Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen

Klasse

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften
zu München

Jahrgang 1953

München 1954

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung

Die Beteiligung der Deutschen Geodätischen Kommission an den Arbeiten der Internationalen Association für Geodäsie

Von Max Kneißl in München

Vorgelegt am 4. Dezember 1953

I. Überblick über die Organisation der internationalen Erdmessung

Im Jahre 1864 wurde von Johann Jakob Bayer als erste internationale wissenschaftliche Vereinigung die „Mittleuropäische Gradmessung“ gegründet. 1867 konnte die „Mittleuropäische Gradmessung“ zur „Europäischen Gradmessung“ und 1886 zur „Internationalen Erdmessung“ erweitert werden. Die „Internationale Erdmessung“ trat alle drei Jahre zu einer allgemeinen Konferenz zusammen, die letzte fand 1912 statt. Mit Ausbruch des 1. Weltkrieges kamen die internationale Zusammenarbeit und die „Internationale Erdmessung“ zum Erliegen. Die Leitung der „Internationalen Erdmessung“ lag bis 1916 bei dem 1864 in Potsdam durch die Preußische Regierung errichteten und mit dem Königl. Preußischen Geodätischen Institut verbundenen Zentralbureau, dem bis 1885 J. J. Bayer, später F. R. Helmert vorstand.

Aufgabe der Internationalen Erdmessung war eine einheitliche Ausrichtung der geodätischen Arbeiten in allen Kulturstaaten und Sammlung dieser Arbeiten in einer Hand, um eine einheitliche Bearbeitung und Diskussion zu gewährleisten. Vor allem mußte die Internationale Erdmessung Mittler sein zwischen den verschiedenen Staaten, um jene Arbeiten einzuleiten und durchzuführen, die die Mitarbeit mehrerer oder aller Staaten erforderten. Als besondere Aufgaben oblagen der Internationalen Erdmessung das Studium der Lotabweichungen, Schwerkraftbestimmungen, Feinnivellements, der internationale Breitendienst sowie die Erforschung des Gleichgewichtszustandes der Erdkruste (Isostasie).

Während des Weltkrieges schlossen sich die neutralen Staaten zur Forführung der Arbeiten zu einer „Association Géodésique Internationale reduite entre états neutres“ zusammen. 1919 gründeten dann die Alliierten und die ihnen nahestehenden Staaten in Brüssel die „Union Géodésique et Géophysique Internationale (UGGI).

Die UGGI umfaßt heute folgende Associationen:

1. Geodäsie,
2. Seismologie und Physik des Erdinnern,
3. Meteorologie,
4. Erdmagnetismus und -elektrizität,
5. (Physikalische) Ozeanographie,
6. Hydrologie,
7. Vulkanologie.

Deutschland konnte erst 1938 der UGGI beitreten, mußte aber, ohne an einer Sitzung teilgenommen zu haben, 1939 bereits wieder ausscheiden. Erst im Jahre 1951 erfolgte dann die neuerliche und endgültige Aufnahme und zugleich die Teilnahme an der IX. Generalversammlung in Brüssel 1951. Träger der Mitgliedschaft ist die Deutsche Union für Geodäsie und Geophysik, eine Dachorganisation der deutschen geodätischen und geophysikalischen Vereinigungen.

1949 wurde die Deutsche Geodätische Kommission (DGK) bei unserer Akademie gegründet, der auch Vertreter Ostdeutschlands, insbesondere auch des Geodätischen Instituts in Potsdam und der Deutschen Akademie in Berlin, angehören und mit der Vertretung der deutschen Geodäsie bei der UGGI und bei der Association Internationale Géodésique (AIG) beauftragt.

Die AIG setzte die Arbeiten der Internationalen Erdmessung in wesentlich erweitertem Umfang fort. Sie gliedert sich z. Z. in folgende Sektionen:

- I. Triangulationen,
- II. Präzisionsnivelements,
- III. Astronomische Geodäsie,
- IV. Gravimetrie,
- V. Erforschung des Geoids.

Die Internationale Association für Geodäsie hat zur Aufstellung und Abklärung von internationalen Arbeitsprogrammen und Empfehlungen sowie zur Vorbereitung einer fruchtbaren Diskussion der Arbeitsergebnisse auf der im September 1954 in Rom stattfindenden X. Generalversammlung für ihre einzelnen Sektionen eine Reihe internationaler Studienkommissionen gebildet und ihnen folgende Aufgaben zugeteilt.:

Sektion 1 – Triangulationen

Studienkommission Nr. 1: Berechnung und Ausgleichung großer Triangulationen unter Berücksichtigung der Geoidform.

Präsident: Brigadier M. Hotine, Surbiton/England.

