

Q  
592.6(50)

59. 593

DEUTSCHE GEODATISCHE KOMMISSION  
bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

---

Reihe B: Angewandte Geodäsie — Heft Nr. 59

Das Potsdamer Schweresystem,  
seine vollständige Definition und seine  
richtige Übertragung

Von E. Rieckmann und S. German



München 1957

---

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften  
in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung, München

40

Adresse der Deutschen Geodätischen Kommission:

DEUTSCHE GEODÄTISCHE KOMMISSION

München 2, Arcisstraße 24

Copyright 1957 by Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, München.  
Alle Rechte vorbehalten. Ohne Genehmigung der Herausgeber ist es nicht gestattet,  
die Veröffentlichung oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie)  
zu vervielfältigen.

Gründungsvertrag: Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a. M.

## Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung . . . . .	5
2. Das Potsdamer Schweresystem . . . . .	5
2.1 Das Wiener System . . . . .	5
2.2 Die Absolutmessung von Kühnen und Furtwängler . . . . .	6
2.3 Das Potsdamer Schweresystem . . . . .	7
2.4 Die weitere Entwicklung . . . . .	10
2.41 Neuere Messungen und Bearbeitungen . . . . .	10
2.42 Der heutige Stand des Potsdamer Systems . . . . .	10
3. Die Höhe der Referenzpunkte . . . . .	11
3.1 Der Referenzpunkt beim Pendel . . . . .	11
3.2 Die Höhe des Referenzpunktes bei Kühnen und Furtwängler . . . . .	11
3.3 Die Höhe der Referenzpunkte bei Berroth . . . . .	12
3.4 Die Höhe des Referenzpunktes in Teddington . . . . .	15
3.5 Die Höhe des Referenzpunktes in Washington . . . . .	13
3.6 Die Höhe der Referenzpunkte bei neueren Absolutmessungen . . . . .	14
3.7 Der Einfluß der Schwerezeiten auf die Messungen mit dem Reversionspendel . . . . .	14
3.8 Ephemeridenzeit . . . . .	15
4. Die Schwereübertragung auf den Potsdamer Referenzpunkt . . . . .	15
4.1 Einleitung . . . . .	15
4.2 Beispiele für Anschlußmessungen . . . . .	15
4.3 Der Referenzpunkt in Potsdam für das Wiener Schweresystem . . . . .	17
4.4 Verbesserungsvorschläge . . . . .	16
4.5 Der Anschluß am Potsdamer Referenzpunkt . . . . .	19
4.51 Die Hilfspunkte im Geodätischen Institut . . . . .	19
4.52 Der Anschluß nach Bad Harzburg . . . . .	19
4.53 Der Anschluß nach Teddington und Washington . . . . .	20
5. Schluß . . . . .	22
6. Zusammenfassung . . . . .	23
7. Anhänge . . . . .	25
Anhang 1 bis Anhang 5, Tabelle 1 bis Tabelle 9	
Literaturverzeichnis . . . . .	32

# Das Potsdamer Schweresystem, seine vollständige Definition und seine richtige Übertragung

Von E. Bredemann und S. German

## 1. Einleitung

Gegenwärtig sind an mehreren Orten der Erdoberfläche absolute Schweremessungen im Gange. Die Ergebnisse sollen u. a. als Grundlage für die Festlegung eines neuen und einheitlichen Schweresystems dienen. Hiermit verknüpft ist das Problem, die Schwerewerte des seither üblichen Potsdamer Schweresystems auf das neue Schweresystem zu beziehen.

Bei der Untersuchung der Schwerübertragung nach Potsdam fanden wir, daß einige Zwischenübertragungen vervollständigt oder bestätigt werden müssen und daß sogar die Definition des Potsdamer Schweresystems mindestens hinsichtlich der Höhe des Referenzpunktes unvollständig ist.

Diese Feststellungen veranlaßten uns, die tatsächliche Höhe, für welche der von Kühnen und Furtwängler gemessene Schwerewert gilt, zu berechnen. Auch für die Schweredifferenzen zwischen den Hilfspunkten im Potsdamer Geodätischen Institut und dem Referenzpunkt von Kühnen und Furtwängler ermittelten wir neue Werte, die wir jedoch als vorläufige ansehen.

Ähnliche Schwierigkeiten hinsichtlich der Referenzpunkte und der Übertragungen fanden wir auch bei anderen Absolutstationen.

Das Ergebnis der genannten Untersuchungen führte uns dazu, folgende Forderungen aufzustellen:

1. Aufstellung einer Definition des Potsdamer Schweresystems, wobei es hauptsächlich auf die Festlegung der Höhe des Referenzpunktes ankommt.
2. Ermittlung der Schweredifferenzen zwischen dem Potsdamer Referenzpunkt und den Hilfspunkten im Geodätischen Institut mit Gravimetern.
3. Auch für die anderen absoluten Schwerstationen sollen entsprechende Untersuchungen angestellt und die Ergebnisse vollständig veröffentlicht werden.

## 2. Das Potsdamer Schweresystem

### 2.1 Das Wiener System

Vor dem Potsdamer Schweresystem galt das von Helmer [1] [2] eingeführte Wiener Schweresystem. Es war definiert (Helmer [2], Seite 375):

Pendelpfeiler des militär-geographischen Instituts in Wien,  $g = 980,876 \text{ cm sec}^{-2}$

Als gut gesicherte Anschaffstation wird bei Helmer [2], Seite 574,

Potsdam, Geodätisches Institut,  $g = 981,290 \text{ cm sec}^{-2}$ ;  $H = 87 \text{ m}$

angegeben. Welcher Punkt hiermit gemeint ist, bleibt unklar (s. Abschnitt 4.5).

## 2.2 Die Absolutmessung von Kühnen und Furtwängler

Über die Festlegung des Potsdamer Schweresystems finden sich verschiedene Angaben in der Literatur, teilweise wohl auch mit Druckfehlern. Wir haben daher nochmal die Originalquellen untersucht, deren wesentliche Stellen wir im folgenden in Auszügen bringen.

Kühnen und Furtwängler [5] geben auf Seite 380 als Schlussergebnis ihrer absoluten Schwermessung an:

Im Pendelsaal des Geodätischen Instituts zu Potsdam,  $52^{\circ} 22,86'$  nördlicher Breite,  $15^{\circ} 4,06'$  östlicher Länge von Greenwich,  $87 \text{ m}$  über dem Meeresniveau, fanden wir die Länge des einfachen Sekundenpendels  $\approx 994,359 \pm 0,005 \text{ mm}$  und die Beschleunigung der Schwerkraft  $\approx 981,274 \pm 0,005 \text{ cm sec}^{-2}$ .

Auf den Seiten 1 bis 7 war der Ort der Schwermessung bereits genauer beschrieben worden:

§ 1. Der Beobachtungsraum „Pendelsaal“ des Geodätischen Instituts, liegt im Erdgeschoß des Gebäudes, rings umgeben von Beobachtungsräumen oder Flur und Besuchsziimmern; darüber liegt ein ungeheiztes Bibliothekszimmer. Infolge dieser Lage sind Temperaturänderungen im Saal überhaupt gering, und der zeitliche Gradient der Temperatur ist sehr klein.

Die Innenmaße des Raumes sind  $6 \times 6 \text{ m}$  Bodenfläche und  $5 \text{ m}$  Höhe. Begrenzt wird der Raum von  $1 \text{ m}$  dicken Ziegelsteinwänden, die von zahlreichen Ventilatorkanülen durchzogen sind. Nach innen ist das Mauerwerk der Wände, und ebenso die Decke, mit zwei Wellblechwänden bekleidet, deren Zwischenraum  $0,5 \text{ m}$  beträgt.

Unter dem ganzen Pendelsaal befindet sich in Verbindung mit dem Fundamentmauerwerk des Gebäudes ein Pfeilerfundament, in dessen Mitte ein kleiner Heizraum mit schwachem Zugang ausgepart ist. Der Fußboden des Saales besteht aus Eisenplatten und ruht auf starken I-Trägern, die in die Seitenmauern des Saales eingelassen sind. Die Pfeiler im Saal sind von dem Fußboden isoliert. In dem Heizraum befinden sich 16 starke Gasheizkessel (Bunsen-Brenner), gegen deren direkte Einwirkung der Fußboden durch geeignete Isolation geschützt ist. Der Heizraum steht unmittelbar mit dem Zwischenraum der Wellblechwände in Verbindung, so daß die heiße Luft den ganzen Pendelraum umspülen kann. Diese Methode der Heizung hat sich sehr gut bewährt, da der Höhengradient im Räume bei der Heizung nur  $0,05^{\circ}$  pro Meter beträgt, während im ungeheizten Zustand der Gradient  $0,25^{\circ}$  ausmacht ...

§ 2. Beobachtungspfeiler, Pendelstativ, Pendelschrank usw. Auf dem Pfeilerfundament unter dem Pendelsaal erheben sich in den vier Ecken, und zwar  $2\text{--}3 \text{ m}$  von der Mauercke in der Diagonallrichtung entfernt, den Fußboden durchbrechend, Beobachtungspfeiler aus Sandstein. Zwei schwere Pfeiler sind dazu bestimmt das Pendelstativ für die absoluten Schwerkraftbestimmungen zu tragen. Der Raum zwischen den beiden Pfeilern hat einen Querschnitt von  $60 \times 60 \text{ cm}$ , die Pfeiler ragen  $1,5 \text{ m}$  über den Fußboden des Pendelsaales, ihr Querschnitt ist oben  $40 \times 60 \text{ cm}$  und in der Höhe des Fußbodens  $60 \times 60 \text{ cm}$ . Diese Pfeiler stehen in der Nordostecke des Raumes, ihr gemeinsames Fundament reicht bis zum Fußboden des Saales und ist oben durch eine Holzbekleidung abgedeckt. Innen sind die Pfeiler mit Holzrahmen bekleidet; der Zwischenraum wird vorn und hinten durch je eine Rahmentür und oben durch eine Kappe aus Holzrahmen geschlossen ...

... Ein schweres, eisernes, dreieckiges Gußstück dient als Stativ für die Pendelaufhängung. Ein Eckpunkt desselben ruht auf dem nördlichen Pfeiler und wird durch eine starke Schraube fest auf den Pfeiler geklemmt. Die beiden anderen Eckpunkte ruhen auf dem südlichen Pfeiler und

können je durch eine Schraube in ihrer Höhenlage reguliert werden, so daß die eigentliche Pendelaufhänge horizontal gestellt werden kann.

Auch diese beiden Eckpunkte werden, wenn ihnen die richtige Höhe gegeben worden ist, durch ein darüber liegendes Eisenstück und eine Schraube gemeinsam fest auf den Pfeiler gedrückt. So ist das eiserne Stativ stark mit den Pfeilern verbunden. Die Form des Statives wird im wesentlichen aus Fig. 6, Taf. II, ersichtlich. Die kleine Dreiecksseite zwischen den Eckpunkten auf dem südlichen Pfeiler ist rund 40 mm, die beiden großen Seiten sind je 75 mm lang. Die stärkste Dicke haben die Ringe A und B, nämlich 54 mm, der eigentliche Dreifußkörper hat 45 mm und die Verstärkungsrippen 12 mm Dicke.

... Die eigentliche Pendelkonsole, auf der die Pendel schwingen, wird durch eine eiserne Brücke gebildet, Fig. 7, Taf. III, die auf den Ring B des Statives gelegt wird ...

... Zu dem Stativ gehören zwei Konsolen, die sich durch ihre Höhe und Breite unterscheiden. Auf der kleineren Konsole konnten sämtliche fünf Pendel, die uns zur Verfügung standen, schwingen, während die höhere und stärkere Konsole hauptsächlich für die drei schwereren Pendel bestimmt war. In der Mitte jeder Brücke ist ein Aufsatz, in dem ein Achtszahn von  $60 \times 15 \times 7$  mm eingepreßt ist. Die Form der kleineren Konsole ist aus Fig. 7, Taf. III, ersichtlich. Die Dimensionen der Brücke sind für die höhere Konsole: 190 mm Länge, 32 mm Breite und 90 mm Höhe, für die kleinere Konsole sind die entsprechenden Zahlen 180 mm, 17 mm und 96 mm ...

Die geographischen Koordinaten für die Drehachse der Pendel sind:

$53^{\circ} 22',86$  nördliche Breite,  
 $13^{\circ} 4',86$  östliche Länge von Greenwich,  
87,88 m über N. N.

Die genaue Beschreibung wurde von Kühnen und Furtwängler [5] durch die Figuren der Tafel I unterstützt (vgl. unsere Abbildung, Seite 9).

Aus obigen Angaben von Kühnen und Furtwängler [5] ergibt sich folgende Beschreibung der Lage des Referenzpunktes:

Punkt in der Mitte zwischen dem Pfeilerpaar in der Nordostecke des Pendelsaales im Erdgeschloß des Geodätischen Instituts in Potsdam,

$\varphi = 52^{\circ} 22,95'$  n. B. (angenähert),  $\lambda = 13^{\circ} 04,66'$  ö. L. (angenähert),  $H = 87$  m ü. N. N.

