

Bernd Richter und Hermann Seeger

Die Geodäsie am IfAG - eine Abteilung im Wandel der Zeiten (Teil I)

Das Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG), eine Bundesbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministerium des Innern, ist in seiner über 45-jährigen Geschichte ein Spiegelbild der technischen Innovationen auf dem Gebiet der Geodäsie und der wissenschaftspolitischen Entwicklung. Im Einvernehmen mit der Deutschen Geodätischen Kommission wurden aus Teilen der trigonometrischen und der kartographischen Abteilung des früheren Reichsamtes für Landesaufnahme das Institut gegründet. Mit der Wiedervereinigung im Jahre 1990 kamen Außenstellen in Leipzig und Potsdam hinzu. Die „neuen“ Kollegen bereichern durch ihren Sachverstand und ihr Fachwissen die Arbeiten des IfAG wesentlich. In den folgenden Ausführungen sollen schwerpunktmäßig die Entwicklung und der Wandel der Abteilung „Geodätische Forschung“ des IfAG beschrieben werden.

Die Anfänge

Versucht man die Entstehungsgeschichte des IfAG zu ergründen, ist das Geburtsdatum schwierig zu bestimmen. Wurde auf Anordnung der Sowjetischen Militäradministration das Geodätische Institut Potsdam als eines der ersten in der sowjetischen Besatzungszone bereits 1946 der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin zugeordnet [Buschmann 1997], verlief die Entwicklung in den Westzonen dezentral; das Vermessungswesen wurde föderativ den Bundesländern zugesprochen. Erst im Dezember 1950 bildete sich in München auf Betreiben der Hochschulinstitute für Geodäsie, Kartographie und Photogrammetrie sowie der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland die „Deutsche Geodätische Kommission“ (DGK) bei der Bayeri-

schen Akademie der Wissenschaften. Sie stellte sich die folgenden Aufgaben und verankerte sie in ihrer Satzung:

- \$ die geodätische Forschung zu pflegen,
- \$ die deutsche Geodäsie in internationalen Vereinigungen zu vertreten sowie
- \$ ein „Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut“ (DGFI) zu gründen und zu betreiben.

In seiner Abhandlung zum 25-jährigen Bestehen des IfAG schildert R. Förstner [1977, S. 7 - 38] die Entstehung des Instituts wie folgt:

Nachersten, ernsten Gesprächen zwischen M. Kneißl und E. Gigas kam es zu eingehenden Verhandlungen zwischen der Regierung des Freistaates Bayern und der Bundesregierung, die dann im Herbst 1951 zu einer „Verwaltungsabrede des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht

und Kultus und des Bundesministeriums des Innern (BMI)“ führte. Zum erfolgreichen Abschluß dieser Vereinbarung hatte wohl auch der damalige Referent im BMI, Dr. Schultheiß, mit seinen Mitarbeitern wesentlich beigetragen. Auszugweise seien aus dieser Vereinbarung die wesentlichsten Sätze zitiert:

§ Die beiden Ministerien sind mit der Errichtung des Deutschen Geodätischen Forschungsinstituts, wie es in der Satzung der Deutschen Geodätischen Kommission vorgesehen ist, einverstanden und werden die Organisation und Betätigung des Instituts in jeder Weise fördern. Sie werden zu diesem Zweck in den gemeinsam interessierenden Fragen eine ständige Zusammenarbeit entfalten und auftauchende Einzelfragen auf dem schnellsten Wege durch unmittelbares Benehmen regeln.

§ Der Bundesminister des Innern wird bei der Bundesregierung eine Verordnung nach Artikel 130 GG einbringen, wonach das vorhandene Institut für Angewandte Geodäsie in Frankfurt/Main in die Bundesverwaltung seines Geschäftsbereichs überführt wird. Die Verordnung wird auf die Satzung der Deutschen Geodätischen Kommission Bezug nehmen und den Wortlaut der Satzung als Anlage und Bestandteil enthalten.

Aus diesen wenigen Sätzen geht klar hervor, daß es zum damaligen Zeitpunkt nicht nur eine DGK gab, sondern auch schon ein Institut für Angewandte Geodäsie.

Nach dem Krieg fanden Teile der Trigonometrischen Abteilung des ehemaligen Reichsamtes für Landesaufnahme (RfL) über die Zwischenstation Friedrichsroda

in Bamberg eine Bleibe. Als „Institut für Erdmessung“ führten die Mitarbeiter eine Reihe wissenschaftlich-geodätischer Arbeiten aus. Da das Institut für Erdmessung außerdem ehemaliges Reichseigentum verwaltete sowie über das hierfür erforderliche Fachpersonal verfügte, erhielt es etwa ab Juni 1950 für die Bearbeitung Zuschüsse aus Mitteln des Bundes. Im August des gleichen Jahres wurde das Institut in einer abenteuerlichen Aktion nach Frankfurt am Main verlegt und übernahm auch kartographische und photogrammetrische Arbeiten. Anlässlich einer Überprüfung der Finanzen durch den Bundesrechnungshof wurde der neue Name „Institut für Angewandte Geodäsie“ vorgeschlagen und alsbald angenommen. So hat der Bundesrechnungshof schon damals in die Geschicke des Instituts eingegriffen.

