

Die Gesamtausgleichung des westeuropäischen und des mitteleuropäischen Präzisionsnivelements

Autor(en): **Baeschlin, C.F.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie**

Band (Jahr): **59 (1961)**

Heft 4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-216893>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

8. Adhésion de la SSP à la Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Kartographie.
9. Communications du comité et divers.

Après la partie administrative et pour conclure les rapports sur le congrès de photogrammétrie de Londres, M. le Dr H. Härry fera une causerie avec projections sur la ville du congrès et les délibérations en dehors des salles de conférences.

Pour cette deuxième partie les dames des membres y sont cordialement invitées.

Le comité

Die Gesamtausgleichung des westeuropäischen und des mitteleuropäischen Präzisionsnivellements

Von C. F. Baeschlin, Zollikon

Zu den wichtigsten Aufgaben der Internationalen Assoziation für Geodäsie gehören Gesamtausgleichungen von Triangulations- und Nivellementsnetzen, die sich über eine Mehrzahl von Ländern, wenn möglich über ganze Kontinente erstrecken. Die Lösung dieser Aufgabe war bereits Zielsetzung der im Jahr 1861 durch den preußischen General Bayer ins Leben gerufenen «mitteleuropäischen Gradmessung», aus der sich im Laufe der Jahrzehnte die Internationale Assoziation für Geodäsie entwickelt hat. Im Gegensatz zu vielen andern wissenschaftlichen Organisationen dient die Assoziation für Geodäsie nicht nur einem Austausch von Gedanken und Erfahrungen anlässlich von Kongressen oder in Publikationen, sie hat außerdem auch praktische Arbeit zu leisten, und zwar Arbeiten, die nur im Rahmen einer internationalen Organisation ausgeführt werden können. Seit Jahren befaßt sich die Assoziation mit den Gesamtausgleichungen der europäischen Triangulations- und Nivellementsnetze. Die Ausgleichung der europäischen Triangulation wird noch Jahre dauern, obwohl es in den beteiligten Ländern an Anstrengungen nicht fehlt, einheitliches Beobachtungsmaterial zu sammeln und Methoden für die sehr großen Rechnungen zu entwickeln. Dagegen steht die Ausgleichung des europäischen Nivellementsnetzes vor dem Abschluß. Die folgenden Ausführungen sollen einen Überblick über die aufgetretenen Probleme und über deren Behandlung geben.

Nachdem im September 1954 anlässlich des Internationalen Kongresses für Geodäsie und Geophysik in Rom der Begriff der geopotentiellen Kote (vergleiche den Aufsatz von C. F. Baeschlin, Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie, S. 191, 1960) klargestellt und als für die Ausgleichung von Nivellementsnetzen geeignet befunden worden war, konnte mit den Vorarbeiten für die Ausgleichung begonnen werden. Das Vorgehen wurde anlässlich von drei Symposien durch die Internationale Kommission für das europäische Nivellementsnetz festgelegt.

1. Symposium: Florenz, Mai 1955

An diesem Symposium nahmen von der Internationalen Assoziation für Geodäsie die folgenden europäischen Mitgliederländer teil: Belgien, Dänemark, Deutschland (Deutsche Bundesrepublik), Finnland, Frankreich, Großbritannien, Norwegen, Österreich, Schweden, die Schweiz, Spanien, die Türkei, Ungarn und Jugoslawien. Bei der Eröffnungssitzung wurde durch die anwesenden Delegierten einstimmig beschlossen, zu wissenschaftlichen Zwecken aus den Landesnetzen ein einheitliches Nivellementsnetz über Europa zu schaffen. Es sollte in der Art aufgebaut werden, daß die nationalen Netze der bei der Gründung nicht vertretenen Länder jederzeit ohne Schwierigkeiten hinzugefügt werden können.

Als Grundlage für das zu schaffende *europäische Nivellementsnetz*, *Réseau européen unifié de nivellement (REUN)* wurden die 1954 eingeführten *geopotentiellen Knoten* gewählt. Bis auf weiteres soll für die Schwerewerte das Potsdamer System ($g_{\text{Potsdam}} = 0.981274$ Kilogal) als Grundlage dienen.

Das REUN soll sich aus einer Anzahl von großen Polygonen zusammensetzen, deren Umfang grundsätzlich zwischen 500 und 1200 km liegt. Auf Grund der Vorschläge der Nationen stellte die Kommission ein Vorprojekt des REUN auf. Ihr Präsident, Dr. O. Simonsen, Dänemark, wurde beauftragt, das definitive Netz im Einvernehmen mit den Ländern bis Ende des Jahres 1955 festzulegen. Die Kommission beauftragte ihn zudem, die Maregraphen, die in das REUN einbezogen werden sollten, definitiv festzulegen.