Studienkommission Nr. 2: Berechnung von Shoran-Netzen oder analogen Verfahren und von geodätischen Linien mit kontinentaler Ausdehnung.

Präsident: M. J. E. R. Ross, Ottawa/Canada.

Studienkommission Nr. 3: Kritische Untersuchung des in letzter Zeit ausgeglichenen europäischen Hauptdreiecksnetzes.

Präsident: M. Kneißl, München.

Ursprünglich war geplant, nur eine Kommission für die Überprüfung des europäischen Einheitsnetzes zu gründen. Nunmehr wurden hierfür die Kommissionen Nr. 1 und Nr. 3 gebildet, von denen die Kommission Nr. 1 die Aufgabe hat, die theoretischen Voraussetzungen für eine Neuausgleichung zu klären und die Kommission Nr. 3 die Bedingungen zu untersuchen hat, die eine Anwendung der theoretischen Erkenntnisse auf das europäische Netz zuläßt.

Sektion II – Nivellements

Studienkommission Nr. 4: Untersuchung der an die Nivellementsergebnisse anzubringenden Verbesserungen, Berücksichtigung der Schwereänderungen.

Präsident: Prof. Dr. Baeschlin, Zürich/Schweiz.

Studienkommission Nr. 5: Ausgleichung des europäischen Nivellementsnetzes. – Außer der Sammlung der Ergebnisse han-

delt es sich darum, die Einzelheiten der Methode für die praktische Berechnung festzulegen und die nach und nach anfallenden Ergebnisse laufend zu diskutieren.

Präsident: Dr. Kukkamäki, Helsinki/Finnland, z. Z. Columbus University Ohio/USA.

Sektion III – Geodätische Astronomie

Studienkommission Nr. 6: Kritische Untersuchung verschiedener Methoden der geodätischen Astronomie. – Im einzelnen ist die Untersuchung folgender Fragen vorgesehen: Generalisierung und Benutzung von Dauer-Zeitsignalen. – Akustischer Empfang, der das Aufgeben der jetzigen rhythmischen Signale (61 Zeichen je Minute) erlaubt. – Bedingungen für die Beobachtung von Azimuten sehr hoher Genauigkeit.

Diese Kommission soll auch die Bearbeitung eines Handbuches planen, in dem alle für die Astronomie notwendigen Formeln und Tafeln angeordnet sind, analog den Albrechtschen Hilfstafeln.

Präsident: Prof. Roelofs, Delft/Holland.

Studienkommission Nr. 7: Reorganisation und Untersuchung der Arbeitsweise des Internationalen Breitendienstes. – Kritische Untersuchung der Methoden und Instrumente, Zusammenarbeit von neuen Beobachtungsstellen, Zusammenarbeit mit dem Internationalen Zeit-Büro (Bureau Internationale de l'Heure).

Präsident: M. Donald A. Rice, Washington/USA.

Studienkommission Nr. 8: Die neue Welt-Längen-Operation (1957/58). – Organisation in Verbindung mit der UAI und der URSI. Untersuchung der Methoden und Instrumente.

Präsident: Prof. Tardi, Paris/Frankreich.

Sektion IV – Gravimetrie

Studienkommission Nr. 9: Organisation eines homogenen Welt-Netzes. Präsident: Prof. R. P. Lejay, Paris/Frankreich.

Studienkommission Nr. 10: Absolutmessungen der Schwerkraft, relative Verbindungen zwischen den Absolutstationen. Möglichkeit für Änderungen der internationalen Formel der Normalschwere. – Untersuchung der säkularen Änderung der Schwerebeschleunigung.

Präsident: Dr. C. Morelli, Triest/Italien.

Sektion V – Erforschung des Geoids

Studienkommission Nr. 11: Methoden zur Reduktion der Schwere-messungen, spezieller vom Standpunkt der Geodäsie (nicht Geophysik) aus gesehen, d. h. unter dem Gesichtspunkt, das Geoid durch Anwendung der Stokesschen Formel zu bestimmen.

Präsident: Dr. de Graaf-Hunter, Hassocks/England.

Studienkommission Nr. 12: Untersuchung der günstigsten Methoden zur Bestimmung der absoluten Lotabweichungen.

Präsidium: M. W. D. Lambert, Canaan/USA.

Studienkommission Nr. 13: Bestimmung des Geoides durch Messung gegenseitiger Zenitdistanzen.

Präsident: Prof. Kobold, Zürich/Schweiz.

Studienkommission Nr. 14: Bestimmung des europäischen Geoides nach der Methode der Lotabweichungen.

Präsident: Brigadier Bomford, Sutton Courlenay/England.

Studienkommission Nr. 15: Geophysikalische Interpretation der Schwereanomalien.