Die oben erwähnte „Verwaltungsabrede“ wurde von Bayern am 19. Oktober 1951 und vom BMI am 19. November 1951 unterzeichnet. Am 1. Juli 1952 erließ die Bundesregierung auf Grund des Artikels 130 des Grundgesetzes für die Bundesrepublik Deutschland die „Verordnung zur Überführung des Instituts für Angewandte Geodäsie in Frankfurt am Main in die Bundesverwaltung“ (BGBl. 1952).

Hierin heißt es u.a.:

§ Die dem „Institut für Angewandte Geodäsie in Frankfurt a. M. eingegliederten Restteile der Trigonometrischen Abteilung des früheren Reichsamtes für Landesaufnahme werden in die Verwaltung des Bundes übergeführt und dem Bundesminister des Innern unterstellt.

§ Im Rahmen des von der Deutschen Geodätischen Kommission betriebenen Deutschen Geodätischen Forschungsinstituts bildet das Institut für Ange-

wandte Geodäsie die Abteilung II „Angewandte Geodäsie“ dieses Forschungsinstituts.

§ Der Aufgabenkreis des Instituts für Angewandte Geodäsie innerhalb des Deutschen Geodätischen Forschungsinstituts umfaßt die wissenschaftliche Forschung auf allen Gebieten des Vermessungswesens einschließlich der Kartographie und der Reproduktionstechnik und die Aufbereitung der Forschungsergebnisse für die Praxis.

§ Die Verordnung tritt am 1. April 1952 in Kraft.

Zunächst konnten von den 46 bewilligten Stellen (14 wissenschaftliche Mitarbeiter) nur 38 Stellen besetzt werden, und die Mitarbeiter mußten in den Räumlichkeiten des Land Survey Office (LSO) an der Friedberger Warte in Frankfurt a. M. verbleiben. Entsprechend den Aufgaben war das IfAG in fünf Referate gegliedert, davon in zwei geodätische:

Referat A: Entwicklung und Untersuchung von Instrumenten, Geräten und Verfahren für die Beobachtung; Auswertung geodätischer Vergleichs- und Prüfungsmessungen.

Referat B: Numerisch-praktische Berechnungen für Großausgleichungen, Transformationen, Lotabweichungen, Schwerereduktionen, Tafelwerk usw.

1953 erfolgte für die beiden geodätischen Referate der Umzug in die „Villa Meister“ in Frankfurt-Sindlingen, dem früheren Wohnsitz der Familie von Meister, Mitbegründer der Farbwerke Höchst. Naturgemäß war die Unterbringung in einer solchen Wohnvilla recht problematisch. Bade- und Ankleidezimmer wurden in Büroräume gewandelt, Empfangsräume in

Großraumbüros, und die sanitäre Ausstattung war nach heutigen Maßstäben bescheiden. Die sich dadurch manchmal ergebende Zwangswartezeit vor „gewissen Örtchen“ wurden dann häufig für Klatsch und Tratsch, aber auch für spontane wissenschaftliche Diskussionen genutzt. Was uns wieder zum Thema führt.

Geodätische Arbeiten 1952 - 1970

Von Anbeginn wurden in der Abteilung „Geodäsie“, wie der Zusammenschluß der beiden oben erwähnten Referate 1970 nach einer erneuten Organisationsprüfung durch den Bundesrechnungshof benannt wurde, Themen der „angewandten“ Geodäsie aufgegriffen und bearbeitet.

Arbeiten zur Verbesserung des Hauptdreiecksnetzes.

Unter der wissenschaftlichen Leitung von H. Wolf, später ordentlicher Professor in Bonn, wurden die Hauptdreiecksnetze von Zentral- und Südosteuropa (ZEN und ENSO) neu ausgeglichen. Sowohl das ZEN als auch das ENSO waren keine Flächenetze, sondern durch Laplace-Azimute und Basisvergrößerungsnetze versteifte Rahmennetze, die nur einen Teil des vorhandenen Beobachtungsmaterials verwendeten. Obwohl seinerzeit noch keine Rechenanlagen eingesetzt werden konnten, wurden die Arbeiten sowohl am ZEN als auch am ENSO in der auch nach heutigen Gesichtspunkten noch sehr kurzen Zeitspanne von jeweils zwei Jahren bewältigt. Dieses Netz war infolge der nachteiligen Effekte der Kettenauswahl nicht frei von Mängeln. So beschloß die Internationale Assoziation für Geodäsie bereits frühzeitig die Durchführung einer Neuausgleichung (RETrig).

Zur Vorbereitung auf die RETrig-Ausgleichung war es notwendig, die Netzkonfi-



Abb. 1 Basismessung Göttingen 1961



Abb. 2 Basisvergrößerungsmessung Meppen mit dem Gigos-Theodolit 1961



Abb. 3 Einsatz des Tellurometers MRAI 1958

guration zu verbessern und einen einheitlichen Netzmaßstab zu bestimmen. Hierfür wurden in den Jahren 1958 bis 1967 zahlreiche Ergänzungsmessungen und vier Basismessungen im Hauptdreiecksnetz durchgeführt, an denen sich die beiden Abteilungen des DGFI und einige Landesvermessungsämter beteiligten. Besonders umfangreich waren die Aufwendungen für vier Invardrahtbasismessungen bei München (1958), Heerbrugg (1959), Meppen (1960) und Göttingen (1961); hierbei war das IfAG in erheblichem Umfang sowohl für den Ausbau der Basen als auch für die Eichung der Drähte und die eigentliche Drahtmessung verantwortlich. Es wirkte darüber hinaus intensiv an der Bearbeitung der entsprechenden Basisvergrößerungsnetze mit.

