \pm 1,0$
	132 - 142	25	$30,0 \pm 1,0$	$85,3 \pm 0,5$	$44,4 \pm 0,8$
	142 - 151	27	$32,0 \pm 1,1$	$86,0 \pm 0,6$	$43,9 \pm 0,9$
	126 - 151	77	$32,0 \pm 0,6$	$86,0 \pm 0,3$	$43,4 \pm 0,5$ ^{+))}

1b. BCE, ALLE SATELLITEN (NR.12,13,14,19,20)

	Tag.Nr.	Durchgänge	ΔX	ΔY	ΔZ
5.Mai-30.Juni 76	126 - 132	100	$29,5 \pm 0,7$	$85,0 \pm 0,4$	$44,9 \pm 0,6$
	132 - 139	99	$28,6 \pm 0,7$	$85,7 \pm 0,4$	$49,1 \pm 0,6$
	139 - 147	100	$30,2 \pm 0,8$	$85,7 \pm 0,4$	$47,5 \pm 0,6$
	147 - 155	100	$28,7 \pm 0,7$	$89,7 \pm 0,4$	$45,3 \pm 0,6$
	155 - 167	100	$28,7 \pm 0,7$	$85,5 \pm 0,4$	$49,8 \pm 0,5$
	167 - 175	100	$31,3 \pm 0,7$	$87,1 \pm 0,4$	$47,4 \pm 0,5$
	175 - 182	82	$29,3 \pm 0,8$	$84,3 \pm 0,4$	$51,0 \pm 0,6$
	126 - 182	650	29,9	86,5	44,5

1c. BCE, EINZELNE SATELLITEN

	Sat.Nr.	Durchgänge	ΔX	ΔY	ΔZ
5.Mai-30.Juni 76	12	140	$31,8 \pm 0,6$	$84,8 \pm 0,3$	$44,0 \pm 0,5$
	13	115	$31,7 \pm 0,7$	$85,5 \pm 0,4$	$43,1 \pm 0,6$
	14	91	$26,6 \pm 0,8$	$86,3 \pm 0,4$	$47,3 \pm 0,6$
	19	151	$29,6 \pm 0,6$	$88,3 \pm 0,3$	$43,1 \pm 0,5$
	19	77	$29,5 \pm 0,9$	$88,1 \pm 0,5$	$41,0 \pm 0,7$ ^{+))}
	20	80	$27,5 \pm 0,8$	$87,2 \pm 0,4$	$47,4 \pm 0,7$

^{+))} Vgl.Tab.1a und 1c

$$\begin{aligned}
 X &= 4\ 194\ 400 + \Delta X \\
 Y &= 1\ 162\ 600 + \Delta Y \\
 Z &= 4\ 647\ 200 + \Delta Z
 \end{aligned}$$