Präsident: Prof. W. Heiskanen, Helsinki/Finnland, z. Z. Columbus University, Ohio/USA.

II. Arbeitsbericht

Deutschland ist in verschiedenen Studienkommissionen vertreten, und es darf an dieser Stelle über die Arbeiten der Studienkommissionen 3 und 9 berichtet werden, an denen wir besonders interessiert sind.

Studienkommission Nr. 3: Kritische Untersuchung des ausgeglichenen europäischen Hauptdreiecksnetzes.

1951 konnte die erste Ausglei chung eines einheitlichen europäischen Hauptdreiecksnetzes abgeschlossen werden. Das Netz umfaßt ein Gebiet von rund 5 000 000 Quadratkilometer mit einer Gesamtbevölkerung von über 360 Millionen Einwohner. Die Gesamtausglei chung wurde in 4 großen Blöcken durchgeführt.

1945–47 erfolgte die Ausglei chung des Zentraleuropäischen Netzes (ZEN) mit insgesamt 714 Dreieckspunkten I. O., 106 Laplaceschen Punkten und 77 Lotabweichungspunkten, die sich auf ein Gebiet von etwa 1 000 000 Quadratkilometer verteilen. Das Netz besteht aus Meridian- und Parallelkreisketten, die 13 Schleifen oder Polygone bilden. Ein solches Netz wollen wir kurz, im Gegensatz zu einem flächenförmig ausgebreiteten Netz (Flächennetz), als Rahmennetz bezeichnen. Das ZEN wurde nach der Bowie-Methode in 25 Knotennetze und 35 Verbindungsketten unterteilt und zwangsfrei ausgeglichen. In die Ausglei chung wurden insgesamt 3283 Richtungen und 50 Grundlinien einbezogen. Dabei mußten

- 953 Winkelbedingungs-gleichungen,
- 242 Seitenbedingungs-gleichungen,
- 67 Azimutbedingungs-gleichungen,
- 70 Schleifenschlußbedingungs-gleichungen,

also insgesamt 1332 Bedingungs-gleichungen berücksichtigt werden.

1948–49 erfolgte die Ausglei chung des Süd-Ost-Europäischen Netzes (SOEN) mit einer Flächenüberdeckung von rund 900 000 Quadratkilometern. Beim SOEN handelt es sich ebenfalls um ein Rahmennetz mit 47 Verbindungsketten und 31 Knotenstrahlen, die 22 Schleifen bilden. Das Netz umfaßt 700 Punkte, 2999 Richtungen, 47 Grundlinien und 71 Laplacesche Punkte. Die Ausglei chung erfolgte ebenfalls nach der Bowie-Methode, wobei

- 1008 Winkelbedingungs-gleichungen,
- 179 Seitenbedingungs-gleichungen,
- 73 Azimutbedingungs-gleichungen,
- 98 Schleifenschlußbedingungs-gleichungen,

also insgesamt 1358 Bedingungs-gleichungen berücksichtigt werden mußten.

Während das ZEN und SOEN durch das Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt/Main, das z. Z. als Abteilung II dem Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut angehört, ausgeglichen wurden, wurden der Süd-West-Block und Nord-Block durch den U. S. Coast and Geodetic Survey in Washington ausgeglichen.

Der Süd-West-Block umfaßt Meridian- und Parallelkreisketten der Haupttriangulationen folgender Länder:

Nordafrika	mit	293	Stationen,
Italien	„	206	„
Schweiz	„	13	„
Österreich	„	15	„
Frankreich	„	313	„
Belgien	„	23	„
Spanien	„	300	„
Portugal	„	67	„

Also insgesamt 1230 Stationen.

Die Ausgleichung des Süd-West-Blocks wurde in einem Guß nach bedingten Beobachtungen und mit Zwangsanschluß an das ZEN ausgeglichen. Die vorgesehene Ausgleichung nach der Bowie-Methode konnte nicht durchgeführt werden, weil die Auswahl günstig geformter und gelegener Knotennetze mit Grundlinien und astronomischen Azimuten nicht möglich war. Dabei waren

1620	Winkelbedingungsgleichungen,
505	Seitenbedingungsgleichungen,
74	Azimuthbedingungsgleichungen,
75	Grundlinienbedingungsgleichungen,
74	Polygonlagebedingungen,

also insgesamt 2348 Bedingungsgleichungen zu berücksichtigen.

Die ersten Vorbereitungen für diese Ausgleichung wurden Ende 1948 eingeleitet, die Ausgleichung selbst konnte 1950 beendet werden.