Die Koordinaten sind mit einer Genauigkeit angegeben, die zwar nicht gestattet, den Referenzpunkt auf  $\pm 1$  cm zu rekonstruieren, die aber der damaligen Genauigkeit der Schwermessung entspricht. Dies gilt insbesondere für die Abroundung der Höhenangabe auf ganze Meter. Aus den Angaben von Kühnen und Furtwängler läßt sich noch errechnen, daß die Pfeileroberfläche etwa 87,4 m ü. N. N. (87,48 m — 0,04 m Stativhöhe — 0,05 m Konsolenhöhe), der Fußboden des Pendelsaales etwa 85,9 m ü. N. N. (87,4 — 1,5 m Pfeilerhöhe) liegt.

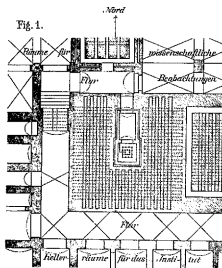
In Anhang 1 und 2 (Seite 25) sind einige Angaben für die Beschreibung des Meßortes von Kühnen und Furtwängler [5] aus der Literatur zusammengestellt. In Anhang 3 (Seite 24) werden einige Ortsangaben des Referenzpunktes in Potsdam während der Gültigkeit des Wiener Systems wiedergegeben.

### 2.3 Das Potsdamer Schweresystem

Das Potsdamer Schweresystem wurde von Helmert [4] durch seinen Bericht über die Schwerebestimmungen auf der 5. Sitzung der 16. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung eingeführt:

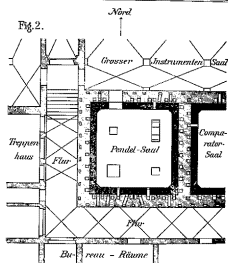
... Für den Bericht in den Verhandlungen ist eine Zusammenstellung aller Ergebnisse in Aussicht genommen. Die hierzu nötige Ableitung der Reduktionen auf ein gemeinsames System hat

Fig. 1.



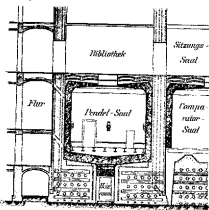
Horizontalschnitt durch das Kellergeschoss.

Fig. 2.



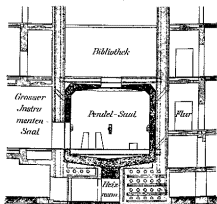
Horizontalschnitt durch das Erdgeschoss.

Fig. 3.



Vertikalschnitt West-Ost.

Fig. 4.



Vertikalschnitt Nord-Süd.

Herr Professor BORRASS bereits ausgeführt. Aus den absoluten Bestimmungen ergibt sich für das bisher benutzte „Wiener System“ eine Korrektur von  $-0,016$  cm. So etwa verlangt es auch die ungedruckte Berechnung der absoluten Bestimmungen Opperla's in Wien selbst, welche nach vorläufiger Berechnung auch dem Wiener System zu Grunde gelegt worden war. Die Zahlen entsprechen denn auch der Gesamtheit aller absoluten Bestimmungen und werden von uns als „Potsdamer System“ bezeichnet ...

Auf der 6. Sitzung wurde das Protokoll über die 5. Sitzung verlesen und genehmigt ([4], Seite 116).

Die Ausführungen Helmer's [6] gründen auf den von BORRASS [5], [6] zusammengestellten Bericht, in dem die Reduktion der damals bekannten relativen Schweremessungen auf das neue Niveau durchgeführt ist. BORRASS [6] zitiert auf Seite 2 das Schlußergebnis von KÜHNEN und FURTWÄNGLER [5], das wir oben bereits wiedergegeben haben, und schreibt dann auf Seite 3:

... Aus dem gesamten bis 1906 entstandenen Beobachtungsmaterial lassen sich jetzt — wenigstens für einen Teil des Hauptnetzes — schärfere Beziehungen zwischen den verschiedenen Beobachtungsreihen ableiten; und da Potsdam sowohl mit Wien als auch mit zahlreichen anderen Hauptstationen durch relative Messungen bereits so sicher verbunden ist, daß künftig hinzutretende Verbindungen wohl kaum noch eine Änderung von  $\pm 0,001$  cm  $\text{sec}^{-2}$  in dem ermittelten Schwereunterschied Potsdam—Wien herbeiführen können, so erscheint es uns hinlänglich gerechtfertigt, auf das gegenwärtig wohl am besten begründete Potsdamer System überzugehen und alle schon vorhandenen und künftig hinzukommenden relativen Messungen auf die Potsdamer Fundamentalkonstante zu beziehen. Diesen Übergang, soweit und so streng er zur Zeit (1907) möglich ist, habe ich durch eine Netzangleichung zu erreichen versucht, deren Ergebnis ich im folgenden kurz mitteilen werde ...

In der anschließenden Angleichung setzt BORRASS [6] als „Potsdamer Fundamentalkonstante“

$$g = 981,274 \text{ cm sec}^{-2}$$

in der Bedeutung, daß dieser Wert exakt gilt ([6], Seite 6 u. 23). Die Höhe wird mit 87 m angegeben. Ferner gibt BORRASS [6], Seite 26, an, daß die Schwerewerte im Wiener System durch die Korrektur

$$-16 \text{ mGal}$$

in das Potsdamer System umzurechnen sind.

Was ergibt sich aus dem Vorstehenden für die Definition des Potsdamer Schweresystems?

1. Es besteht kein Zweifel daran, daß auf Grund des Meßwertes von KÜHNEN und FURTWÄNGLER [5],

$$g = 981,274 \pm 3 \text{ mGal},$$

die „Potsdamer Fundamentalkonstante“ exakt

$$g = 981,274 \text{ mGal}$$

gesetzt wurde.

2. Es liegt kein internationaler Beschluß vor, daß die von KÜHNEN und FURTWÄNGLER [5] auf ganze Meter abgerundete Höhe

$$H = 87 \text{ m ü. N. N.}$$

als exakte Höhe des Referenzpunktes anzusehen ist.

3. Ebenso liegt kein internationaler Beschluß vor, daß die von KÜHNEN und FURTWÄNGLER [5] auf  $0,01'$  angegebenen geographischen Koordinaten die exakten Koordinaten des Referenzpunktes sein sollen.
4. Es spricht nichts gegen die Annahme, daß die Begründer des Potsdamer Schweresystems den exakten Schwerewert mit dem tatsächlichen Referenzpunkt verbunden dachten.



## 2.4 Die weitere Entwicklung

### 2.41 Neuere Messungen und Bearbeitungen

1. Die absoluten Schweremessungen von Heyl und Cook [7] in Washington, Clark [8] in Teddington, Valet [9] in Paris und Agalietzki und Egorov [10] sowie Martinsynak [25] in Leningrad haben für den Ort der Messung von Kühnen und Furtwängler [5] etwa um 10 bis 30 mGal kleinere Werte ergeben (s. Tabelle 1, Seite 27).
2. Die Auswertungen von Kühnen und Furtwängler [5] wurden von Dryden [11], Berroth [12] und Jeffreys [13] nochmal kritisch überarbeitet. Am Endresultat wurden Korrekturen von 9 bis 12 mGal angebracht (s. Tabelle 2, Seite 28).
3. Auch die Messungen von Heyl und Cook [7] sowie Clark [8] wurden von Jeffreys [14] und Berroth [12] nachträglich korrigiert (s. Tabelle 1, Seite 27).
4. Berroth [12] und Jeffreys [14] gaben für den Bezugspunkt in Potsdam Schwerewerte an, die sich aus mehreren absoluten Schweremessungen, späteren Korrekturen, anderen Auswertungen und mehreren Übertragungen nebst daran angebrachter Korrekturen durch Ausgleichung ergaben (s. Tabelle 3, Seite 28).

### 2.42 Der heutige Stand des Potsdamer Systems

Obwohl alle diese Messungen es wahrscheinlich machen, daß der Wert von Kühnen und Furtwängler [5] um 10 bis 30 mGal zu groß ist, wird das Potsdamer System aus Zweckmäßigkeitsgründen vorerst beibehalten (s. Anhang 4, Seite 25).

Wegen der gesteigerten Meßgenauigkeit ist das Bedürfnis entstanden, die Definition des Potsdamer Schweresystems zu präzisieren. Man versucht z. B. durch Hinzufügen einer entsprechenden Anzahl von Nullen die Tatsache deutlich zu machen, daß der Schwerewert exakt gilt, z. B. ist

$$g = 981\,274,0 \text{ mGal (Schütte [15], Hirvonen [16], Coron [17], Kneißl [18], Morelli [19]),}$$

$$\text{oder } g = 981\,274,00 \text{ mGal (Martin [20], Kneißl [18], Cook [21]).}$$

Dies deckt sich mit der Bedeutung, die Borraß [6] dem Potsdamer System zukommen ließ.

Ähnliche Tendenzen zur Präzisierung zeigen sich neuerdings bei der Höhe. Man findet Angaben wie 87,00 m oder 87,5 m (s. Anhang 2, Seite 26). Bei den geographischen Koordinaten begnügt man sich hingegen mit Angaben geringerer Genauigkeit (s. Anhang 1, Seite 23), was offenbar so zu verstehen ist, daß nun die genaue Lage des Referenzpunktes von Kühnen und Furtwängler [5] genügend genau durch die Ortsbeschreibung als gesichert ansieht.

In den folgenden Abschnitten wollen wir die genaue Lage des Referenzpunktes nach den Angaben von Kühnen und Furtwängler [5] berechnen und die Übertragung der Schwere auf die Hilfspunkte im Potsdamer Geodätischen Institut untersuchen. Um den Potsdamer Schwerewert mit den Ergebnissen anderer Absolutbestimmungen zu vergleichen, wurden die Untersuchungen auch auf andere Absolutstationen ausgedehnt. Hierbei zeigte sich eine ähnliche Problematik. Abschließend werden Vorschläge für eine vollständige Definition des Potsdamer Systems und zur richtigen Übertragung des Potsdamer Schwerewertes gemacht. Sie sind die Voraussetzung für den kritischen Vergleich aller bisherigen Absolutbestimmungen und damit die Grundlage für die Einführung eines neuen Schweresystems.

### 3. Die Höhe der Referenzpunkte

#### 3.1 Der Referenzpunkt beim Pendel

Wir wollen die Frage nach der *genauen* Lage des Punktes beim Pendel, für den der gemessene Schwerwert gilt – des Referenzpunktes –, beantworten. Es bedarf keiner weiteren Erläuterung, daß der Referenzpunkt beim mathematischen Pendel mit der Ruhelage des Massenpunktes zusammenfällt. Bei einem physikalischen Pendel, speziell bei einem sogenannten Minnaus-Pendel, liegt das Problem etwas anders. Ein solches Pendel wird nicht nur durch die in seinem Schwerpunkt wirkende Fallbeschleunigung beeinflusst, sondern auch noch durch das Drehmoment, das ein inhomogenes Schwerfeld auf einen ausgedehnten Körper ausübt. Bei einem physikalischen Pendel wird also der Referenzpunkt nicht genau mit der Ruhelage des Schwerpunktes übereinstimmen.

Beim Reversionspendel liegt der Referenzpunkt um den Betrag der zugehörigen mathematischen Pendellänge unter dem Drehpunkt, wie an anderer Stelle ausführlich dargelegt werden wird. Dies gilt auch im inhomogenen Schwerfeld, weil jede zusätzliche Direktionskraft, die in beiden Lagen des Reversionspendels gleich ist, aus dem Messergebnis herausfällt.

#### 3.2 Die Höhe des Referenzpunktes bei Kühnen und Furtwängler

Wenn man die Höhe des Referenzpunktes für das Schlußergebnis von Kühnen und Furtwängler [5] berechnen will, so muß man beachten, daß dort vier Sekundenpendel und ein Halbskundenpendel mit gemeinsamem Drehpunkt benutzt wurden. (Genauer gesagt: Die Drehpunkte hatten bei einigen Versuchen eine um etwa 1 cm andere Höhe. Den Einfluß dieser geringen Differenz vernachlässigen wir, weil er weit unterhalb der heutigen Mohankörperheit liegt.) Ihr Endresultat für die Länge  $L$  des einfachen Sekundenpendels ist ein gewogenes Mittel aus den Ergebnissen mit den Sekundenpendeln und dem Halbskundenpendel. Sie gewannen es aus einer Formel, die von ihnen auf Seite 769 angegeben ist, nämlich:

$$L = + 0,0672 (G_U + G_G + G_P) + 0,0372 (I_U + I_G + I_P) - 0,0011 (S_U + S_G + S_P) + 0,3389 (L_U + L_G + L_P) - 0,1111 (\Pi_U + \Pi_G + \Pi_P), \quad (1)$$

Wegen der geringen Stellenzahl der Gewichtsfaktoren ist diese Formel so zu verstehen, daß nicht mit  $L$ ,  $G_U$ , ...,  $H_Y$  gerechnet wird, sondern mit Werten, die um denselben Näherungswert  $L^*$  vermindert sind:  $L - L^*$ ,  $G_U - L^*$ , ...,  $H_Y - L^*$ . Hierbei bedeuten die  $G_U$  bis  $H_Y$  die mit den jeweiligen Pendeln, Schneiden und Flächen gemessenen Werte der Länge des Sekundenpendels.

