

# **Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz**

(Fortsetzung der Publikation: „Das Schweizerische Dreiecknetz“)

herausgegeben von der

**Schweizerischen geodätischen Kommission,**

Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.

---

Zweiundzwanzigster Band

I.

## **Das Geoidprofil im Parallelkreis der Eidgenössischen Sternwarte zu Zürich**

beobachtet in den Jahren 1934 bis 1936 und bearbeitet von Paul Engi und Edwin Hunziker.

(Mit 2 Abbildungen, 6 Tafeln, 1 Karte und 1 Beilage)

II.

## **Die Aufnahme rhythmischer Zeitzeichen mit Hilfe der Methode des Koinzidenzen-Bildes**

bearbeitet von Edwin Hunziker.

(Mit 2 Abbildungen)

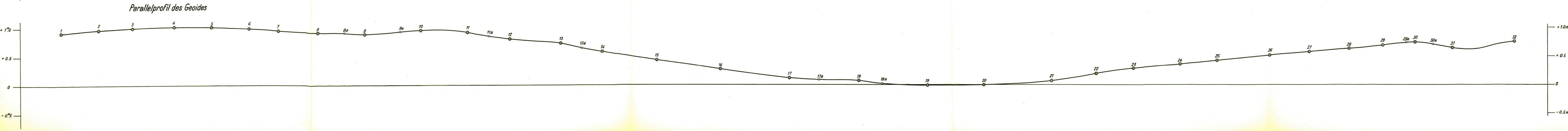
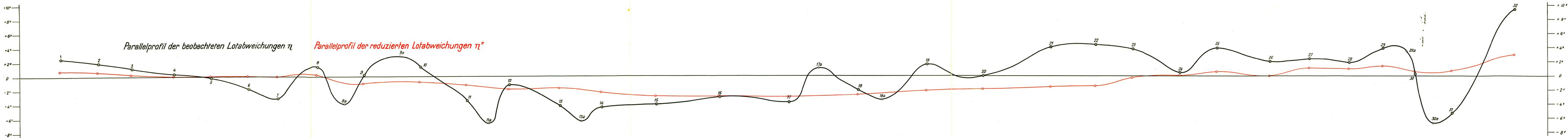
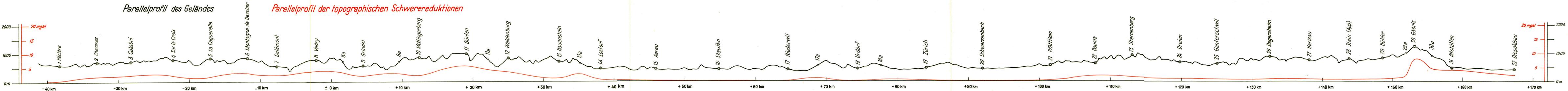
---

1944

---

Zu beziehen durch den Kartenverlag  
der Eidgenössischen Landestopographie in Wabern/Bern.

# Astronomisches Nivellement im Parallel von Zürich



Beobachtungs-Punkte des astronomischen Nivellements im Parallelkreis von Zürich



Masstab 1:250000 0 5 10 15 20 Kilom.

Alle Rechte vorbehalten

# Travaux astronomiques et géodésiques exécutés en Suisse

(Suite de la publication : „Le Réseau de Triangulation suisse“)

publiés par la

## Commission géodésique suisse

de la Société helvétique des Sciences naturelles.

---

### Volume XXII

I.

## Le profil du Géoïde suivant le parallèle de l'Observatoire fédéral à Zurich

observé dans les années 1934 à 1936 et calculé par Paul Engi et Edwin Hunziker.

(Avec 2 figures, 6 planches, 1 carte et 1 annexe)

II.

## La réception des signaux horaires rythmés à l'aide des coïncidences

par Edwin Hunziker.

(Avec 2 figures)

---

1944

---

En dépôt au Service topographique fédéral  
à Wabern/Berne.

# **Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz**

(Fortsetzung der Publikation: „Das Schweizerische Dreiecknetz“)

herausgegeben von der

**Schweizerischen geodätischen Kommission,**

Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.

---

Zweiundzwanzigster Band

I.

## **Das Geoidprofil im Parallelkreis der Eidgenössischen Sternwarte zu Zürich**

beobachtet in den Jahren 1934 bis 1936 und bearbeitet von Paul Engi und Edwin Hunziker.

(Mit 2 Abbildungen, 6 Tafeln, 1 Karte und 1 Beilage)

II.

## **Die Aufnahme rhythmischer Zeitzeichen mit Hilfe der Methode des Koinzidenzen-Bildes**

bearbeitet von Edwin Hunziker.

(Mit 2 Abbildungen)

---

1944

---

Zu beziehen durch den Kartenverlag  
der Eidgenössischen Landestopographie in Wabern/Bern.



## Vorwort.

In dem vorliegenden 22. Band ihrer Publikationsreihe legt die Schweizerische geodätische Kommission ein neues Ergebnis ihrer Arbeiten zur Bestimmung des Geoides in der Schweiz vor. Es handelt sich um die Bestimmung des Geoidprofils im Parallelkreis der eidgenössischen Sternwarte zu Zürich, in der nördlichen Breite von  $47^{\circ} 23'$ .

Als astronomisches Element musste hier die geographische Länge der gewählten Punkte bestimmt werden. Im Gegensatz zu den Längenbestimmungen erster Ordnung wurden dabei die Längen durch einen Beobachter allein bestimmt; die drahtlosen Zeitzeichen wurden durch Hörempfang nach dem verbesserten H ä n n i 'schen Koinzidenzverfahren aufgenommen. Um die persönlichen und instrumentellen Fehler auszuschalten wurden mehrfach Anschlussbeobachtungen auf der Referenzstation (Eidgenössische Sternwarte zu Zürich) durchgeführt. Zur Zeitbestimmung wurden Durchgangsbeobachtungen im Meridian der Station verwendet. Das Durchgangsinstrument wurde auf einem von Dr. P. Engi konstruierten transportablen Holzpfeiler aufgestellt; die Stabilität erwies sich als sehr befriedigend. Die zwei Antikorodalplatten des Pfeilers sind der Kommission durch die Aluminium-Industrie-Gesellschaft Neuhausen geschenkt worden, wofür wir hier verbindlichst danken. Für den im Profil gelegenen Punkt „Gäbris“, der auch im Längennetz erster Ordnung enthalten ist, ergab sich eine wertvolle Kontrolle. Die Übereinstimmung der „Einbeobachter-Länge“ mit dem Ergebnis der Ausgleichung des Längennetzes erster Ordnung beträgt  $0^{\circ}022$ . Zur Bestimmung der geodätischen Elemente der Beobachtungsstationen konnten die Ergebnisse der schweizerischen Landesvermessung verwertet werden. Neben Triangulationspunkten wurden auch Polygonpunkte der Grundbuchvermessung herangezogen.

In verdankenswerter Weise haben bei der Bestimmung der geodätischen Koordinaten einiger Stationen die Eidgenössische Landestopographie, das städtische Vermessungsamt von Zürich, das Nachführungsbureau Oberst Hess in Buchs, das Vermessungsbureau Lips und Hoffmann in Elgg sowie die Grundbuchgeometer M. Peterhans in Mellingen, J. J. Baumgartner in Schlieren und J. Walser in Bühler mitgewirkt.

Die Feldbeobachtungen wurden in den Jahren 1934 und 1936 durch Dr. P. Engi, im Jahre 1935 durch Dr. E. Hunziker, die beiden Ingenieure der Kommission, durchgeführt. Die Ableitung des Geoidprofils erfolgte durch Dr. E. Hunziker, der auch das Schlusskapitel des Bandes „Die Aufnahme rhythmischer Zeitzeichen mit Hilfe der Methode des Koinzidenzen-Bildes“ und die Untersuchungen über die Genauigkeit dieses Verfahrens bearbeitet hat.

Im Namen der Schweizerischen geodätischen Kommission spreche ich beiden Herren den Dank für ihre sorgfältige Arbeit aus. Ich möchte auch der Buchdruckerei Effingerhof bestens danken für den Satz und für das Entgegenkommen, das sie während der Setzarbeit bewiesen hat.

Zollikon, den 8. Juli 1944.

Der Präsident  
der Schweizerischen geodätischen Kommission:  
**F. Bäschlin.**



I.

# Das Geoidprofil im Parallelkreis der Eidgenössischen Sternwarte zu Zürich

beobachtet in den Jahren 1934 bis 1936

und bearbeitet von

Dr. Paul Engi und Dr. Edwin Hunziker

Ingenieuren der  
Schweizerischen Geodätischen Kommission.

---



# Inhaltsverzeichnis

## Das Geoidprofil im Parallelkreis der Eidgenössischen Sternwarte zu Zürich

beobachtet in den Jahren 1934 bis 1936 von Dr. PAUL ENGI  
und Dr. EDWIN HUNZIKER.

### I. Teil.

#### Die beobachteten Lotabweichungen.

Bearbeitet von P. ENGI.

	Seite
A. Die Beobachtungspunkte . . . . .	1
1. Wahl des Profiles . . . . .	1
2. Die Beobachtungsstationen . . . . .	3
B. Beobachtungsverfahren und Gang der Arbeiten . . . . .	9
1. Beobachtungsprogramm . . . . .	9
2. Verlauf der Beobachtungen . . . . .	10
C. Instrumentelle Ausrüstung . . . . .	11
1. Transportabler Pfeiler und Hütte . . . . .	11
2. Durchgangsinstrumente . . . . .	13
3. Uhren, Empfangs- und Registrieranlage . . . . .	13
D. Die Bestimmung der Lotabweichungen . . . . .	15
1. Zeitbestimmungen . . . . .	15
2. Drahtlose Bestimmung der Uhrstände und Uhrgänge . . . . .	22
3. Die beobachteten geographischen Längen . . . . .	30
4. Die geodätisch bestimmten Koordinaten . . . . .	34
5. Die beobachteten Lotabweichungen . . . . .	37

## II. Teil.

### Die Ableitung des Geoidprofiles.

Bearbeitet von E. HUNZIKER.

	Seite
1. Das Geoidprofil ohne Berücksichtigung der Lotkrümmung . . . . .	39
a) Interpolation der Lotabweichungs-Komponenten der Zwischenpunkte	40
b) Numerische Bestimmung des Integrales $\int \eta ds$ . . . . .	41
2. Der Einfluss $E$ der Lotkrümmung . . . . .	43
a) Auswertung des Integrales $\int_A^C (g - g_0) \cdot dz$ . . . . .	43
b) Der Ausdruck $[H \cdot (g_0 - \bar{G})]_A^C$ . . . . .	44
3. Die Genauigkeit der berechneten Geoiderhebungen . . . . .	46
a) Der mittlere Fehler $m_1$ von $\sum \Delta N'$ . . . . .	46
b) Der mittlere Fehler $m_2$ von $\sum_A^C \frac{\bar{g} - g_0}{g_0} (z_k - z_i)$ . . . . .	50
c) Der mittlere Fehler $m_3$ von $[H \cdot \frac{g_0 - \bar{G}}{g_0}]_A^C$ . . . . .	51
d) Der mittlere Fehler der Geoiderhebung $N$ . . . . .	52
4. Schlussbemerkungen . . . . .	54

## I. Teil.

# Die beobachteten Lotabweichungen.

## A. Die Beobachtungspunkte.

### 1. Wahl des Profiles.

Das längste Parallelkreisstück in der Schweiz (rund 330 km) hat die geographische Breite  $46^{\circ} 37'$ . Sein westlichster Punkt liegt an der französischen Grenze in der Vallée de Joux, der östlichste ist der Piz Chavalatsch in der Val Müstair. Dieser Parallel geht durch die Berner- und Graubündneralpen, und das von ihm berührte Gebiet bietet dem Transport der Beobachtungsausrüstung z. T. beträchtliche Schwierigkeiten. Mit dem uns zur Verfügung stehenden schweren Instrumentarium wäre die Beobachtung dieses Profiles unverhältnismässig mühevoll und teuer zu stehen gekommen. Es standen uns in der Beobachtung eines Parallelkreisprofiles auch keine Erfahrungen zur Verfügung. Das sind die Gründe, die die Schweizerische Geodätische Kommission veranlassten, von der Beobachtung des längsten Parallelkreisprofiles vorderhand abzusehen und vorerst ein leichter zugängliches Profil zu wählen. Als solches eignete sich das rund 208 km lange Parallelkreisstück von Réclère am westlichsten Punkt des Pruntrutler Zipfels bis Diepoldsau, dem östlichsten Punkt der Rheintalgrenze (siehe beiliegende Karte). Die geographische Breite dieses Parallels beträgt  $47^{\circ} 22\frac{3}{4}'$ .

Das Profil überquert den Jura schief, liegt von Olten bis zum Zürcher Oberland in der Schweizerischen Hochebene, durchschneidet die St. Gallisch-Appenzellischen Voralpen und endigt in der Ebene des St. Gallischen Rheintales. Von besonderer Bedeutung ist, dass es ausser der Eidgenössischen Sternwarte zu Zürich noch zwei weitere geodätisch ausgezeichnete Punkte, den Punkt „Gäbris“ des schweizerischen Längennetzes erster Ordnung und den Punkt „Schwerzenbach“ des Geoidprofiles im Meridian des St. Gotthard enthält <sup>1)</sup>.

Zur Festlegung der Entfernungen zwischen den Stationen, deren Länge beobachtet werden sollte, waren die bei der Bearbeitung des Geoidprofiles im Meridian des St. Gotthard gemachten Erfahrungen wegleitend. Die dem Band XX beigelegte Tafel stellt die beobachteten Lotabweichungen als stark bewegt verlaufende Kurve dar, und man hat nicht den Eindruck, dass sie in den interpolierten Teilen den Betrag der Lotabweichung auch nur annähert gibt (punktierte Kurve). Wird von den beobachteten Lotabweichungen der Einfluss der sichtbaren Massen abgezogen, so haben wir in der ruhig verlaufenden Linie die

<sup>1)</sup> Siehe die dem Band XIX der „Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz“ beigelegte Karte.

— Künftig werden zitierte Bände dieser Publikationsreihe einfach mit „Band N“ bezeichnet.

reduzierten Lotabweichungen (gestrichelte Linie). Addiert man zu den Werten der reduzierten Lotabweichungen die dem Geländeprofil nach zu vermutenden Extrema des Beitrages aus sichtbaren Massen, so ergibt sich die von der Kurve der beobachteten Lotabweichungen stark verschiedene neue Linie der Lotabweichungen (ausgezogene Kurve), die die Unzulänglichkeit der Darstellung der beobachteten Lotabweichungen augenfällig macht. Man erkennt aber auch, dass sich mit grosser Annäherung die gleiche Linie der reduzierten Lotabweichungen ergeben hätte, wenn die Polhöhe auch auf weniger Punkten beobachtet worden wäre, als dies geschehen ist.

Das Meridianprofil des St. Gotthard ist rund 185 km lang und enthält 54 Polhöhenstationen, deren durchschnittliche Entfernung voneinander somit 3,5 km beträgt. Die Linie aller reduzierten Lotabweichungen wurde verglichen mit der Linie, die sich aus den beobachteten Lotabweichungen von jeder zweiten Station ergab. Die Unterschiede der interpolierten Werte gegenüber den aus allen Beobachtungen abgeleiteten gibt ein Genauigkeitsmass der reduzierten Lotabweichungen. Analog wurden die mit den beobachteten Werten jeder dritten und ebenso jeder vierten Station erstellten Linien der reduzierten Lotabweichungen mit der ursprünglichen verglichen. Lässt man eine maximale Abweichung der interpolierten reduzierten Lotabweichungen von den aus allen beobachteten Lotabweichungen ermittelten von  $\pm 1''$  zu, so kommt man auf die von E. Hunziker in einer kurzen Mitteilung gegebenen maximalen Entfernungen zwischen den Stationen in den verschiedenen topographischen Gebieten:

im Flachland 10 km,  
im Hügelland und Vorgebirge 7 km und  
im Hochgebirge 4 km<sup>1)</sup>.

Bei der Wahl der Stationen musste man neben diesen Vorschriften betreffend Entfernung der Stationen die Möglichkeit der geodätischen Festlegung der Punkte berücksichtigen. Über das ganze Gebiet längs des Parallels ist die Triangulation 4. Ordnung fertiggestellt. In den meisten Gemeinden ist auch die Grundbuchvermessung durchgeführt, so dass auch das dichte Netz der Polygonpunkte zur Verfügung stand. Drei Stationen (Niederwil, Sternenberg und Bühler) liegen in Gemeinden, deren Vermessung zur Zeit der Profilbeobachtung gerade in Arbeit war; die Koordinaten dieser Punkte wurden von den die Vermessung ausführenden Geometern bestimmt. So war es möglich, ein Profil zu legen, dessen Stationen einen maximalen Polhöhenunterschied von 20",31 aufwiesen (vgl. Tabelle 6, Seite 38). Die gewählten Punkte sind in die beigegebene Karte eingetragen.