Soweit möglich sollen die geopotentiellen Knoten aller Länder sich auf Schweremessungen längs der Nivellementslinien gründen. Nur ausnahmsweise sollen normale (sphäroidische) Schweremessungen verwendet werden. Jede definitive Berechnung darf sich nur auf direkt gemessene g oder auf g , welche durch Interpolation mittels genauer gravimetrischer Karten gewonnen werden, stützen. Die mittleren Fehler dieser Bestimmungen sollen 10^{-4} u.g.p. für eine Nivellementsstrecke von 1 km nicht übersteigen. Man kann aber das Doppelte dieser Werte tolerieren, wenn die g -Werte aus gravimetrischen Karten entnommen sind und wenn das Gelände mittelmäßig oder stark bewegt ist. Die Entfernung der Fixpunkte, in denen g beobachtet werden soll, wurde festgelegt

in ebenem Gebiet	auf 2 bis 3 km,
in mittelmäßig bewegtem Gebiet	auf 1 bis 2 km,
in stark bewegtem Gebiet	auf 0,3 bis 0,5 km.

Es wurde empfohlen, eine Untersuchung der Genauigkeit der Schweremessungen vorzunehmen. Sie sollte sich auf den Bericht von Prof. Dr. K. Ramsayer, *Beiträge zu der Fehlertheorie der Schwerereduktion von Nivellements*, Sonderheft Nr. 1 der (deutschen) Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart 1954, stützen.

Die Kommission legte fest, was für Dokumente dem Zentralbüro der Assoziation abzuliefern seien. Besonderer Wert wurde der Angabe

des mittleren quadratischen Fehlers der Nivellementslinien (t) und der Gewichte nach der Formel $P = \frac{100}{L}$ (L in km) bemessen.

Die Ausgleichung des *Nivellementsnetzes über Mittel-, Süd- und Südosteuropa* soll gleichzeitig nach drei verschiedenen (aber äquivalenten) Methoden durchgeführt werden:

1. durch die Deutsche Geodätische Kommission nach der Methode der sukzessiven Näherungen;
2. durch das Nationale Geographische Institut von Frankreich nach der Methode der vermittelnden Beobachtungen und der Gruppenmethode;
3. durch die Technische Hochschule von Delft nach der Methode von Mr. Waalewijn.

Die Ausgleichung des *nordeuropäischen Netzes*, das nur durch eine einzige Linie mit dem zentralen Block verbunden ist, wird dem Geodätischen Institut von Finnland übertragen.

Sämtliche geopotentiellen Koten werden auf Grund der Elemente des Fundamentalpunktes von Amsterdam berechnet, so daß eine freie Ausgleichung entsteht.

Die Internationale Nivellementskommission hat ferner folgende Beschlüsse gefaßt:

Der wissenschaftliche Wert der Ergebnisse, welche durch diese erste Gesamtberechnung des REUN entsteht, ist ersichtlich stark beeinträchtigt durch die Heterogenität der europäischen Netze. Es scheint, daß im allgemeinen die Genauigkeit der Messungen in allen Ländern dank der seit langem verwirklichten Vereinheitlichung der Instrumente und der Methoden gleichartig ist. Anders verhält es sich mit den Daten, welche von den verschiedenen Ländern geliefert werden. Die Beobachtungen sind über sechzig Jahre verteilt, und es besteht daher die Möglichkeit von Bodenbewegungen in diesem Zeitraum, die nicht erkannt und eliminiert werden konnten.

Man muß sich daher darüber klar sein, daß die vorliegende Gesamtberechnung nur als eine erste Phase zu bewerten ist. Die Internationale Nivellementskommission spricht daher die folgenden Wünsche aus:

a) Daß das REUN innerhalb eines jeden Landes als Netz erster Ordnung von internationalem Charakter behandelt wird. Es sind daher einzelne Sektionen, die als mangelhaft oder als zu sehr veraltet erkannt werden, gemäß internationalen Abmachungen unter den Auspizien der AIG neu zu beobachten.

b) Daß bei Gelegenheit derartiger neuer Beobachtungen besondere Sorgfalt auf die Auswahl der Hauptfixpunkte gelegt wird und daß gleichzeitig den Phänomenen geologischer Natur und der mechanischen Bodenbewegungen Rechnung getragen wird.