Tab. 1

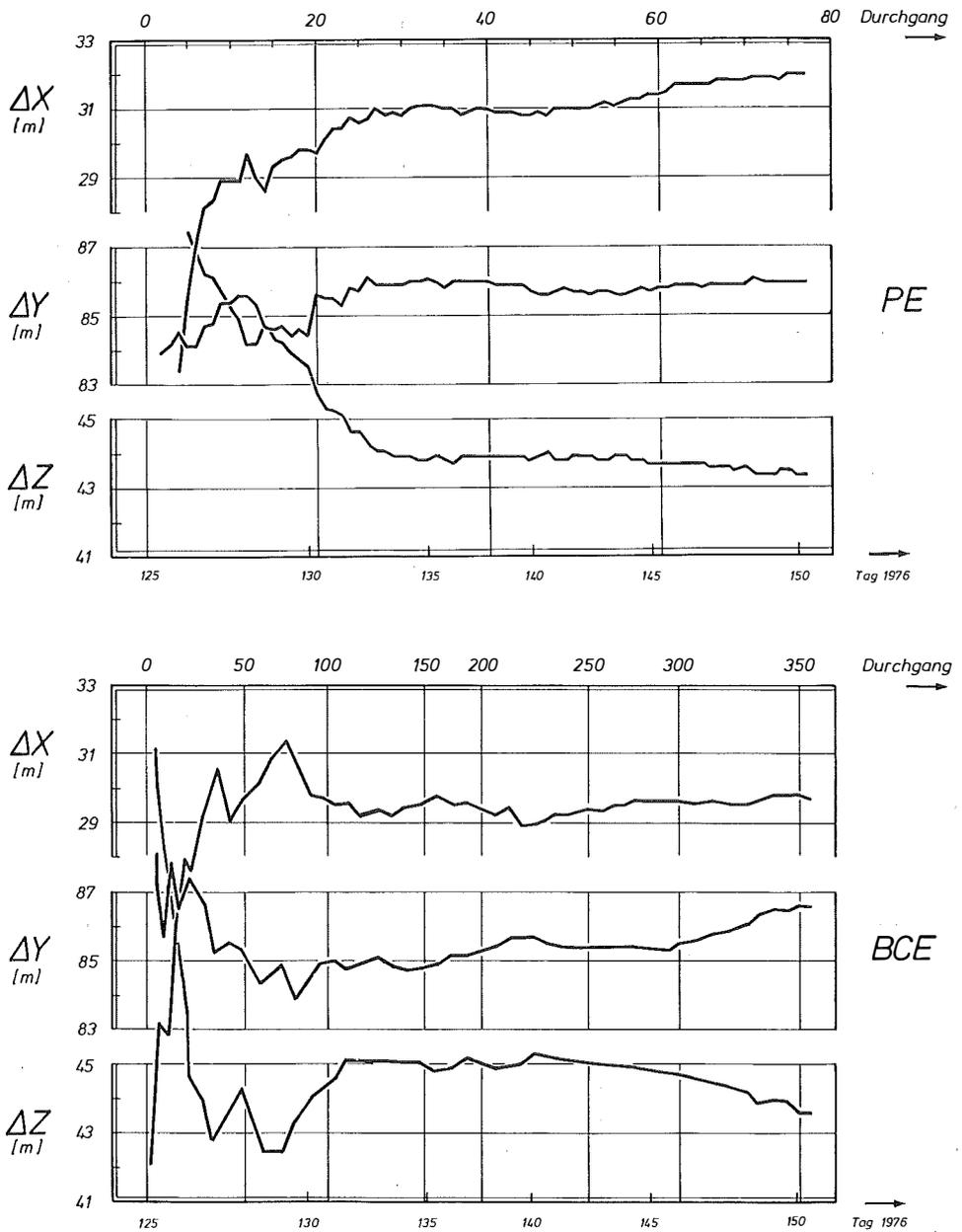


Fig. 3

GEOZENTRISCHE DOPPLERKOORDINATEN DES STANDPUNKTES GRAZ - LUSTBÜHEL
ZUSAMMENFASSUNG

Meßkampagne	Zeitraum	Auswertung	Ephemeriden (Satellit)	Durchgänge	X (m)	Y (m)	Z (m)	ΔX	ΔY	ΔZ
Testmessungen	1.5.-30.6.76	Graz	Broadcast	650	4194429,9 ±0.3	1162686.3 ±0.3	4647244.5 ±0.3	-0.6	-0.7	+3.3
EDOC 2 *)	23.4.- 7.5.77	Frankfurt	Broadcast	232	429.0 ±0.9	683.8 ±0.6	248.1 ±0.8	+0.3	+1.8	-0.3
DÖDOC *)	27.6.- 7.7.77	Graz	Broadcast	146	429,1 ±0.6	686.6 ±0.5	250.7 ±0.5	+0.2	-1.0	-2.9
Mittel			Broadcast		429.3 ±0.3	685.6 ±0.9	247.8 ±1.8			
Testmessungen	1.5.-31.5.76	Graz	Precise (19)	77	432.0 ±0.6	686.0 ±0.3	243.4 ±0.5	+0.4	-0.6	+1.1
EDOC 2 *)	23.4.- 7.5.77	Frankfurt	Precise (19)	49	433.1 ±0.2	685.2 ±0.3	245.2 ±0.2	-0.7	+0.2	-0.7
EDOC 2 *)	23.4.- 7.5.77	Frankfurt	Precise (20)	50	432.0 ±0.2	684.9 ±0.3	244.8 ±0.2	+0.4	+0.5	-0.3
EDOC 2 *)	23.4.- 7.5.77	Frankfurt	Precise (19+20)	99	432.6 ±0.2	685.0 ±0.2	245.0 ±0.1	-0.2	+0.4	-0.5
EDOC 2 *)	23.4.- 7.5.77	Brüssel	Precise (19+20)	74	432.2 ±0.1	685.1 ±0.2	244.6 ±0.1	+0.2	+0.3	-0.1
DÖDOC *)	27.6.- 7.7.77	Graz	Precise (19+20)	58	432.4 ±0.2	686,1 ±0.3	244.5 ±0.2	0.0	-0.7	+0.5
Mittel			Precise		432.4 ±0.2	685.4 ±0.2	244.5 ±0.3			
								Diff. PE - BCE		+3.1 -0.2 -3.3

*) Vorläufige Werte !
 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ Koordinatendifferenzen gegenüber Mittelwert

Tab. 2

ÖÖDOC - RESTKLAFUNGEN NACH LINEARTRANSFORMATION GEGEN RETRIG I
IN TANGENTIALKOORDINATEN (x,y,h)