Der Nordblock überdeckt in polygonalen Ketten folgende Länder:

Estland-Lettland mit	73	Stationen
Finnland	244	„
Dänemark	55	„
Schweden	319	„
Norwegen	131	„
Hochzielstationen	3	„
<hr/>		
Also insgesamt	825	Stationen.

Um die Ausgleichsrechnungen mechanisch durchführen zu können – es wurde mit Lochkartenmaschinen gerechnet –, wurde die Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen durchgeführt, wobei insgesamt 2564 Unbekannte zu bestimmen waren. Die Ausgleichung erfolgte wiederum mit Zwangsanschluß an das ZEN. Sie wurde 1951 beendet. Damit liegt für ganz Europa ein einheitliches Netz vor, das zugleich das westliche Mittelmeer umschließt und Nordafrika überdeckt. Die 1945–1951 durchgeführten Berechnungen wurden nun von Anfang an als 1. Ausgleichungsstufe betrachtet, der alsbald eine gründliche wissenschaftliche Überarbeitung folgen sollte.

Seit 1951 ist man nun zudem bemüht, die in den einzelnen europäischen Ländern vorliegenden Flächennetze in den vorgegebenen Polygonrahmen einzurechnen. Im Zusammenhang mit der Einrechnung der Füllnetze sind weitere Fragen hinsichtlich der Zweckmäßigkeit und Genauigkeit der Erstausgleichung aufgetreten, die eine eingehende Diskussion und Abklärung erfordern.

Zur Vorbereitung der Diskussion wurde die obengenannte Studienkommission Nr. 3 gebildet, für die jedes europäische Land und die Vereinigten Staaten von Nordamerika je einen Vertreter benannt haben. Das Präsidium dieser Kommission wurde dem Berichterstatter übertragen, und es darf hier das Ergebnis der bisherigen Untersuchungen mitgeteilt werden:

1. Die Triangulation der Zentral- und Südosteuropäischen Länder, insbesondere in Holland, Deutschland, Österreich, Schweiz, Tschechoslowakei, Ungarn, Jugoslawien, Italien, Bulgarien und Griechenland sind mit wenigen Ausnahmen als geschlossene Flächennetze angelegt. Dagegen sind die Haupttriangulationen in

West- und Nordeuropa, insbesondere in England, Frankreich, Spanien, Nordafrika, in Dänemark und Fennoskandien von Haus aus Rahmennetze. Außerhalb Europas bestehen große und ausgedehnte Rahmennetze in Afrika, Vorderasien und insbesondere in der UdSSR, die das ganze russische Staatsgebiet von Westen bis Wladiwostok überdecken.

2. Aus rein praktischen, aber auch aus wissenschaftlichen Gründen besteht die Grundforderung, die Netze so auszugleichen wie sie vorliegen, damit sich alle Folgetriangulationen ohne Spannungen einrechnen und die geographischen Netzlinien und Kartengitter für das Einheitsnetz möglichst zwangsfrei in die vorliegenden Kartenwerke übertragen lassen. Das anzuwendende Ausgleichungsverfahren muß sich nach der Form der vorliegenden Netze richten.

3. Bei einer Neuausgleichung muß weitgehend auf die Netzzusammenschlüsse zwischen Europa, Afrika und Asien Rücksicht genommen werden. Die Hauptlinien sind seit Jahrzehnten durch die internationalen Gradmessungen vorgegeben. Das vorliegende europäische Netz entspricht in der Gesamtanlage durchaus diesen Forderungen.

4. Damit kommen wir zu zwei zunächst konträr erscheinenden Forderungen:

- a) für die Wahrung des Zusammenhangs im großen: Ausgleichung von Rahmennetzen;
- b) für die Wahrung des Zusammenhangs mit den bestehenden hochentwickelten europäischen Landesvermessungswerken: Ausgleichung flächenhafter Netze.

Die Ausgleichung von großen Rahmennetzen ist notwendig,

1. weil in sehr großen Gebieten keine Flächennetze bestehen und auch bei künftiger Neuanlage als Füllnetze mit Zwangsanschluß an den vorgegebenen Rahmen eingeschaltet werden können;
2. um die Zahl der zu bestimmenden Unbekannten in tragbaren Grenzen zu halten, die heute für ein gesamteuropäisches Netz bei etwa 10000 Unbekannten liegen dürfte.

Um beide Forderungen verbinden zu können, bleibt nur der Weg, die Ausgleichung in 2 Stufen durchzuführen, nämlich

I. Stufe: Rahmenausgleichung zur Festlegung des Maßstabs, der Orientierung und der Lagerung des Netzes auf dem gewählten Bezugellipsoid im großen.