<sup>1)</sup> E. Hunziker, Verteilung der Beobachtungsstationen zur Ableitung eines Parallelprofiles. Procès-verbal de la 78<sup>me</sup> séance de la Commission géodésique Suisse, 1932. — Zitierte Procès-verbaux werden künftig mit „P.-v.“ und der Jahreszahl bezeichnet.

## 2. Die Beobachtungspunkte.

Die folgende Zusammenstellung der Beobachtungsstationen enthält für jeden Punkt die Lagebezeichnung, Angaben über die Art der Bestimmung seiner Koordinaten, sowie die hiezu als Grundlage dienenden Koordinaten der Punkte der Landesvermessung. Die Tafeln 1 bis 6 geben die Situation der Stationen skizziert, sowie für die Koordinatenberechnung erläuternde Angaben. Die hiezu erforderlichen Meridiankonvergenzen  $\mu$  sind in der Tabelle 6 gegeben, wo auch die Koordinaten und genäherten Meereshöhen der Stationen eingetragen sind.

1. *Réclère* (Tafel 1). Der Stationspunkt S liegt in einer Wiese etwa 130 m nördlich des Friedhofes von Réclère, 3,30 m südwestlich des Polygonpunktes PP 856.

Aufnahme des PP 856 auf den Meridian der Station, Höhe aus der Karte.

$$\text{PP 856: } Y = -38317,72 \text{ m, } X = +47452,44 \text{ m.}$$

2. *Chevenez* (Tafel 1). Am Ende des Fahrsträsschens, das von Chevenez direkt nach Süden nach der „Montagne des grands Cras“ hinaufführt, etwa 8 m südwestlich des PP 2045.

Aufnahme des PP 2045 auf den Meridian der Station, auf gleicher Höhe wie PP 2045.

$$\text{PP 2045: } Y = -33030,38 \text{ m, } X = +47664,75 \text{ m, } H = 689,89 \text{ m.}$$

3. *Calabri* (Tafel 1). Am Fahrsträsschen Calabri—Vacherie Lintz, rund 15 m ostnordöstlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta$  248.

Aufnahme des Punktes  $\Delta$  248 auf den Meridian der Station, auf gleicher Höhe wie  $\Delta$  248.

$$\Delta 248: Y = -28281,10 \text{ m, } X = +47329,27 \text{ m, } H = 708,92 \text{ m.}$$

4. *Sur la Croix* (Tafel 1). An der Strasse Courgenay—St. Ursanne, etwa 350 m nordnordöstlich des Gehöftes „Sur la Croix“.

Aufnahme des Stationspunktes auf die Polygonseite PP 36—PP 37, Höhe aus der Karte.

$$\text{PP 36: } Y = -22325,04 \text{ m, } X = +47385,69 \text{ m,}$$

$$\text{PP 37: } Y = -22327,55 \text{ m, } X = +47304,67 \text{ m.}$$

5. *La Caquerelle* (Tafel 1). An der Strasse Boécourt—La Caquerelle, etwa 18 m nordnordöstlich des PP 2018.

Aufnahme des PP 2018 auf den Meridian der Station, ungefähr auf gleicher Höhe wie PP 2018.

$$\text{PP 2018: } Y = -17092,19 \text{ m, } X = +47380,30 \text{ m, } H = 826,90 \text{ m.}$$

6. *Montagne de Develier* (Tafel 1). Rund 110 m östlich des Strassenknies der Strasse Develier—Bourrignon auf dem Höhenkamm der „Montagne de Develier“.

Offener Polygonzug anschliessend an die Polygonseite PP 204—PP 205, Höhe durch Messung der notwendigen Höhenwinkel auf  $H_1$ .

$$\text{PP 204: } Y = -12036,00 \text{ m, } X = +47380,30 \text{ m,}$$

$$\text{PP 205: } Y = -11980,80 \text{ m, } X = +47396,40 \text{ m, } H = 830,10 \text{ m.}$$

$$\text{Höhenwinkel auf } H_1: \text{PP 205} \quad -4^\circ 41',5$$

$$H_2 \quad -1^\circ 34',5.$$

S liegt 1,37 m südlich von  $H_2$ .

7. *Delémont* (Tafel 2). Am Strässchen Delémont—Le Bambois, etwa 1 km nordnordwestlich des Nordausganges von Delémont, etwa 18 m ost-südöstlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta 286$ .

Aufnahme des Punktes  $\Delta 286$  auf den Meridian der Station, ungefähr auf gleicher Höhe wie  $\Delta 286$ .

$$\Delta 286: Y = -7803,49 \text{ m, } X = +47370,93 \text{ m, } H = 546,20 \text{ m.}$$

8. *Vadry* (Tafel 2). Am Ende des Fahrsträsschens Courcelon—En Vadry, etwa 80 m west-südwestlich des dortigen Gehöftes.

Bestimmung des Stationspunktes aus den Polygonpunkten PP 758 und PP 760 über zwei Hilfspunkte  $H_1$  und  $H_2$ .

$$\text{PP 758: } Y = -2245,23 \text{ m, } X = +47457,85 \text{ m,}$$

$$\text{PP 760: } Y = -2103,21 \text{ m, } X = +47504,44 \text{ m, } H = 769,25 \text{ m.}$$

$$\text{Höhenwinkel auf } H_1: \text{PP 760} \quad +3^\circ 52'$$

$$H_2 \quad +6^\circ 53',5.$$

S liegt 1,15 m südlich von  $H_2$ .

9. *Grindel* (Tafel 2). Etwa 350 m südwestlich der Kirche Grindel, am Fahrweg Grindel—Bärschwil, 18,6 m nordöstlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta 664$ .

Aufnahme des Punktes  $\Delta 664$  auf den Meridian des Stationspunktes, Höhe aus der Karte.

$$\Delta 664: Y = +4480,18 \text{ m, } X = +47638,65 \text{ m.}$$

10. *Meltingerberg* (Tafel 2). Etwa 250 m südöstlich der Sennhütte „Meltingerberg“ in Weideland, 2,67 m südlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta 212$  in dessen Meridian.

Messung der Entfernung der beiden Punkte, die auf gleicher Höhe liegen.

$$\Delta 212: Y = +12424,81 \text{ m, } X = +47287,90 \text{ m, } H = 852,16 \text{ m.}$$

11. *Bürten* (Tafel 2). Etwa 400 m ostnordöstlich des Gehöftes „Bürten“ beim Hof „Neue Bürten“, 28 m südlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta 677$ .

Aufnahme des Punktes  $\Delta 677$  auf den Meridian der Station, Höhe aus der Karte.

$$\Delta 677: Y = +19024,10 \text{ m}, X = +47404,69 \text{ m}.$$

12. *Waldenburg* (Tafel 2). Am Fahrweg, der von der Bahnstation Waldenburg nach der „Sennhöhe“ führt, etwa 100 m nordöstlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta 799$ .

Aufnahme des Punktes  $\Delta 799$  auf den Meridian der Station, Höhe aus der Karte.

$$\Delta 799: Y = +24942,54 \text{ m}, X = +47814,20 \text{ m}.$$

13. *Hauenstein* (Tafel 3). Etwa 300 m westlich des Dorfes Hauenstein, etwa 50 m südlich des Weges von Hauenstein nach dem Gehöft „Gsaal“ und 70 m westsüdwestlich des trigonometrischen Punktes  $\Delta 1060$ .

Aufnahme des Punktes  $\Delta 1060$  auf den Meridian der Station, Höhe aus der Karte.

$$\Delta 1060: Y = +32380,30 \text{ m}, X = +47497,92 \text{ m}.$$

14. *Lostorf* (Tafel 3). Auf dem „Lätthübel“, etwa 150 m westsüdwestlich der Kirche Lostorf und 11,5 m südwestlich des trigonometrischen Punktes 3. Ordnung  $\Delta$  „Lostorf“.

Aufnahme des Punktes  $\Delta$  Lostorf auf den Meridian der Station, Höhe aus der Karte.

$$\Delta \text{ Lostorf}: Y = +38158,44 \text{ m}, X = +47747,33 \text{ m}.$$

15. *Aarau* (Tafel 3). Beim Gasthaus „Binzenhof“, etwa 1½ km südlich von Aarau.

Aufnahme eines Hilfspunktes H auf die Polygonseite PP 892—PP 894. S liegt 1,33 m nördlich von H. Höhe aus dem Grundbuchplan.

$$\text{PP 892}: Y = +45812,10 \text{ m}, X = +47707,92 \text{ m},$$

$$\text{PP 894}: Y = +45905,51 \text{ m}, X = +47657,24 \text{ m}.$$

16. *Staufen* (Tafel 3). Östlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta 34$  südlich Staufen an der Weggabelung im „Wallenacker“.

Messung des Winkels zwischen Kirche Staufberg und S auf  $\Delta 34$  und der Strecke  $\Delta 34$ —S. Höhe durch Nivellement aus  $\Delta 34$ .

$$\text{† Staufberg}: Y = +54687,27 \text{ m}, X = +48012,83 \text{ m},$$

$$\Delta 34: Y = +54744,42 \text{ m}, X = +47728,66 \text{ m}, H = 425,52 \text{ m}.$$

17. *Niederwil* (Tafel 3). In der Südecke des Schulhausplatzes.

Aufnahme des Stationspunktes durch Grundbuchgeometer M. Peterhans in Mellingen.

18. *Urdorf* (Tafel 3). An der Strassengabel am Südende des Dorfes, etwa 15 m nördlich des PP 403.

Einmessung des Stationspunktes auf 5 vermessene Punkte. Koordinaten aus dem Grundbuchplan abgegriffen durch Grundbuchgeometer J. J. Baumgartner in Schlieren. Auf gleicher Höhe wie PP 403.

$$\text{PP 403: } H = 443,69 \text{ m.}$$

19. *Eidgenössische Sternwarte zu Zürich* (Tafel 4). Infolge des im Jahre 1936 auf der Eidgenössischen Sternwarte durchgeführten Erweiterungsbaues konnten die Referenzbeobachtungen nicht während der ganzen Zeit der Aufnahme des Parallelkreisprofils (1934 bis 1936) auf dem gleichen Pfeiler ausgeführt werden. Die auf den zwei verschiedenen Punkten des Sternwarteareals beobachteten Uhrkorrekturen wurden auf das Zentrum der Sternwarte, den Meridiankreis von Kern, reduziert. In den Jahren 1934 und 1935 wurde auf dem Pfeiler *E* beobachtet. Wegen des Erweiterungsbaues musste der Pfeiler *W* abgetragen werden, und der Pfeiler *E* kann wegen Platzmangels mit der bisher dort verwendeten Hütte nicht mehr benutzt werden. Die neue, kleinere Hütte ist aber nur mit kleineren Pfeilern verwendbar, weshalb die Referenzbeobachtungen im Jahre 1936 mit dem im Felde verwendeten Pfeiler und der kleinen Hütte südöstlich des Sternwartegebäudes durchgeführt wurden. Die Zentrierungsmasse sind in der Skizze eingetragen.

Inzwischen wurde als Ersatz für den abgebrochenen Pfeiler *W* auf der oberen Terrasse des Sternwartegartens ein neuer Pfeiler errichtet, dessen Situation in der Skizze ebenfalls eingetragen ist. Seine vom städtischen Vermessungsamt Zürich aufgenommenen Zentrierungsmasse im Sinne neuer Pfeiler minus Zentrum sind:

$$\Delta Y = + 17,01 \text{ m, } \Delta X = + 14,56 \text{ m.}$$

20. *Schwerzenbach* (Tafel 4). Etwa 6 m nordwestlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta 322$  südlich der Strasse Schwerzenbach—Greifensee, rund 400 m von Schwerzenbach entfernt.

Messung des Winkels zwischen  $\Delta 322$  und  $\ddagger$  Schwerzenbach auf S und der Entfernung S— $\Delta 322$ . Höhe durch Nivellement aus  $\Delta 322$ .

$$\ddagger \text{ Schwerzenbach: } Y = + 91630,25 \text{ m, } X = + 48355,18 \text{ m,}$$

$$\Delta 322: Y = + 91970,92 \text{ m, } X = + 48236,22 \text{ m, } H = 448,19 \text{ m.}$$

21. *Pfäffikon (Zch.)* (Tafel 4). An der Strasse Pfäffikon—Russikon bei „Unter-Sulzberg“.

Aufnahme des Stationspunktes auf die Polygonseite PP 1993—PP 1994 und Abgreifen der Koordinaten aus dem Plan. Höhe ungefähr wie PP 1993.

$$\text{PP 1993: } Y = + 101524,54 \text{ m, } X = + 48332,99 \text{ m, } H = 566,04 \text{ m,}$$

$$\text{PP 1994: } Y = + 101519,29 \text{ m, } X = + 48380,52 \text{ m.}$$

22. *Bauma* (Tafel 4). Auf dem rechten Tössufer zwischen Bauma und Saland etwa 500 m nördlich Alt-Landenberg und rund 100 m nordnordwestlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta T 15$ .

Abstecken einer Südmire und Messung des Winkels  $\alpha$  zwischen  $\Delta T 15$  und der Mire auf S, sowie der Entfernung S— $\Delta T 15$ . Höhe durch Nivellement aus  $\Delta T 15$ .

$$\Delta T 15: Y = + 107831,45 \text{ m}, X = + 48276,09 \text{ m}, H = 621,89 \text{ m}.$$

23. *Sternenberg* (Tafel 4). Am Strässchen von „Gfell“ nach „Heiletsegg“ beim Gehöft „Gfellaacker“.

Aufnahme des Stationspunktes durch das Vermessungsbureau Lips und Hoffmann in Elgg.

24. *Dreien* (Tafel 4). Am Strässchen Dreien—Müselbach beim Gehöft „Holenau“, 11,20 m nordnordwestlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta 3360$ .

Mikrometrische Messung des Winkels  $\gamma$  zwischen dem Meridian der Station und einer im Gesichtsfeld des Fernrohres liegenden, als Mire dienenden Hauskante. Messung des Winkels  $\alpha$  zwischen der Mire und  $\Delta 3360$  auf S sowie der Entfernung S— $\Delta 3360$ . Höhe durch Nivellement aus  $\Delta 3360$ .

$$\Delta 3360: Y = + 119745,74 \text{ m}, X = + 48642,00 \text{ m}, H = 683,50 \text{ m}.$$

25. *Ganterschwil* (Tafel 5). Am Flursträsschen Ganterschwil—Gartikon, etwa 12 m südöstlich des Hauses Ass.-Nr. 150. Seitwärtsabschnitt aus den Punkten  $\ddagger$  Ganterschwil und einem Hilfspunkt E. Bestimmung von E aus den Winkeln  $\Delta 3455$ — $\ddagger$  Ganterschwil auf E und  $\ddagger$  Ganterschwil—E auf  $\Delta 3455$ , sowie der Entfernung  $\Delta 3455$ —E. Höhe durch Messung der Höhenwinkel auf  $\Delta 3455$ , E und S.

Höhenwinkel auf $\Delta 3455$ nach E	— $6^{\circ} 26' 55''$
„ E „ $\Delta 3455$	+ 6 28 5
„ E „ $\ddagger$ Ganterschwil	+ 0 19 25
„ E „ S	— 8 8 25
„ S „ E	+ 8 9 15
„ S „ $\ddagger$ Ganterschwil	+ 1 16 15.

$$\ddagger \text{ Ganterschwil: } Y = + 124711,80 \text{ m}, X = + 49123,15 \text{ m}, H = 654,39 \text{ m},$$

$$\Delta 3455: Y = + 125036,05 \text{ m}, X = + 48800,96 \text{ m}, H = 657,88 \text{ m}.$$

26. *Degersheim* (Tafel 5). Etwa 24 m südsüdwestlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta 3521$  auf der Höhe nördlich Degersheim, rund 60 m westlich der Strasse Degersheim—Flawil und 40 m nördlich des Gehöftes „Berg“.

Rückwärtseinschnitt aus  $\ddagger$  Niederwil,  $\Delta 3521$  und  $\ddagger$  Abtwil mit Kontrolle der Strecke S— $\Delta 3521$ . Höhe durch Nivellement aus  $\Delta 3521$ .

$$\ddagger \text{ Abtwil: } Y = + 142271,87 \text{ m}, X = + 54031,90 \text{ m},$$

$$\ddagger \text{ Niederwil: } Y = + 132743,33 \text{ m}, X = + 55650,88 \text{ m},$$

$$\Delta 3521: Y = + 132502,92 \text{ m}, X = + 49040,60 \text{ m}, H = 875,09 \text{ m}.$$

27. *Herisau* (Tafel 5). An der Strasse Herisau—Schwellbrunn „im Schloss“, etwa 7 m nordwestlich des trigonometrischen Punktes 4. Ordnung  $\Delta 48$ .