Bezeichnen wir nun mit  $g_{Sec}$  den Wert der Fallbeschleunigung, der sich aus den Messungen mit dem Sekundenpendel allein und mit  $g_{Halb}$  den Wert der Fallbeschleunigung, der sich aus den Messungen mit dem Halbskundenpendel allein ergibt, so läßt sich die Gleichung (1) folgendermaßen umformen:

$$g - g^* = p_1 (g_{Sec} - g^*) + p_2 (g_{Halb} - g^*), \quad (2)$$

wobei  $g^*$  ein Näherungswert für  $g$  ist und  $p_1$  und  $p_2$  folgende Werte haben:

$$p_1 = 1,3332, \quad p_2 = -0,3333; \quad p_1 + p_2 = 0,9999 \approx 1.$$

Der Wert  $g_{Sec}$  gilt nach Abschnitt 5.1 für die Höhe:

$$87,48 \text{ (Drehpunkt)} - 0,99 \text{ (Sekundenpendel)} = 86,49 \text{ m ü. N. N.}$$

der Wert  $g_{Halb}$  für die Höhe:

$$87,48 \text{ (Drehpunkt)} - 0,23 \text{ (Halbskundenpendel)} = 87,25 \text{ m ü. N. N.}$$

Bezeichnet man mit  $g_0$  die Fallbeschleunigung am Drehpunkt und sind  $g_x$  der vertikale Schweregradient,  $l_1$  und  $l_2$  die reduzierten Pendellängen, so ist

$$g_{\text{oc}} = g_0 - g_x l_1 \quad (3)$$

und

$$g_{\text{acc}} = g_0 - g_x l_2.$$

Mit diesen Ausdrücken (3) für  $g_{\text{oc}}$  und  $g_{\text{acc}}$  erhält man durch Einsetzen in Formel (2)

$$g - g^* = (g_0 - g^*) (p_1 + p_2) - g_x (p_1 l_1 + p_2 l_2). \quad (4)$$

Mit

$$l = p_1 l_1 + p_2 l_2$$

kommt für  $g$

$$g \approx g_0 - g_x l. \quad (5)$$

Das Endergebnis von Kühnen und Furtwängler ist also die Fallbeschleunigung in einem Punkt, der um den Betrag  $l$  unterhalb der Pendeldrehachsen gelegen ist:

$$l = 1,7752 \cdot 0,994279 \dots 0,3533 \frac{0,994239}{4} = 1,24 \text{ m.} \quad (5a)$$

Es mag auffällig erscheinen, daß der Referenzpunkt noch unterhalb desjenigen Punktes liegt, der sich aus den Messungen mit den Sekundenpendeln allein ergeben würde. Dies ist auf den negativen Gewichtsfaktor für die Messungen mit dem Halbskundenpendel zurückzuführen.

Der von Kühnen und Furtwängler angegebene Schwerewert

$$g = 981,274 \text{ mGal}$$

gilt also für die Höhe

$$H = 87,48 - 1,24 = 86,24 \text{ m ü.N.N. (Referenzpunkt).}$$

Die von ihnen angegebene Höhe von 87 m ü. N. N. würde der mittleren Lage des Pendelschwerpunktes bei den Messungen mit den Sekundenpendeln allein (86,98 m) entsprechen, was nicht richtig wäre. Es ist jedoch anzunehmen, daß nur eine — der Meßunsicherheit von  $\pm 3 \text{ mGal}$  durchaus genügende — abgerundete Höhenangabe beabsichtigt war.

Die genaue Höhe des Referenzpunktes des Potsdamer Schweresystems ist aber, wie oben abgeleitet,

$$h = 86,94 \text{ m ü. N. N.}$$

### 3.3 Die Höhe der Referenzpunkte bei Berroth

Berroth [12] führte eine kritische Betrachtung der Ergebnisse von Kühnen und Furtwängler [3] durch.

Berroth zeigt, daß sich der Schneidenvorgang durch zwei Methoden eliminieren läßt, die ein gut übereinstimmendes Ergebnis haben. Für beide Fälle läßt sich die Höhe des Referenzpunktes berechnen.

1. Mittels des „hypothetischen Pendels“ folgt für  $g$  nach Berroth [12], Seite 196, Formel I:

$$g = \frac{A_1 \tau_2^2 - A_2 \tau_1^2}{\tau_1^2 - \tau_2^2} \quad (6)$$

worin  $\Delta_1$  und  $\Delta_2$  die Längen des Sekunden- bzw. Halbskundenpendels,  $\tau_1$  und  $\tau_2$  die zugehörigen Schwingungszeiten sind. Setzen wir hierin ein

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \frac{\tau_1^2}{2g} (g_0 - g_x \Delta_1), \\ \Delta_2 &= \frac{\tau_2^2}{2g} (g_0 - g_x \Delta_2), \end{aligned} \quad (7)$$

so erhalten wir entsprechend den oben durchgeführten Überlegungen (vgl. Gleichung (5))

$$f_{21} = g_0 - g_x l_{21} \quad (8)$$

mit 
$$l_{21} = L \cdot \frac{\tau_1^2 - \tau_2^2}{\tau_1^2 - \tau_2^2} = 1,24 \text{ m} \quad (9a)$$

in zufälliger numerischer Übereinstimmung zu (5a).

Der Wert (Berroth [12], Seite 196/197)

$$g = 981 265,0 \text{ mGal}$$

gilt also für die Höhe

$$H = 66,24 \text{ m ü. N. N.}$$

2. Bei der Methode der Schneidenkorrektur (Berroth [12], Seite 198/199) ist

$$p_1 = \frac{26}{39}, \quad p_2 = \frac{11}{39},$$

$$l_{21} = p_1 l_1 + p_2 l_2 = 0,78 \text{ m}. \quad (9)$$

Der Wert

$$g = 981 262,3 \text{ mGal}$$

gilt also für die Höhe

$$H = 87,48 - 0,78 = 86,70 \text{ m ü. N. N.}$$

#### 3.4 Die Höhe des Referenzpunktes in Teddington

In Tabelle 4 (Seite 28) sind Angaben über den Ort der Messungen von Clark [8] in Teddington zusammengestellt. Da die mittlere Schwerpunkthöhe des Sekunden-Reversionspendels in der Veröffentlichung [22] mit

$$H = 10,18 \text{ m}$$

angegeben ist, befindet sich die untere Schneide in der Höhe

$$H = 9,68 \text{ m}.$$

Für diese Höhe gilt dann nach Abschnitt 3.1 der von Clark [8] angegebene Schwerwert

$$g = 981 181,5 \pm 1,5 \text{ mGal}.$$

#### 3.5 Die Höhe des Referenzpunktes in Washington

Heyl und Cook [7] gaben an:

The geographical coordinates of this gravity station, determined from information furnished by the U. S. Coast and Geodetic Survey, are as follows

$$\begin{aligned} \text{Latitude} &= 38^\circ 56' 50,147'' \text{ N.} \\ \text{Longitude} &= 77^\circ 03' 56,893'' \text{ W.} \\ \text{Elevation above sea level} &= 94,75 \text{ meters.} \end{aligned}$$

Welcher Teil der Apparatur die angegebene Höhe hatte, wird nicht genannt. Daher kann aus der Veröffentlichung [7] nicht entnommen werden, ob dies der richtige Referenzpunkt ist.

### 3.6 Die Höhe der Referenzpunkte bei neueren Absolutmessungen

Bei den bisher veröffentlichten Ergebnissen neuerer Absolutmessungen (Volet [9], Martinyak [23], Agalietzki und Egorov [10]) werden keine Zahlen genannt, mit deren Hilfe man die genaue Lage der Referenzpunkte der Apparaturen angeben kann. Ob die teilweise angegebenen Höhen die richtigen Referenzpunkte sind, kann nicht entschieden werden.

Für die in Braunschweig laufende Absolutmessung [24] wurde eine auf der Theorie des freien Falles im inhomogenen Schwerfeld beruhende Formel aufgestellt, die in Verbindung mit der Ausgleichung der Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate diejenige Höhe zu berechnen gestattet, für die der gemessene Wert der Fallbeschleunigung unabhängig von der Größe des lokalen Vertikalgradienten der Fallbeschleunigung gilt. Zwecks Übertragung des gemessenen Wertes auf geeignete Hilfspunkte (Gravimeterpunkt, Pendelpunkt) wurde der Vertikalgradient mittels Gravimeter bestimmt und eine Formel für die Übertragung der Schwerwerte längs der Fallstrecke auf den dafür vorgesehenen Hilfspunkt aufgestellt, die auf Messungen von Brein [25] beruht:

$$g \text{ Absolutwerte} \cdot \rho_{\text{M}} = (74,46 - H) \cdot 0,295 \text{ mGal},$$

wobei  $H$  (die Höhe ü. N. N. des Referenzpunktes) in m einzusetzen ist.

A. H. Cook [26] stellte entsprechende Überlegungen für die Methode der 2 Stationen an, die ein besonders einfaches Ergebnis haben. Eine allgemeine Theorie des Fallversuchs im inhomogenen Schwerfeld behandelt H. Ellenberger [27].

### 3.7 Der Einfluß der Schwerezeiten auf die Messungen mit dem Reversionspendel

Bei Messungen mit dem Reversionspendel muß man die besonderen Eigentümlichkeiten dieses Instruments beachten, wenn man auf die Schwankungen der Schwere Rücksicht nehmen will. Nehmen wir an, daß die Schwere bei der Messung in der einen Lage des Pendels bei dem Schwerpunktsabstand  $s_1$  von der mittleren Schwere um den Betrag  $\Delta g_1$  abweicht und entsprechend in der anderen Lage des Pendels bei dem Schwerpunktsabstand  $s_2$  um den Betrag  $\Delta g_2$ , in beiden Fällen aber mit der gleichen Kreisfrequenz  $\omega$  schwingt, so ergibt sich für die mittlere Schwere  $g$

$$g = \omega^2 (s_1 + s_2) - \Delta g$$

mit

$$\Delta g = \frac{s_1 \cdot \Delta g_1 + s_2 \cdot \Delta g_2}{s_1 + s_2}.$$

Der Einfluß  $\Delta g$  einer Schwereabweichung ist also positiv oder negativ, je nachdem, ob das schwere Gewicht oben oder unten ist. Wenn zwischen den beiden Meßreihen mit dem schweren Gewicht oben und mit dem schwereren Gewicht unten einige Stunden vergehen, kann sich das Vorzeichen der Schwereabweichung inzwischen ändern. Dann können sich die Schwankungen nicht aufheben, sie verstärken sich vielmehr. Ein Beispiel aus den Messungen von Kühnen und Furtwängler [5] ist etwa das folgende:

$$\frac{s_2}{s_1} = 0,80; \quad \frac{s_2}{s_1 - s_2} = 1,80.$$

Beträgt die Abweichung vom mittleren Schwerwert 0,1 mGal, so ergibt sich für  $\Delta g = 0,26$  mGal. Eine solche Korrektur müßte bei genauen Messungen durchaus noch berücksichtigt werden.

Auf die Messungen von Kühnen und Furtwängler [5] angewandt ergibt diese Betrachtung, daß der oben berechnete Maximalfehler tatsächlich hin und wieder aufgetreten sein wird. Man kann jedoch vermuten, daß er sich aus den sehr zahlreichen Messungen zum größten Teil

herausgemittelt hat. Diesen Einfluß nachträglich zu berechnen und zu berücksichtigen, scheint daher nicht zweckmäßig zu sein.

Bei den neueren Schweremessungen mit Reversionspendeln sollte aber geprüft werden, ob die Schwerezeiten nicht doch berücksichtigt werden müssen.

Bei anderen Methoden kann der Einfluß der Schwerezeiten nicht so große Werte erreichen, er sollte indessen grundsätzlich berücksichtigt werden.

### 3.8 Ephemeridenzeit

Seit der Einführung der Ephemeridenzeit muß auch die Einheit der Fallbeschleunigung — das „Gal“ — auf die Ephemeridenzeitsekunde bezogen werden. Zur Zeit der Messungen von Kühnen und Furtwängler [3] wich die Weltzeitsekunde von der Ephemeridenzeitsekunde um  $3,5 \cdot 10^{-8}$  ab, daher ist der von ihnen ermittelte Schwerewert um 0,07 mGal zu erniedrigen. Bei dem Potsdamer Schwerewert handelt es sich um einen festgesetzten Bezugswert; es hätte keinen Sinn, diese kleine Korrektur anzubringen. Bei zukünftigen Absolutebestimmungen muß aber die Ephemeridenzeit benutzt werden, soweit die Meßunsicherheit dies sinnvoll erscheinen läßt.