Erstmalig in der Bundesrepublik wurden vom IfAG umfangreiche Geodimeter-

und Tellurometermessungen ausgeführt. Auf insgesamt 31 Seiten des Hauptdreiecksnetzes, die über das gesamte Bundesgebiet verteilt sind, haben Präzisionsstreckenmessungen mit dem Geodimeter NASM-IIA stattgefunden. Mit verschiedenen Telluometertypen wurden darüber hinaus 602 Strecken auf 134 verschiedenen Netzseiten gemessen, die sich bis auf wenige Ausnahmen auf den Raum westlich von Göttingen, auf Gebiete nordwestlich, nördlich und nordöstlich von Hannover und auf den Bereich entlang der deutschen Nordseeküste erstrecken.

Astronomisch-geodätische Arbeiten

Mit der Vorbereitung astronomisch-geodätischer Arbeiten zur Unterstützung des RETrig ist bereits in den Anfangsjahren des IfAG begonnen worden. Im Vordergrund standen zunächst die Sammlung und

teilweise auch die Neureduktion vorhandener astronomisch-geodätischer Lotabweichungen sowie die Zentrierung älterer astronomischer Azimute auf Stationen 1. Ordnung. Nach 1955 haben dann auch instrumentelle Arbeiten insbesondere zur Entwicklung und Verbesserung von Prismenastrolabien und zur Verbesserung der Zeitnahme sowie des Zeitzeichenempfangs stattgefunden.

1957 begann ein außerordentlich umfangreiches Programm zur Bestimmung von astronomisch-geodätischen Lotabweichungen, das letztlich erst 1977 abgeschlossen wurde. Anfangs mit einem Wild-Prismenastrolab und später mit dem Ni2-Astrolabium sind zunächst auf 30 Stationen des Hauptdreiecksnetzes im Gotthard-Profil (1956-1958), danach auf 98 weiteren Hauptdreiecksnetzpunkten (1965-1977) und schließlich auf rund 100 Stationen einer Doppelkette im Profil des 48. Breitengrades (1962-1977) Lotabweichungen beobachtet worden. Hinzu kamen noch entsprechende Messungen auf einem Profil durch das Nördlinger Ries, im Testnetz Westharz und auf den Stationen Sindlingen, Mainflingen und Homberg (Ohm). Mit den letzteren Messungen wurden Vergleiche zwischen astronomisch und gravimetrisch bestimmten Lotabweichungen durchgeführt, sowie der Einfluß der Topographie im Nahbereich studiert.

1962 und 1964 fanden Längenbestimmungen mit einem neu beschafften Passageinstrument AP 70 auf den Referenzstationen Hamburg (DHI), Göttingen, Niederreifenberg, München, Ostmettingen und Neuchâtel statt; hierdurch wurde ein Längenreferenzsystem definiert, das sich auf einige Stationen des Weltlängennetzes bezog. Weiterhin sind mit dem AP 70

insgesamt 19 Laplace-Stationen, verteilt über das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland, bestimmt worden; auf vier weiteren Punkten erfolgten Längen- und Breitenbestimmungen [Soltau, S. 105 - 110].

Geoidbestimmung

Vorhaben zur Berechnung und Darstellung des Geoids, insbesondere für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland, gehören von Anbeginn an zu den wesentlichen Arbeiten der Abteilung Geodäsie; sie lassen sich in drei Abschnitte aufteilen. 1953-1956 hat zunächst *H. Wolfe* eine verbesserte Darstellung des europäischen Geoids unter Angliederung früherer Geoidbestimmungen von *Marussi*, *Ölander*, des „Geoids im Harz“ sowie einiger Geoidstücke der Tschechoslowakei, der Schweiz und Österreichs bearbeitet. 1966 hat *S. Heitz* mit theoretischen Untersuchungen zur topographisch-isostatischen Interpolation von Lotabweichungen begonnen und 1968 eine neue astrogeodätische Geoidbestimmung durch Interpolation nach kleinsten Quadraten für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt waren die astronomischen Beobachtungen auf 159 der insgesamt einbezogenen 225 Stationen 1. Ordnung abgeschlossen. Zur Erreichung einer gleichmäßigeren Verteilung der in die Geoidbestimmung eingehenden Lotabweichungsstationen wurden für die restlichen 66 Stationen die Lotabweichungskomponenten topographisch-isostatisch oder direkt interpoliert. 1969 ist schließlich auf Anregung des Arbeitskreises Triangulation der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland (AdV) eine Geoiddarstellung bezüglich des auf dem Bessel-

Ellipsoid basierenden Datums des Hauptdreiecksnetzes berechnet worden.

Gravimetrie

Bereits seit 1952 hat sich das IfAG neben der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (der früheren Bundesanstalt für Bodenforschung) bzw. dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung und der Abteilung I des DGFI durch praktische und theoretische Beiträge intensiv an der Erarbeitung eines Schwerenetzes, eines Schwerearchivs und von Schwerekarten beteiligt. In den Jahren 1952 - 1957 wurde zunächst das Deutsche Schweregrundnetz geschaffen. Es bildete das Bezugssystem für flächenhafte Schweremessungen in der Bundesrepublik. Das IfAG war für die Bearbeitung des mittleren von drei Teilen zuständig. In diese Zeit fällt auch die Einrichtung des deutschen Anteils der von der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) beschlossenen europäischen Gravimeter-eichlinie. In den Jahren 1955/56 beteiligte sich das IfAG mit umfangreichen Beobachtungen an der Bestimmung des deutschen Anteils der Eichlinie zwischen Flensburg und Niederaudorf; 1959 beobachtete das IfAG die Eichlinie von Kopenhagen bis Catania.