PUNKT	BCE MEHRPUNKTBESTIMMUNG MIT SAT. 12,13,14,19,20			PE EINZELPUNKTBESTIMMUNG MIT SAT. 19,20			TRANSFORMATIONSPARAMETER			
	$\Delta x(m)$	$\Delta y(m)$	$\Delta h(m)$	$\Delta x(m)$	$\Delta y(m)$	$\Delta h(m)$	$d_u(10^{-6})$ $m_0(m)$	$c_x(m)$ $c_y(m)$ $c_z(m)$	$a_1(cc)$ $a_2(cc)$ $a_3(cc)$	
VERSCHIEBUNG, MASSTAB										
GRAZ	-0,10	+0,21	+0,47	-0,21	-0,10	+0,10	BCE	-0,4	-79,5	
KLEIN HAAG	-0,28	-0,52	-0,42	-0,20	-0,35	-0,10		+0,8	-112,2	
RAASDORF	-0,12	+0,23	+0,36	-0,37	+0,36	+0,48	PE		-77,4	
GERLITZEN	+0,31	-0,04	+0,48	+0,73	+0,10	+0,50		-0,3	-112,3	
PFÄNDER	+0,18	+0,04	-0,89	+0,05	-0,14	-0,94		+0,8	-116,4	
VERSCHIEBUNG, Z-DREHUNG, MASSTAB										
GRAZ	+0,07	+0,30	+0,32	-0,02	0,00	-0,07	BCE	-0,4	-81,6	
KLEIN HAAG	-0,28	-0,62	-0,42	-0,21	-0,41	-0,13		+0,7	-103,9	
RAASDORF	+0,18	+0,14	+0,10	-0,05	+0,25	+0,19	PE		-111,0	-1,3
GERLITZEN	+0,31	+0,11	+0,48	+0,73	+0,26	+0,50		-0,3	-79,7	
PFÄNDER	-0,27	+0,07	-0,48	-0,45	-0,11	-0,48		+0,7	-103,0	
VERSCHIEBUNG, X, Y, Z-DREHUNG, MASSTAB										
GRAZ	+0,06	+0,25	-0,10	-0,14	-0,04	-0,36	BCE	-0,4	-64,7	+1,8
KLEIN HAAG	-0,29	-0,55	-0,12	-0,22	-0,35	+0,03		+0,5	-89,2	
RAASDORF	-0,03	+0,21	+0,12	-0,13	+0,32	+0,12	PE		-129,4	-1,4
GERLITZEN	+0,29	+0,01	+0,07	+0,72	+0,18	+0,27		-0,3	-70,8	
PFÄNDER	+0,08	+0,08	+0,03	-0,16	-0,10	-0,06		+0,7	-92,3	
									-126,6	-1,5

BCE..BROADCAST EPHEMERIS, PE..PRECISE EPHEMERIS

Tab. 3

Daraus geht hervor, daß die Maßstabsänderung maximal $\pm 0,4$ mm/km erreicht. Bei reiner Verschiebung ergeben sich Höhenfehler bis 0,9 m, bei zusätzlicher Berücksichtigung einer Zeitverschiebung (Z-Drehung) werden diese Abweichungen geringer. Bei Einführung aller 7 Parameter der Transformation ergeben sich niedrige Restklaffungen im Betrag von etwa $\pm 0,3$ m. Daraus kann auf eine Neigung des Geoids geschlossen werden sowie auf eine gute Übereinstimmung des Dopplersystems mit dem österreichischen RETRIG-System. Weitere Untersuchungen hierüber sind vorgesehen, eine ausführliche Diskussion und die Mitteilung von Detailergebnissen wird an anderer Stelle erfolgen.

Messungen nach GEOS C wurden im Short-Arc-Projekt zur Bestimmung der gegenseitigen Lage der Meßpunkte in den Observatorien Borowiec (Polen), Dyonisos (Griechenland) und Graz-Lustbühel gemeinsam mit Richtungs- und Lasermessungen ausgeführt. Aus der Diskussion der Ergebnisse dieser geometrisch günstigen Konfiguration werden Hinweise für den weiteren Einsatz erwartet.

Im Rahmen des MEDOC-Programmes zur Bestimmung der Polbewegung erfolgten Ende 1977 systematische Registrierungen von bestimmten TRANSIT-Satelliten. Im September 1977 wurden von einem Grazer Meßtrupp erstmals über 300 Durchgänge von TRANSIT-Satelliten auf der Station Borowiec (Polen) registriert.

c) Geodynamische Messungen

Das dynamische Verhalten der Erde wird durch die Bewegungen von Kontrollpunkten und deren Lotvektoren beschrieben. Erstere folgen aus der wiederholten Ermittlung der Raumposition, letztere aus astronomischen und Schweremessungen sowie aus der Registrierung von Erdzeiten. In der Umgebung des Observatoriums Graz-Lustbühel wurden in geologisch verschiedenen Formationen drei Erdzeitenstationen (E1 = Graz, E2 = Peggau und E3 = Gleinalpe), also ein Erdzeiten-Nest eingerichtet (siehe Fig. 2a). Aus der Registrierung der Bewegungen der Lotrichtung mit Horizontalpendeln (Melchior-Verbaandert) und Gravimetern (NA Geodynamics, Askania) werden die Aufdeckung von systematischen Einflüssen der Registrierung und Analyse, sowie Einsichten in das dynamische Verhalten der Erdkruste in der Umgebung des Observatoriums erwartet.