## 4. Die Schwereübertragung auf den Potsdamer Referenzpunkt

### 4.1 Einleitung

Im Laufe der Jahre wurde in Potsdam eine große Reihe von Anschlußmessungen ausgeführt, um das Potsdamer System an andere Orte zu übertragen. Auf Grund einer Zusammenstellung, die Großmann mittels Angaben von Pavel, Hirvonen, Corson sowie Saxov (s. bei Kneißl [28]) anführte, und anderen Quellen sind es bis zum Jahre 1945 mehr als 107 Messungen.

Wir greifen einige dieser Anschlußmessungen heraus und untersuchen sie näher. Dabei wird sich ergeben, daß die Übertragung der Schwere vom Potsdamer Referenzpunkt zu den Hilfspunkten im Geodätischen Institut einer kleinen Korrektur bedarf. Dadurch ändert sich auch der Schwerewert von Bad Harzburg.

### 4.2 Beispiele für Anschlußmessungen

In Tabelle 5 (Seite 29) ist für eine Reihe meist älterer Pendelmessungen (während der Gültigkeit des Wiener Systems) zusammengestellt, wo die Anschlußmessungen in Potsdam erfolgten und auf welchen Punkt die Messungen bezogen sind. Die benutzten Schwerewerte sind nicht in die Tabelle aufgenommen, da sie nur noch historisches Interesse besitzen. Es ist aber interessant, daß kein einheitlicher Referenzpunkt angegeben wurde (s. auch Abschnitt 4.3).

In Tabelle 6 (Seite 29) sind für einige meist neuere Pendelmessungen ebenfalls die Anschlußpunkte in Potsdam und die dort angenommenen Reduktionen zum Bezug auf das Potsdamer System zusammengestellt. Die folgenden Zeilen mögen dies noch näher erläutern:

1. BORRAB [29], Seite 303, gibt als Anschlußpunkt für die Messungen des geodätischen Instituts der Universität Rom im Jahre 1913 an:

Potsdam  $\varphi = 52^{\circ} 22,9'$ ;  $\lambda = 13^{\circ} 4,1'$ ;  $H = 63,6$  m ü. N. N.;  $g = 981,275$  mGal.

2. Die Anschlußmessungen der Bayerischen Kommission für Internationale Redmessung (Anding [30], Zapp und Zinner [31], Schütte [25]) erfolgten alle an derselben Stelle (Schütte [25], Seite 54) an einer Konsole im NO-Keller des Geodätischen Instituts in Potsdam (Schütte [25], Tafel II und Seite 5). Die Höhe dieses Punktes wird nicht angegeben. Um die Messungen auf das Potsdamer System zu beziehen, wird bei Zapp und Zinner [31],

Seite 30 und Schütte [15], Seite 39, ohne nähere Begründung die Korrektur  $5 \cdot 10^{-7}$  sec an der Schwingungszeit angebracht. Diese Korrektur geht auf Anding [50], Seite 90, zurück. Er schreibt:

Da die Pendellinse im Potsdamer Keller nach Herrn Haasemanns gefälliger Angabe um 7,6 m tiefer gelegen war als die Oberfläche des Pendelpfeilers, welcher als Referenzpunkt gilt, so kommt hinzu (in freier Luft) Potsdam Keller — Pendelpfeiler =  $-7'' = +0,01$  mm.

Dieser Referenzpunkt ist nach Haasemann [50] mit Bezug auf Sterneek [55] und nach Borraß [54] die Oberfläche des Pfeilers Nr. 31 im Pendelsaal des Geodätischen Instituts in Potsdam, deren Koordinaten Borraß [54], Seite 271, angibt:

$$\varphi = 52^{\circ} 22' 52''; \quad \lambda = 13^{\circ} 3' 33''; \quad H = 86,4 \text{ m.}$$

(Das war vor der Arbeit von Kühnen und Furtwängler [5]!). Die „Höhe der Pendellinse“ beträgt dem  $H = 82,8$  m. Ferner gibt Borraß [54] an, daß der Pendelschwerpunkt bei den heutzutage Sternesk-Pendeln 0,1 m über der Pfeileroberfläche liegt, auf die der Apparat aufgesetzt wird. Die Höhe über von Anding [50], Zapp und Zinner [51] sowie Schütte [15] benutzten Konsole betrug also wohl etwa 82,7 m ü. N. N.

Die Korrektur der Schwingungszeit von  $5,0 \cdot 10^{-7}$  sec entspricht einer Schwereänderung von

$$g = 1,16 \text{ mGal.}$$

Sterneek [55] gibt für die von ihm durchgeführte Schwereverbindung Potsdam—Wien an:

Herr Direktor Helmerl hatte die große Güte, den teilweise noch in Ausführung begriffenen Pendelsaal provisorisch so weit herzustellen zu lassen, daß ich die Beobachtungen in demselben ausführen konnte. Der Pendelapparat stand auf dem südöstlichen der daselbst befindlichen massiven und gut isolierten vier Pfeiler.

5. Der Arbeit von Ballard und Jolly [59] [56] läßt sich nur entnehmen, daß Miller [57] in Potsdam im Ostkeller mit dem Wert

$$g = 981 275,0 \text{ mGal}$$

angeschlossen hat.

Miller [57] selbst schreibt:

The observations at Potsdam were taken on a low pier in the Mittelkeller, one floor below the room, in which the absolute measurement was made some years ago.

Keine Höhe wird nicht angegeben.

4. Brown [58] gibt für seine Messungen an, daß sich die Schneide seines Pendels 4,48 m unter dem Ort der Schneide bei Kühnen und Furtwängler [5] befand, d. h. in der Höhe

$$H = 85,90 \text{ m ü. N. N.}$$

Die Bezugsschwere

$$g = 981 275,0 \text{ mGal}$$

ist allerdings für die Oberfläche des Pfeilers angegeben, auf dem der Pendelapparat stand. Für die Höhenangabe dieses Pfeilers wird bei Brown [58], Seite 6, ein Brief des damaligen Direktors des Geodätischen Instituts, Professor Kuhlshütter, an den Direktor des U. S. Coast and Geodetic Survey, Mr. Patton, übersetzt abgedruckt:

Dr. Putnam, as well as Lieutenant Brown, made their observations in the pendulum cellar, which is designated as northeast in the Veröffentlichungen des Geodätischen Instituts; in verbal conversation it is usually called "rust cellar" since there is no other observing cellar

on the east side of the building ... The elevation of the present pendulum pier which Lieutenant Brown used is 82,64 meters above sea level ... The absolute gravity value for Potsdam Geodätisches Institut Pendelsaal is 981,274 gals and is referred to the elevation 87,00 meters above sea level.

5. Schmehl [39], Seite 20, gibt für die Messungen im Auftrage der Baltischen Geodätischen Kommission an:

Die Anschlußmessungen in Potsdam wurden im Nordostkeller des Preussischen Geodätischen Instituts ausgeführt ... Der Pendelpfeiler bestand aus einer schweren Granitplatte, einem kubischen Gipsblock und einer Marmordeckplatte; die Höhe des Pfeilers betrug 82,64 m über dem Meeresspiegel. Die Schwere für diesen Punkt ist

$$g = 981,2750 \text{ Gal.}$$

Dieser Wert wurde aus dem von Kühnen und Furtwängler bestimmten absoluten Wert der Schwere in Potsdam, Geodätisches Institut, Pendelsaal,

$$g = 981,274 \text{ Gal.}$$

abgeleitet. Der oben erwähnte Pfeiler im Nordostkeller wurde im Jahre 1952 auf meine Anregung hin durch einen neuen gemauerten Pfeiler ersetzt. Dieser hat die Form eines Pyramidenstumpfes und ist vom Fußboden vollständig isoliert.

6. Brockamp [40], der im Auftrage der Baltischen Geodätischen Kommission einige Messungen von Schmehl wiederholte, schreibt auf den Seiten 117, 118 und 119:

In Potsdam fand der Apparat Aufstellung im Nordostkeller des Geodätischen Instituts auf einem niedrigen Pfeiler, der auf dem Fußboden aufgerippt war.

Für diesen Punkt ohne Höhenangabe wird genannt:

$$g = 981,275,2 \text{ mGal.}$$

7. Hirvonen [41] gibt als Anschlußpunkt für die Schwereübertragung nach Helsinki an:

In Potsdam wurde der neue, gemauerte, vom Fußboden isolierte Pfeiler im Nordostkeller des Preussischen Geodätischen Instituts benutzt. Seine Koordinaten sind

$$\begin{aligned} \varphi &= 52^\circ 22',9 \\ \lambda &= 13^\circ 4',1 \\ H &= 82,6 \text{ m} \\ g &= 981,2752 \text{ Gal.} \end{aligned}$$

Stämliche zitierten Schwerewerte an den Hilfpunkten im Geodätischen Institut beruhen offenbar auf Rechnungen, deren Grundlagen sich aber in der Literatur nicht finden(s. Abschnitt 4.51).

#### 4.3 Der Referenzpunkt in Potsdam für das Wiener Schweresystem

Als Potsdamer Referenzpunkt während der Gültigkeit des Wiener Systems galt noch Haase-  
mann [32] der Pfeiler Nr. 31, der nach Sternock [33] der südöstliche Pfeiler des Pendelsaals ist. Seine Höhe wird mit 86,4 m (Borraf [34]) und mit 86,5 m (Borraf [40]) angegeben. Vielleicht war auch gelegentlich mit 86,5 m die Höhe der Pendellinse gemeint. Warum Helmerz [2] den Potsdamer Referenzpunkt des Wiener Systems mit

$$H = 87 \text{ m}$$



angegeben hat, ist nicht ohne weiteres ersichtlich. Hat er einen anderen Pfeiler gemeint, etwa den nordöstlichen des Pendelsaals? Oder ist der Pfeiler Nr. 31 selbst im Widerspruch zu Hausmann [33] und Sternock [35] der nordöstliche? Wir konnten keine direkte Angabe finden, wofür der Pfeiler Nr. 31 ist. Die Angabe der Pfeilerhöhe 86,4 oder 86,5 m macht es aber wahrscheinlich, daß der Pfeiler Nr. 31 der südöstliche im Pendelsaal ist.

Die Messungen von Zapp und Zinner [51] sowie Schütte [15] beziehen sich durch Übernahme der Andingschen Reduktion auf den Pfeiler Nr. 31, also nicht auf das Potsdamer System, da Kühnen und Furtwängler [5] an dem nordöstlichen Pfeilerpaar gemessen haben.

In den Arbeiten von Hausmann [45], [44] und Flotow, Berroth und Schmehl [45] werden die Meßwerte ebenfalls auf den Pfeiler Nr. 31 bezogen mit dem ausdrücklichen Zusatz, daß dies der Pfeiler der Messungen von Kühnen und Furtwängler [5] sei, was offenbar ein Irrtum ist.

#### 4.4 Verbesserungsvorschläge

Obige Ausführungen haben gezeigt, daß Definition und Übertragung des Potsdamer Systems unzulänglich sind. Dies wird besonders deutlich, wenn man die heute mögliche Meßgenauigkeit in Betracht zieht. Wir werden daher überall eine Genauigkeit von  $\pm 0,01$  mGal zugrunde legen. Bei den anderen Absolutbestimmungen liegen ähnliche Verhältnisse bei den Referenzpunkten und Übertragungen vor, oder es sind die genauen Unterlagen noch nicht veröffentlicht worden.

Zur Beseitigung der Mängel bringen wir im folgenden Vorschläge, die sowohl für das Potsdamer System als auch sinngemäß für andere Absolutbestimmungen und Schwereübertragungen gelten.

##### 1. Referenzpunkt

Bei jeder absoluten oder relativen Schweremessung soll die genaue Lage des Referenzpunktes innerhalb der Apparatur angegeben werden.

##### Zur Begründung:

Im Falle der Absolutbestimmung ist dies eine notwendige Voraussetzung für die richtige Schwereübertragung auf andere Punkte.

Gravimeter für relative Schweremessungen werden meistens auf Stativen verschiedener Höhe benutzt, deren Einfall bei der Kalibrierung mit einbezogen wird. Wegen der Unterschiede des vertikalen Schweregradienten an verschiedenen Orten können Fehler von einigen hundertstel mGal entstehen. Daher ist das Verfahren bei der Übertragung absoluter Schwerewerte nicht mehr zulässig. Es hätte auch den Nachteil, Unklarheiten über die genaue Höhe aufkommen zu lassen, für welche die gemessenen Schwerewerte gelten.