Das aus diesen Beobachtungen abgeleitete „Europäische Milligal“ war die Grundlage für die endgültige Festlegung der Schwerewerte des Grundnetzes und der Verdichtungsnetze. Alsdann konnten die ca. 12.500 Punkte des IfAG-Bearbeitungsgebiets in das Deutsche Schwerearchiv eingegliedert werden.

Dieses Archiv sowie ca. 21.000 umgerechnete Feldpunkte des Reichsamtes für Landesaufnahme bildeten die Grundlage

zur Erstellung von Übersichtskarten der Schwere im Maßstab 1:1 Mill. und 1 : 4 Mill. mit Bouguer-, Freiluft- und isostatischen Isanomalien und einer Karte der mittleren Höhen der Bundesrepublik.

Nach Abschluß der Arbeiten zum Schweregrundnetz konnte das North American (NA) Gravimeter für kontinuierliche Registrierungen der zeitlichen Änderungen der Schwere eingesetzt werden. Eine wesentliche Verbesserung stellte 1961 der Einbau einer „elektrischen“ Feder dar. Dieser von Brein [S. 67 - 76] entwickelte elektrische Kompensationsmechanismus, führt die durch Schwereänderungen ausgelente Gravimetermasse in den „Nullpunkt“ zurück. Diese Weiterentwicklung war zukunftsweisend für die modernen Präzisionsgravimeter. Frühzeitig wurde auch hier wie in anderen Bereichen der Meßtechnik im IfAG eine EDV-gerechte Meßwerterfassung eingeführt. Zu dieser Zeit war es noch der Lochstreifen. 1966 konnte dann das erste La Coste & Romberg Gravimeter (LCR) beschafft und zur Erdzeitenregistrierung eingesetzt werden.

Erste Schritte auf dem Gebiet der Satellitengeodäsie

Seit 1965 beschäftigt sich das Institut in größerem Umfang mit der Satellitengeodäsie. Dafür wurde im August 1966 eine ballistische Kamera des Institut Géographique National (IGN) in Paris und seit Februar 1968 eine Wild-BC4-Kamera eingesetzt. Für die photographischen Aufnahmen war eine Station in Sindlingen ungeeignet, deshalb errichtete das IfAG in Kloppenheim bei Frankfurt a.M. eine neue Satellitenbeobachtungsstation. Voraussetzung für die neuartige Meßmethode war, daß gleichzeitig ein geeigneter Kompara-

tor mit lochkartengesteuerter Einstell- und Registriervorrichtung für die Ausmessungen der photographischen Aufnahmen zur Verfügung stand. Für die europäische Eichlinie Tromsö-Catania des Satellitenweltnetzes wurden im Jahr 1967 zusätzlich Strecken mit dem Geodimeter gemessen. Im Winter 1969/70 beteiligte sich das IfAG auf der Station Tromsö an den Beobachtungen im optischen Satellitenweltnetz, im Winter 1970/71 an entsprechenden Messungen im nordeuropäischen - nordamerikanischen Verdichtungsnetz in Ny Aalesund (Spitzbergen) und Ende 1970 außerdem an einem neuen internationalen Satelliten-Experiment, bei dem auch Laserentfernungsmessungen geplant waren.

Die Zeit zwischen 1970 und 1990

Bereits 1969 wurde das Königsteiner Staatsabkommen vom 24. März 1949 über die Finanzierung wissenschaftlicher Forschungseinrichtungen gekündigt und danach „stillschweigend“ zunächst jeweils um ein Jahr verlängert. Von dieser Kündigung waren die Leitung und die Abteilung „Theoretische Geodäsie“ des DGFI betroffen, da deren Finanzierung aufgrund jenes Abkommens erfolgte. Die DGK hat daraufhin im Oktober 1970 dem BMI ein Memorandum über evtl. Strukturveränderungen zugesagt und dachte dabei schon an weitergehende Ziele. Das Stichwort „Flurbereinigung“, das sich damals eigentlich auf die Verhältnisse zwischen dem Bund und den Ländern bezog, wurde auf die Verhältnisse zwischen der I. und II. Abteilung des DGFI übertragen mit dem Ziel, diese beiden Abteilungen zusammenzufassen. Auf ihrer Sitzung im April 1971 befaßte sich die DGK eingehend mit dem Fragenkomplex. Bei Gesprächen im Oktober 1971

im BMI, an denen Vertreter der DGK und der AdV teilnahmen, kam der Gedanke auf, eine Neugliederung des DGFI nach den Bestimmungen des Artikels 91b des Grundgesetzes vorzunehmen. Nach diesem können Bund und Länder aufgrund von Vereinbarungen bei der Förderung von Einrichtungen und Vorhaben der wissenschaftlichen Forschung von überregionaler Bedeutung zusammenwirken. Neben der Kündigung des Königsteiner Staatsabkommens war auch hier wiederum eine Überprüfung durch den Bundesrechnungshof die treibende Kraft zur einer Neuordnung der geodätischen Forschung in der Bundesrepublik