c) Daß Methoden studiert werden, die gestatten, auf Grund der allgemeinen Ergebnisse des REUN Höhenbewegungen gewisser Gebiete, im speziellen der Niederlande und der skandinavischen Halbinsel, in

bezug auf das mittlere Niveau der Meere festzustellen. In besonderen Fällen sollen spezielle Untersuchungen unter den Auspizien der AIG unternommen werden, um gewisse Voraussetzungen dieser Probleme, die für verschiedene Länder von hoher Bedeutung sind, zu präzisieren.

d) Die Kommission regt an, daß die bereits vorhandenen Installationen an den maregraphischen Stationen des REUN vervollständigt und daß die Beobachtungen an diesen Apparaten sehr regelmäßig ausgeführt werden. Diese Beobachtungen sollten soweit möglich durch Studien über die lokalen Bedingungen, unter denen Flutwellen in der Umgebung der maregraphischen Stationen entstehen, ergänzt werden.

2. Symposium: Kopenhagen, Juni 1957

Um die Gleichartigkeit der Berechnung zu gewährleisten, wurden Weisungen erteilt. Für die Untersuchung über Küstenhebungen im nördlichen Block wurde eine einheitliche Reduktion auf das Datum von 1944.0 vorgeschlagen, wogegen am früher festgelegten Datum von 1950.0 für die Maregraphen festgehalten wurde.

Die bisher ausgeführten Berechnungen erstrecken sich auf ein Netz, das bedeutende Unvollkommenheiten aufweist. Man darf sie nur als eine erste Etappe einer allgemeinen europäischen Ausgleichung betrachten, welcher ohne Aufschub weitere Arbeiten derselben Art folgen sollen.

Es werden daher die nachstehenden Maßnahmen für eine nahe Zukunft in Aussicht genommen:

a) Wo die Rechenbüros die Schweremessungen beanstanden, sollen die wahren Werte der g oder solche, die aus Isanomalkarten stammen, verwendet werden. Diese Forderung wird speziell für gebirgiges Gelände oder für Stellen mit schnell und unregelmäßig veränderlichen Anomalien erhoben.

b) In gewissen Fällen sind Verbesserungen am internationalen Netz vorzusehen, sei es durch teilweise Wiederholung von Messungen oder durch Einführung von ergänzenden Querverbindungen.

c) Die Rechenbüros werden die Berechnung der Ausgleichung so organisieren, daß ein späteres Einbeziehen neuer Daten oder die Einfügung von sukzessiven Berichtigungen zu einem Minimum von Rechenaufwand führen.

d) Die Existenz eines einheitlichen europäischen Nivellementsnetzes wird ihre große Bedeutung für die Zukunft nur dann behalten, wenn die Messungen der verschiedenen Abschnitte von allen interessierten Nationen in einem sehr kurzen Zeitintervall wieder aufgenommen werden. Nach einem Intervall, das beim gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse auf zwanzig Jahre festgesetzt werden kann, sollte dann innerhalb einer kurzen Frist von allen Ländern eine Abschlußbeobachtung ausgeführt werden. Diesem Ziel sollten die Anstrengungen der AIG gelten. Erst nachdem dieses Ziel erreicht ist, kann man die Wirkung von Bewegungen der Erdkruste mit Sicherheit feststellen, und erst dann kann man mit

Sicherheit aussagen, ob die Binnenmeere, von denen die Küsten Europas umspült werden, ein einheitliches Niveau aufweisen.

e) Die Hauptversammlung der Internationalen Assoziation für Geodäsie in Toronto im Jahr 1957 hat durch die UGGI (Union für Geodäsie und Geophysik) Wünsche und Beschlüsse an die Länder Europas gerichtet, daß das jetzt begonnene europäische Nivellementsnetz dadurch erweitert werden solle, daß:

- die Nationen, welche an den früheren Sitzungen der Internationalen Nivellementscommission teilgenommen, aber bis jetzt keine Messungen abgegeben haben, dies in der nächsten Zukunft tun mögen, um das REUN weiter auszudehnen;
- die Länder Europas, welche sich nicht an den Sitzungen der Internationalen Nivellementscommission beteiligt haben, im Hinblick auf das wachsende Interesse an einem über den ganzen Kontinent ausgedehnten REUN sich den Arbeiten anschließen.