##### 2. Koordinaten des Referenzpunktes

Die räumlichen Koordinaten der Referenzpunkte von Absolutstationen und anderer wichtiger Schwerezeitpunkte sollen mit einer Genauigkeit von  $\pm 1$  cm angegeben werden, z. B. Höhe über N.N. und Gauß-Krüger Koordinaten. Für ältere absolute Schweremessungen sollen diese Angaben möglichst noch nachträglich ermittelt werden.

##### Zur Begründung:

Eine solche Genauigkeit ist mit Rücksicht auf die Gradienten des Schwerfeldes ausreichend, denn einer Schwereänderung von  $0,01$  mGal entspricht eine Höhenänderung von 5 cm, eine Änderung der geographischen Breite von 120 cm und mehr, sowie eine noch größere Änderung der geographischen Länge.

Außerdem ist es auf diese Weise möglich, den genauen Ort der Messung immer wieder aufzufinden.

Bisher ist die Angabe der geographischen Koordinaten so ungenau gewesen, daß sie noch durch Beschreibungen, Zeichnungen und Photographien ergänzt werden mußte. Nicht einmal die Höhenangaben sind immer ausreichend genau gemacht worden.

#### 5. Schwereübertragung

Die Übertragung der Schwere auf die -- zum Anschluß auf größere Entfernungen benutzten, üblicherweise in der Nähe der Absolutstationen gelegenen -- Hilfspunkte sollte mit solcher Sorgfalt ausgeführt werden, daß hierbei kein Verlust an Genauigkeit eintritt.

Es ist von Interesse, sich einen Überblick darüber zu verschaffen, wieweit den aufgestellten Forderungen bereits entsprochen ist und was noch zu ihrer Erfüllung getan werden muß. Dazu soll die Tabelle 7 (Seite 59) beitragen.

In der Tabelle 7 ist angegeben, mit welcher Genauigkeit Länge, Breite und Höhe der einzelnen Punkte angegeben sind und bei den Hilfspunkten zu den einzelnen Absolutbestimmungen, mit welcher Genauigkeit die Übertragung der Schwere zum Referenzpunkt erfolgte.

#### 4.5 Der Anschluß am Potsdamer Referenzpunkt

Wir haben versucht, die aufgestellten Forderungen auf die Anschlußmessungen an dem Potsdamer Referenzpunkt anzuwenden und -- soweit möglich -- die erforderlichen Korrekturen zu ermitteln.

##### 4.51 Die Hilfspunkte im Geodätischen Institut

Die Übertragungen vom Potsdamer Referenzpunkt auf die Hilfspunkte im Keller des Geodätischen Instituts wurden offensichtlich nur mit Hilfe eines angenommenen Vertikalgradienten der Fallbeschleunigung

$$\frac{dg}{dz} = 0,3096 \text{ mGal/m}$$

berechnet. Bei unserer Neuberechnung (Tabelle 6, Seite 29, letzte Spalte) haben wir oberhalb des Terrain-Niveaus von 66,0 m einen vertikalen Schweregradienten von 0,20 mGal/m, und unterhalb des Terrain-Niveaus von 0,20 mGal/m zu Grunde gelegt. Diese Werte beruhen auf Erfahrungen und Überlegungen. Die von uns so berechneten Reduktionen sind selbstverständlich als vorläufig zu betrachten. Zur endgültigen Klärung dieser Frage ist es unbedingt erforderlich, die Schwereunterschiede mit einem modernen Gravimeter zu messen.

Es werden sich auf alle Fälle neue Reduktionen ergeben, auch wenn man etwa statt des tatsächlichen Referenzpunktes von Kühnens und Furtwänglers einen fiktiven von 87,00 m zu Grunde legen würde. Wir empfehlen dies daher nicht.

Man erkennt bereits aus unseren vorläufigen Korrekturen, daß sämtliche in Potsdam ausgeführten Anschlußmessungen, die heute noch Bedeutung haben, nochmals kritisch betrachtet werden müssen. Wir wollen hier nur drei Übertragungen von besonderer Bedeutung herausgreifen: nach Bad Harzburg, nach Tedington und nach Washington.

##### 4.52 Der Anschluß nach Bad Harzburg

Die von Weiken [45] mitgeteilten Ergebnisse der geophysikalischen Reichsaufnahme enthalten u. a. den Punkt Bad Harzburg. Er schreibt:

Die Messungen sind angeschlossen an den Normalwert von Potsdam, Pendelstahl des Geodätischen Instituts.

$$H = 87 \text{ m ü. N. N. ; } \sigma_p = 981,274,0$$

Die Anschlußmessungen vor und nach jeder Reise wurden ausgeführt in den Pendelkellern des Institutsgebäudes. Für den Fußboden der Keller gelten die Werte

$$H = 82,0 \text{ m ü. N.N.}; \quad g = 981,275,5$$

(Vgl. auch Tabelle 6, Seite 29).

Wie der Hilfspunkt im Pendelkeller mit dem Potsdamer System verbunden ist, läßt sich der Weikenschen Arbeit nicht entnehmen. Folgende Voraussetzung liegt nahe:

1. Für den Ort der Messungen von Kühnen und Furtwängler [5] wurde

$$H = 87,0 \text{ m}$$

gesetzt.

2. Mit Hilfe der Differenz  $87,0 - 82,0 = 5 \text{ m}$  und des angenommenen vertikalen Schweregradientes  $g = 0,3086 \text{ mGal/m}$  wurde die Reduktion

$$g = 1,5 \text{ mGal}$$

berechnet, so daß sich als Schwere für den Hilfspunkt

$$g = 981\,275,5 \text{ mGal}$$

ergibt. Unsere vorläufige Neuberechnung für den Hilfspunkt der Geophysikalischen Reichsaufnahme auf dem Kellerfußboden (82,0 m) des Geodätischen Instituts in Potsdam ergibt dagegen

$$g = 981\,274,91 \text{ mGal}$$

(vgl. Tabelle 6). Der Bad Harzburger Wert muß daher um  $0,59 \text{ mGal}$  erniedrigt werden zu

$$g = 981\,179,81 \text{ mGal}.$$

Wenn wir dem Vorschlag von Cook [21] folgen, der eine andere Mittelbildung als Weikens vorschlägt, und so

$$g = 981\,180,27 \text{ mGal}$$

erhalten hat, würde sich als neuer Wert für Bad Harzburg

$$g = 981\,179,68 \text{ mGal}$$

ergeben. Wenn man noch andere Anschlüsse der geophysikalischen Reichsaufnahme z. B. nach Hannover und Göttingen berücksichtigen will (s. Cook [21]), so ist auch an den Schwerewerten dieser Punkte die vorläufig mit  $-0,59 \text{ mGal}$  ermittelte Korrektur anzubringen. Dann erhält man für Bad Harzburg sogar

$$g = 981\,179,51 \text{ mGal}.$$

In Tabelle 8 (Seite 30) sind Angaben über die Koordinaten des Punktes in Bad Harzburg zusammengestellt.

#### 4.55 Der Anschluß nach Teddington und Washington

1. Brown [18], der mit Hilfe von Pyndeln die Schwere-differenz Washington-Potsdam gemessen hat, gibt für den Ort in Washington an:

The observations at the Bureau of Standards were made in a subbasement of the East Building, in the small room adjoining that used by Dr. Heyl in making the absolute measurements. The gravity receiver was placed on the concrete floor of the basement. This floor is 297,9 feet above mean sea level (90,60 m, die Verfasser) and about 91 feet below ground level.

Der Bezug auf Heyl [68] bringt nicht viel, da bei ihm nur steht:

As observation room there was available the constant-temperature vault of the bureau, divided into two rooms, one large and one small. This vault is located below the East Building at the depth of about 12 m below ground... The torsion pendulum was set up in the small room, the floor space of which was about  $2 \times 2,7$  m and the height about 4 m.

Wie die Messungen in der Höhe 90,80 m an die von Heyl und Cook [7] angegebene Höhe von 94,75 m angeschlossen sind, läßt sich den Ausführungen Browns [98] nicht entnehmen.

Der Ort der Messung Browns [98] in Potsdam ist in Abschnitt 4.3 bereits ausführlich beschrieben. Für die Höhe

$$H = 82,64 \text{ m ü. N. N.}$$

gilt nach den Überlegungen in Abschnitt 4.5.1 (vgl. auch Tabelle 6, Seite 29) aber

$$g = 981,274,76 \text{ mGal.}$$

Da für die Absolutezitation von Heyl und Cook [7] keine ausreichenden Angaben vorliegen, können wir keine Korrektur für die Anschlußmessung Washington—Potsdam angeben.

2. Ob Miller [37], der den Schwerereunterschied Potsdam—Greenwich maß, und Jolly und McCaw [35], die den Schwerereunterschied Greenwich—Teddington maßen, in Greenwich denselben Punkt benutzten, läßt sich der zitierten Literatur nicht entnehmen. Die einzige Angabe stammt von Miller [37]:

At Greenwich the apparatus was set up on a concrete pier in the new magnetic pavilion.

Auch läßt sich nicht ersehen, welcher Punkt von Jolly und McCaw [35] in Teddington eingenommen wurde und ob eine Reduktion auf den Referenzpunkt, der nach Abschnitt 3.4 die Höhe  $H = 9,68$  m hat, erfolgte.

Da für den benutzten Hilfspunkt in Potsdam von Miller [37] keine Höhe angegeben wird, (s. Abschnitt 4.5) kann in Tabelle 6, Seite 29, keine vorläufige neue Reduktion auf den Referenzpunkt angegeben werden.

Neuere Anschlußmessungen nach Teddington beziehen sich auf Bad Harzburg. Die Pendelmessungen von Cook [21] ergeben

Potsdam—Bad Harzburg (nach Weiken [46] / Cook [21])	93,75 mGal
Bad Harzburg—Teddington (nach Cook [21])	<u>15,68 mGal</u>
	78,05 mGal.

Die Gravimetermessungen von Morelli [47] ergaben

Potsdam—Bad Harzburg (nach Weiken [46] / Cook [21])	93,75 mGal
Bad Harzburg—Teddington (nach Morelli [47])	<u>16,06 mGal</u>
	77,67 mGal.

Da sich beide Messungen in Teddington offensichtlich auf den Fußboden beziehen ( $H = 9,25$  m), der Referenzpunkt aber die Höhe  $H = 9,69$  m besitzt, ist an diesen Messungen eine Korrektur von  $0,09$  mGal anzubringen. Unsere neuen vollständigen Werte sind dann für

#### Potsdam — Teddington:

	Potsdam Referenzpunkt—Bad Harzburg (nach Weiken/Cook und unseren Berechnungen)	94,52 mGal
	Bad Harzburg—Teddington Referenzpunkt (nach Cook und unseren Berechnungen)	17,59 mGal
		<hr/>
		78,75 mGal
und	Potsdam Referenzpunkt—Bad Harzburg (s. o.)	94,58 mGal
	Bad Harzburg—Teddington Referenzpunkt (nach Morelli und unseren Berechnungen)	17,97 mGal
		<hr/>
		78,55 mGal.

### 5. Schluss

Die Betrachtungen haben gezeigt, daß das Potsdamer Schweresystem nicht vollständig definiert ist. Will man das Potsdamer System ändern, so muß aber erst die vollständige Definition nachgeholt werden. Erst wenn diese vorliegt, können die Verbindungen von Potsdam zu den anderen älteren und neueren Absolutbestimmungen mit der heute möglichen Genauigkeit neu gerechnet oder gemessen werden. Erst damit ist dann die Voraussetzung geschaffen, die verschiedenen Absolutmessungen kritisch zu vergleichen und den bestmöglichen Wert für die Korrektur des Potsdamer Systems zu bestimmen.

Wir haben uns bemüht, alle veröffentlichten Unterlagen über Absolutbestimmungen und Anschlußmessungen zusammenzutragen und kritisch zu bearbeiten. Dabei sind wir auf zahlreiche Lücken und Unklarheiten gestoßen, die teils von Kennern der örtlichen Verhältnisse geschlossen werden können, die aber auch neue Messungen erfordern werden.

Das Ziel unserer Arbeit wäre erreicht, wenn die Ergebnisse von allen Fachleuten, die dazu jeweils in der Lage sind, geprüft — und soweit erforderlich — ergänzt würden.

### 6. Zusammenfassung

1. a) Es gibt verschiedene Angaben über die Höhe des Potsdamer Referenzpunktes des Potsdamer Schweresystems (Abschnitt 3.2).
1. b) Der Ort des Potsdamer Referenzpunktes wird häufig ungenau oder falsch beschrieben (Abschnitt 3.3).
2. Wir halten es für zweckmäßig, die räumlichen Koordinaten des Referenzpunktes einer Absolutmessung (und der zum Anschluß benutzten Hilfspunkte) mit einer Genauigkeit von  $0,01$  m anzugeben (Abschnitt 4.4).
3. Aus den Angaben von Kühnert und Furtwängler wird die richtige Höhe des Potsdamer Referenzpunktes abgeleitet:  

$$H = 86,34 \text{ m ü. N. N.}$$
(Abschnitt 3.2).
4. Die richtigen Höhen der Referenzpunkte der Absolutmessungen in Teddington und Washington werden untersucht (Abschnitt 5.4 und Abschnitt 5.5).