Für die Ausarbeitung der fachlichen Modalitäten wurde ab Januar 1972 eine besondere Arbeitsgruppe, die Strukturkommission, geschaffen, in der Vertreter des BMI, der Länder, der Sitzländer der beiden bisherigen Abteilungen des DGFI sowie der DGK mitwirken sollten. Die DGK und die AdV waren mit diesen Vorschlägen einverstanden. Es soll hier nicht verschwiegen werden, daß schon damals einfachere oder weniger „radikale“ Lösungen für möglich gehalten wurden. Die Strukturkommission nahm ihre Tätigkeit im Mai 1972 auf und legte das Ergebnis ihrer Beratungen der DGK vor. Diese genehmigte die Vorlage auf ihrer Jahresitzung im April 1973. Unabhängig davon wurde von verschiedenen Seiten zu den verfassungsrechtlichen Problemen Stellung genommen. Das endgültige Memorandum der DGK vom 05. März 1974 umfaßt - mit seinen 16 Anlagen - insgesamt 150 Seiten.

Nach eingehender Prüfung der Neugliederungsvorschläge nahm der BMI im November 1974 in einem Diskussionspapier zur Frage der Neuordnung des DGFI Stel-

lung. Er kam zu der Überzeugung, daß es am besten sei, die bisherige Organisationsform mit gewissen Änderungen im wesentlichen doch beizubehalten. Im Januar 1975 stellte die Strukturkommission zusammen, welche zusätzlichen Maßnahmen zu ergreifen wären. Die DGK diskutierte im April 1975 ebenfalls über die Neuordnung. Sie stimmte im Hinblick auf die gegebenen Realitäten den Vorschlägen des BMI zu. Ein Ausschuß sollte eine Satzungsänderung der DGK und eine Geschäftsordnung für das DGFI erarbeiten. Im April 1975 führte eine entsprechende Diskussion in der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), dessen Mitglied der BMI seit 1972 ist, zu der Auffassung, daß die Vorstellungen der AdV über die Zusammenarbeit der praktischen und wissenschaftlichen Forschung auch nach dem neuen Lösungsvorschlag - unter gewissen Voraussetzungen - verwirklicht werden könnten.

Die geodätischen Arbeiten 1970 - 1990

An den wissenschaftlichen Arbeiten änderte die gesamte Strukturdiskussion nur wenig, außer daß die mit den Diskussionen verbundene Unruhe viel Arbeitspotential absorbierte.

Diagnoseausgleichung

Die Arbeiten zum Hauptdreiecksnetz erfordern einen gewissen Wandel. Im Auftrag der AdV sollten durch eine „Diagnoseausgleichung“ des Hauptdreiecksnetzes Spannungen ermittelt und wenn möglich beseitigt werden. Diese Arbeiten, im IfAG von Dr. Ehlert betreut, erfolgten in enger Zusammenarbeit mit den Landesvermessungsämtern Nordrhein-Westfalen, Hes-

sen und Niedersachsen im Rahmen des damaligen Arbeitskreises „Trigonometrie“ der AdV.

Geoidbestimmung, Gravimetrie und Erdgezeiten

Zur unabhängigen Überprüfung der im IfAG bestimmten astrogeodätischen Geoide ist 1973 an Hand der gesammelten gravimetrischen Unterlagen sowie der SAO-Standard Earth II ein gravimetrisches Geoid berechnet worden; für Vergleichszwecke wurde diese Berechnung 1974 unter Einbeziehung des Goddard Earth Model IV für die äußeren Zonen wiederholt. Eine anschließende Transformation ergab eine gute Übereinstimmung mit dem von S. Heitz abgeleiteten Geoid in den Großformen. Diese gravimetrischen Geoide waren Teilergebnisse einer neuen astrogravimetrischen Geoidbestimmung für die Bundesrepublik Deutschland. So konnte von Lelgemann et al. [1981] eine astrogravimetrische Berechnung des Quasigeoids vorgelegt werden, die sich dadurch auszeichnete, daß als Ergebnis nicht eine Karte, sondern eine wesentlich EDV-gerechtere Funktionsentwicklung zur Verfügung stand. Einen Abschluß fanden die Geoidbestimmungen am IfAG zunächst durch das in Zusammenarbeit mit der Universität Hannover erstellte europäische Geoid [Brennecke et al.].

Im April 1975 beschloß die DGK aus verschiedenen sachlichen Überlegungen (Verlust einer Vielzahl von Punkten des Schweregrundnetze 1952-1957, die Einführung des International Standardization Net 1971, die geplante Einrichtung von Landesschwerenetzen, etc.) ein neues Deutsches Schweregrundnetz zu erarbeiten. Mit der Vorbereitung und Durchführung der Neumessung wurden die beiden Abteilun-

gen des DGFI betraut; die Federführung oblag der Abteilung I in München. Das IfAG erkundete 10 der 21 Punktgruppen, führte in diesen die Zentrierungsmessungen durch und beobachtete wie die Abteilung I das gesamte Grundnetz mit vier La Coste & Romberg Gravimetern. Nach Abschluß der Arbeiten zum Schweregrundnetz sind mehrere übergreifende Verbindungen in diesem Netz durch „Zug- und Fluggravimetrie“ ausgemessen worden, um den Einfluß verschiedener Transportmittel auf die Genauigkeit zu erfassen.