Festlegung einer Meridianmire im Süden und Messung des Winkels  $\Delta 48$ —Mire auf S sowie der Entfernung S— $\Delta 48$ . Höhenwinkel auf S nach  $\Delta 48$ :  $-7^\circ 3'$ .

$$\Delta 48: Y = +138102,27 \text{ m}, X = +49156,69 \text{ m}, H = 753,48 \text{ m}.$$

28. *Stein (App.)* (Tafel 5). Am Fahrweg von Stein nach dem Gehöft „Gopf“, etwa 300 m nördlich der  $\ddot{S}$  Stein.

Seitwärtsabschnitt aus dem trigonometrischen Punkt 4. Ordnung  $\Delta 381$  und  $\ddot{S}$  Stein. Höhe trigonometrisch aus diesen beiden Punkten.

$$\begin{array}{rcl} \text{Höhenwinkel auf S} & \text{nach } \ddot{S} \text{ Stein} & + 10^\circ 45',5 \\ & \text{„ } \Delta 381 & - 0^\circ 52',5 \\ & \text{„ } \Delta 381 \text{ „ S} & + 0^\circ 53',5. \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \Delta 381: Y = +144018,08 \text{ m}, X = +49095,72 \text{ m}, H = 806,37 \text{ m}, \\ \ddot{S} \text{ Stein: } Y = +143885,12 \text{ m}, X = +48890,52 \text{ m}, H = 864,36 \text{ m}. \end{array}$$

29. *Bühler* (Tafel 5). Am Fahrweg von „Steig“ (Bühler) nach dem Gehöft „Lehn“, etwa 100 m südwestlich des Gehöftes „Dachsbühl“.

Aufnahme der Station durch das Vermessungsbureau J. Walser, Bühler.

30. *Gäbris* (Tafel 5). 9,20 m östlich der Südostecke des Gasthauses „Gäbris“.

Aufnahme des Punktes auf die Polygonseite  $\Delta$  „Gäbris B“—PP 2142, Höhe durch Nivellement aus PP 2142.

$$\begin{array}{l} \Delta \text{ Gäbris B: } Y = +153116,21 \text{ m}, X = +49483,16 \text{ m}, \\ \text{PP 2142: } Y = +153145,74 \text{ m}, X = +49500,96 \text{ m}, H = 1246,25 \text{ m}. \end{array}$$

31. *Altstätten* (Tafel 6). In einer Wiese im „Mühlacker“ (Breite) am Westrand des Städtchens.

Einmessung des Stationspunktes auf 4 im Grundbuchplan festgelegte Punkte. Ermittlung der Koordinaten im Lokalsystem durch das Nachführungsbureau Hess in Buchs. Umrechnung in Zylinderkoordinaten durch die Eidgenössische Landestopographie. Höhe durch Nivellement aus PP 159.

32. *Diepoldsau* (Tafel 6). Am Fahrweg nach dem „Fildele“ am Südrand des Dorfes Diepoldsau.

Einmessung des Stationspunktes auf 5 im Grundbuchplan festgelegte Punkte. Ermittlung der Koordinaten im System der alten Forsttriangulation durch das Nachführungsbureau Hess in Buchs. Umrechnung in Zylinderkoordinaten durch die Eidgenössische Landestopographie. Höhe aus dem Grundbuchplan.

## B. Das Beobachtungsverfahren und Gang der Arbeiten.

### 1. Beobachtungsprogramm.

Das anzuwendende Beobachtungsverfahren hatte neben den Vorschriften für die zu erreichende Genauigkeit auch dem uns zur Verfügung stehenden Instrumentarium und Material sowie den Anforderungen der Transporte zu genügen. Letztere Rücksichtnahme hatte zur Folge, dass in erster Linie die für die Längenbestimmungen erster Ordnung benützte, in Band XXI, Seite 15 und ff. beschriebene schwerfällige Empfangs- und Registriereinrichtung der drahtlosen Zeitzeichen nicht mehr verwendet werden konnte; das Gewicht und die Raumbanspruchung sind zu gross.

Sodann sollten die Längen nur durch einen Beobachter bestimmt werden. Diese Anordnung erforderte die Anschaffung nur eines neuen Empfängers. Die drahtlosen Zeitzeichen sollten nicht mehr registriert, sondern durch Hörempfang nach dem verbesserten Hänni'schen Koinzidenzverfahren aufgenommen werden <sup>1)</sup>.

Diese Anordnungen führten zur Aufstellung des folgenden Beobachtungsprogrammes:

Der Beobachter führt zuerst auf der Referenzstation (Eidg. Sternwarte in Zürich) an mehreren Abenden Längenbestimmungen mit der im Felde verwendeten Ausrüstung durch. Sodann beobachtet er auf einigen Stationen des Parallelkreises, um dann wieder in Zürich Referenzbeobachtungen auszuführen. Stimmen die vor und nach den Feldbeobachtungen ermittelten Längen der Referenzstation innerhalb der durch die Beobachtungsgenauigkeit gegebenen Grenzen überein, so darf angenommen werden, dass sich der persönliche und instrumentelle Fehler während der Kampagne nicht geändert hat.

Eine Längenbestimmung besteht in einer Zeitbestimmung mittels Beobachtung des Meridiandurchganges von etwa 12 Zeit- und 3 polnahen Sternen. Vor und nach der Zeitbestimmung wird der Uhrstand aus den rhythmischen Zeitzeichen der Sender Rugby (GBR um 18 Uhr Weltzeit) oder Bordeaux (FYL 20 Uhr) und Paris (FLE 22½ Uhr) ermittelt. Im Jahre 1936 setzte der Sender FYL vom 19. Juni bis 17. Juli aus; an dessen Stelle trat der Sender Lyon (FYN). An allen Beobachtungsabenden wurden die Zeichen FYL bzw. FYN und FLE aufgenommen und zur Ableitung der Länge verwendet, während die gelegentlich aufgenommenen weiteren Zeichen (GBR) als Reserve dienten, aber nicht benützt wurden.

Die zu erreichende Genauigkeit der beobachteten Lotablenkungen sollte derjenigen im Gotthardmeridian entsprechen, wo der m. F. der Nordsüdkomponente der Lotabweichung  $\pm 0,2$  beträgt <sup>2)</sup>. Der m. F. der Ostwestkomponente der Lotabweichung in einem Punkt des Parallelkreises der Polhöhe  $\varphi$  ist das  $\cos \varphi$ -fache des m. F. seiner Länge. Wenn somit der m. F. der beobachteten Länge  $\pm 0,020$  beträgt, so ist die Genauigkeitsbedingung erfüllt. Diese Genauigkeit ist, wie vorgängig durchgeführte Versuchsbeobachtungen zeigten, mit dem

<sup>1)</sup> Über die sogenannte „Methode des Koinzidenzen-Bildes“ siehe: E. Hunziker, Eignung der Koinzidenzmethode zur Aufnahme drahtloser Zeitzeichen, P.-v. 1933, Seite 7 bis 19, und E. Hunziker, Réception des signaux horaires rythmés à l'aide de coïncidences, Bulletin géodésique No 50, 1936, pages 173—200, sowie die Neubearbeitung dieser Veröffentlichung in deutscher Sprache am Schlusse des vorliegenden Bandes (Seite 57).

<sup>2)</sup> Band XIX, Seite 150.

oben angegebenen Programm an einem Abend erreichbar. Wenn die Durchführung desselben in allen Teilen befriedigend gelingt und durch Sichtung des Beobachtungsmaterials und überschlägige Rechnungen das Genügen der Beobachtungen sich als wahrscheinlich erweist, können die Beobachtungen auf der Station als abgeschlossen betrachtet werden. Ob die Länge als gesichert erachtet werden kann, stellte sich erst mit der Herausgabe der definitiven Zeiten der vom „Bureau international de l'heure“ (B.I.H.) aufgenommenen Zeitzeichen heraus. Es ist jedoch während der Beobachtungen für die Aufnahme des Parallelkreisprofils nie vorgekommen, dass wegen Ausfallens des Empfanges einer Emission durch das B.I.H. eine Längenbestimmung verloren gegangen wäre. Wo aber irgendwelche Zweifel am Genügen der Beobachtungen auf den Feldstationen sich bemerkbar machten, wurde noch eine weitere Längenbestimmung an einem folgenden Abend durchgeführt; denn das Beziehen der Station (Transport und Aufstellung) war der kostspielige Teil der Stationierung. Die geodätisch ausgezeichneten Punkte Schwerzenbach und Gäbris sind absichtlich mit erhöhtem Gewicht beobachtet worden.

## 2. Verlauf der Beobachtungen.

Die Schweizerische geodätische Kommission beschloss, den östlichen Teil des Parallelkreises im Jahre 1934 durch Beobachter Engi, den westlichen im folgenden Jahre durch Beobachter Hunziker aufnehmen zu lassen.

Im Jahre 1934 wurden in Zürich im Mai an 4 Abenden Referenzbeobachtungen ausgeführt. Sodann erfolgte nach Osten fortschreitend die Beobachtung der Feldstationen bis nach Diepoldsau. Die Zahl der Beobachtungsabende auf jeder Station ist aus Tabelle 5 (Seite 32) ersichtlich. In der zweiten Hälfte August bis Anfang September wurden hierauf in Zürich an drei Abenden wieder Referenzbeobachtungen durchgeführt, um dann nach Westen fortschreitend noch drei weitere Feldstationen zu erledigen. Die Kampagne wurde mit vier weiteren Abenden Referenzbeobachtungen in Zürich in der zweiten Hälfte des September abgeschlossen.

Anlässlich des Transportes des Instrumentariums von Schwerzenbach nach Pfäffikon ist das Mikrometer schadhaft geworden. Wie die definitive Reduktion der Beobachtungen von Pfäffikon und Bauma gezeigt hatte, war der bewegliche Faden des Mikrometers vermutlich etwas gelöst worden, was eine ausserordentliche Steigerung des m. F. eines Doppelkontaktes zur Folge hatte. Beim Transport von Bauma nach dem Sternenberg wurde die Beschädigung so gross, dass sie nach Aufstellung des Instrumentes auf dem Sternenberg sofort festgestellt werden konnte. Der bewegliche Faden des Mikrometers wurde durch die Firma Kern & Co. in Aarau wieder aufgezo-gen. Auf weitere vorgekommene Zerstörungen des Fadennetzes während der Feldarbeiten wird später zurückgekommen.

Im Jahre 1935 begann Beobachter Hunziker in der zweiten Hälfte Mai mit den Referenzbeobachtungen in Zürich, um nach vier Beobachtungsabenden auf der westlichsten Station des Parallels mit den Feldbeobachtungen zu beginnen. Die Stationen wurden der Reihe nach ostwärts fortschreitend beobachtet bis zu der im Vorjahre erledigten Sta-

tion Stufen. Hierauf erfolgten in der zweiten Hälfte August an fünf Abenden die abschliessenden Referenzbeobachtungen in Zürich.

Da die Beobachtungen auf den Stationen Pfäffikon und Bauma im Jahre 1934 ungenügend gewesen sind, wurden 1936 (Mai-Juni) durch Beobachter Engi die drei Stationen Schwerzenbach bis Bauma wiederholt. Die Feldarbeiten waren wieder eingerahmt durch Referenzbeobachtungen in Zürich und zwar an vier Abenden vor Beginn und an fünf Abenden nach Abschluss der Feldarbeiten.

## C. Instrumentelle Ausrüstung.

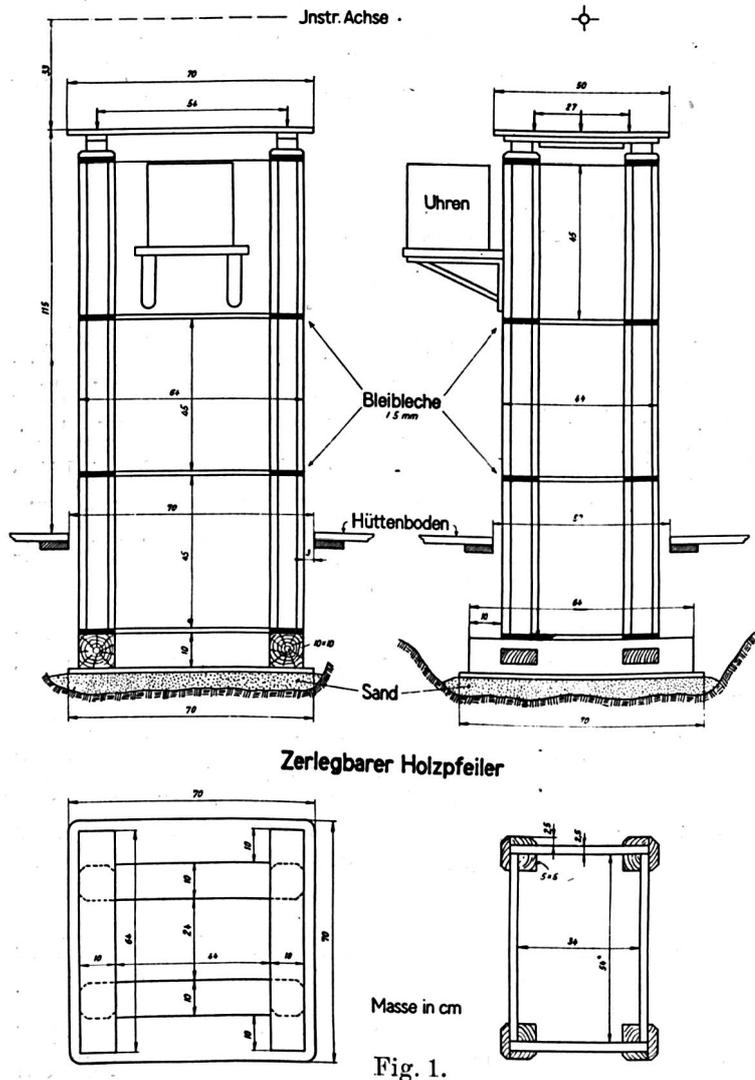
### 1. Transportabler Holzpfeiler und Hütte.

Da die Erstellung gemauerter Pfeiler auf den Feldstationen wegen der hohen Kosten nicht in Frage kam, musste eine transportable Pfeilerkonstruktion gesucht werden. Die Stabilität derselben hat auf die Wahl der Zeitbestimmungsmethode insofern einen Einfluss, als das Beobachtungs- und Reduktionsverfahren um so einfacher sein kann, je stabiler das Instrument aufgestellt ist. Es war daher eine möglichst feste Tragkonstruktion, die zudem noch die Bedingung der einfachen Transportmöglichkeit und rascher Betriebsbereitschaft erfüllte, zu suchen.

Als Konstruktionsmaterial wurde Holz und Leichtmetall gewählt. Das Konstruktionsprinzip ist folgendes: Das Gewicht des Pfeilers wird mittels einer Leichtmetallplatte über eine Sandschicht auf den Untergrund übertragen. Auf dieser Bodenplatte liegt ein hölzerner Sockel, der die eigentliche Pfeilerkonstruktion, vier senkrechte, mit einander steif verbundene Holzständer, trägt. Diese stützen die Deckplatte aus Leichtmetall, auf welcher das Instrument aufgestellt wird. Damit der Pfeiler leicht transportiert werden kann, muss er aus mehreren Teilen, die einzeln das Gewicht von etwa 20 kg nicht überschreiten, zusammengesetzt werden können.

Die Bodenplatte ist ein quadratisches Antikorodalblech von 70 cm Seitenlänge. Der Pfeilersockel ist eine Rahmenkonstruktion aus  $10 \times 10$  cm messenden Balken aus Lärchenholz, die das Gewicht des Pfeilerkörpers auf die Bodenplatte verteilt. Der Pfeilerkörper besteht aus drei kistenförmigen Teilen aus Holz mit  $44 \times 64$  cm Grundfläche und 45 cm Höhe. Die vier vertikalen Kanten sind so verstärkt, dass sie einen Querschnitt von rund  $10 \times 10$  cm aufweisen und die erwähnten Stützen bilden, während die Wände und der Boden die feste Verbindung derselben sind. Die Übertragung der Belastung von einem Pfeilerteil auf den andern geschieht an den vier Ecken des Pfeilers über zwischen die verstärkten Kanten gelegte Bleibleche. So wird die Belastung ausschliesslich durch die vier Stützen aufgenommen und auf den ganzen Querschnitt derselben verteilt. An der obersten Kiste ist eine Konsole zur Aufstellung der Chronometer angebracht, da der Pfeiler der einzige erschütterungsfreie Teil der ganzen Stationseinrichtung ist. Zur Erhöhung des Gewichtes des Pfeilers werden die Kisten mit am Aufstellungsort gewonnenem Schutt oder mit Steinen angefüllt; jede Kiste fasst rund  $80 \text{ dm}^3$ . Die Deckplatte besteht aus 8 mm star-

kem Antikorodalblech und misst  $50 \times 70$  cm. Da die drei Fußschrauben des Durchgangsinstrumentes nicht über den Stützen stehen, musste die Platte in der Querrichtung verstärkt werden. In der Figur 1 ist der Pfeiler in Grund- und Aufriss und im Schnitt dargestellt.