5. Die Schwereübertragungen vom Potsdamer Referenzpunkt zu den Hilfspunkten im Geodätischen Institut müssen um Beträge bis 0,6 mGal korrigiert werden. Für diese Reduktionen werden vorläufige Werte angegeben und die Notwendigkeit aufgezeigt, sie gravimetrisch zu vermessen (Abschnitt 4.51).
6. Die neuen Reduktionen vom Potsdamer Referenzpunkt auf die Potsdamer Hilfspunkte werden in jedem Falle anders werden als die bisher benutzten, einerlei, ob man den abgerundeten Wert (87 m) für seine Höhe oder den genaueren Wert (86,24 m) annimmt. Wir schätzen daher vor, bei der Vervollständigung der Definition des Potsdamer Systems festzusetzen, daß die Höhe des Referenzpunktes gleich der tatsächlichen, aus den Messungen von Kühnen und Furtwängler zu berechnenden ist (Abschnitt 4.51).
7. Die Schwereübertragungen von den Hilfspunkten im Geodätischen Institut zu anderen Referenzpunkten und Orten müssen nochmal kritisch betrachtet und teilweise korrigiert werden. Die Übertragung nach Bad Harzburg wird ausführlich behandelt (Abschnitt 4.2, Abschnitt 4.22).
8. Die Übertragungen nach den Referenzpunkten der Absolutbestimmungen in Toddington und Washington werden ebenfalls betrachtet, soweit es mit den in der Literatur veröffentlichten Meßergebnissen möglich ist (Abschnitt 4.53).
9. Über die Höhe der Referenzpunkte bei den neuesten Absolutmessungen, über die Übertragung der Schwere auf die vermutlich benutzten Hilfspunkte und über die Reduktion der Schwereübertragungen auf die Referenzpunkte liegen keine nachprüfbaren Angaben vor (Abschnitt 3.6 und Abschnitt 4.4).
10. Unser Vorschlag für die Definition des Potsdamer Systems lautet:

„Die Fallbeschleunigung  $g$  hat den Wert

$$g = 981,374 \text{ 00 Gal (genau)}$$

an dem Punkt in der Mitte zwischen dem Pfeilerpaar in der Nordstecke des Pendelsaales im Erderschloß des Geodätischen Instituts in Potsdam (Referenzpunkt) mit den Koordinaten

$$\lambda = 13^{\circ} 04,65' \text{ östliche Länge (angenähert),}$$

$$\varphi = 52^{\circ} 22,86' \text{ nördliche Breite (angenähert),}$$

$$H = 86,24 \text{ m Höhe ü. N. N. (genau)"} \text{ (Abschnitt 2.3 und Abschnitt 3.2).}$$

11. Bevor man das Potsdamer Schwere-system ändert, ist es daher notwendig (Abschnitt 5):
  - a) dieses System vollständig zu definieren,
  - b) die Übertragungen der Schwere zu den anderen Absolutstationen auf den Stand der heute möglichen Genauigkeit zu bringen,
  - c) nach dieser Vorarbeit die Absolutbestimmungen kritisch zu vergleichen und den bestmöglichen Wert für die Korrektur des Potsdamer Systems zu bestimmen.

## 7. Anhänge

### Anhang 1

Angaben über die geographischen Koordinaten des Meßortes von Kühnen und Furtwängler

- |                               |                                      |                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Kühnen und Furtwängler [5] | $\varphi = 52^{\circ} 22,86'$ n. B., | $\lambda = 13^{\circ} 4,06'$ ö. L. |
| 2. Borraß [6]                 | $\varphi = 52^{\circ} 22,9'$         | $\lambda = 13^{\circ} 4,1'$        |
| 3. Lejay [48]                 | Potsdam                              |                                    |

Nach Coron [17] ist hiermit gemeint: Caves voisines de la Cave de Pendules.

4. Weiken [46]  
Die Messungen sind angeschlossen an den Normalwert von Potsdam, Pendelsaal des Geodätischen Instituts.
5. Coron [17]  $\varphi = 53^{\circ} 22,9'$ ,  $\lambda = 13^{\circ} 4,1'$  Est  
Potsdam — Institut géodésique, pilier de la salle des mesures absolues de pesanteur (Pendelsaal). Bei der Angabe der Breite liegt wohl ein Druckfehler vor.
6. Saxov [49]  $\varphi = 52^{\circ} 22,8'$  N,  $\lambda = 13^{\circ} 04,1'$  E.  
„Pendelsaal“ geodetic Institute in Potsdam. Bei der Angabe der Breite liegt wohl ein Druckfehler vor.
7. Martin [20]  
Potsdam — Institut de Géodésie — pilier de la salle des pendules.
8. Knsifl [18]  
Alle Absolutwerte sind auf Potsdam, Pendelsaal, bezogen.

#### Anhang 2

##### Angaben über die Höhe des Meßortes von Kühnen und Furtwängler und der dort vorhandenen Schwere

- |  |                       |                       |
|--|-----------------------|-----------------------|
| 1. Kühnen und Furtwängler [5]                                      | H = 87 m ü. N. N.,    | g = 981 274 ± 5 mGal. |
| 2. Schütte [15], Seite 90  | H = 87 m              | g = 981 274,0 mGal.   |
| 3. Köhlschütter nach Brown [38]                                    | H = 87,00 m ü. N. N., | g = 981 274 mGal.     |
| 4. Hirvonen [16], Seite 18   | H = 87,5 m            | g = 981 274,0 mGal.   |
| 5. Weiken [46]   | H = 87 m ü. N. N.,    | g = 981 274,0 mGal.   |
| 6. Coron [17]  | H = 87 m              | g = 981 274,0 mGal.   |
| Pilier de la salle des mesures absolues de pesanteur (Pendelsaal). |                       |                       |
| 7. Haulek [31]   | H = 87,5 m ü. N. N.   |                       |
| 8. Martin [20], pilier de la salle des pendules,                   |                       | g = 981 274,00 mGal.  |
| 9. Knsifl [18]   |                       |                       |

Seite 10 zitiert Martin [20]: Pfeiler im Pendelkeller.

Seite 15/16 zitiert Kühnen und Furtwängler [5].

Es wird die Ortsbeschränkung gebräuchlich, die wir ebenfalls oben abgedruckt haben. In den Neuzeichnungen der Originalabbildungen von Kühnen und Furtwängler ist etwas oberhalb der Oberfläche des Pfeilerpaares ein Kreuz zur Kennzeichnung des Bezugspunktes eingezeichnet. Die Höhe dieses markierten Punktes mag etwa 87,5 m ü. N. N. sein.

Seite 19 zitiert Coron [50]:

H = 87,0 m ü. N. N., g = 981 274,0 mGal.

Seite 38:

Potsdam, Pendelsaal des Geodätischen Instituts, Station der Absolutbestimmung Kühnen, Furtwängler, Referenzstation des Potsdamer Systems.

H = 87,00 m (Fußboden).

#### Anhang 3

##### Ortsangaben des Potsdamer Referenzpunktes während der Gültigkeit des Wiener Systems

Nach Helmert [2]:	$\varphi$	$\lambda$	H
Seite 205, Potsdam, Geod. Inst. red. auf den Pendelsaal	$52^{\circ} 22,9'$	$13^{\circ} 5,9'$	87 m
Seite 213, Potsdam, Geod. Inst. red. auf den Pendelsaal	$52^{\circ} 22,8'$	$13^{\circ} 4'$	87 m

	$\varphi$	$\lambda$	H
Seite 215, Potsdam, Pendelsaal, Pfl. Nr. 31	—	—	—
Seite 218, Potsdam, Geod. Inst., Pendelsaal	—	—	—
Seite 222, Potsdam, Geod. Inst., Pfl. Nr. 31 u. Nr. 32	—	—	—
Seite 244, Potsdam, Pendelsaal	52° 22,9'	13° 5,9'	87 m
Seite 307, Potsdam, Geod. Inst.	52° 22,9'	13° 5,9'	85 m
Seite 562, Potsdam, Geod. Inst., Pendelsaal	—	—	—
Seite 574, Potsdam	—	—	87 m

Nach Helmert und Borraß [52]:

Seite 162, Potsdam, Geod. Inst., Referenzstation	52° 22,9'	13° 4,1'	86,5 m
Seite 192, Potsdam, (Referenzstation)	52° 22,9'	13° 4,1'	87 m (reduziert)

Nach Borraß [53]:

Seite 175, Potsdam, (Referenzstation)	52° 22,9'	13° 4,1'	86,5 m
Seite 176, Potsdam, Geod. Inst., (Referenzstation)	52° 22,9'	13° 4,1'	86,5 m
Seite 187, Potsdam, G. I.	52° 22,9'	13° 4,1'	87 m
Seite 221, Potsdam	52° 22,9'	13° 4,1'	86,5 m

#### Anhang 4

1. Resolution Nr. 11 der International Association of Geodesy anlässlich der 9. Generalversammlung der International Union for Geodesy and Geophysics 1951 [54].

The International Union for Geodesy and Geophysics, considering, that in spite of the very careful determinations of absolute values of gravity which have been made, there still exists some uncertainty in the best value to be adopted, considering the general acceptance of the International Gravity Formula and the International Reference Ellipsoid, recommends that for the present, these standards should continue to be used for all geodetic and geophysical purposes.

2. Resolution Nr. 22 der International Association of Geodesy anlässlich der 10. Generalversammlung der International Union for Geodesy and Geophysics 1954 [55] [56].

The International Association of Geodesy, considering, that an accurate knowledge of the absolute value of gravity is of primary importance for the establishment of standards such as weight, temperature and electrical units and for geodetic purposes such as precise levelling and that neither universally acceptable standards nor uniformity in geodetic operations can be attained unless all nations adhere to the same gravimetric system.

Considering that all existing gravity determinations are in fact based on a value at the fundamental station at Potsdam which now appears to be some 10 to 20 milligals too large.

Considering that for many geodetic purposes the value of this correction is of no practical importance although it can lead to appreciable errors in other kinds of physical measurements, Recommends that, in fields where an accurate absolute value of gravity is not required, the value as given by the Potsdam system should continue to be used;

that, in the hope that final results for absolute measurement will be available within a few years, all possible assistance should be given to those engaged in these determinations and in parti-



ular that a high priority should be given to gravimetric interconnections between those stations at which the determinations are being made:

that countries which are not present members of the Association should be invited to co-operate in establishing a world-wide gravity network suitable for all scientific applications.

#### Anhang 5

##### Untersysteme des Potsdamer Schweresystems

Geographische Gegebenheiten und zeitbedingte Schwierigkeiten haben dazu geführt, einige Schwerevermessungspunkte zu Basisstationen von Untersystemen des Potsdamer Schweresystems zu machen, die jetzt besprochen werden sollen (Tabelle 5, Seite 51).

1. **Martin** [20] und **Kneißl** [18] (in deutscher Übersetzung) zitieren den Beschluß der Section de Gravimétrie du Comité National Français de Géodésie et Géophysique in der Sitzung vom 18. I. 1951.

„alle in Frankreich ausgeführten Schweremessungen auf die Fundamentalebene Paris, Observatorium, Pfeiler E im ehemaligen Pendelsaal,

$$g = 980\,945,00 \text{ mGal},$$

zu beziehen. Dieser Wert gründet sich auf Potsdam, Geodätisches Institut, Pfeiler im Pendelkeller (gemeint ist Pendelsaal; die Verfasser),

$$g = 981\,276,00 \text{ mGal}^*.$$

Die genaue Höhe des Bezugspunktes in Paris ist aber nicht angegeben. Wahrscheinlich ist die Pfeileroberfläche gemeint. Der Arbeit von **Martin** [20] läßt sich nur entnehmen, daß die Pfeileroberfläche 0,60 m über dem Fußboden des ehemaligen Pendelsaales liegt.

Bei **Borruß** [6], Seite 191, und [29], Seite 510, wird ein Punkt Paris, Observatorium,

$$\varphi = 48^\circ 50,2', \quad \lambda = 2^\circ 20,5', \quad H = 61 \text{ m ü. N. N.}, \quad g = 981\,945 \text{ mGal}$$

beschrieben, der mit obigem Bezugspunkt identisch sein dürfte. Allerdings gibt **Borruß** [6], Seite 25, in der Tabelle „Endergebnis der Netzberechnung im Potsdamer Schweresystem“ denselben Punkt mit der Höhe

$$H = 62 \text{ m ü. N. N.}$$

an. Vielleicht liegt hier ein Druckfehler vor?