Für die Erdzeitenforschung wurden weitere Gravimeter mit der elektrischen Feder ausgerüstet. Einen entscheidenden Schub bekam diese Forschungsaktivität aber durch die Beschaffung von zwei supraleitenden Gravimetern. Hier wird die komplexe Mechanik der Federgravimeter durch die Beobachtung einer auf einem durch supraleitende Spulen erzeugten Magnetfeld schwebenden Masse ersetzt. Die Drift dieses Geräts ist so gleichmäßig, daß mittels einer dreijährigen Beobachtungserie (1981-1984) in Bad Homburg weltweit erstmalig der Einfluß des Chandler-Wobble (Periode 432 Tage) auf den Schwerevektor experimentell nachgewiesen werden konnte [Richter].

Satellitengeodäsie

Den Hauptschwerpunkt innerhalb der Abteilung Geodäsie bildeten nunmehr die Arbeiten auf dem Gebiet der Satellitengeodäsie und insbesondere der Aufbau der Satellitenbeobachtungsstation Wettzell bis hin zu einer Fundamentalstation.

Fundamentalstation Wettzell

Seit 1972 betreibt das Institut für Angewandte Geodäsie im Bayerischen Wald bei Kötzing die Satellitenbeobachtungs-

station Wettzell. Durch eine konsequente Konzentration der geodätischen Raummeßverfahren an einem Ort wurde im Laufe der Jahre die Station Wettzell zu einer bedeutenden Fundamentalstation für geodätische Aufgaben ausgebaut. Es werden alle geodätisch relevanten Meßverfahren angewandt und vor allem langfristige Beobachtungsreihen gewonnen, die im Verbund mit anderen Stationen

- \$ der Realisierung und Laufendhaltung von Referenzsystemen,
- \$ der Erfassung globaler und regionaler Veränderungen der Erdoberfläche (Plattentektonik, Meeresspiegelschwankungen),
- \$ der Bestimmung von Erdschweremodellen (Geoid, Kraftfeld der Erde sowie deren Variationen)

dienen. Durch den Paralleleinsatz aller verfügbaren Beobachtungstechnologien sollen die stets sehr gefährlichen systematischen Fehlereinflüsse erfaßt werden.

Gründe der Flugsicherung zwangen das IfAG seinerzeit, die Station in die Nähe der tschechischen Grenze anzusiedeln [Seeger, S. 53-62]. Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches Satellitengeodäsie (SFB 78) wurde in der Zeit von 1971 bis 1986 der Ausbau zur Fundamentalstation vorangetrieben. Heute betreibt das IfAG die Station, die weltweit zu den erfolgreichsten geodätischen Observatorien zählt, im Rahmen der Forschungsgruppe Satellitengeodäsie.

Die Station verfügt heute über modernste Meßsysteme, wie

- \$ ein stationäres Laserentfernungsmeßsystem zur Beobachtung künstlicher Erdsatelliten und zur Entfernungsmessung zum Mond,
- \$ ein mobiles Laserentfernungsmeßsystem zur Beobachtung künstlicher

- Erdsatelliten von verschiedenen Beobachtungsorten aus,
- \$ ein Radioteleskop für geodätische Anwendungen der Radiointerferometrie mit Quasaren (Very Long Baseline Interferometry, VLBI),
- \$ Empfangssysteme für die Signale von Navigationssatelliten (GPS),
- \$ ein Zeit/Frequenzsystem zur Generierung der Zeitskala UTC und zur Bereithaltung von Bezugsfrequenzen,
- \$ ein supraleitendes Gravimeter zur Erfassung von Änderungen der Erdbeschleunigung,
- \$ einen Seismographen zur weltweiten Registrierung von Erdbeben.

Die Meßdaten stehen einerseits für nationale und internationale Forschungsvorhaben zur Verfügung, andererseits erhält das IfAG als Gegenleistung Zugang zu Daten anderer im Verbund arbeitender Stationen.

Was hier in wenigen nüchternen Sätzen niedergeschrieben ist, stellt eine Entwicklung dar, die nur aufgrund von internationalen Beziehungen und Beratungen, die großzügiger finanzieller Unterstützung seitens der Bundesministerien, des Muts zu unkonventionellen Entscheidungen auf Leitungsebene und des außergewöhnlichen Engagements aller beteiligten Mitarbeiter zustande kam.

Technische Entwicklungen wurden aufgegriffen und realisiert. So entwickelte sich das Laserentfernungsmeßsystem aus einem in Braunschweig am Institut für Luft- und Raumfahrt der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) entwickelten und gebauten Laserentfernungsmeßsystem der 1. Generation mit m-Genauigkeit (1972) über ein System der 3. Generation mit einigen cm Genauigkeit (1977) bis hin zum heutigen WLRS