Sämtliche Holzteile sind mit heissem Leinöl getränkt worden, was sie gegen Feuchtigkeit unempfindlich machte. Der Pfeiler wurde von Schreinermeister Rossberg in Davos erstellt, und die beiden Antikorodalplatten sind uns von der Aluminium-Industrie-Gesellschaft Neuhausen geliefert worden. Das Gewicht des Pfeilers beträgt:

Bodenplatte	3 kg
Pfeilersockel	22 „
Pfeilerkörper $3 \times 20 =$	60 „
Deckplatte	10 „
Transportgewicht	95 kg
Zusatzmasse	360 „
Instrument	75 „
Betriebsgewicht	530 kg

Der Untergrund wird somit mit rund  $0,1 \text{ kg/cm}^2$  belastet, was auch bei ungünstigem Boden zulässig ist. Damit der Pfeiler während der Beobachtungen vor Berührung bewahrt bleibe, ist er mit einer leichten hölzernen Abschirmung umgeben worden, die gleichzeitig dem Beobachter als Armstütze diente.

Vor Beginn der Feldarbeiten ist die Brauchbarkeit des Pfeilers eingehend geprüft worden. Eine grosse Reihe von Stabilitätsuntersuchungen haben erwiesen, dass er den gemauerten Pfeilern kaum nachsteht und somit auch das an die Pfeilerstabilität die höchsten Anforderungen stellende Zeitbestimmungsverfahren angewendet werden kann<sup>1)</sup>. Der Pfeiler hat sich auch im Verlaufe der Feldarbeiten bewährt; es sind nie plötzlich eintretende Neigungs- oder Azimutänderungen aufgetreten.

Zum Schutze des Instrumentariums diente eine leichte und rasch aufstellbare Hütte, die von der Baufirma Locher & Co. in Zürich geliefert wurde. Der Hüttenboden, in welchem

<sup>1)</sup> P. Engi, Konstruktion und Untersuchung eines transportablen hölzernen Instrumentenpfeilers. P.-v. 1932, Seite 18—25.

eine Öffnung von  $50 \times 70$  cm für den Pfeiler ausgespart ist, misst 2,5 m im Quadrat und wird an den vier Ecken, also möglichst weit vom Pfeiler entfernt, auf den Boden abgestützt. Die Höhe der Hütte bis zum Dachkranz beträgt 1,80 m. Eine starke, abnehmbare Segeltuchdecke dient als Dach. Das Objektiv des Instrumentes befindet sich während der Beobachtungen gänzlich im Freien. Die einzelnen Teile der Hütte, der Boden und das Dach inbegriffen, werden durch im Innenraum der Hütte angebrachte Keile und Schrauben so zusammengehalten, dass die ganze Hütte ein zusammenhängendes Stück bildet. Sie ist durch eine in der Nordwand angebrachte, abschliessbare Türe zugänglich. Zwischen dem Pfeiler und der Südwand befindet sich ein Tisch, der zur Aufnahme des Empfängers, des Undulators und der elektrischen Einrichtung usw. sowie als Schreibplatz für den Gehilfen dient.

## 2. Die Durchgangsinstrumente.

Beobachter Hunziker verwendete, wie in früheren Jahren, das Durchgangsinstrument Bamberg Nr. 8804, Beobachter Engi das Durchgangsinstrument Bamberg Nr. 13999. Beide Instrumente sind gleich gebaut, so dass die Mikrometer ausgewechselt werden können, was im Sommer 1934 mehrmals vorgenommen werden musste. Das Fadennetz wurde wiederholt, wie sich später herausstellte, von Ohrwürmern (*Forficula auricularia*), die in das Fernrohr gekrochen waren, zerstört. Da das Fernrohr nicht, wie bei modernen Konstruktionen, staubdicht abgeschlossen ist, war es möglich, dass die Tiere, die 1934 in sehr grossen Mengen aufgetreten sind, den Weg ins Innere des Fernrohres fanden und das Fadennetz zerstörten. Während das Mikrometer in Reparatur war, wurde mit dem anderen weiter beobachtet. Nachdem die Ursache der Zerstörungen erkannt war, wurden die Öffnungen am Fernrohr mit Leukoplast verklebt; von da an traten keine Schäden mehr auf. Durch Vergleich der mit beiden Mikrometern durchgeführten Längenbestimmungen auf der Referenzstation konnte kein systematischer Unterschied der Längenwerte beider Mikrometer nachgewiesen werden.

Das Durchgangsinstrument 13999 wurde im Winter 1935/36 von der Erstellerfirma gereinigt und überholt. Eine im Frühjahr 1936 in 10 Kreisstellungen durchgeführte Untersuchung der Achszapfen ergab die nicht verbürgte Zapfendifferenz von  $42 \pm 25$   $\mu$ .

## 3. Uhren, Empfangs- und Registrieranlage.

Als Beobachtungsuhr diente der Nardin'sche Deckchronometer Nr. 15282. Die Uhrstandbestimmungen nach dem Koinzidenzenbild-Verfahren erfordert einen zweiten Chronometer (Koinzidenzuhr), dessen täglicher Gang  $+ 28;9$  betragen soll. Als Koinzidenzuhr diente der Deckchronometer Nardin Nr. 13711. Beide Uhren waren zum Schutze gegen plötzliche Temperaturänderungen in einer isolierenden Kiste verpackt, die auf der erwähnten Konsole am Pfeiler aufgestellt war. Vor Beginn der Feldarbeiten wurde die Brauchbarkeit der Deckchronometer als Beobachtungs- und Koinzidenzuhren eingehend geprüft und als genügend befunden<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> E. Hunziker, Bericht über die Voruntersuchungen zu künftigen Längenbestimmungen in einem Ost-West-Profil. P.-v. 1932, Seite 13.

Die Empfangs- und Registrieranlage musste folgende Bestandteile haben:

- Empfänger für Hörempfang,
- Schreibgerät für Vergleichung der Uhren und Registrierung der Sterndurchgänge,
- Schalter, Strommesser, Widerstände, Kondensatoren, Stromquellen usw.

Für den Transport war die Anlage, abgesehen von zwei Akkumulatoren und einer Hochspannungsbatterie, in drei Teile zerlegt: den Empfänger, das Schreibgerät und ein Kästchen, das die übrigen Bestandteile der elektrischen Einrichtung enthält. Die beiden Uhren, das Schreibgerät, der Empfänger, das Mikrometer und der Hörer waren durch Kabel mit Steckern mit dem Schaltkästchen verbunden.

Als Empfänger diente ein Dreikreis-Telegraphie-Empfänger E 365 S der „Telefunken“, Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Berlin. Mit diesem Gerät konnten alle für uns in Frage kommenden Emissionen drahtloser Zeitzeichen mit einer in der Hütte angebrachten Innenantenne abgehört werden. Es eignet sich für den Hörempfang nach der Koinzidenzen-Bild-Methode besonders gut wegen seines hohen Selektionsvermögens.

Die Vergleichung der Uhren sowie die Registrierung der Meridiandurchgänge geschah mittels eines von der Grossen Nordischen Telegraphengesellschaft in Kopenhagen gebauten Undulators. Dieses Gerät beruht auf dem Prinzip des bipolaren Elektromagneten, der eine Schreibfeder betätigt, und arbeitet mit 1 MA Stromstärke zuverlässig. Es ermöglicht somit die Weglassung von Relais und weist keine Spitzenparallaxe auf, wodurch der Schreibbetrieb vereinfacht und gefährliche Fehlerquellen vermieden werden.

Bevor der Undulator in Dienst genommen wurde, erfolgte eine gründliche Untersuchung desselben, die ihn als genügend leistungsfähig erwiesen hat<sup>1)</sup>. Insbesondere ist er bezüglich Konstanz des Bandtransportes den bis anhin von uns verwendeten Fuess'schen Spitzenchronographen überlegen. Der Undulator läuft mit Federantrieb und Zentrifugalregulator und wiegt samt Verpackung knapp 11 kg. Er hat sich während der Feldarbeiten sehr gut bewährt.

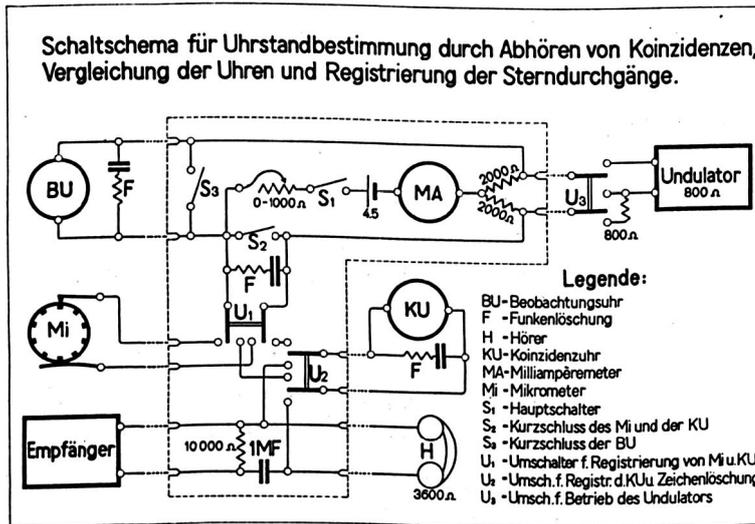


Fig. 2.

Im Schaltschema (Figur 2) ist die Wirkungsweise der elektrischen Einrichtung dargestellt. Alle Teile, die innerhalb der gestrichelten Umrahmung liegen, sind in dem erwäh-

<sup>1)</sup> P. Engi, Untersuchung eines Undulators der Grossen Nordischen Telegraphengesellschaft. P.-v. 1932, Seite 25 bis 29.

ten Schaltkästchen eingebaut. Die punktierten Verbindungen bedeuten die Verbindungskabel der einzelnen Instrumente, Uhren usw. mit dem Schaltkästchen. Als Stromquelle dienten drei in Serie geschaltete Leclanché-Trockenelemente hoher Kapazität, die während der Versuchsbeobachtungen und der Kampagnen zur Aufnahme des Parallelkreisprofils benutzt wurden, ohne dass sie bei Belastung einen Spannungsabfall aufwiesen. Die Anordnung nur einer Stromquelle hat zur Folge, dass nur ein Teil des fließenden Stromes bei der Betätigung des Undulators zur Wirkung kommt. Die für den Betrieb des Undulators erforderliche Stromstärke wird mittels eines Regulierwiderstandes hergestellt. Die Überwachung des Betriebes der elektrischen Anlage wird durch diese Anordnung sehr einfach. Der Umschalter  $U_3$  ist am Undulator angebracht, da er gleichzeitig für die Ingangsetzung und Abstellung des Federantriebes dient. Die Funkenlöschungen der Uhren sind in deren Kästchen angeordnet.

Ausser der im Schaltkästchen eingebauten 4,5-Volt-Batterie waren noch weitere Stromquellen erforderlich:

- a) Eine 120-Volt-Batterie für die Herstellung der erforderlichen Anoden- und Gitterspannungen, an verschiedenen Stellen anzapfbar,
- b) ein 4-Volt-Akkumulator für den Heizstrom der Röhren des Empfängers und
- c) ein 4-Volt-Akkumulator für Feld-, Hand- und Tischbeleuchtung.

Zur Aufladung der Akkumulatoren wurde auch ein Gleichrichter, der an Wechselstromnetze verschiedener Spannungen angeschlossen werden konnte, mitgeführt.

## D. Die Bestimmung der Lotabweichungen.

### 1. Zeitbestimmungen.

Die Stabilität des transportablen Holzpfeilers erlaubte, die Uhrkorrekturen aus Meridiandurchgängen abzuleiten. Die Beobachtung der Durchgänge und die Ableitung der Uhrkorrekturen aus den einzelnen Durchgängen geschah wie bei den Zeitbestimmungen in den früheren Jahren<sup>1)</sup>. Es wurde ein fortlaufendes Sternprogramm aufgestellt, das jedoch gemäss Kommissionsbeschluss gegenüber dem früher verwendeten insofern abweicht, als die Zeitsterne vorwiegend südlich des Zenits gewählt werden. Das im Jahre 1934 beobachtete Programm enthielt Sterne bis hinab zur Deklination  $+7^\circ$ . Gestützt auf die von Th. Niethammer durchgeführten Untersuchungen<sup>2)</sup> wurde für 1935 und 1936 das Programm so

<sup>1)</sup> Vgl. Band XXI, Seite 21.

<sup>2)</sup> Th. Niethammer, Zur Auswahl der Sterne in der Bestimmung der Zeit und des Azimutes mit Hilfe von Meridiandurchgängen. *Astronom. Nachrichten* Nr. 6037, 1934.

Tabelle 1.

Sternprogramm und Stationskonstanten 1934.

No.	M	AR <sub>1934,0</sub>	δ <sub>1934,0</sub>	C	I	K	No.	M	AR <sub>1934,0</sub>	δ <sub>1934,0</sub>	C	I	K
778	5, 1	12 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 5	27° 54, 0	1, 132	1, 066	+0, 377	1076	3, 8	17 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 6	46° 2, 4	1, 441	1, 440	+0, 034
786	2, 9	52, 9	38 40, 5	1, 281	1, 266	+0, 193	1084	3, 5	43, 9	27 45, 5	1, 130	1, 064	+0, 380
790	5, 1	13 2, 7	36 9, 1	1, 238	1, 215	+0, 241	1092 <sup>o</sup>	5, 0	52, 4	76 58, 4	4, 44	+3, 87	-2, 19
794	4, 3	8, 8	28 12, 7	1, 135	1, 072	+0, 373	1105	3, 7	18 4, 2	9 33, 2	1, 013	0, 800	+0, 624
800	4, 7	14, 6	40 55, 2	1, 324	1, 315	+0, 148	1112	5, 4	13, 6	42 8, 2	1, 349	1, 343	+0, 123
808 <sup>o</sup>	6, 1	24, 4	72 44, 0	3, 37	+3, 04	-1, 44	1119	3, 9	20, 9	21 44, 3	1, 076	0, 970	+0, 466
816	5, 0	31, 9	37 31, 2	1, 261	1, 242	+0, 216	405 <sup>v</sup>	5, 6	6 35, 0	79 38, 4	5, 56	-3, 34	+4, 43
824	4, 5	44, 1	17 47, 1	1, 051	0, 913	+0, 519	1141	4, 3	18 42, 8	20 28, 9	1, 067	0, 952	+0, 483
832	2, 8	51, 5	18 43, 6	1, 056	0, 927	+0, 506	1147	3, 7	47, 6	33 17, 1	1, 196	1, 160	+0, 291
838	6, 1	58, 2	27 42, 3	1, 130	1, 063	+0, 380	1157	3, 3	56, 5	32 35, 9	1, 187	1, 148	+0, 302
850 <sup>o</sup>	5, 0	14 9, 1	77 51, 5	4, 75	+4, 10	-2, 42	1165	5, 1	19 4, 9	35 59, 7	1, 236	1, 212	+0, 244
854	4, 3	13, 9	46 23, 4	1, 450	1, 450	+0, 025	446 <sup>v</sup>	5, 1	7 17, 3	82 32, 7	7, 70	-4, 95	+5, 92
863	5, 4	23, 4	19 31, 4	1, 061	0, 938	+0, 495	1193	3, 2	19 28, 1	27 49, 2	1, 131	1, 065	+0, 379
868 <sup>o</sup>	4, 4	27, 6	75 59, 4	4, 13	+3, 62	-1, 98	1205	4, 4	38, 1	17 19, 3	1, 048	0, 906	+0, 525
876	5, 4	36, 4	44 41, 3	1, 407	1, 405	+0, 066	1215	3, 8	44, 4	18 22, 2	1, 054	0, 922	+0, 511
889	6, 0	46, 5	38 4, 9	1, 270	1, 254	+0, 205	482 <sup>v</sup>	5, 6	7 52, 3	74 5, 8	3, 65	-1, 91	+3, 11
898	5, 8	53, 1	14 42, 7	1, 034	0, 870	+0, 558	1232	5, 6	20 0, 9	7 5, 4	1, 008	0, 769	+0, 652
178 <sup>v</sup>	5, 7	2 57, 2	79 9, 6	5, 32	-3, 16	+4, 28	1236	4, 8	7, 0	36 38, 7	1, 246	1, 225	+0, 232
912	5, 0	15 4, 4	25 7, 5	1, 104	1, 022	+0, 419	1246 <sup>o</sup>	4, 4	11, 1	77 30, 8	4, 63	+4, 00	-2, 32
919	3, 5	12, 8	33 33, 6	1, 200	1, 165	+0, 286	1255	2, 3	19, 9	40 2, 7	1, 306	1, 296	+0, 167
929	4, 5	22, 0	37 36, 5	1, 262	1, 244	+0, 214	1262	4, 1	26, 7	30 8, 8	1, 157	1, 105	+3, 343
936	5, 2	28, 6	41 3, 4	1, 326	1, 318	+0, 146	1273	3, 7	34, 5	14 21, 9	1, 032	0, 865	+0, 562
947	5, 1	36, 9	36 50, 9	1, 250	1, 230	+0, 229	1284	2, 6	43, 5	33 43, 3	1, 201	1, 168	+0, 284
957 <sup>o</sup>	4, 3	46, 4	77 59, 9	4, 81	+4, 13	-2, 45	1295 <sup>o</sup>	5, 6	50, 6	80 18, 3	5, 94	+4, 98	-3, 22
965	4, 2	54, 9	27 4, 1	1, 123	1, 053	+0, 390	1298	4, 0	54, 7	40 54, 7	1, 323	1, 306	+0, 149
975	5, 3	16 5, 1	17 13, 3	1, 047	0, 905	+0, 526	1308	5, 6	21 3, 9	38 25, 4	1, 277	1, 260	+0, 199
985 <sup>o</sup>	5, 5	12, 6	76 2, 6	4, 15	+3, 63	-1, 99	1317	3, 8	12, 2	37 45, 8	1, 265	1, 247	+0, 211
992	3, 8	19, 0	19 18, 4	1, 060	0, 935	+0, 498	1326	4, 3	19, 0	19 31, 3	1, 061	0, 938	+0, 495
1005	2, 8	27, 4	21 37, 9	1, 075	0, 969	+0, 468	579 <sup>v</sup>	4, 6	9 27, 8	81 37, 2	6, 86	-4, 32	+5, 33
1009	4, 2	32, 0	42 34, 3	1, 358	1, 353	+0, 113	1339	5, 1	21 34, 3	40 7, 0	1, 307	1, 298	+0, 166
286 <sup>v</sup>	6, 0	4 39, 9	75 49, 5	4, 08	-2, 23	+3, 42	1345	2, 5	40, 9	9 34, 3	1, 013	0, 800	+0, 624
1029	5, 3	16 50, 5	31 48, 6	1, 177	1, 134	+0, 315	605 <sup>v</sup>	6, 0	9 52, 5	73 11, 7	3, 46	-1, 76	+2, 98
1036	3, 9	57, 8	31 1, 3	1, 167	1, 119	+0, 329	1364	5, 7	21 57, 9	12 48, 2	1, 025	0, 843	+0, 582
1039	6, 3	17 5, 6	40 36, 1	1, 317	1, 308	+0, 155	1375	4, 0	22 3, 9	25 1, 3	1, 103	1, 020	+0, 421
317 <sup>v</sup>	5, 2	5 11, 6	79 9, 6	5, 32	-3, 17	+4, 28	1384	4, 6	11, 0	39 23, 2	1, 294	1, 281	+0, 178
1053	5, 4	17 18, 2	32 33, 1	1, 186	1, 147	+0, 303	1392	4, 9	18, 3	11 52, 3	1, 022	0, 831	+0, 594
1065	4, 5	28, 1	26 9, 6	1, 114	1, 038	+0, 404	1408 <sup>o</sup>	5, 7	31, 1	75 53, 2	4, 10	+3, 61	-1, 96