II. Stufe: Ausgleichung von in sich geschlossenen Flächennetzen mit strengem Zwangsanschluß an nur wenige Knotenpunkte des Rahmennetzes oder durch günstigste Netzeinpassung gegebenenfalls auch unter Anwendung der Feldermethode an sämtliche Punkte des Rahmennetzes, die mit Punkten der sie überdeckenden Flächennetze identisch sind. Dabei werden aber die Koordinaten, die sich aus der Rahmenausgleichung ergeben haben, aufgegeben. Sie haben für die Flächennetze nur die Aufgabe, einen mittleren Maßstab, eine mittlere Orientierung und Lagerung zu vermitteln. Bei dieser Lösung müssen die Flächennetze gegeneinander sorgfältig abgegrenzt, nach der Ausgleichung an den Nahtstellen spannungsfrei zusammengepaßt und etwaige an den Rändern ankommende Dreiecksketten benachbarter Rahmennetze nachträglich mit Zwang an die Flächennetze angeschlossen werden.

Bei der Auswahl der Ketten der Rahmennetze muß auf die Lage und Begrenzung der Flächennetze Rücksicht genommen werden. Weiter sollen alle vorhandenen Grundlinien und astronomischen Azimute in das Rahmennetz einbezogen, gleichzeitig aber auch bei der Ausgleichung der Flächennetze berücksichtigt werden, damit später ein besserer Zusammenschluß möglich ist. Dabei ist das übergeordnete Rahmennetz so auszuwählen, daß die einzelnen Verbindungsketten möglichst gleichgewichtig werden.

5. Das Rahmennetz soll streng in einem Guß ausgeglichen werden.

6. Bevor man aber an eine Neuausgleichung des europäischen Netzes denken darf, müssen die vorliegenden nationalen Netze eingehend untersucht, ergänzt und gegebenenfalls erneuert werden. Insbesondere sind die Punktidentitäten der Randstationen zu klären und nach Möglichkeit nur die modernsten Beobachtungen, die sich auf einwandfrei festliegende Punktzentren beziehen, in die Ausgleichung einzubeziehen. Für die Untersuchung und Ausgestaltung der vorliegenden Dreiecksnetze wurden vom Be-

richterstatter einheitliche Richtlinien aufgestellt. (Commission d'études Nr. 3 – Étude critique du réseau européen récemment compensé. – Vorschlag für die Arbeit der Kommission Nr. 3 vom 20. 10. 1953.)

7. Alle in die Netzausgleichung eingehenden Daten sind länderweise zusammenzustellen und einer zentralen europäischen Stelle vorzulegen. Die Ausgleichung des Rahmennetzes muß zentral, die Ausgleichung der Flächennetze länderweise durchgeführt werden, wenn die Flächennetze nach den politischen Grenzen unterteilt werden. Die Triangulationen großer Länder können in mehrere Teilnetze unterteilt, die Triangulationen benachbarter kleinerer Länder zu einem Netz zusammengeschlossen werden. Weitere Einzelheiten hierzu können nur im Rahmen der Studienkommission 3 geklärt werden.

Studienkommission Nr. 9: Organisation eines homogenen Weltschwerenetzes

Eines der wichtigsten Ziele der Internationalen Association für Geodäsie ist die Sammlung von gleichwertigen, gravimetrischen Beobachtungswerten, die sich auf Stationen beziehen, die möglichst symmetrisch über die gesamte Erdoberfläche verteilt sein sollen. Diese Werte sollen einheitlich reduziert und zur Geodbestimmung verwendet werden. Der Aufbau eines homogenen Weltschwerenetzes kann nur durch eine sehr enge internationale Zusammenarbeit und nach Festlegung eines internationalen Grundnetzes verwirklicht werden. Die Kommission 9 hat hierzu in einer Sitzung, die am 21.–25. 9. 1953 in Paris stattfand und auf der die Deutsche Geodätische Kommission unserer Akademie durch Herrn Prof. Dr. Großmann, Hannover, vertreten war, folgende Resolution gefaßt:

1. Die Einrichtung internationaler Eichbasen

Es sollen zwei internationale gravimetrische Eichbasen (Basislinien), jeweils etwa auf einem Meridian liegend, mit einer Erstreckung möglichst vom Pol bis zum Äquator, eingerichtet werden. Eine der Eichlinien soll in Amerika und die zweite in Europa

und Afrika gelegen sein. Jede dieser Eichlinien soll 5 Stationen umfassen, so daß die Schwereunterschiede von Station zu Station rund 1000 mGal betragen. Diese Schwereunterschiede sollen durch sehr genaue Pendelmessungen und unter Benutzung verschiedener Typen von Pendelapparaten gemessen werden, wobei man erfahrungsgemäß eine Genauigkeit von etwa $\pm 0,5$ mGal für jede Station erreichen kann. Vorzugsweise sollen Stationen gewählt werden, auf denen schon Pendelmessungen vorliegen.