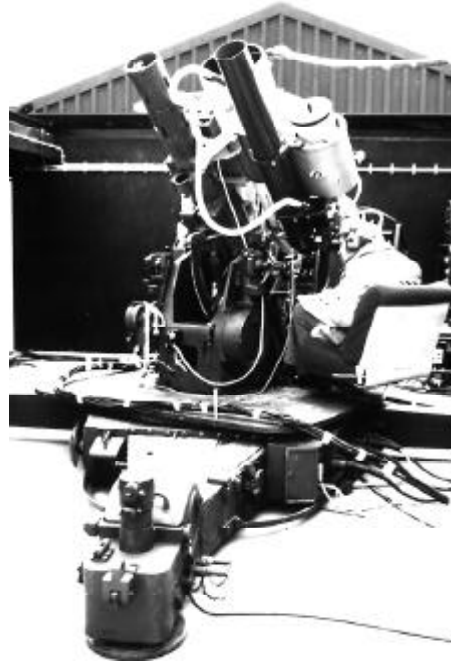


Abb. 4 Beobachtung mit dem Laser Satellite Ranging System (LSRS) in Wettzell 1973

(Wettzell Laser Ranging System). Das stationäre Laserentfernungsmeßsystem (WLRS) ist seit 1990 im ständigen Meßeinsatz. Beobachtet wird rund um die Uhr an etwa 360 Tagen im Jahr. Es ist eines der wenigen Meßsysteme weltweit, das über einen Meßbereich von tieffliegenden Satelliten (600 km) über hochfliegende Satelliten (20.000-40.000 km) bis zum Mond verfügt. Die Meßgenauigkeit beträgt wenige Millimeter bis Zentimeter.

Das mobile Laserentfernungsmeßsystem MTLRS-1 der Station Wettzell wurde seit 1983 zur Positionsbestimmung im östlichen Mittelmeerraum im Rahmen des sogenannten WEGENER-Projektes (Working Group for the Establishment of a Geodetic Network for Earthquake

Research) eingesetzt. Aufgrund der hohen Meßgenauigkeit im Zentimeterbereich - heute von wenigen Millimetern - diente es als Schlüsselsystem zur Erfassung regionaler Plattenbewegungen. Darüber hinaus konnten durch Kollokationen mit stationären Laserentfernungsmeßsystemen und Radioteleskopen in den USA, in der ehemaligen Sowjetunion und Südafrika Beiträge zur Fehleranalyse der stationären Systeme durchgeführt werden. Lieferten in den letzten 10 Jahren die Einsätze der mobilen Laserentfernungsmeßsysteme wesentliche Aussagen über Plattenbewegungen, so ist man heute in der Lage, im WEGENER-Projekt vergleichbare Projekte mit GPS-Methoden wirtschaftlich zu realisieren. Der Schwerpunkt des Einsatzes des mobilen Laserentfernungsmeßsystems hat sich nunmehr auf die Verdichtung des globalen Systems an Referenzpunkten auf Punktabstände von ca. 4000 km verlagert.

Das 20 m-Radioteleskop in Wettzell ist seit 1983 für operationelle Beobachtungen einsatzbereit und seit Anbeginn in alle geodätischen Experimente und Meßvorhaben eingebunden. Durch die ständige Betriebsbereitschaft, die große Zuverlässigkeit und durch den hohen technischen Ausbaustand ist es auch regelmäßig an den „Research and Development“-Experimenten der NASA beteiligt, bei denen die technologischen Grenzen des Verfahrens ausgeschöpft werden. Aus diesen Beobachtungen werden Basislinien von über 10.000 km Länge mit einer Genauigkeit von 5-8 mm abgeleitet. Die zeitliche Auflösung der Beobachtung ist so hoch, daß sogar Rotationsschwankungen der Erde die innerhalb eines Tages auftreten nachweisbar sind. Die Messungen liefern heute Aussagen für die astrophysikalische

Grundlagenforschung, unter anderem zum Nachweis relativistischer Phänomene. Grundlegend für den Erfolg ist, daß bei seiner Konzeption das Teleskop speziell auf geodätische Zielsetzungen zugeschnitten wurde.

Detaillierte Einzelheiten über die oben in aller Kürze beschriebenen Großgeräte sowie über die weiteren Meßkomponenten können in [Schlüter, S. 143 - 178] nachgelesen werden.

Neben dem mobilen Laserentfernungsmeßsystem betreiben das IfAG und die DLR auf der chilenischen Basis O'Higgins (Nordspitze der antarktischen Halbinsel, geographische Breite 63,3° Süd, geographische Länge 57,9° West) eine Beobachtungsstation. 1990/91 wurde auf O'Higgins ein vom IfAG in Zusammenarbeit mit deutschen Firmen entwickeltes Antennensystem mit einem Spiegeldurchmesser von 9 m errichtet, das sowohl für VLBI-Zwecke, als auch für den Empfang von ERS 1 und 2 Radardaten genutzt wird.

Mikrowellenmeßverfahren

Neben den Arbeiten zur Laserentfernungsmessung beteiligte sich das IfAG schon frühzeitig an der Anwendung von Mikrowellenverfahren zur Entfernungsmessung zu künstlichen Erdsatelliten. Seit 1974 wurden Dopplerempfänger für Beobachtungen nach den US Navy-Navigation-Satelliten (NNSS) und für Messungen nach dem Satelliten GEOS-3 in Wettzell betrieben [Wilson, S. 73 - 80]; parallel dazu setzte die DLR für die Dauer von 12 Monaten eine mobile C-Band-Radaranlage für GEOS-C Beobachtungen auf der Station Wettzell ein. Beide Beobachtungsmethoden dienen der im Gegensatz zu den Laserentfernungsbeobachtungen wetterunabhängigen Bestimmung der Bahndaten der

geodätischen Forschungssatelliten der GEOS (Geodetic Earth Orbiting Satellite) Serie.