Tabelle 2.

Sternprogramm und Stationskonstanten 1935/36.

No.	M	AR <sub>1935,0</sub>	δ <sub>1935,0</sub>	C	I	K	No.	M	AR <sub>1935,0</sub>	δ <sub>1935,0</sub>	C	I	K
43 <sup>U</sup>	5, 6	0 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 3	74° 38' 0	3, 77	-2, 00	+3, 20	1036	3, 9	16 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 8	31° 1' 3	1, 167	1, 119	+0, 329
778	5, 1	12 48, 5	27 53, 6	1, 132	1, 066	+0, 378	1039	6, 3	17 5, 7	40 36, 0	1, 317	1, 308	+0, 155
786	2, 9	53, 0	38 40, 1	1, 281	1, 266	+0, 194	317 <sup>U</sup>	5, 2	5 11, 8	79 9, 7	5, 32	-3, 17	+4, 28
790	5, 1	13 2, 7	36 8, 8	1, 238	1, 215	+0, 241	1053	5, 4	17 18, 2	32 33, 0	1, 186	1, 147	+0, 303
794	4, 3	8, 8	28 12, 4	1, 135	1, 072	+0, 373	1067	3, 0	29, 0	52 20, 9	1, 637	1, 631	-0, 142
800	4, 7	14, 6	40 54, 9	1, 323	1, 315	+0, 149	1076	3, 8	37, 6	46 2, 4	1, 441	1, 440	+0, 034
808 <sup>0</sup>	6, 1	13 24, 5	72 43, 7	3, 37	+3, 04	-1, 44	1084	3, 5	43, 9	27 45, 5	1, 130	1, 064	+0, 380
818	5, 0	34, 6	36 37, 5	1, 246	1, 224	+0, 233	1092 <sup>0</sup>	5, 0	17 52, 4	76 58, 4	4, 44	+3, 87	-2, 19
826	1, 9	45, 0	49 38, 2	1, 544	1, 543	-0, 061	1106	3, 8	18 5, 0	28 45, 1	1, 140	1, 081	+0, 364
838	6, 1	58, 2	27 42, 0	1, 130	1, 063	+0, 380	1112	5, 4	13, 6	42 8, 2	1, 349	1, 343	+0, 123
850 <sup>0</sup>	5, 0	14 9, 1	77 51, 2	4, 75	+4, 10	-2, 42	1119	3, 9	20, 9	21 44, 3	1, 076	0, 970	+0, 466
854	4, 3	13, 9	46 23, 2	1, 450	1, 449	+0, 025	405 <sup>U</sup>	5, 6	6 35, 2	79 38, 4	5, 56	-3, 34	+4, 43
862	4, 1	23, 0	52 9, 0	1, 630	1, 624	-0, 136	1144	5, 8	18 45, 3	52 55, 0	1, 659	1, 651	-0, 160
868 <sup>0</sup>	4, 4	14 27, 6	75 59, 1	4, 13	+3, 62	-1, 98	1154	4, 6	53, 4	43 51, 6	1, 387	1, 384	+0, 085
876	5, 4	36, 4	44 41, 1	1, 406	1, 405	+0, 066	1157	3, 3	56, 5	32 36, 0	1, 187	1, 148	+0, 302
885	2, 7	42, 1	27 20, 8	1, 126	1, 058	+0, 386	1165	5, 1	19 5, 0	35 59, 8	1, 236	1, 212	+0, 244
889	6, 0	46, 6	38 4, 1	1, 270	1, 254	+0, 206	446 <sup>U</sup>	5, 1	7 17, 5	82 32, 5	7, 70	-4, 95	+5, 92
178 <sup>U</sup>	5, 7	2 57, 4	79 9, 9	5, 32	-3, 16	+4, 28	1194	3, 9	19 28, 1	51 35, 4	1, 610	1, 605	-0, 118
912	5, 0	15 4, 6	25 7, 3	1, 104	1, 022	+0, 419	1201	4, 6	34, 7	50 4, 2	1, 558	1, 556	-0, 073
919	3, 5	12, 9	33 33, 4	1, 200	1, 165	+0, 287	1213	3, 0	42, 9	44 58, 3	1, 413	1, 412	+0, 060
929	4, 5	22, 0	37 36, 2	1, 262	1, 244	+0, 215	482 <sup>U</sup>	5, 6	7 52, 5	74 5, 7	3, 65	-1, 91	+3, 11
936	5, 2	28, 6	41 3, 2	1, 326	1, 318	+0, 146	1236	4, 8	20 7, 0	36 38, 8	1, 246	1, 225	+0, 232
947	5, 1	36, 9	36 50, 7	1, 250	1, 229	+0, 229	1246 <sup>0</sup>	4, 4	20 11, 1	77 31, 0	4, 63	+4, 00	-2, 32
957 <sup>0</sup>	4, 3	15 46, 3	77 59, 7	4, 81	+4, 13	-2, 45	1255	2, 3	19, 9	40 2, 9	1, 306	1, 296	+0, 167
965	4, 2	54, 9	27 3, 9	1, 123	1, 053	+0, 390	1262	4, 1	26, 7	30 9, 0	1, 157	1, 105	+0, 343
971	4, 1	16 0, 7	58 44, 3	1, 928	1, 890	-0, 380	1281	1, 3	39, 2	45 2, 8	1, 415	1, 414	+0, 058
978	4, 3	6, 7	45 6, 3	1, 417	1, 416	+0, 056	1284	2, 6	43, 6	33 43, 6	1, 202	1, 168	+0, 284
985 <sup>0</sup>	5, 5	16 12, 6	76 2, 5	4, 15	+3, 63	-1, 99	1295 <sup>0</sup>	5, 6	20 50, 6	80 18, 6	5, 94	+4, 98	-3, 22
990	3, 9	17, 8	46 28, 0	1, 452	1, 452	+0, 023	1302	4, 9	57, 6	47 16, 0	1, 473	1, 473	+0, 003
1005	2, 8	27, 4	21 37, 8	1, 075	0, 969	+0, 468	1308	5, 6	21 4, 0	38 25, 7	1, 277	1, 261	+0, 199
1009	4, 2	32, 0	42 34, 2	1, 358	1, 353	+0, 113	1314	3, 4	10, 2	29 57, 6	1, 155	1, 101	+0, 346
286 <sup>U</sup>	6, 0	4 40, 1	75 49, 6	4, 08	-2, 23	+3, 42	1320	4, 3	14, 9	39 7, 3	1, 289	1, 276	+0, 185
1029	5, 4	16 50, 5	31 48, 5	1, 177	1, 134	+0, 315	579 <sup>U</sup>	4, 6	9 28, 0	81 37, 0	6, 86	-4, 32	+5, 33

geändert, dass die durchschnittliche südliche Zenitdistanz der Zeitsterne nur mehr etwa  $5^\circ$  betrug. Die beiden verwendeten Sternprogramme sind in den Tabellen 1 und 2 wiedergegeben. Die Sterne wurden den „American Ephemeris and Nautical Almanac“ entnommen. Die Polsterne sind in Kursivschrift gegeben, und ihre Kulminationsart ist durch die Buchstaben *O* und *U* gekennzeichnet. Die Tabellen enthalten auch die Stationskonstanten *C*, *I* und *K* der Mayer'schen Reduktionsformel.

Die Genauigkeit der beobachteten Durchgangszeiten wurde durch den m. F. eines Doppelkontaktes nachgewiesen. Derselbe ist in jeder Kampagne auf Grund des Ansatzes

$$\mu^2 = a^2 + \frac{b^2}{V^2} \sec^2 \delta$$

ausgeglichen worden. Die aus den Ausgleichungen sich ergebenden Werte von *a* und *b*, sowie der m. F. eines Doppelkontaktes für  $\varphi = 45^\circ$  sind nachfolgend zusammengestellt:

Jahr	Beobachter	Instrument	<i>a</i>	<i>b</i>	$\mu_{45}$
1934	Engi	D.I. 13999	0,028	2,20	$\pm 0,046$
1935	Hunziker	D.I. 8804	14	1,79	33
1936	Engi	D.I. 13999	23	2,23	43

Mit der Reduktion wegen Kontaktbreite und totem Gang wurde jeweils auch der Einfluss der täglichen Aberration angebracht; die Kollimationskonstante hat die Form

$$c = \frac{1}{2} (\text{Kontaktbreite} + \text{toter Gang}) \mp \text{tägl. Aberration} \left\{ \begin{array}{l} \text{obere} \\ \text{untere} \end{array} \right\} \text{Kulmination.}$$

Da bei der Bestimmung der Kontaktbreite nicht, wie früher, beim Drehen der Trommel das Eintreten des Kontaktes durch das Anziehen des Chronographenankers mit dem Gehör festgestellt werden konnte, wurde 1934 durch Ablesen von Beginn und Ende der Kontakte (nur bei den Polsternen) auf dem Streifen und Reduktion der Kontaktdauer auf den Äquator ermittelt. Gleichzeitig erhoffte man mit dieser Massnahme eine Verringerung des m. F. eines Doppelkontaktes für die Polsterne zu erreichen, was aber nicht eingetreten ist; der m. F. eines Doppelkontaktes der Polsterne, der also aus vier Ablesungen gemittelt wird, passt genau in das Gesetz des m. F. eines Doppelkontaktes, das aus den Zeitsterndurchgängen abgeleitet worden ist. Ab 1935 erfolgte die Bestimmung der Kontaktbreite mit Hilfe des Empfängers, dessen Ausgang bei der Herstellung des Kontaktes überbrückt wurde. Ist der Empfänger so eingestellt, dass im Hörer ein starkes Rauschen vernommen wird, so wird dasselbe beim Herstellen des Kontaktes unterbrochen.

Der tote Gang wurde in Zenitstellung und in  $\pm 45^\circ$  Zenitdistanz ermittelt und die in letzteren Stellungen gefundenen Werte für die Reduktion der Polsterndurchgänge verwendet.

Die Bestimmung von Kontaktbreite und totem Gang wurde anlässlich jeder Instrumentenaufstellung durchgeführt. Da sich während der Kampagnen keine verbürgten Ver-

änderungen zeigten, wurden die gefundenen Werte gemittelt und diese Mittel zur Reduktion verwendet. Im Jahre 1934 sind die Mikrometer beider Instrumente verwendet und dementsprechend auch ihre Kontaktbreiten und toten Gänge bestimmt und zur Reduktion benützt worden. Für die Reduktion der Polsterndurchgänge des Jahres 1934 ist die Kontaktbreite Null, während der tote Gang mit dem ganzen Betrag in das  $c$  eingeht. Die tägliche Aberration beträgt in unserem Parallelkreis  $\mp 0^s,0142$ . Die gefundenen Werte von Kontaktbreite und totem Gang sowie die Kollimationskonstanten  $c$  sind nachfolgend zusammengestellt:

Jahr	Mikrometer zu D. I.	Beobachter	Kontaktbreite	Toter Gang		Kollimationskonstante $c$		
				Zenit	Pol	Zenit	Pol	u. K.
1934	13999	Engi	0 <sup>s</sup> ,1022	-0 <sup>s</sup> ,0051	-0 <sup>s</sup> ,0046	+0 <sup>s</sup> ,034	-0 <sup>s</sup> ,019	+0 <sup>s</sup> ,010
	8804	Engi	,1051	- 33	- 20	+ 37	- 17	+ 11
1935	8804	Hunziker	,1071	- 2	+ 11	+ 39	+ 40	+ 68
1936	13999	Engi	,1099	- 139	- 138	+ 34	+ 34	+ 62

Die Angaben der Achsenniveaux wurden jedes Jahr mehrmals und für verschiedene Blasenlängen mittels des Niveauprüfers des geodätischen Institutes an der E. T. H. bestimmt und die Mittelwerte jeweils zur Reduktion verwendet. Die gemittelten Angabewerte betragen:

1934	D. I.	13999	0 <sup>s</sup> ,072
1935	D. I.	8804	83
1936	D. I.	13999	74.

Die beobachteten Neigungen sind graphisch in Funktion der Zeit aufgetragen und geglättet worden<sup>1)</sup>. Der quadratische Mittelwert der Unterschiede zwischen beobachteter und geglätteter Neigung beträgt:

Jahr	Beobachter	D. I.	Mittelwert
1934	Engi	13999	$\pm 0^s,008$
1935	Hunziker	8804	7
1936	Engi	13999	8.

Die wegen Neigung, Kollimation und täglicher Aberration verbesserten Durchgangszeiten wurden wegen Uhranges 1934 und 1936 auf die Epoche der ersten, 1935 auf die Epoche der zweiten Zeichenaufnahme reduziert. Die Uhrgänge ergaben sich aus den Uhrständen der vom B. I. H. mitgeteilten definitiven Zeiten der empfangenen Zeitzeichen (vgl. Seite 22).

Aus den Differenzen zwischen den unter Berücksichtigung der kurzperiodischen Mondglieder berechneten scheinbaren Rektaszensionen der Sterne und deren Durchgangszeiten durch den Instrumentenvertikal sind die Werte der Uhrkorrektur und des Instrumentenazimuts eines jeden Abends durch Ausgleichung ermittelt worden. Diesen Differenzen wurde das Gewicht  $\cos^2 \delta$  gegeben. Die aus den Ausgleichungen sich ergebenden abendlichen Uhrkorrekturen dienen zur Ableitung der gesuchten Längen. In Tabelle 3 sind die durch

<sup>1)</sup> Vgl. Band XXI, Seite 61 bis 72.