Die dadurch geschaffenen Fundamentalstationen sollen weiter durch sehr genaue Gravimetrierungen auf festen Zwischenstationen mit Schwereunterschieden von je 100–200 mGal verbunden werden. Als Zwischenstationen sollen Punkte gewählt werden, die leicht an Fluglinien angeschlossen werden können, um mit Hilfe von Gravimetrierungsflügen Querverbindungen zwischen den Eichlinien herstellen zu können.

Durch die Anlage dieser Basislinien soll eine einheitliche Eichung der verschiedenen Gravimeter ermöglicht werden.

2. Weltschwerenetz I. O.

Die Kommission 9 ist der Meinung, daß man durch internationale Zusammenarbeit ein Weltschwerenetz I. O. bestimmen sollte, dem etwa insgesamt 25–30 gut verteilte Punkte angehören sollen, wobei man die Stationen bevorzugen müßte, deren Schwere schon viele Male bestimmt wurde.

Die gegenseitigen Schwereunterschiede dieser Stationen sollen möglichst oft und nach Möglichkeit mit verschiedenen Pendelapparaten und Gravimetern bestimmt werden. Die Anschlußfehler sollen 2 mGal nicht überschreiten. Das Netz sollte einer Ausgleichung in einem Guß unterzogen werden.

Die Kommission bittet darum, daß die beteiligten Regierungen ihre finanzielle Hilfe geben und alle Erleichterungen für den Austausch des Personals und der wissenschaftlichen Instrumente gewähren.

Wir hoffen, daß dies möglich ist. Wir verfügen in Westdeutschland über etwa 5–6 gute Gravimeter, die z. T. von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und zum anderen Teil vom Amt für Bodenforschung zur Verfügung gestellt werden. Weiter hat die For-

schungsgemeinschaft dem Berichterstatter einen neuen Askania-Vierpendelapparat zur Durchführung neuer Pendelmessungen zur Verfügung gestellt.

Im einzelnen wurden für das Weltschwerenetz I. O. folgende Punkte ausgewählt:

- in Europa: Helsinki, Potsdam-Harzburg, Teddington, Paris, Mailand, Lissabon;
- in Amerika: Fairbanks, Victoria, Ottawa, Washington D. C., Mexico City, Quito, Rio de Janeiro, Buenos Aires;
- in Asien: Kyoto, Delhi, Singapur, Beirut;
- in Afrika: Algier, Dakar, Khartum, Leopoldville, Johannesburg;
- in Australien und auf dem Ozean: Melbourne, Christchurch, Honolulu, Reykjavik, Azoren.

Deutschland ist mit dem Doppelpunkt Potsdam-Harzburg gut im Weltschwerenetz verankert, und die DGK ist bestrebt, die an sich gute Verbindung zwischen Potsdam und Harzburg im Einvernehmen mit dem Geodätischen Institut in Potsdam durch neue Messungen weiter zu verbessern.

Auf Vorschlag der DGK soll nun Potsdam-Harzburg zugleich nach wie vor als deutsche „Fundamentalstation“ oder „Referenzstation“ für den Aufbau des deutschen Schweregrundnetzes dienen. Für diesen Aufbau ist es notwendig, die bestehenden Schwereverbindungen zwischen Potsdam und den Referenzstationen der übrigen europäischen Länder durch Neuvermessungen zu verbessern.

Im einzelnen ist die Neumessung folgender Schwereunterschiede vorgesehen:

- Potsdam-Harzburg-(Basel-)Binningen und Zürich (Schweiz);
- Wien (Österreich);
- Mailand, Padua (Italien);
- Paris (Frankreich);
- Teddington (Großbritannien);
- Uccle (Belgien);
- de Bilt (Niederlande);

Kopenhagen (Dänemark);
 Helsinki (Finnland);
 Madrid (Spanien);
 Lissabon (Portugal).

Zur Verwirklichung des Weltschwerenetzes ist es notwendig, daß alle nationalen Institute und Dienststellen, die Schweremessungen ausführen, die gravimetrischen Beobachtungsdaten sowie alle Beobachtungsvorhaben dem Internationalen Gravimetrischen Büro mitteilen.

3. Stand der Schweremessung in Deutschland

In Deutschland wurden im 19. Jahrhundert verschiedene Absolutmessungen der Schwere nach dem von Bessel angegebenen Verfahren mit Fadenpendel durchgeführt. Dann folgten 1888 bis 1906 die Absolutbestimmungen der Schwere mit Reversionspendeln von F. Kühnen und Ph. Furtwängler in Potsdam, die die Grundlage des heute noch allgemein gültigen Potsdamer Welt-Schweresystems bilden. Der Potsdamer Wert hat nach neueren Messungen einen Fehler von etwa 13 mGal.