2. **Morilli** [47] setzt für Bad Harzburg

$$g = 981\,180,40 \text{ mGal}$$

auf Grund der Ergebnisse von **Weiken** [46], der für Bad Harzburg

$$g = 981\,180,4 \pm 0,15 \text{ mGal}, \\ H = 275,2 \text{ m ü. N. N.}$$

angibt.

3. **Kneißl** [18] [27] setzt für Bad Harzburg als Bezugspunkt einer neuen Ausgleichung

$$g = 981\,180,400 \text{ mGal}, \\ H = 275,19 \text{ m ü. N. N.}$$

ebenfalls auf Grund der **Weiken**schen Ergebnisse [46].

Tabelle 1  
Ergebnisse anderer Absolutbestimmungen

1. Heyl und Cook [7] nach Jeffreys [13] nach Jeffreys [14] Korrektur + 1,6 mGal  <i>Übertragungen:</i> Brown [76]  nach Jeffreys [15]  nach Berroth [12]  nach Reicheneder [58]	Washington	auf Potsdam bezogen
	989 060 ± 3 mGal	
	989 060,2 ± 1,5 mGal	
	989 061,6 ± 1,2 mGal	981 256,5 mGal (n. [59])
	Schweredifferenz Potsdam—Washington	
	Ag = 1 174 mGal	981 254 mGal (n. [7] u. [59])
	Δg = 1 172,7 ± 0,4 mGal (Bronze)	
	1 177,1 ± 1,0 mGal (Invar)	
	Ag = 1 175 mGal	981 256,5 mGal (n. [7] u. [12], mit 1,5 mGal Korr.)
	?	981 255,6 mGal
2. Clark [8] nach Jeffreys [15] nach Jeffreys [14] Korrektur 1,7 mGal  <i>Übertragungen:</i> nach Ballard und Jolly [55] [56] nach Jeffreys [15] nach Berroth [12]  Morelli [60]  nach Reicheneder [58]	Teddington	
	981 181,5 ± 1,5 mGal	981 261,2 mGal
	981 181,5 ± 1,0 mGal	
	981 185,2 ± 0,6 mGal	981 261,2 mGal (n. [59])
	Schweredifferenz Potsdam—Teddington	
	Ag = 78,7 mGal	981 260,2 mGal
	Ag = 79,9 ± 0,9 mGal	
	Ag = 79,7 mGal	981 261,7 mGal (n. [8] u. [12], mit 0,5 mGal Korr.)
	Potsdam—Teddington	
	Ag = 78 mGal	
Harzburg—Teddington		
Ag = 16,0 mGal		
?	981 261,1 mGal	
3. Volet [9]	Sèvres	
	981 916 mGal	981 250 mGal
4. Martisinyuk [23] Agsletzki und Egorov [10]  Mittel:  nach Reicheneder [58]  nach Morelli [62]	Leningrad	
	981 925 ± 2 mGal	
	981 919,0 ± 0,4 mGal	
	981 921,5 ± 1,6 mGal	
	981 919,3 ± 0,4 mGal	981 262,5 mGal
	?	981 263,2 mGal
	981 925,0 ± 2,0 mGal	
981 919,0 ± 0,9 mGal		
981 921,5 ± 1,6 mGal		
Mittel: 981 920,0 ± 0,7 mGal	981 265,2 mGal	

Zu Tabelle 1

Zum Vergleich des Meßwertes von Clark [8] mit dem von Kühnen und Furtwängler [3] ist folgendes zu sagen:

Nach Bullard und Jolly [35] [36] gilt für Teddington im Potsdamer System (auf Grund der Messungen von Miller [37] sowie Jolly und McCaw):

$$g = 981\,195,3 \text{ mGal.}$$

Dieser Wert wird ebenfalls bei Clark [8] zitiert und benutzt. Die Differenz Potsdam—Teddington beträgt daher 78,7 mGal. Addiert man diese Differenz zu dem absoluten Wert von Clark [8] für Teddington

$$g = 981\,181,5 \text{ mGal.}$$

so ergibt sich

$$g = 981\,260,2 \text{ mGal.}$$

und nicht

$$g = 981\,261,2 \text{ mGal.}$$

wie es bei Clark [8] angegeben ist. Legt man obige Schwereübertragung zugrunde, so weicht das Ergebnis von Clark [8] von demjenigen von Kühnen und Furtwängler [3] also nicht um 12,8 mGal, sondern um 13,8 mGal ab.

Tabelle 2

Andere Auswertungen der Meßwerte von Kühnen und Furtwängler

Autor	$g$ mGal
Kühnen und Furtwängler [3]	981 274 ± 5
Dreyden [11]	981 262,5
Jeffreys [13]	981 265,5 ± 2,2
Berroth [12] Schneidkorrektur	981 262,2
Hypothetisches Pendel	981 265,0

Tabelle 3

Wahrscheinliche Schwerewerte für den Ort der Messung von Kühnen und Furtwängler auf Grund mehrerer Absolutbestimmungen und Verbindungen

Autor	$g$ mGal
Jeffreys [13]	981 260,6
Berroth [12]	981 261,5

Tabelle 4

Ortsbeschreibungen zur Absolutmessung von Clark in Teddington

Autor	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Höhe des Referenzpunktes
Clark [8]	51° 27' 14"	0° 20' 21"	10 m
A. H. Cook [31]	51° 27' 14"	0° 20' 21"	9,26 + 0,75 = 10,01 m
N. N. [33]	51° 27' 13,6"	0° 20' 21,4"	9,23 + 0,95 = 10,18 m
Garland und Cook [63]	51° 25' 23'	0° 20' 36'	9,24 m
Nach unseren Berechnungen			9,68 m

**Tabelle 5**  
**Reduktionen vom Meßpunkt auf den Potsdamer Referenzpunkt**  
**zur Zeit der Gültigkeit des Wiener Systems**

Autor	Potsdam, Ort der Messung	Höhe	Bezugshöhe	Reduktion
Schumann [64]	Sandsteinpfeiler im NO-Keller bzw. Mittelkeller	82,8 m (Pendellinse)	86,5 m (Pfeiler 54)	$2 \cdot 10^{-7}$ sec
Borraf [65]	Referenzstation	82,8 m	Pfeiler 51	$3 \cdot 10^{-7}$ sec
Anding [59]		82,8 m	Referenzpunkt	$3 \cdot 10^{-7}$ sec
Hausemann [66]	Mittelkeller		Pfeiler 51	$3 \cdot 10^{-7}$ sec
Borraf [42]	NO-Keller, Kampagne-Pfeiler	82,8 m	86,5 m (Pfeiler 54)	$5 \cdot 10^{-7}$ sec
Hausemann [44]	Mittelkeller	82,8 m	Pfeiler 51 (Pfeiler von Kühnen und Furtwängler) (? die Verfasser)	$3 \cdot 10^{-7}$ sec
Hausemann [45]	Mittelkeller	83,5 m	Pfeiler 51 (Pfeiler von Kühnen und Furtwängler) (? die Verfasser)	$3 \cdot 10^{-7}$ sec
Flotow, Berroih und Schmebl [49]	NO-Keller		Pfeiler 51 (Pfeiler von Kühnen und Furtwängler) (? die Verfasser)	1,2 mGal

**Tabelle 6**  
**Hilfspunkte im Geodätischen Institut in Potsdam,**  
**die zum Anschluß an das Potsdamer System benutzt wurden**

Autor	H	g	Dabei benutzte Reduktion	Neu berechnete (vorl.) Reduktion
	m	mGal	mGal	mGal
Kühnen und Furtwängler [3]	87	981 274	—	—
Borraf [6]	85,4	981 275	1	0,62
Zapp und Zinner [51]	82,7 ?	981 275,2	1,3	0,76
Schütte [15]	82,7 ?	981 275,2	1,3	0,76
Miller [37]	?	981 275,0	1,0	?
Kohlschütter nach Brown [58]	83,64	981 275,0	1,0	0,78
Schmebl [39]	83,64	981 275,2	1,3	0,78
Brockamp [40]	?	981 275,2	1,3	?
Hirvonen [41]	83,6	981 275,2	1,3	0,78
Weiken [46]	83,0	981 275,5	1,5	0,91

Tabelle 7  
Genauigkeit der Ortsangabe, in Meter umgerechnet

Ort	Breite m	Länge m	H m	Bemerkungen
Potsdam, Referenzpunkt	18	9,5	Kühnen und Fortwängler: 1	Als Bushwert erklärt
			Verfaesser: 0,01	
	?	?	0,1	Übertragung wahrscheinlich bis zu 0,6 mGal fehlerhaft
Washington, Referenzpunkt	0,05	0,02	0,01	Absolutbestimmung
			(aber nicht kontrollierbar)	
	?	?	0,01	Übertragung unbekannt
Teddington, Referenzpunkt	5	1,9	0,01	Absolutbestimmung
			0,01	
Sèvres, Referenzpunkt	?	?	?	Absolutbestimmung
			0,01	
Leningrad, Referenzpunkte	50	1,5	0,1	Absolutbestimmungen
			?	
Ottawa				Übertragungen unbekannt
Buenos Aires				
Braunschweig, Referenzpunkt	0,01	0,01	ergibt sich aus den Messungen auf 0,01	Absolutbestimmung
			0,001	
	0,01	0,01		Übertragung durch gravimetrische Messung der Schwere als Funktion der Höhe (Formel s. Abschnitt 3.6).

Tabelle 8  
In der Literatur angegebene geographische Koordinaten des Pendelpunktes in Bad Harzburg

Autör	$\varphi$	$\lambda$	H m ü. N. N.
Weikert [46]	51° 51,9'	10° 54,0'	275,2
A. H. Cook [31]	51° 52' 54"	10° 54' 5"	275,2
Kueißl [67]	51° 52,91'	10° 54,02'	275,19

Cook [31] macht bereits auf den Druckfehler bei Weikert in der Angabe von  $\varphi$  aufmerksam.

Tabelle 9  
 Untersysteme des Potsdamer Schweresystems

Ort	Autor	Höhe des Referenzpunktes m	Fallbeschleunigung mGal
Paeis, Observatorium	Martin [30]	?	980 945,00
Bad Harzburg	Morelli [47]	275,2	981 180,40
Bad Harzburg	Kneißl [18] [57]	275,19	981 180,400

## Literaturverzeichnis

- [1] Helmert, F. R.: Verhandlungen der 13. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung, 1906. I. Teil: Sitzungsberichte und Landesberichte über die Arbeiten in den einzelnen Staaten, 1901.
- [2] Helmert, F. R.: Bericht über die relativen Messungen der Schwerkraft mit Pendelapparaten. Verhandlungen der 13. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung, 1906. II. Teil: Spezialberichte und wissenschaftliche Mitteilungen, 1901. Seite 139.
- [3] Kühnen, F., und Furtwängler, Ph.: Bestimmung der absoluten Größe der Schwerkraft zu Potsdam mit Reversionspendeln. Veröff. d. Königl. Pr. Geod. Inst., Neue Folge Nr. 27. Berlin 1906.
- [4] Helmert, F. R.: Bericht über die Schwerebestimmungen. Verhandlungen der 16. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung, 1909. 1. Teil: Sitzungsberichte und Landesberichte über die Arbeiten in den einzelnen Staaten, 1910.
- [5] Borraß, K., bei Helmert, F. R.: Jahresbericht des Direktors des Königl. Geodät. Inst. 1907/1908. Veröff. d. Königl. Pr. Geod. Inst., Neue Folge Nr. 38. 1908.
- [6] Borraß, E.: Bericht über die relativen Messungen der Schwerkraft mit Pendelapparaten in der Zeit von 1808 bis 1909 und über ihre Darstellung im Potsdamer Schwere-system. Verhandlungen der 16. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung, 1909. 3. Teil: Spezialbericht über die relativen Schwere-messungen, 1911.
- [7] Heyl, P. R., und Cook, G. S.: The value of gravity at Washington. J. Res. Nat. Bur. Stand. 17. 807, 1906.
- [8] Clark, J. S.: An absolute determination of the acceleration due to gravity. Phil. Trans. Soc. London, Serie A, 238, 67-123, 1909.
- [9] Valet, Ch.: Mesure de l'accélération due à la pesanteur, au Pavillon de Breteuil. C. R. 335, 442, 1952.
- [10] Agaletski, P. N., und Egorov, K. N.: Result of absolute determinations of the acceleration due to Gravity at V. N. J. J. M. (Leningrad). Izmeritel'naya Tekhnika, 6, p. 29-34, 1956.
- [11] Dryden, H. L.: A reexamination of the Potsdam absolute determination of gravity. J. Res. Nat. Bur. Stand. Wash. 29, 303, 1942.
- [12] Berroth, A.: Das Fundamentalsystem der Schwere im Lichte neuer Reversionspendelmessungen. Bull. Géod. N. S. No. 12, 185, 1949.
- [13] Jeffreys, H.: The figures of the earth and moon. M. N. Roy. Astr. Soc. Lond. Geophys. Suppl. 5, 219, 1948.
- [14] Jeffreys, H.: On the absolute measurement of Gravity. M. N. Roy. Astr. Soc. Lond. Geophys. Suppl. 5, 398, 1948.
- [15] Schütte, K.: Relative Schwere-messungen in Bayern in den Jahren 1921-1922 und 1926-1930. Veröff. d. Bayer. Komm. für Internat. Erdmessung. Astronomisch-geodätische Arbeiten Nr. 11, 1931.
- [16] Hirvonen, R. A.: On the establishment of the values of gravity for the national reference stations. Publications of the Geostatic Institute of the International Association of Geodesy, No. 19, Helsinki 1948.
- [17] Coron, S.: Valeur de la pesanteur à Paris déterminée à l'aide des liaisons internationales Européennes. Bull. Géod. N. S. No. 16, 118, 1950.
- [18] Kneißl, M.: Die internationalen europäischen Gravimeter-Eichbasen. Bayer. Akad. Wissensch., Mathem.-Naturw. Kl. Abh. Neue Folge Heft 79. München 1956.