Tabelle 3.

Ergebnisse der Ausgleichung der Uhrkorrekturen.

Station	Datum	Durchgänge			m	$\Delta U$ +	$m_{\Delta U}$	k	$m_k$
		Zeitst.	Polst.	Total					
		<b>1934</b>							
		Beob. Engi, D. I. 13 999							
Zürich	Mai 19	7	1	8	$\pm 0,022$	43 <sup>m</sup> 31,997	$\pm 0,015$	- 0,351	$\pm 0,035$
	21	10	3	13	22	43 26,439	10	- 0,470	22
	22	12	2	14	25	43 23,657	12	- 0,635	27
	24	11	4	15	30	43 18,613	13	- 0,695	23
Schwerzenbach	29	7	2	9	25	43 35,240	15	+ 0,547	28
	Juni 1	10	2	12	19	43 30,715	9	+ 2,656	21
Sternenberg	18	9	3	12	74	44 5,304	36	+ 0,180	64
	27	12	4	16	38	43 48,959	16	- 0,082	27
Dreien Ganterschwil	Juli 4	11	4	15	53	43 56,398	23	- 0,808	38
	5	10	4	14	45	44 11,524	20	- 0,018	32
	6	10	4	14	55	44 10,836	24	- 0,345	40
Degersheim	8	11	4	15	29	44 33,323	13	- 0,147	21
	Herisau	10	11	4	15	56	44 48,421	24	+ 0,799
Stein (App.)		11	9	3	12	63	44 47,082	31	+ 1,096
	17	9	4	13	58	44 54,192	28	- 0,690	41
	18	10	3	13	33	44 52,344	16	- 0,262	26
Bühler Gäbris	28	11	3	14	31	45 0,918	14	- 0,655	25
	30	10	3	13	35	45 13,530	17	- 0,365	28
Altstätten	Aug. 1	11	2	13	22	45 9,577	11	+ 0,478	20
	6	10	4	14	29	44 57,135	14	+ 0,102	20
	10	6	1	7	25	45 10,214	16	- 0,536	32
Diepoldsau	15	12	3	15	32	44 56,048	15	+ 0,824	25
	16	9	3	12	31	45 22,716	16	- 0,426	25
Zürich	21	6	4	10	23	41 2,131	12	- 0,244	17
	28	12	4	16	31	41 11,644	14	- 0,289	22
	Sept. 3	12	3	15	34	41 16,434	15	- 1,438	29
Urdorf	6	11	4	15	43	40 45,826	19	+ 0,952	30
	Niederwil	7	11	4	15	25	40 15,493	11	+ 0,350
Staufen		8	13	3	16	25	39 44,801	10	- 0,073
	Zürich	13	12	2	14	32	41 20,534	16	-40,944
14		12	3	15	31	41 20,910	15	+ 0,505	24
15		10	3	13	29	41 21,067	14	+ 0,973	22
17		10	3	13	41	41 22,102	20	+ 0,921	31
		<b>1935</b>							
		Beob. Hunziker, D. I. 8804							
Zürich	Mai 21	12	4	16	$\pm 0,022$	7 <sup>m</sup> 53,323	$\pm 0,008$	- 0,075	$\pm 0,018$
	Juni 2	11	3	14	19	7 42,487	8	+ 0,128	17
Réclère	7	12	4	16	25	7 37,854	10	+ 0,150	19
	10	9	3	12	25	7 31,659	11	+ 0,136	21
	14	12	3	15	27	0 56,964	11	+ 0,298	26
	16	11	3	14	17	1 11,830	7	+ 0,308	17
Chevenez	22	13	4	17	22	1 22,323	9	- 0,058	16
	Calabri	23	12	4	16	21	1 21,840	8	+ 0,341

Tabelle 3 (Fortsetzung).

Station	Datum	Durchgänge			$m$	$\Delta U$ +	$m_{\Delta v}$	$k$	$m_k$
		Zeitst.	Polst.	Total					
1935 Beob. Hunziker, D. I. 8804									
	(Fortsetzung)								
Sur la Croix	Juni 24	13	4	17	31	1 <sup>m</sup> 39,170	± 0,012	+ 0,597	± 0,022
La Caquerelle	28	11	4	15	23	1 50,398	10	- 0,636	17
	29	12	4	16	20	1 49,791	8	- 0,131	14
Montagne de Develier	Juli 5	12	4	16	21	2 2,282	8	- 0,534	14
Delémont	8	13	5	18	31	2 12,893	12	+ 0,316	20
Vadry	11	12	4	16	29	2 26,592	12	+ 0,591	21
	12	12	4	16	36	2 25,581	14	- 0,230	26
Grindel	15	9	2	11	48	2 45,908	24	+ 0,139	48
	16	13	3	16	35	2 44,906	14	- 0,012	27
Meltingerberg	24	12	3	15	30	2 58,122	13	+ 0,275	23
	25	12	3	15	22	2 56,419	9	- 0,446	17
Bürten	27	12	3	15	33	3 10,622	14	+ 0,643	25
	28	9	3	12	41	3 9,170	19	+ 0,059	32
Waldenburg	31	9	3	12	23	3 22,226	10	- 0,498	18
	Aug. 1	11	3	14	34	3 21,364	14	- 0,478	26
Hauenstein	6	11	3	14	31	3 38,880	14	+ 0,877	24
Lostorf	7	10	4	14	29	3 56,317	13	- 0,166	19
Aarau	8	7	2	9	38	4 19,927	19	- 0,138	36
	10	6	1	7	23	4 21,374	14	- 0,772	27
	11	11	3	14	19	4 21,523	8	- 0,319	13
Zürich	16	10	4	14	22	6 24,056	10	+ 0,279	15
	20	12	3	15	25	6 28,611	10	+ 0,137	20
	21	11	4	15	29	6 30,374	12	+ 0,154	20
	22	11	4	15	22	6 31,961	9	+ 0,141	15
	30	12	3	15	28	6 40,659	11	+ 0,202	23
1936 Beob. Engi, D. I. 13 999									
Zürich	Mai 15	9	4	13	± 0,032	0 <sup>m</sup> 8,301	± 0,014	+ 0,147	± 0,025
	18	9	4	13	25	0 0,321	11	+ 1,811	23
	25	10	4	14	38	0 36,798	16	- 0,601	31
	26	11	3	14	35	0 32,674	15	+ 1,119	33
Schwerzenbach	Juni 13	12	3	15	48	0 58,083	20	+ 0,910	40
	18	8	3	11	19	0 41,732	9	+ 0,953	17
Pfäffikon (Zeh.)	24	12	3	15	27	1 33,213	11	- 0,020	22
	28	9	3	12	29	1 17,158	14	+ 0,138	23
Bauma	Juli 4	12	3	15	48	1 14,980	20	+ 0,801	40
	5	13	5	18	13	1 10,641	6	+ 1,021	14
Zürich	16	8	2	10	36	1 6,997	18	+ 0,068	36
	17	12	2	14	36	1 2,269	16	+ 0,120	35
	20	9	3	12	39	0 51,527	18	+ 0,451	31
	21	9	2	11	20	0 48,187	10	+ 0,553	17
	23	11	3	14	38	0 40,440	16	+ 1,121	29

Ausgleichung ermittelten Werte der Uhrkorrekturen  $\Delta U$  und der Instrumentenazimute  $k$ , sowie die m. F. dieser beiden Unbekannten in chronologischer Reihenfolge zusammengestellt. Der m. F. der Gewichtseinheit beträgt im Mittel:

Jahr	Beobachter	m. F.
1934	Engi	$\pm 0,038$
1935	Hunziker	28
1936	Engi	34.

Es wurden je Zeitbestimmung durchschnittlich rund 14 Meridiandurchgänge beobachtet. Das Verhältnis der Südsterne zu den polnahen Sternen beträgt 10 : 3.

## 2. Drahtlose Bestimmung der Uhrstände und Uhrgänge.

Die Uhrstände wurden aus den drahtlosen Zeitzeichen nach dem am Schlusse des vorliegenden Bandes dargelegten Koinzidenzen-Bild-Verfahren bestimmt. Für eine beliebig herausgegriffene Uhrstandbestimmung mögen nachfolgend die Notierungen im Feldbuch und die Ableitung der Uhrzeit der Reihenmitte mit Uhrvergleichung wiedergegeben werden.

*Feldbuch:*

Bauma, 1936 Juli 4 h, Zeitzeichen FYN 21 Uhr MEZ.

Sender	s	q	q-s	Strich	Zeichen	Bemerkungen
F Y N	20 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup>	43	16	62	46	Empfang sehr gut.
	55 26	43	17	123	106	Ton rein.
	56 25	43	18	184	<u>166</u>	Sek.-Sprung zwischen der 4. und 5. Koinzidenz.
	57 24	43	19	245	226	Empfänger: Stufe III, Kondensator 34,9.
	58 22	43	21	306	285	Abstimmung -2,5 und +1,1.

*Ableitung des Uhrstandes:*

Die mittlere Koinzidenz ist bei Zeichen Nr. 166. Zur Uhrvergleichung werden 20 zur Koinzidenzlehrsekunde 20<sup>h</sup>56<sup>m</sup>25<sup>s</sup> symmetrisch liegende Sekunden abgelesen und gemittelt. Täglicher Gang der Koinzidenzlehr: + 30<sup>s</sup>08.

		Uhrvergleichung		
Zeichen Nr. der mittleren Koinzidenz	166,000	15 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	33 <sup>m</sup>	56 <sup>m</sup>
Verbesserung infolge der Lage des Sek.-Sprunges	— 0,650			
Koinzidenzstelle bei Zeichen	165,350	56 <sup>s</sup> 60	40 <sup>s</sup> 62	37 <sup>s</sup> 22
Reihenmitte bei Zeichen	153,500	,61	,61	,22
Reduktion der Koinzidenzstelle auf Reihenmitte (Zeichen)	11,850	,62	,60	,22
Umwandlung in Sekunden (Faktor: —0,01673)	+ 0,198	,65	,59	,24
Reduktion der Koinzidenzstelle auf Reihenmitte in Sek.	—11,652	,67	,58	,25
		,67	,58	,25
Beobachtung der Koinzidenzstelle an der Koinzidenzuhr	20 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> 000	,68	,57	,25
Verbesserung infolge der Lage des Sek.-Sprunges	— 0,650	,68	,55	,23
Ablesung der Koinzidenzstelle an der Koinzidenzuhr	20 56 24,350	,69	,54	,23
Reduktion auf Reihenmitte	— 11,652	,70	,54	,24
Reihenmitte an der Koinzidenzuhr	20 56 12,698	,70	,52	,22
Sollepoche der Reihenmitte in M.E.Z.	21 3 30,000	,71	,51	,22
Uhrkorrektur der Koinzidenzuhr	+ 7 17,302	,51	,71	,22
		,51	,70	,21
Reihenmitte an der Koinzidenzuhr in ganzen Sekunden	20 56 13,000	,53	,70	,23
Verbesserung auf genaue Reihenmitte	— 0,302	,53	,70	,23
Umwandlung in Sternzeit-Sekunden (Faktor: 0,00325)	— 0,001	,56	,70	,26
Verbesserung auf Reihenmitte in Sternzeit-Sekunden	— 0,303	,59	,66	,25
Ablesung der genäherten Reihenmitte an der Beobachtungsuhr (Uhrvergleichung)	15 28 18,616	,59	,63	,22
		,61	,62	,23
				37,232
Uhrzeit der Reihenmitte an der Beobachtungsuhr	15 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> 313			15 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> 616
				± 0;0015

Der m. F. des aus der Uhrvergleichung sich ergebenden Uhrstandes der genäherten Reihenmitte an der Beobachtungsuhr bewegte sich 1934 (72 Uhrvergleichungen) zwischen  $\pm 0;0007$  und  $\pm 0;0019$  und beträgt im Mittel  $\pm 0;0013$ .

In der Tabelle 4 sind die beobachteten Uhrstände aller Längenbestimmungen sowie die Ableitung der abendlichen Uhrgänge aus den um die vom B.I.H. gegebenen definitiven Korrekturen der Zeitzeichen (Reihenmitten) auf die Sollepochen reduzierten beobachteten Uhrstände wiedergegeben. Die in Sternzeit gemessene Differenz der Soll-Epochen der Reihenmitten der Zeitzeichen FYL bzw. FYN und FLE beträgt  $2^h30^m24^s,641$ , die mit der Differenz der abgehörten, verbesserten Uhrzeiten verglichen den Uhrgang ergibt. Die Verbesserung der beobachteten auf die Soll-Differenz der Epochen und der stündliche Gang sind in der 7. Kolonne der Tabelle 4 gegeben.

Die beiden letzten Kolonnen dieser Tabelle dienen zur Ableitung der in Sternzeit Greenwich ausgedrückten Epochen  $T$  der Reihenmitte, auf welche die Durchgänge wegen Uhranges reduziert wurden, worauf im nächsten Abschnitt zurückgekommen wird.

Tabellè 4. Stand und Gang der Beobachtungsuhr Nardin 15282.

Station	Datum	Sender	Uhrstand aus Koinzidenzen	Korr. B. I. H.	Uhr- stand zur Soll- epoche	Verbes- serung, stündl. Gang	Sternzeit Greenwich 0 <sup>h</sup> 0 W. Z.	T		
Zürich	1934									
	Mai	19	FYL	10 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 21,817	+0,025	21,842	-0,305	15 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 53,920	11 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 41,624	
			FLE	13 11 46,775	+ 13	46,788 24,946	- 122			
	Mai	21	FYL	10 49 20,516	+ 14	20,530	-- 240	15 51 47,033	11 58 34,737	
			FLE	13 19 45,410	+ 1	45,411 24,881	- 96			
	Mai	22	FYL	10 53 19,862	+ 26	19,888	- 272	15 55 43,586	12 2 31,290	
			FLE	13 23 44,770	+ 31	44,801 24,913	- 109			
	Mai	24	FYL	11 1 17,964	+ 70	18,034	- 160	16 3 36,689	12 10 24,393	
			FLE	13 31 42,787	+ 48	42,835 24,801	- 64			
	Schwerzenbach	Mai	29	FYL	11 21 9,706	+ 17	9,723	- 108	16 23 19,473	12 30 7,177
				FLE	13 51 34,464	+ 8	34,472 24,749	- 43		
		Juni	1	FYL	11 33 3,923	+ 51	3,974	- 119	16 35 9,168	12 41 56,872
Sternenberg	Juni	18	FYL	12 40 37,522	- 12	37,510	- 46	17 42 10,652	13 48 58,356	
			FLE	15 11 2,182	+ 15	2,197 24,687	- 18			
	Juni	27	FYL	13 16 22,919	- 36	22,883	- 156	18 17 39,672	14 24 27,376	
Dreien	Juli	4	FYL	13 44 12,950	- 41	12,909	- 133	18 45 15,578	14 52 3,282	
			FLE	16 14 37,651	+ 32	37,683 24,774	- 53			
	Juli	5	FYL	13 48 10,873	- 20	10,853	+ 54	18 49 12,131	14 55 59,835	
Ganterschwil	Juli	6	FYL	13 52 8,113	- 18	8,095	+ 95	18 53 8,686	14 59 56,390	
			FLE	16 22 32,660	- 19	32,641 24,546	+ 38			
	Juli	8	FYL	14 0 2,595	- 11	2,584	+ 16	19 1 1,805	15 7 49,509	
Degersheim	Juli	8	FLE	16 30 27,234	- 25	27,209	+ 6	19 8 54,931	15 15 42,635	
					24,625					
	Juli	10	FYL	14 7 58,450	- 4	58,446	- 42	19 12 51,493	15 19 39,197	
Herisau	Juli	10	FLE	16 38 23,128	+ 1	23,129	- 17	19 12 51,493	15 19 39,197	
					24,683					
	Juli	11	FYL	14 11 56,311	0	56,311	- 79	19 12 51,493	15 19 39,197	
			FLE	16 42 21,029	+ 2	21,031 24,720	- 32			

Tabelle 4 (1. Fortsetzung).