Dann folgten zahlreiche relative Schweremessungen mit dem Sterneckschen Pendelapparat, die zu einer ständigen Verbesserung des Apparates und des Beobachtungsverfahrens führten. Um 1930 gelang die Entwicklung sehr guter feldbrauchbarer statischer Schweremesser (Gravimeter) durch Haalck, v. Thyssen, H. Schleusener und A. Graf.

Im Rahmen der Geophysikalischen Reichsaufnahme wurde von 1935 bis 1943 auf Veranlassung und mit Förderung des Amtes für Bodenforschung in Hannover durch das Geodätische Institut in Potsdam in Mitteleuropa ein auf Potsdam bezogenes Grundnetz von Pendelpunkten durch relative Pendelmessungen höchster Genauigkeit ($\pm 0,5$ mGal) geschaffen, wobei alle Schwereunterschiede von verschiedenen Beobachtern (Schmehl, Weiken, Lehmann, Jung, Reicheneder, Meisser, Rössiger) mehrmals und unabhängig voneinander bestimmt wurden.

„Die Ergebnisse der Pendelmessungen der Jahre 1934 bis 1943“ wurden veröffentlicht von Weiken (Veröffentlichung Nr. 3/1950

des Geodätischen Instituts in Potsdam). Diese Messungen umfassen rund 160 Pendelpunkte und die Anlage je einer Gravimereichstrecke im Harz (Harzburg) und in den Alpen (Garmisch-Zugspitze). Damit erhielt Deutschland ein ausgezeichnetes Pendelgrundnetz (Potsdamer Pendelgrundnetz), an das in der Folge ausgedehnte Gravimeternetze durch das Amt für Bodenforschung und die Firmen Seismos und Prakla (sämtliche in Hannover) angeschlossen wurden. Diese Netze überdecken die Flachlandgebiete zwischen Rhein und Weichsel, den Rheintalgraben, das nördliche und östliche Alpenvorland und das Karpatenvorland. Sie umfassen rund 100000 Gravimeterpunkte mit einer relativen Genauigkeit von $\pm 0,2$ mGal.

Nach einer kurzen Unterbrechung infolge des deutschen Zusammenbruchs nahmen die genannten Firmen, vornehmlich im Auftrag der Erdölindustrie, 1947 die Gravimetrierungen mit dem verbesserten Askania-Gravimeter und amerikanischen Worden-Gravimetern von neuem auf.

Auf Vorschlag der DGK – die sich sofort nach ihrer Gründung mit dem Aufbau eines deutschen Schweregrundnetzes befaßte – wurde im Einvernehmen mit dem Amt für Bodenforschung, dem Geodätischen Institut in Potsdam, dem Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut und den deutschen Landesvermessungsbehörden folgender Arbeitsplan aufgestellt:

- a) Neubestimmung der Schwere von Potsdam-Harzburg durch Absolutmessungen; Absolutmessungen werden z. Z. vorbereitet von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig (Methode freier Fall), vom Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut in München (Fadenpendel) und vom Geodätischen Institut in Potsdam (Reversionspendelmessungen).
- b) Anschluß und Ausgleichung von Potsdam und Harzburg an das Weltschweregrundnetz.
- c) Schaffung einer deutschen gravimetrischen Basis mit folgenden Grundstationen: Flensburg, Harzburg, Weidenau, Karlsruhe, München, Regensburg und Berchtesgaden, wobei noch durch Messung der Verbindungen Potsdam-Harzburg und Potsdam-Regensburg durch das Geodätische Institut in Pots-

dam eine gleichwertige Eichbasis für Ostdeutschland geschaffen und so eine gemeinsame und „West“ und „Ost“ verbindende Schleife gemessen werden kann.

- d) Ausbau und Verdichtung des Potsdamer Pendelgrundnetzes (gegenseitiger Punktabstand etwa 100 km) zu einem „Deutschen Schweregrundnetz“.
- e) Schaffung eines Gravimeterrahmennetzes, dessen Linien vorzugsweise den Linien des deutschen Präzisions- oder Hauptnivelements folgen (Punktabstand 6–15 km).
- f) Beobachtung von Zwischennetzen. Diese Netze wurden mit einem Punktabstand von etwa 400–1000 m zwischen die Punkte des Rahmennetzes eingehängt.