3. Symposium: Liverpool, Oktober 1958

Dieses Symposium war der Frage über das mittlere Niveau der Meere des westlichen Europas gewidmet. Auf Grund der bisherigen Ergebnisse haben die Ozeanographen und die Geodäten eine offene Aussprache darüber durchgeführt, ob die festgestellten Niveaudifferenzen der Maregraphen auf Realität beruhen oder ob sie nur scheinbar sind. Eine Entscheidung über diese Frage wird erst die Wiederholung der Nivellements- und Schweremessung zutage bringen. Aus den Äußerungen der Ozeanographen und der Geodäten ziehe ich den Schluß, daß Niveaudifferenzen der verschiedenen Mittelwasser um Europa herum bestehen, daß aber die Beträge der Differenzen wahrscheinlich kleiner sind, als sie heute bestimmt worden sind. Wir Geodäten haben stets darauf hingewiesen, daß bei langen Nivellements sich systematische Fehler zeigen. Daraus müssen wir schließen, daß das Präzisionsnivellement auf größere Entfernungen nicht eine so große Genauigkeit aufweist, wie aus der Fehlerrechnung geschlossen wird. Wir wollen im jetzigen Stand der Untersuchungen keine definitiven Schlüsse ziehen. Dagegen ist es sehr interessant, aus den provisorischen Ergebnissen der Tabelle einige Schlüsse zu ziehen.

*Zusammenfassende Tabelle
der maremetrischen Stationen des REUN*

Nr.	Land	Hafen	Meer	Apparat	Höhe REUN	Geopot. Kote
1	Finnland	Hamina	Finn. Golf	Maregraph	0,256	0,251
2	Finnland	Helsinki	Finn. Golf	Maregraph	0,217	0,213
3	Finnland	Hanko	Finn. Golf	Maregraph	0,229	0,224
4	Finnland	Turku	Bottn. Busen	Maregraph	0,230	0,226
5	Finnland	Rauma	Bottn. Busen	Maregraph	0,247	0,243
6	Finnland	Mantyluoto	Bottn. Busen	Maregraph	0,245	0,241

Nr.	Land	Hafen	Meer	Apparat	Höhe REUN	Geopot. Kote
7	Finnland	Kaskinen	Bottn. Busen	Maregraph	0,247	0,242
8	Finnland	Vaasa	Bottn. Busen	Maregraph	0,248	0,244
9	Finnland	Pietersaari	Bottn. Busen	Maregraph	0,239	0,234
10	Finnland	Raahe	Bottn. Busen	Maregraph	0,247	0,243
11	Finnland	Oulu	Bottn. Busen	Maregraph	0,271	0,266
12	Finnland	Kemi	Bottn. Busen	Maregraph	0,278	0,273
13	Schweden	Furuogrund	Bottn. Busen	Maregraph	0,248	0,244
14	Schweden	Ratan	Bottn. Busen	Maregraph	0,171	0,168
15	Schweden	Stockholm	Ostsee	Maregraph	0,141	0,138
16	Schweden	Varberg	Kattegatt	Maregraph	—0,041	—0,040
17	Schweden	Smögen	Kattegatt	Maregraph	—0,078	—0,076
18	Norwegen	Nevlunghavn	Skagerrak	Maregraph	—0,062	—0,061
19	Norwegen	Tregde	Skagerrak	Maregraph	—0,116	—0,113
20	Norwegen	Bergen	Atlantik	Maregraph	—0,060	—0,059
21	Norwegen	Heimsjö	Atlantik	Maregraph	—0,079	—0,077
22	Norwegen	Narvik	Atlantik	Maregraph	—0,010	—0,010
23	Norwegen	Tromsö	Atlantik	Maregraph	—0,112	—0,110
24	Dänemark	Hornbaek	Kattegatt	Maregraph	—0,056	—0,055
25	Dänemark	Kopenhagen	Sund	Maregraph	—0,015	—0,014
26	Dänemark	Korsor	Gr. Belt	Maregraph	—0,036	—0,035
27	Dänemark	Slipshavn	Gr. Belt	Maregraph	—0,062	—0,061
28	Dänemark	Fredericia	Kl. Belt	Maregraph	—0,089	—0,087
29	Dänemark	Esbjerg	Nordsee	Maregraph	—0,038	—0,037
30	Deutschland	Travemünde	Ostsee	Maregraph	—0,080	—0,079
31	Deutschland	Kiel	Ostsee	Maregraph	—0,080	—0,079
32	Deutschland	Cuxhaven	Nordsee	Maregraph	+0,028	+0,027
34	Holland	Den Helder	Nordsee	Maregraph	—0,090	—0,088
0	Holland	Normal Amsterdam Peil		Maregraph	±0,000	±0,000
35	Belgien	Ostende	Nordsee	Maregraph	—0,148	—0,145
36	Frankreich	Cherbourg	Kanal	Médimarémètre	—0,174	—0,171
37	Frankreich	Brest	Atlantik	Maregraph	—0,015	—0,015
38	Frankreich	La Pallice	Atlantik	Médimarémètre	+0,006	+0,006
39	Frankreich	St-Jean-de Luz	Atlantik	Médimarémètre	+0,143	+0,140
46	Frankreich	Port-Vendres	Mittelmeer	Médimarémètre	—0,223	—0,219
47	Frankreich	Marseille	Mittelmeer	Maregraph	—0,173	—0,170
60	Spanien	Vigo	Atlantik	Maregraph	+0,265	+0,261
44	Spanien	Cadiz	Atlantik	Maregraph	+0,188	+0,184
61	Spanien	Malaga	Mittelmeer	Maregraph	+0,032	+0,031
45	Spanien	Alicante	Mittelmeer	Maregraph	—0,035	—0,034
42	Portugal	Cascais	Atlantik	Maregraph	+0,143	+0,140
48	Italien	Genua	Mittelmeer	Maregraph	—0,336	—0,329
49	Italien	Venedig	Adria	Maregraph	—0,298	—0,292
50	Italien	Triest	Adria	Maregraph	—0,337	—0,330