Station	Datum	Sender	Uhrstand aus Koinzidenzen	Korr. B. I. H.	Uhr- stand zur Soll- epoche	Verbes- serung, stündl. Gang	Sternzeit Greenwich 0 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> W. Z.	T
<b>1934</b>								
Stein (App.)	Juli 17	FYL	14 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 46,671	- 0;015	46;656	- 0;131	19 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 30;830	15 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 18;534
		FLE	17 6 11,438	- 10	11,428 24,772	- 52		
	Juli 18	FYL	14 39 45,106	- 3	45,103	- 78	19 40 27,382	15 47 15,086
		FLE	17 10 9,823	- 1	9,822 24,719	- 31		
Bühler	Juli 28	FYL	15 19 16,923	+ 29	16,952	+ 17	20 19 52,977	16 26 40,681
		FLE	17 49 41,534	+ 42	41,576 24,624	+ 7		
Gäbris	Juli 30	FYL	15 27 12,457	+ 35	12,492	- 86	20 27 46,082	16 34 33,786
		FLE	17 57 37,185	+ 34	37,219 24,727	- 34		
	Aug. 1	FYL	15 35 9,534	+ 36	9,570	- 143	20 35 39,183	16 42 26,887
		FLE	18 5 34,307	+ 47	34,354 24,784	- 57		
	Aug. 6	FYL	15 55 4,770	+ 33	4,803	- 119	20 55 21,973	17 2 9,677
		FLE	18 25 29,529	+ 34	29,563 24,760	- 48		
Altstätten	Aug. 10	FYL	16 10 55,273	+ 1	55,274	- 38	21 11 8,206	17 17 55,910
		FLE	18 41 19,940	+ 13	19,953 24,679	- 15		
	Aug. 15	FYL	16 30 52,203	+ 3	52,206	- 36	21 30 50,960	17 37 38,664
		FLE	19 1 16,872	+ 11	16,883 24,677	- 14		
Diepoldsau	Aug. 16	FYL	16 34 48,991	+ 7	48,998	+ 147	21 34 47,510	17 41 35,214
		FLE	19 5 13,497	- 5	13,492 24,494	+ 59		
Zürich	Aug. 21	FYL	16 54 28,102	+ 6	28,108	+ 260	21 54 30,304	18 1 18,008
		FLE	19 24 52,487	+ 2	52,489 24,381	+ 104		
	Aug. 28	FYL	17 21 54,480	+ 1	54,481	+ 117	22 22 6,180	18 28 53,884
		FLE	19 52 19,001	+ 4	19,005 24,524	+ 47		
	Sept. 3	FYL	17 45 29,071	- 28	29,043	+ 117	22 45 45,515	18 52 33,219
		FLE	20 15 53,595	- 28	53,567 24,524	+ 47		
Urdorf	Sept. 6	FYL	17 57 19,006	+ 27	19,033	+ 76	22 57 35,184	19 4 22,888
		FLE	20 27 43,572	+ 26	43,598 24,565	+ 30		

Tabelle 4 (2. Fortsetzung).

Station	Datum	Sender	Uhrstand aus Koinzidenzen	Korr. B. I. H.	Uhr- stand zur Soll- epoche	Verbes- serung, stündl. Gang	Sternzeit Greenwich 0 <sup>h</sup> 0 W. Z.	T
<b>1934</b>								
Niederwil	Sept. 7	FYL	18 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 14,902	+ 0,057	14,959	+ 0,060	23 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 31,736	19 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 19,440
		FLE	20 31 39,480	+ 60	39,540 24,581	+ 24		
Staufen	Sept. 8	FYL	18 5 10,968	+ 47	11,015	+ 22	23 5 28,286	19 12 15,990
		FLE	20 35 35,608	+ 26	35,634 24,619	+ 9		
Zürich	Sept. 13	FYL	18 24 50,420	+ 15	50,435	+ 169	23 25 11,028	19 31 58,732
		FLE	20 55 14,893	+ 14	14,907 24,472	+ 68		
	Sept. 14	FYL	18 28 46,599	+ 24	46,623	+ 5	23 29 7,583	19 35 55,287
		FLE	20 59 11,238	+ 21	11,259 24,636	+ 2		
	Sept. 15	FYL	18 32 42,975	+ 21	42,996	+ 35	23 33 4,139	19 39 51,843
		FLE	21 3 7,604	- 2	7,602 24,606	+ 14		
	Sept. 17	FYL	18 40 35,066	+ 32	35,098	+ 139	23 40 57,259	19 47 44,963
		FLE	21 10 59,570	+ 30	59,600 24,502	+ 56		
<b>1935</b>								
Zürich	Mai 21	FYL	12 23 56,583	+ 4	56,587	- 11	15 50 49,934	14 28 2,280
		FLE	14 54 21,236	+ 3	21,239 24,652	- 4		
	Juni 2	FYL	13 11 26,140	- 12	26,128	+ 5	16 38 8,621	15 15 20,967
		FLE	15 41 50,775	- 11	50,764 24,636	+ 2		
	Juni 7	FYL	13 31 13,079	+ 59	13,138	- 402	16 57 51,423	15 35 3,769
		FLE	16 1 38,137	+ 44	38,181 25,043	- 161		
	Juni 10	FYL	13 43 9,057	+ 36	9,093	- 269	17 9 41,081	15 46 53,427
		FLE	16 13 33,955	+ 48	34,003 24,910	- 108		
Réclère	Juni 14	FYL	13 59 1,267	+ 45	1,312	- 191	17 25 27,300	16 2 39,646
		FLE	16 29 26,106	+ 38	26,144 24,832	- 76		
Chevenez	Juni 16	FYL	14 6 56,481	+ 47	56,528	- 84	17 33 20,422	16 10 32,768
		FLE	16 37 21,194	+ 59	21,253 24,725	- 34		
Calabri	Juni 22	FYL	14 30 40,807	+ 34	40,841	+ 118	17 56 59,791	16 34 12,137
		FLE	17 1 5,353	+ 11	5,364 24,523	+ 47		

Tabelle 4 (3. Fortsetzung).

Station	Datum	Sender	Uhrstand aus Koinzidenzen	Korr. B. I. H.	Uhr- stand zur Soll- epoche	Verbes- serung, stündl. Gang	Sternzeit Greenwich 0;0 W. Z.	T
Calabri (Forts.)	Juni 23	FYL	14 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 37,841	+0;013	37;854	+0;106	19 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 54;365	16 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 8;689
		FLE	17 5 2,363	+ 26	2,389			
Sur la Croix	Juni 24	FYL	14 38 36,057	+ 5	36,062	+ 163	19 15 50,925	16 42 5,240
		FLE	17 9 0,523	+ 17	0,540			
La Caquerelle	Juni 28	FYL	14 54 27,729	+ 33	27,762	+ 120	19 27 40,615	16 57 51,468
		FLE	17 24 52,245	+ 38	52,283			
Montagne de Develler	Juni 29	FYL	14 58 24,901	+ 44	24,945	+ 105	19 31 37,178	17 1 48,031
		FLE	17 28 49,443	+ 38	49,481			
Delémont	Juli 5	FYL	15 22 8,511	+ 21	8,532	+ 116	18 0 56,343	17 25 27,392
		FLE	17 52 33,040	+ 17	33,057			
Vadry	Juli 8	FYL	15 34 0,472	+ 2	0,474	- 96	18 4 52,894	17 37 17,048
		FLE	18 4 25,203	+ 8	25,211			
Grindel	Juli 11	FYL	15 45 53,798	+ 51	53,849	- 83	18 20 39,122	17 49 6,711
		FLE	18 16 18,553	+ 20	18,573			
Meltingerberg	Juli 12	FYL	15 49 51,459	+ 28	51,487	- 23	18 24 35,685	17 53 3,271
		FLE	18 20 16,144	+ 7	16,151			
Bürten	Juli 15	FYL	16 1 42,159	+ 45	42,204	+ 32	18 48 15,046	18 4 52,961
		FLE	18 32 6,766	+ 47	6,813			
Meltingerberg	Juli 16	FYL	16 5 39,676	+ 35	39,711	0	19 0 4,702	18 8 49,524
		FLE	18 36 4,317	+ 35	4,352			
Meltingerberg	Juli 24	FYL	16 37 24,008	+ 25	24,033	- 14	20 3 9,618	18 40 21,964
		FLE	19 7 48,650	+ 38	48,688			
Bürten	Juli 25	FYL	16 41 22,153	+ 30	22,183	- 124	20 7 6,176	18 44 18,522
		FLE	19 11 46,907	+ 41	46,948			
Bürten	Juli 27	FYL	16 49 22,349	+ 52	22,401	- 290	20 14 59,300	18 52 11,646
		FLE	19 19 47,272	+ 60	47,332			
					24,931	- 116		

Tabelle 4 (4. Fortsetzung).

Station	Datum	Sender	Uhrstand aus Koinzidenzen	Korr. B. I. H.	Uhr- stand zur Soll- epoche	Verbes- serung, stündl. Gang	Sternzeit Greenwich 0 <sup>h</sup> 0 W. Z.	T
	<b>1935</b>							
Bürten (Forts.)	Juli 28	FYL	16 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 20,568	+0,044	20,612	-0,053	20 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 55,864	18 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 8,210
		FLE	19 23 45,267	+ 39	45,306			
Waldenburg	Juli 31	FYL	17 5 15,944	+ 30	15,974	- 127	20 30 45,539	19 7 57,885
		FLE	19 35 40,714	+ 28	40,742			
				24,768	- 51			
Hauenstein	Aug. 1	FYL	17 9 13,385	+ 24	13,409	- 105	20 34 42,092	19 11 54,438
		FLE	19 39 38,128	+ 27	38,155			
				24,746	- 42			
Lostorf	Aug. 7	FYL	17 32 59,893	+ 62	59,955	- 29	20 58 21,399	19 35 33,745
		FLE	20 3 24,568	+ 57	24,625			
Aarau	Aug. 8	FYL	17 36 57,463	+ 45	57,508	+ 113	21 2 17,956	19 39 30,302
		FLE	20 7 21,992	+ 44	22,036			
				24,528	+ 45			
Zürich	Aug. 10	FYL	17 44 49,148	+ 5	49,153	+ 70	21 10 11,075	19 47 23,421
		FLE	20 15 13,715	+ 9	13,724			
				24,571	+ 28			
Zürich	Aug. 11	FYL	17 48 45,502	- 7	45,495	+ 18	21 14 7,638	19 51 19,984
		FLE	20 19 10,126	- 8	10,118			
				24,623	+ 7			
Zürich	Aug. 16	FYL	18 8 26,421	+ 45	26,466	+ 114	21 33 50,422	20 11 2,768
		FLE	20 38 50,950	+ 43	50,993			
				24,527	+ 46			
Zürich	Aug. 20	FYL	18 24 8,281	+ 30	8,311	+ 313	21 49 36,625	20 26 48,971
		FLE	20 54 32,605	+ 34	32,639			
				24,328	+ 125			
Zürich	Aug. 21	FYL	18 28 3,016	+ 10	3,026	+ 228	21 53 33,181	20 30 45,527
		FLE	20 58 27,429	+ 10	27,439			
				24,413	+ 91			
Zürich	Aug. 22	FYL	18 31 58,252	- 191	58,061	+ 303	21 57 29,740	20 34 42,086
		FLE	21 2 22,509	- 110	22,399			
				24,338	+ 121			
Zürich	Aug. 30	FYL	19 3 21,500	- 8	21,492	- 21	22 29 2,182	21 6 14,528
		FLE	21 33 46,159	- 5	46,154			
				24,662	- 8			

Tabelle 4 (5. Fortsetzung).

Station	Datum	Sender	Uhrstand aus Koinzidenzen	Korr. B. I. H.	Uhr- stand zur Soll- epoche	Verbes- serung, stündl. Gang	Sternzeit Greenwich 0 <sup>h</sup> 0 W. Z.	T	
Zürich	1936 Mai 15		FYL FLE	12 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> 645 14 41 26,510	-0 <sup>s</sup> 016 - 2	1 <sup>s</sup> 629 26,508	-0 <sup>s</sup> 238	15 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> 963	11 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> 667
	Mai 18	FYL FLE	12 22 59,305 14 53 24,064	- 15 0	59,290	- 133	15 41 59,616	11 48 47,320	
					24,064	- 53	24,774		
	Mai 25	FYL FLE	12 49 58,762 15 20 23,817	- 15 +	58,747	- 435	16 9 35,540	12 16 23,244	
					23,823	- 174	25,076		
	Mai 26	FYL FLE	12 53 59,395 15 24 24,488	+ 10 -	59,405	- 440	16 13 32,098	12 20 19,802	
					24,488	- 176	25,081		
	Schwerzenbach Juni 13	FYL FLE	14 4 57,501 16 35 22,594	+ 12 +	57,513	- 457	17 24 30,111	13 31 17,815	
					22,611	- 183	25,098		
	Juni 18	FYL FLE	14 24 56,729 16 55 21,663	- 47 -	56,682	- 285	17 44 12,899	13 51 0,603	
					21,608	- 114	24,926		
	Pfäffikon Juni 24	FYN FLE	14 48 14,589 17 18 39,584	- 42 -	14,547	- 356	18 7 52,264	14 14 39,968	
39,544					- 142	24,997			
Juni 28	FYN FLE	15 4 16,757 17 34 41,964	+ 31 +	16,788	- 559	18 23 38,473	14 30 26,177		
				41,988	- 223	25,200			
Bauma Juli 4	FYN FLE	15 28 18,313 17 58 43,393	- 17 -	18,296	- 451	18 47 17,829	14 54 5,533		
				43,388	- 180	25,092			
Juli 5	FYN FLE	15 32 19,190 18 2 44,407	+ 2 +	19,192	- 579	18 51 14,392	14 58 2,096		
				44,412	- 232	25,220			
Zürich Juli 16	FYN FLE	16 14 29,458 18 44 54,618	+ 45 +	29,503	- 531	19 34 36,517	15 41 24,221		
				54,675	- 212	25,172			
Juli 17	FYN FLE	16 18 30,723 18 48 55,816	+ 79 +	30,802	- 458	19 38 33,081	15 45 20,785		
				55,901	- 183	25,099			
Juli 20	FYL FLE	16 30 31,225 19 0 56,184	+ 10 +	31,235	- 329	19 50 22,761	15 57 10,465		
				56,205	- 132	24,970			
Juli 21	FYL FLE	16 34 31,101 19 4 56,083	+ 29 +	31,130	- 347	19 54 19,316	16 1 7,020		
				56,118	- 139	24,988			
Juli 23	FYL FLE	16 42 31,981 19 12 57,089	- 10 +	31,971	- 486	20 2 12,418	16 9 0,122		
				57,098	- 194	25,127			

### 3. Die beobachteten geographischen Längen.

Die beobachtete Länge ergibt sich nach der Formel:

$$\lambda = U + \Delta U - T + \Delta l + p.$$

Hierin bedeuten

$U$  die durch Abhören von Koinzidenzen beobachtete, um die im Bulletin horaire gegebene endgültige Korrektur auf die Soll-Epoche übergeführte Uhrzeit des Zeichens 153,5 der Emission, auf welche die Durchgangszeiten wegen Uhranges reduziert wurden,

$\Delta U$  die durch Ausgleichung erhaltene abendliche Uhrkorrektur,

$T$  die Soll-Epoche des Zeichens 153,5 oben genannter Zeichenemission in Sternzeit Greenwich ausgedrückt,

$\Delta l$  die Verbesserung der Länge wegen der Lage des Momentanpoles und

$p$  die Reduktion auf den der angenommenen Länge des Meridiankreises in Zürich ( $34^m 12^s 286$ , vgl. Band XXI, Seite 243) entsprechenden Ausgangsmeridian.

$U$  wird der Tabelle 4 (6. Kolonne) entnommen. Die Uhrkorrekturen  $\Delta U$  sind in Tabelle 3 (7. Kolonne) gegeben. Die in Zürich beobachteten Uhrkorrekturen wurden auf den Meridiankreis reduziert, d. h. 1934 und 1935 um  $+ 0^s 011$ , 1936 um  $- 0^s 040$  korrigiert.  $T$  erhält man durch Zufügen der in Sternzeit ausgedrückten Weltzeit der Soll-Epoche der zur Ermittlung von  $U$  abgehörten Zeitzeichen zur Sternzeit Greenwich um  $0^h 0$  Weltzeit, also für die erste Emission (FYL bzw. FYN)  $20^h 6^m 47^s 704$ , für FLE  $22^h 37^m 12^s 346$ . Die Berechnung von  $T$  ist in den beiden letzten Kolonnen der Tabelle 4 dargestellt.

Die Korrektur infolge Lage des Momentanpoles setzt sich zusammen aus

a) dem eigentlichen Einfluss der Pollage auf die Länge gemäss der Formel

$$\Delta \lambda = (x \sin \lambda - y \cos \lambda) \operatorname{tg} \varphi,$$

wo  $\lambda$  die Länge,  $\varphi$  die Polhöhe der Station und  $x$  und  $y$  die Koordinaten des Momentanpoles bedeuten, und

b) dem Einfluss  $\Delta \lambda'$  der Pollage auf die Uhrzeit des mittleren Observatoriums (heure définitive), welcher dem Bulletin horaire entnommen wird und mit entgegengesetztem Vorzeichen anzubringen ist.

Wir haben also

$$\Delta l = \Delta \lambda - \Delta \lambda'$$

Die beiden Komponenten von  $\Delta l$  sind nahezu gleich gross, so dass  $\Delta l$  nur sehr kleine Werte erreicht.