Grundnetz und Rahmennetz geben die Grundlage für Geoidforschungen, Rahmennetz und Zwischennetz liefern die Unterlage für die Reduktion der nivellierten Höhenunterschiede und zur Berechnung orthometrischer und dynamischer Höhen sowie die Anschlußpunkte für die Firmengravimetrierungen zur Lagerstättenforschung. Umgekehrt soll auf diese Weise jede Gravimetrierung einen Baustein für den Aufbau eines einheitlichen nationalen Schwerenetzes abgeben, das sich zwanglos in das Weltschwerenetz einfügt.

Bei den Gravimetrierungen müssen nun die Strecken zur Erfassung des Ganges der Gravimeter mehrmals befahren werden. Um diese Befahrungen in erträglichen Grenzen zu halten (6–8 Befahrungen), bemühen wir uns, die Gravimetrierungen des Grund-, Rahmen- und Zwischennetzes möglichst gleichzeitig durchzuführen. Dies ist möglich, wenn nach einem genau vorgegebenen Plan beobachtet wird, bei dem das Zwischen- und Rahmennetz grundsätzlich den Linien des Präzisionsnivelements (Haupthöhenetz) folgt und wenn dabei die Messungen an möglichst viele Pendelpunkte des Pendelgrundnetzes angeschlossen werden. Zugleich müssen auch alle an den Messungslinien liegenden Seismospunkte mitbeobachtet werden. Auf diese Weise wird über die Zwischenpunkte zunächst das Rahmennetz erkundet und über das Rahmennetz fortschreitend das Grundnetz gravimetriert.

Die Gravimetrierungen werden in Norddeutschland vom Amt für Bodenforschung, in Hessen, Baden-Württemberg und Bayern

vom Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut und vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (unter Leitung des Geodätischen Instituts der Technischen Hochschule Stuttgart) durchgeführt, wobei von den Landesvermessungsämtern die notwendigen Einmessungen und Nivellierungen – die Höhen der Gravimeterpunkte werden mit einer Genauigkeit von ± 1 cm bestimmt – übernommen werden. Die Landesvermessungsämter stellen auch alle topographischen Karten für die Punktübersichten zur Verfügung.

Sämtliche Gravimetrierungen erfolgten seit 1951 mit Askania-Gravimetern (Konstruktion Dr. A. Graf, DGFI). Der Punkt- abstand der Zwischenpunkte beträgt durchschnittlich 800 m, die Genauigkeit der gemessenen Schweredifferenz gegenüber einem Bezugspunkt $\pm 0,2$ mGal. Die Hauptpunkte (im Rahmen- und Grundnetz) folgen in Abständen von 6–15 km. Schweredifferenzen werden im Rahmennetz mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 0,05$ mGal ermittelt. Für das Grundnetz wird eine Genauigkeit von $\pm 0,02$ mGal angestrebt. Um diese Genauigkeit zu erreichen, müssen die Gravimeter laufend untersucht und insbesondere Gang, Druck- und Temperatureffekte, Eichwerte und Eichwertkonstanz erforscht und die Beobachtungsverfahren weiter entwickelt werden.

Im einzelnen wurden vom LVA Baden-Württemberg 1951 bis 1953 rund 60 Nivellementslinien mit etwa 2300 km Länge und 2500 Punkten gravimetriert. Damit liegen bereits für ganz Baden-Württemberg das Rahmennetz und rund $\frac{3}{4}$ der Zwischennetze fertig vor. In Bayern wurden 1952–1953 auf insgesamt 1300 km Nivellementslinien 1400 Punkte gravimetriert, und wir rechnen damit, daß wir das Rahmennetz und die Zwischennetze in Bayern in etwa 4–5 Jahren fertig beobachten können. Gleichzeitig konnte das Amt für Bodenforschung große Teile des Rahmennetzes in Norddeutschland beobachten.

Weiter konnte noch die Eichbasis Flensburg-Harzburg-Weidenau-Karlsruhe-München-Regensburg, für die aus dem Jahre 1951 und 1953 eine Messung des Italieners Morelli mit 2 Worden-Gravimetern vorliegt, durch das Amt für Bodenforschung (Harzburg-Karlsruhe-München-Regensburg) und durch das DGFI (München-Regensburg) zum Teil gravimetriert werden. Die

Eichbasis bildet zugleich den tragenden Rahmen für das deutsche Grundnetz und gewährleistet seinen systematischen Aufbau.

Sämtliche Messungsergebnisse werden in einheitlichen Karteien (Schwerekartei) zusammengestellt und in Übersichtskarten 1:25000 eingetragen; die Reduktion der Beobachtungsergebnisse wurde vorbereitet.

Die DGK hat nicht nur wesentlichen Anteil an der Durchführung der Gravimetrierungen, sie nimmt auch Anteil an den Vorbereitungen der Absolutmessungen und an der Entwicklung neuer Gravimeter.