- [19] Morelli, C.: Compensazione della rete internazionale delle stazioni di riferimento per la misure gravita relativa. Istituto Geofisico di Trieste, Pubbl. n. 241. Trieste 1946.
- [20] Martin, J.: Base gravimétrique française Paris-Toulouse, Extension de Toulouse au Pic du Midi. Expéditions Polaires Françaises, Missions Paul. Etzel Victor, Résultats scientifiques NS III, 3. Paris 1954.
- [21] Cook, A. H.: Comparison of the acceleration due to gravity at the National Physical Laboratory, Teddington, the Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, the Physikalisches-Technische Bundesanstalt, Brunswick and the Geodetic Institute, Potsdam. Proc. Roy. Soc. A 213, 408—424, 1952.
- [22] The British Fundamental Gravity Station. Nature, 173, 794, 1954. Bull. Géod. N. S. No. 32, 103, 1954.
- [23] Martynov, A. J.: Determination of the absolute value of the acceleration of the force of Gravity by the fall of a rod in a vacuum. Izmeritel'naya Tekhnika, 5, p. 11—15, 1956.
- [24] Bericht über die Tätigkeit der Physikalisches-Technischen Bundesanstalt im Jahre 1951, Nr. 53, desgl. 1952, Nr. 63, desgl. 1953, Nr. 63, desgl. 1954, Nr. 45, desgl. 1955, Nr. 45, desgl. 1956, Nr. 66.
- [25] Bredt, R.: Brief des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a. M., Az. 2860/37 vom 24. 5. 1957.
- [26] Cook, A. H.: Notes on Absolute Measurements of Gravity. Vortrag, gehalten im Mai 1955 im Department of Geodesy and Geophysics, Cambridge University.
- [27] Ellenberger, H.: Über die absolute Bestimmung der Erdbeschleunigung mit Hilfe eines freifallenden Körpers. Vortrag, gehalten am 30. 10. 1952 in der Physikalisches-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig.
- [28] Kneißl, M.: Bericht über die in den Jahren 1912—1954 ausgeführten Arbeiten. Veröff. d. Deutschen Geod. Komm. München 1954.
- [29] Borsari, E.: Bericht über die relativen Messungen der Schwerkraft mit Pendelapparaten für den Zeitraum von 1909 bis 1912. Verhandlungen der 17. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung, 1912. II. Teil: Spezialberichte. Berichte über die Tätigkeit des Zentralbüros in den Jahren 1911, 1912, 1915 usw., 1914. Beilage B. XI. Seite 264.
- [30] Anding: Relative Schweremessungen in Bayern. Erste Reihe: 1896—1900. Veröff. d. Kgl. Bayr. Komm. f. Internat. Erdmessung. Astronomisch-geodätische Arbeiten Nr. 6, 1904.
- [31] Zapp, E., und Zinner, E.: Relative Schweremessungen in Bayern in den Jahren 1906—1914. Veröff. d. Bayr. Komm. f. Internat. Erdmessung. Astronomisch-geodätische Arbeiten Nr. 10, München 1922.
- [32] Haasemann, L.: Die Intensität der Schwerkraft auf den Stationen der Nord-Abteilung. Bestimmung der Polhöhe und der Intensität der Schwerkraft auf zweiundzwanzig Stationen von der Ostsee bei Kolberg bis zur Schneekoppe. Veröff. d. Kgl. Pr. Geod. Inst., 1896. Seite 97—174.
- [33] Sternack, R. v.: Relative Schwerebestimmungen. Mitteilungen des k. u. k. Militär-Geographischen Instituts. XII. Band, 1892. Seite 182.
- [34] Borsari, E.: Die Intensität der Schwerkraft auf den Stationen der Süd-Abteilung. Bestimmung der Polhöhe und der Intensität der Schwerkraft auf zweiundzwanzig Stationen von der Ostsee bei Kolberg bis zur Schneekoppe. Veröff. d. Kgl. Pr. Geod. Inst., 1896. Seite 177—268.



- [35] Bullard, E. C., u. Jolly, H. I. P.: Gravity Measurements in Great Britain. *M. N. Roy. Astr. Soc. Geophys. Suppl.* 3, 445, 1956.
- [36] Bullard, E. C., u. Jolly, H. I. P.: Errata. *M. N. Roy. Astr. Soc. Geophys. Suppl.* 4, 139, 1957.
- [37] Miller, A. H.: A determination of the relative values of gravity at Potsdam, Greenwich, Ottawa, and Washington. *Publ. Dom. Obs. Ottawa*, 11, 61-75, 1931.
- [38] Brown, E. J.: A determination of the relative values of gravity at Potsdam and Washington. U.S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey, Special Publication N. 204, 1936.
- [39] Schmehl, H.: Relative Bestimmung der Schwerkraft auf den Stationen Kopenhagen, Stockholm, Helsinki, Pulkowa, Tallinn, Riga, Kaunas, Danzig im Anschluß an Potsdam. Relative Bestimmung der Schwerkraft auf den Landeszentralen, ausgeführt von d. Balt. Geod. Komm. in den Jahren 1930 und 1933. *Sonderveröff. Nr. 6 d. Balt. Geod. Komm.*, Helsinki 1937. Seite 1-65.
- [40] Brockamp, B.: Bestimmung der Schweredifferenz Kopenhagen—Potsdam. Relative Bestimmung der Schwerkraft auf den Landeszentralen, ausgeführt von d. Balt. Geod. Komm. in den Jahren 1930 und 1935. *Sonderveröff. Nr. 6 d. Balt. Geod. Komm.*, Helsinki 1937. Seite 115-129.
- [41] Hirtvonen, R. A.: Bestimmung des Schwereunterschiedes Helsinki—Potsdam im Jahre 1935. *Veröff. d. Finn. Geod. Inst.*, Nr. 24, 1937.
- [42] Bornß, E.: Relative Bestimmungen der Intensität der Schwerkraft auf den Stationen Bukarest, Tifliss bei Graz, Wien, Charlottenburg und Pulkowa im Anschluß an Potsdam. *Veröff. d. Kgl. Pr. Geod. Inst., Neue Folge* Nr. 23, 1905.
- [43] Haasemann, L.: Bestimmung der Intensität der Schwerkraft auf 55 Stationen in der Nähe des Meridians 9° E. v. G. Ferner in Ostpreußen und in den Deutschen Mittelgebirgen. *Veröff. d. Kgl. Pr. Geod. Inst., Neue Folge* Nr. 71, 1916.
- [44] Haasemann, J.: Bestimmung der Intensität der Schwerkraft auf zweiundzwanzig Stationen im nördlichen Teile von Hannover und im Saalethale von Jena bis zur Elbe. *Veröff. d. Kgl. Pr. Geod. Inst., Neue Folge* Nr. 41, 1909.
- [45] Flotow, A. v., Berzth, A., und Schmehl, H.: Relative Bestimmung der Schwerkraft auf 117 Stationen in Norddeutschland. *Veröff. d. Pr. Geod. Inst., Neue Folge* Nr. 106, 1931.
- [46] Weißen, K.: Ergebnisse der Pendelmessungen in den Jahren 1934 bis 1945. *Veröff. d. Geod. Inst. Potsdam*, Nr. 3, Berlin 1950.
- [47] Morelli, C.: Contributo alla rete gravimetrica europea. Istituto Nazionale di geofisica, Rom 1954.
- [48] Lejay, P.: Nouvelle liaison gravimétrique des stations de référence européennes: établissement d'une base à l'Observatoire du Pic du Midi. *C. R.* 201, 735, 1955.
- [49] Saxov, S. K.: The Danish Gravity reference Stations. *Veröff. d. Dänischen Geod. Inst.*, Nr. 25, Kopenhagen 1952.
- [50] Cornu, S.: Nouvelle compensation de principales bases gravimétriques de l'Europe Occidentale. 6 Schreibmaschinenscizzen und 1 Figur, 1955 (zitiert nach [18]).
- [51] Hualák, H.: Physik des Erdinneren, Leipzig 1954.
- [52] Bornß, E., und Helmert, F. R.: Bericht über die relativen Messungen der Schwerkraft mit Pendelapparaten für den Zeitraum von 1909 bis 1905. Verhandlungen der 14. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung, 1905. II. Teil: Spezialberichte, 1905, Seite 135.

- [53] Borraß, E.: Bericht über die relativen Messungen der Schwerkraft mit Pendelapparaten für den Zeitraum von 1905 bis 1906. Verhandlungen der 15. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung, 1906. II. Teil: Spezialberichte und Berichte über die Tätigkeit des Zentralbüros in den Jahren 1904, 1905, 1906 und 1907, 1908, 1908. Seite 162.
- [54] Comptes rendus d'ensemble de la 9. assemblée générale (Bruxelles, août 1951). Bull. Géod. N. S. No. 22, 487, 1951.
- [55] Comptes rendus d'ensemble de la 10. assemblée générale (Rome, Septembre 1954). Bull. Géod. N. S. No. 35, 103, 1955.
- [56] Berichte zur 10. Generalkonferenz der I. U. G. G. — Assoziation für Geodäsie — im September 1954 in Rom. Sonderheft 4 der Z. f. Vermessungswesen.
- [57] Kneißl, M.: Niveau und Maßstab des vorläufigen europäischen Gravimeter-Netzes. Veröff. d. Deutschen Geod. Komm., Reihe A, Heft 21. München 1956.
- [58] Reicheneder, K.: Zur Neubestimmung der absoluten Schwere in Potsdam. Z. f. Geophysik, 25, 1, 1957.
- [59] Garland, G. D.: Gravity and Isostasy. Handbuch der Physik, Bd. 47, 1976.
- [60] Morelli, C.: Rundschreiben der Special Study Group n. 5 der Internat. Association of Geodesy v. 5, 3, 1957.
- [61] Morelli, C.: Contribution to an international calibration and reference system der Internat. Grav. Komm. zur Sitzung in Paris vom 3.—8. 9. 1956 vorgelegt.
- [62] Morelli, C.: Rundschreiben der Special Study Group n. 5 der Internat. Association of Geodesy v. 19, 4, 1957.
- [63] Garland, G. D., u. Cook, A. H.: A determination of the differences in gravity between the national Physical Laboratory, Teddington, the Dominion Observatory, Ottawa and the National Bureau of Standards, Washington. Proc. Roy. Soc. A. 229, 445—458, 1955.
- [64] Schumann, R.: Relative Schweremessungen auf sechs Stationen. Bestimmung der Polhöhe und der Intensität der Schwerkraft auf sieben Stationen in der Nähe des Berliner Meridians von Elsterwerda bis Orkna. Veröff. d. Kgl. Pr. Geod. Inst., Neue Folge Nr. 9, 1902.
- [65] Boersall, E.: Bestimmung der Intensität der Schwere auf sieben Stationen in der Nähe des Berliner Meridians von Elsterwerda bis Orkna. Bestimmung der Polhöhe und der Intensität der Schwerkraft auf sieben Stationen in der Nähe des Berliner Meridians von Elsterwerda bis Orkna. Veröff. d. Kgl. Pr. Geod. Inst., Neue Folge Nr. 9, 1902.
- [66] Hausmann, L.: Bestimmung der Intensität der Schwerkraft auf sechsundsechzig Stationen im Harze und seiner weiteren Umgebung. Veröff. d. Kgl. Pr. Geod. Inst., Neue Folge Nr. 19, 1905.
- [67] Kneißl, M.: Der Deutsche Anteil an der Europäischen Gravimeter-Eichhöhe Hammerfest. Roma, Bayr. Akad. Wissensch., Math.-Naturw. Kl. Abh. Neue Folge Heft 78, München 1956.
- [68] Heyl, P. R.: A redetermination of the constant of gravitation. Bur. Stand. J. Res. 5, 1245, 1950.