Auf Grund der Tabellenwerte bilde ich die folgenden 7 Gruppen:

1. Gruppe: 12 finnische Punkte und 1 schwedischer Punkt Furuogrund
Mittel $+0.246_3 \pm 0.016_{.31}$
2. Gruppe: 2 schwedische Punkte Mittel $+0.156 \pm 0.021_2$
3. Gruppe: 2 Skagerrak- und 3 Kattegattpunkte Mittel $+0.076_6 \pm 0.028_6$
4. Gruppe: (Sund, Großer Belt, Kleiner Belt, Nordsee und Ostsee)
Mittel $-0.0796 \pm 0.048_6$
5. Gruppe: Südatlantik Mittel $+0.119_3 \pm 0.105_5$

6. Gruppe: Nordatlantik Mittel — 0.064 ± 0.041₆
7. Gruppe (Mittelmeer) unter Weglassung von Malaga und Alicante
Mittel — 0.268₀ ± 0.710

Ich habe Cuxhaven bei der Gruppierung weggelassen.

Wenn man sämtliche Maregraphen (inklusive den Ausgangspunkt Amsterdam, Normal Amsterdam Peil, mit einer geopotentiellen Kote 0.000) zu einem einzigen Mittel von 49 Punkten zusammenzieht, erhält man + 0.029 653 Kgal m mit einem mittleren Fehler von ± 0.133₅. Der mittlere Fehler ist größer als das Mittel.

Da ich den südatlantischen Maregraphen das größere Vertrauen entgegenbringe, weil ich im Norden einen störenden Einfluß des Golfstromes vermute, erhalten wir die Höhe zu + 0.119₃ u. g. p. gegenüber dem Amsterdamer Peil. Das ist meines Erachtens das provisorische Resultat der Niveaubestimmung aus dem Ozean. Wir müssen dieses Resultat vom Maregraphenergebnis für Amsterdam Peil subtrahieren.

Damit erhalten wir die geopotentielle Kote für den schweizerischen Nivellementsfixpunkt Repère de Nivellement Pierre du Niton, dessen ausgeglichenes Resultat, bezogen auf den Amsterdamer Pegel, beträgt: 366.278₄ u. g. p.

Das gibt die orthometrische Höhe für Pierre du Niton (bezogen auf Amsterdam) von 373.535 m. Die provisorische Höhe von Pierre du Niton gegenüber dem Ozean wird: 373,4036 m. Das Resultat von Dr. Hilfer war 373,585 m.

Zum Schlusse möchte ich noch angeben, welche Linien des eidgenössischen Präzisionsnivellements bei der Ausgleichung des REUN verwendet wurden:

1. Die vereinigten Polygone 1, 2, und 3, nämlich Lausanne–Olten–Luzern–Hospental–Brig–Lausanne.

2. Die vereinigten Polygone 4, 5 und 6: Olten–Schaffhausen–St. Margrethen–Landquart–Reichenau–Andermatt–Luzern–Olten.

Ferner wurden die Strecken: St-Louis–Basel–Olten; Schaffhausen–Bietingen; Landquart–Süs–Martinsbruck–Vinadi; Andermatt–Bellinzona–Chiasso–Como und Lausanne–Pierre du Niton–Moille-sullaz verwendet.

Da das Resultat der neuen Ausgleichung des REUN noch etwa fünf und zwanzig Jahre auf sich warten läßt, werden die kleinen Änderungen der Meereshöhen oder der Gebrauchshöhen erst nach dieser Frist vorgenommen werden müssen.

Daß wir vor fünf Jahrzehnten die Korrektur der Höhen vorgenommen haben, macht sich jetzt bezahlt.