In den Jahren 1975/1976 beteiligte sich das IfAG federführend an der ersten und zweiten europäischen Dopplermeßkampagne (EDOC I / EDOC II), verarbeitete die Daten der beteiligten Marconi-Empfänger und war eines der Rechenzentren für die Gesamtausgleichung. Im Anschluß an EDOC II wurden im Rahmen der deutsch-österreichischen Dopplermeßkampagne in 4 Abschnitten 21 Stationen der Hauptdreiecksnetze beobachtet [Seeger, S. 93 - 103]. Ziel war schon damals die Erarbeitung eines übergeordneten europäischen Dopplerpunktfeldes und die Bestimmung zuverlässiger Transformationsparameter für die Systeme ED50 und ED77.

Mit der zivilen Nutzung des Global Positioning System (GPS) eröffneten sich vollkommen neue Möglichkeiten, homogene Netze über große Gebiete aufzuspannen. So beschlossen 1987 die Internationale Assoziation für Geodäsie (IAG) und unabhängig davon das Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle (CERCO), ein neues auf GPS basierendes europäisches Referenzsystem aufzubauen. Unterstützt werden sollten damit alle geodätisch-geodynamischen Projekte auf der europäischen Platte, die Realisierung des WGS84 im Gebiet von Europa und die Schaffung einer einheitlichen Plattform für multinationale digitale kartographische Daten. Zunächst definierten die 35 europäischen SLR- und VLBI-Stationen das europäische Referenzsystem (ETRF89). Für die Transformation der nationalen Koordinaten in dieses System war die Punktdichte bei weitem nicht ausreichend. So organisierte das EUREF GPS

Steering Committee im Mai 1989 eine europäische GPS Kampagne, bei der 92 zusätzliche Stationen bestimmt wurden. Die Berechnung des gesamten Netzes über Westeuropa wurde durch eine Experten-Gruppe durchgeführt, der auch das IfAG angehörte. Im Juli 1990 wurde das EUREF 89 in den hohen Nordwesten von Europa (Faroer Inseln, Island, Spitzbergen, Grönland) ausgedehnt. Auch hier engagierte sich das IfAG stark durch die Beteiligung an den Beobachtungen und Auswertungen [Seeger et al., 1990, S. 26ff, Seeger, 1990, S.216ff].

(Wird fortgesetzt in 1/98)

Literaturverzeichnis

- Brein, Rudolf. Arbeiten zur Erdgezeitenuntersuchung. Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft Nr. 73, Verlag des IfAG, Frankfurt am Main, 1977
- Brennecke, J., Lelgemann, D., Reinhart, E., Torge, W., Weber, G., Wenzel, H.-G. A European Astro-Gravimetric Geoid. Deutsche Geodätische Kommission Reihe B Nr. 269, Verlag des IfAG, Frankfurt am Main, 1983
- Buschmann, Ernst. Einst auf dem Potsdamer Telegraphenberg Teil II. Vermessung Brandenburg, Nr. 1/97
- Förstner, Rudolf. 25 Jahre Institut für Angewandte Geodäsie. Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft Nr. 73, Verlag des IfAG, Frankfurt am Main, 1977
- Lelgemann, D., Ehlert, D., Hauck, H. Eine astro-gravimetrische Berechnung des Quasigeoids für die Bundesrepublik Deutschland. Deutsche Geodätische

- Kommission Reihe A Nr. 92, Verlag des IfAG, Frankfurt am Main, 1981
- Richter, Bernd. Das supraleitende Gravimeter. Deutsche Geodätische Kommission Reihe C Nr. 329, Verlag des IfAG, Frankfurt am Main, 1987
- Schlüter, W., Böer, A., Dassing, R., Hase, H., Kilger, R., Reinhart, E., Richter, B., Riepl, S., Schreiber, U., Seeger, H., Sperber, P. Die Fundamentalstation Wetzell - zu Ehren von Johann Jacob Baeyer, dem Begründer der Internationalen Erdmessung, anlässlich seines 200. Geburtstags. Deutsche Geodätische Kommission Reihe E Nr. 25, Verlag des IfAG, Frankfurt am Main, 1996
- Seeger, H., Augath, W., Bordley, R., Boucher, C., Engen, B., Gurtner, W., Schlüter, W., Sigl, R. Status report on the EUREF-GPS-Campaign 1989 in Report on the Symposium for the European Reference Frame (EUREF), Florenze 1990. Veröffentlichung der Bayerischen Kommission für die internationale Erdmessung Heft Nr. 52, München, 1992
- Seeger, Hermann. The EUREF-NW-Campaign 1990 in Report on the Symposium for the European Reference Frame (EUREF), Florenze 1990. Veröffentlichung der Bayerischen Kommission für die internationale Erdmessung Heft Nr. 52, München, 1992
- Soltau, Gerhard. Arbeiten am Astronomischen Längennetz. Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft Nr. 73, Verlag des IfAG Frankfurt, 1977

Abbildungsnachweis

Abb1: In Privatbesitz von W. Etling

Abb 2-4: In Privatbesitz von K. Noltarp



Anmerkung der Redaktion:

Die Bezeichnung „Institut für Angewandte Geodäsie“ lautet seit dem 4.8.1997 „Bundesamt für Kartographie und Geodäsie“.