Nordwestlich des Observatoriums befindet sich das Testnetz Steiermark (s. Fig. 2), das eine Fläche mit einem Durchmesser von etwa 90 km bedeckt. Die gegenseitige Lage der sieben Hauptpunkte dieses Netzes, welche dem österreichischen Netz angehören, wurde durch Laser- und Mikrowellenentfernungen, sowie Zenitdistanzen und horizontale Richtungen mehrfach bestimmt. In allen Punkten erfolgte auch die Messung der astronomischen Breite, Länge und des Azimutes, so daß alle Punkte Laplacepunkte sind und

eine räumliche Berechnung des Netzes möglich ist. Durch zusätzliche Lotabweichungsbestimmungen in Zwischenpunkten sollen auch Detailformen des Geoides in der Umgebung des Observatoriums festgestellt werden, aus Wiederholungsmessungen werden Einsichten über Bewegungen der Kruste erwartet.

Das Observatorium Graz-Lustbühel ist durch eine Raumtraverse mit dem Observatorium der Ungarischen Akademie der Wissenschaften in Sopron verbunden und ist auch Anfangspunkt der für die Maßstabsbestimmung im westeuropäischen Satellitennetz und im RETRIG benutzten Traverse von Graz nach London (siehe Fig. 2b).

Literatur

[1] *United Nations: World Cartographie*, Vol XIV, ST/ESA/SER/L14/1976 (UNESCO), New York.

[2] *Rinner, K.: Geodetic work and Projects at the Observatory Graz-Lustbühel*, Acta Geodetica, Geophysica et-Montanistica, Ungarische Akad. d. Wissenschaft, Budapest (im-Druck).

[3] *Rinner, K.: Requirements on Regional Nets in the Year 2000 Proceedings*, IAG Symposium, Bandung (Oct. 1977) (im Druck).

[4] *Lefebre, Schneider, Starker, Hiebler: Interim Working Group on Satellite Geodesy and Navigation*, Final Report, European Space Agency (ESA) Dec. 1977.

[5] *Uotila, U. A.: The changing world of Geodetic Science Proceed. of the int. Symp.* (Oct. 1976) Ohio State Univ., Columbus, Ohio 1977.

[6] *Rinner, K. u. Moritz, H.: Zur Geoidbestimmung in Österreich*. Sitzgsber. d. öst. Akad. d. Wiss., Math. naturwiss. Kl. Abtlg. II, 186. Bd., 1. bis 3. Heft 1977.

[7] *Bauersima, I.: Wissenschaftliche Problemstellung d. Satellitengeodäsie*, Vermessung, Photogrammetrie u. Kulturtechnik, Schweizerischer Verein f. Verm.-Wesen u. Kulturtechnik usw., ETH Zürich-Hönggerberg, Heft 2/78, S. 33–39.

Personalnachrichten

In memoriam – Hofrat Dipl.-Ing. Theodor Braun

Am 28. Dezember 1977 verschied nach langer, mit bewundernswerter Geduld und Humor ertragenen Krankheit, im 75. Lebensjahr einer der Triangulatoren alter Schule Hofrat Dipl.-Ing. Theodor Braun. „Teddy“ Braun gehörte nach Abschluß seines Studiums an der Hochschule für Bodenkultur und zweijähriger Assistentenzeit von 1928 bis 1968 mit kurzen Unterbrechungen der Triangulierungsabteilung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen an.

1932 legte er auch die 2. Staatsprüfung aus dem Vermessungswesen an der Technischen Hochschule in Wien ab.

Braun besaß über sein hervorragendes Fachwissen hinaus nicht nur eine umfassende humanistische Allgemeinbildung, sondern vor allem Herzensbildung. Er war allen, die ihn kannten, stets ein hilfsbereiter, uneigennütziger Kollege und liebenswerter Freund, seinen Mitarbeitern ein geschätzter, ja verehrter, väterlicher Vorgesetzter. Mit ihm haben wir eine Persönlichkeit verloren, die uns in fachlichen Belangen jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand und uns in immer heiterer, temperamentvoller Art die Liebe zur Natur und allem was darinnen lebt vermittelt. Sein Andenken zu wahren ist uns Verpflichtung und Herzensbedürfnis.

Ein ausführliches Lebensbild erschien in der ÖZfV 1969, Nr. 1.

Paul Hörmannsdorfer