$p$  setzt sich zusammen aus dem persönlichen und instrumentellen Fehler, sowie dem Fehler der ausgeglichenen Länge von Zürich (Meridiankreis von Kern):  $34^m 12^s 286^1$ ). Durch den Zuschlag  $p$  erhalten wir die Länge der Stationspunkte bezüglich des um  $34^m 12^s 286$  westlich des Meridiankreises Zürich liegenden Meridians. Wir erhalten  $p$ , wenn wir für Zürich die beobachteten Werte  $U + \Delta U - T + \Delta l$  mit der oben gegebenen ausgeglichenen Länge des Meridiankreises vergleichen. Die Berechnung von  $p$  ist nachfolgend dargestellt:

1934. Beobachter Engi.

	$U + \Delta U - T + \Delta l$
1. Stationierung, Mittel aus 4 Abenden	$34^m 12^s 247 \pm 0^s 010$
2.       "               "       "   3       "	,252           8
3.       "               "       "   4       "	,244           5
Grösste Differenz (zwischen der 2. und 3. Stationierung)	<u>0,008 <math>\pm</math> 0,009.</u>
Sie ist nicht verbürgt; somit dürfen wir die Werte aller 3 Stationierungen mitteln:	$34\ 12\ 247 \pm 0,004_2$
Ausgeglicher Wert	<u><math>34\ 12,286</math></u>
	<u><math>p = +0,039</math></u>

1935. Beobachter Hunziker.

1. Stationierung, Mittel aus 4 Abenden	$34^m 12^s 277 \pm 0^s 011$
2.       "               "       "   5       "	<u>12,291           2</u>
Unterschied	<u>0,014 <math>\pm</math> 0,011</u>
Der Unterschied ist das 1,3fache seines m. F.	
Gesamtmittel	$34\ 12,285 \pm 0,005_4$
Ausgeglicher Wert	<u><math>34\ 12,286</math></u>
	<u><math>p = +0,001</math></u>

1936. Beobachter Engi.

1. Stationierung, Mittel aus 4 Abenden	$34^m 12^s 241 \pm 0^s 008$
2.       "               "       "   5       "	<u>12,250           3</u>
Unterschied	<u>0,009 <math>\pm</math> 0,009</u>
Gesamtmittel	$34\ 12,246 \pm 0,004_1$
Ausgeglicher Wert	<u><math>34\ 12,286</math></u>
	<u><math>p = +0,040</math></u>

Die Berechnung der  $\lambda$  und deren Stationsmittel ist in Tabelle Nr. 5 dargestellt.

<sup>1)</sup> Band XXI, Seite 243.



Tabelle 5 (Fortsetzung).

No.	Station	Beob.	Datum	<i>U</i>	<i>ΔU</i> +	<i>T</i>	<i>Δl</i>	<i>p</i>	<i>λ</i>	
19	Zürich (Forts.)	H	1935 VIII 16	20 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 50,993	6 <sup>m</sup> 24,067	20 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 2,768	-0,001	+0,001	34 <sup>m</sup> 12,292	
		H	1935 VIII 20	20 54 32,639	6 28,622	20 26 48,971	- 1	+ 1	34 12,290	
		H	1935 VIII 21	20 58 27,439	6 30,385	20 30 45,527	- 1	+ 1	34 12,297	
		H	1935 VIII 22	21 2 22,399	6 31,972	20 34 42,086	- 1	+ 1	34 12,285	
		H	1935 VIII 30	21 33 46,154	6 40,670	21 6 14,528	- 1	+ 1	34 12,296	
										12,292
										34 12,286
		E	1936 V 15	12 11 1,629	0 8,261	11 36 57,667	- 2	+ 40	34 12,261	
		E	1936 V 18	12 21 59,290	0 0,281	11 48 47,320	- 2	+ 40	34 12,289	
		E	1936 V 25	12 49 58,747	0 36,758	12 16 23,244	- 1	+ 40	34 12,300	
		E	1936 V 26	12 53 59,405	0 32,634	12 20 19,802	- 1	+ 40	34 12,276	
										12,282
		E	1936 VII 16	16 14 29,503	1 6,957	15 41 24,221	0	+ 40	34 12,279	
		E	1936 VII 17	16 18 30,802	1 2,229	15 45 20,785	0	+ 40	34 12,286	
		E	1936 VII 20	16 30 31,235	0 51,487	15 57 10,465	0	+ 40	34 12,297	
		E	1936 VII 21	16 34 31,130	0 48,147	16 1 7,020	0	+ 40	34 12,297	
		E	1936 VII 23	16 42 31,971	0 40,400	16 9 0,122	0	+ 40	34 12,289	
										12,290
										34 12,286
20	Schwerzenbach	E	1934 V 29	11 21 9,723	43 35,240	12 30 7,177	- 3	+ 39	34 37,822	
		E	1934 VI 1	11 33 3,974	43 30,715	12 41 56,872	- 3	+ 39	34 37,853	
										37,837
		E	1936 VI 13	14 4 57,513	0 58,083	13 31 17,815	- 1	+ 40	34 37,820	
		E	1936 VI 18	14 24 56,682	0 41,732	13 51 0,603	- 1	+ 40	34 37,850	
										37,835
								34 37,836		
21	Pfäffikon	E	1936 VI 24	14 48 14,547	1 33,213	14 14 39,968	- 1	+ 40	35 7,831	
		E	1936 VI 28	15 4 16,788	1 17,158	14 30 26,177	0	+ 40	35 7,809	
								35 7,820		
22	Bauma	E	1936 VII 4	15 28 18,296	1 14,980	14 54 5,533	0	+ 40	35 27,783	
		E	1936 VII 5	15 32 19,192	1 10,641	14 58 2,096	0	+ 40	35 27,777	
								35 27,780		
23	Sternenberg	E	1934 VI 18	12 40 37,510	44 5,304	13 48 58,356	- 3	+ 39	35 44,494	
		E	1934 VI 27	13 16 22,883	43 48,959	14 24 27,376	- 2	+ 39	35 44,503	
								35 44,498		
24	Dreien	E	1934 VII 4	13 44 12,909	43 56,398	14 52 3,282	- 3	+ 39	36 6,061	
25	Ganterschwil	E	1934 VII 5	13 48 10,853	44 11,524	14 55 59,835	- 3	+ 39	36 22,578	
		E	1934 VII 6	13 52 8,095	44 10,836	14 59 56,390	- 3	+ 39	36 22,577	
								36 22,577		
26	Degersheim	E	1934 VII 8	14 0 2,584	44 33,323	15 7 49,509	- 3	+ 39	36 46,434	
27	Herisau	E	1934 VII 10	14 7 58,446	44 48,421	15 15 42,635	- 3	+ 39	37 4,268	
		E	1934 VII 11	14 11 56,311	44 47,082	15 19 39,197	- 3	+ 39	37 4,232	
								37 4,250		
28	Stein (App.)	E	1934 VII 17	14 35 46,656	44 54,192	15 43 18,534	- 2	+ 39	37 22,351	
		E	1934 VII 18	14 39 45,103	44 52,344	15 47 15,086	- 2	+ 39	37 22,398	
								37 22,374		
29	Bühler	E	1934 VII 28	15 19 16,952	45 0,918	16 26 40,681	- 2	+ 39	37 37,226	
30	Gäbris	E	1934 VII 30	15 27 12,492	45 13,530	16 34 33,786	- 2	+ 39	37 52,273	
		E	1934 VIII 1	15 35 9,510	45 9,577	16 42 26,887	- 2	+ 39	37 52,297	
		E	1934 VIII 6	15 55 4,803	44 57,135	17 2 9,677	- 2	+ 39	37 52,301	
									37 52,290	
31	Altstätten	E	1934 VIII 10	16 10 55,274	45 10,214	17 17 55,910	- 2	+ 39	38 9,615	
		E	1934 VIII 15	16 30 52,206	44 56,048	17 37 38,664	- 2	+ 39	38 9,627	
								38 9,621		
32	Diepoldsau	E	1934 VIII 16	16 34 48,998	45 22,716	17 41 35,214	- 2	+ 39	38 36,537	

Aus den auf derselben Station mehrmals beobachteten Längen lässt sich die Genauigkeit der Längenbestimmungen ableiten. Der m. F. der Längenbeobachtung aus einem Abend beträgt:

1934, Beobachter Engi	Referenzstation	11 Abende	$\pm 0,015$
	Feldstationen	15 „	19
	Alle Beobachtungen	26 „	17
1935, Beobachter Hunziker	Referenzstation	9 „	16
	Feldstationen	17 „	15
	Alle Beobachtungen	26 „	15
1936, Beobachter Engi	Referenzstation	9 „	13
	Feldstationen	6 „	15
	Alle Beobachtungen	15 „	14

Im Gesamtmittel beträgt der m. F. einer Längenbestimmung aus einem Beobachtungsabend  $\pm 0,016$ . Es ist somit wahrscheinlich, dass die aus nur einem Beobachtungsabend ermittelten Längen der gestellten Genauigkeitsanforderung von  $\pm 0,020$  (vergl. Seite 9) genügen.

Von besonderem Interesse ist der Vergleich der auf dem Gäbris beobachteten Länge (Mittel aus drei Abendwerten) mit dem aus der Ausgleichung des Längennetzes erster Ordnung gefundenen. Der ausgeglichene Wert der Länge von Gäbris ist  $37^m52,522$  (siehe Berichtigungen zu Band XXI in Band XX, Seite 48). Die Reduktion der Länge des Parallelkreispunktes „Gäbris“ auf den trigonometrischen Punkt geschieht nach der Formel

$$\Delta L = 0,00317879 (\Delta Y \cos \mu + \Delta X \sin \mu).$$

Die Koordinatenunterschiede des Parallelkreispunktes gegenüber dem trigonometrischen Punkt „Gäbris A“ betragen

$$\Delta Y = + 71,82 \text{ m und } \Delta X = + 313,42 \text{ m.}$$

Die Meridiankonvergenz ist  $\mu = 1^\circ 28' 56'' 22$ .

Nach obiger Formel ist

$$\Delta L = + 0,254$$

Länge des Parallelkreispunktes Gäbris

$$37^m52,290 \pm 0,009$$

Hieraus Länge des trigonometrischen Punktes „Gäbris A“

$$37 \ 52,544$$

Länge von „Gäbris A“ aus der Ausgleichung

$$37 \ 52,522 \pm 0,010$$

Unterschied

$$- \ 0,022 \pm 0,013$$

Der Unterschied der beiden Werte von „Gäbris A“ ist somit das 1,7-fache seines m. F.

Das Gewichtsmittel beider Werte ist

$$\underline{37^m52,534 \pm 0,009}$$

#### 4. Die geodätisch bestimmten Koordinaten.

Die Unterschiede der geographischen Koordinaten der beiden Endpunkte des Parallelkreisstückes, Réclère und Diepoldsau, gegenüber denjenigen des Nullpunktes der Landes-

vermessung wurden nach den Formeln von Rosenmund<sup>1)</sup> berechnet. Die Polhöhe und den Längenunterschied von Zürich gegenüber dem Nullpunkt findet man in Band XXI, Seite 244.

Die der Berechnung der schweizerischen Landesvermessung als Grundlage dienende Polhöhe des Nullpunktes ist  $46^{\circ}57'8,6600$ . Als provisorische Länge des Nullpunktes wird  $29^{\text{m}}45^{\text{s}}50000$  angenommen<sup>2)</sup>. Die mit diesen Werten des Nullpunktes gerechneten geographischen Koordinaten der beiden Endpunkte des Parallels und der Sternwarte Zürich sind:

Rélère	B = $47^{\circ}22'41,3128$ ,	L = $27^{\text{m}}43^{\text{s}}70504$
Zürich	47 22 45,6565	34 12,44432
Diepoldsau	47 22 42,9792	38 27,46437

Zur Berechnung der Koordinaten der übrigen Parallelkreisstationen wurden aus den Rosenmund'schen Formeln Differenzenformeln für die Koordinatenunterschiede benachbarter Stationen abgeleitet. Wird die Rechenschärfe der Polhöhdifferenzen zu 0,001, diejenige der Längendifferenzen zu 0,0001 angesetzt, so fallen für die in Frage kommenden Werte von  $X$ ,  $Y$ ,  $\Delta X$  und  $\Delta Y$  eine Reihe von Gliedern der Differenzenformeln weg. Die Polhöhdifferenzen wurden auf der Kugel gerechnet; die Überführung in die Differenzen auf dem Ellipsoid gestaltet sich insofern einfach, als die Einzelwerte wegen des geringen Unterschiedes der Extremwerte geradlinig zwischen diese interpoliert werden konnten. Die Glieder der Formel der Längendifferenzen wurden durch  $15\alpha$ <sup>3)</sup> dividiert, um direkt die Längendifferenzen auf dem Ellipsoid in Zeitmass zu erhalten.

Die Formeln für die Kugelpolhöhen- und Ellipsoidlängendifferenzen lauten mit allen im Rahmen der vorkommenden ebenen Koordinaten und ihrer Differenzen und der geforderten Rechenschärfe noch Beiträge liefernden Gliedern:

$$\Delta\psi = [1'] \Delta X - 2 [2'] Y \Delta Y - [4'] Y^2 \Delta X - 2 [4'] X Y \Delta Y - 2 [5'] X^2 Y \Delta Y + 4 [6'] Y^3 \Delta Y$$

$$\Delta L = \frac{1}{15\alpha} \left\{ [10'] \Delta Y + [11'] Y \Delta X + [11'] X \Delta Y - 3 [12'] Y^2 \Delta Y + 2 [13'] X Y \Delta X + [13'] X^2 \Delta Y - 3 [15'] X Y^2 \Delta Y \right\}$$

In diesen Formeln ist nur je das erste Glied logarithmisch zu berechnen; die übrigen Glieder können mit dem Rechenschieber erledigt werden.

Wir berücksichtigen noch, dass  $3[12'] = [13']$  und schreiben die Glieder nach dem ersten wie folgt:

$$\text{in } \Delta\psi: - [4'] Y^2 \Delta X - (2[2'] + 2[4'] X + 2[5'] X^2 - 4[6'] Y^2) Y \Delta Y,$$

$$\text{in } \Delta L: \frac{1}{15\alpha} \left\{ [11'] (Y \Delta X + X \Delta Y) + [13'] (X^2 - Y^2) \Delta Y + (2[13'] \Delta X - 3[15'] Y \Delta Y) X Y \right\}$$

<sup>1)</sup> Rosenmund, Die Änderung des Projektionssystems der schweizerischen Landesvermessung, Bern 1903. Formeln 60\* und 61\*, Seiten 92 und 94.

<sup>2)</sup> P. Engi, Längen- und Breitenbestimmungen in den Jahren 1937 und 1938 in: Rapport sur les travaux exécutés en Suisse depuis la sixième assemblée générale de l'Association de Géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale, réunie à Edimbourg en septembre 1936, Seite 8, 1939.

<sup>3)</sup> Rosenmund, Seite 64 und ff.  $\alpha = 1,00072913844$ .

Für die Rechenschieberoperationen führen wir als Einheit von  $X$  und  $Y$  100 km, von  $\Delta X$  und  $\Delta Y$  1 m ein und erhalten mit folgenden Formeln die Rechenschieberglieder der Kugelpolhöhen- bzw. Ellipsoidlängendifferenzen in Einheiten der 3. bzw. 4. Dezimalstelle:

$$\begin{aligned} \text{in } \Delta \psi: & - 0,00454 Y^2 \Delta X \\ & - (0,54186 + 0,00908 X + 0,00015 X^2 - 0,00010 Y^2) Y \Delta Y, \\ \text{in } \Delta L: & + 0,52838 (Y \Delta X + X \Delta Y) \\ & + 0,008854 (X^2 - Y^2) \Delta Y \\ & + (0,0177 \Delta X - 0,00051 Y \Delta Y) XY. \end{aligned}$$

Zur Berechnung der einzelnen Glieder dieser Darstellung wurden kleine Hilfstafeln erstellt. Das Produkt  $0,00454 Y^2$  im ersten Glied in  $\Delta \psi$  entnimmt man folgender

Tafel a

Y	0,00454 Y <sup>2</sup>
0,34-0,57	0,001
0,58-0,74	2
0,75-0,86	3
0,87-0,99	4
1,00-1,10	5
1,11-1,19	6
1,20-1,28	7
1,29-1,36	8
1,37-1,44	9
1,45-1,52	10
1,53-1,59	11
1,60-1,66	12

Die Summe der drei ersten Glieder in der Klammer des zweiten Gliedes von  $\Delta \psi$  findet man aus der Tafel b, wo die 4. und 5. Stelle des Ausdruckes  $0,54186 + 0,00908 X + 0,00015 X^2 = 0,546 \dots$  für jeden auftretenden Hektometer von  $X$  gegeben ist.

Tafel b

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,47.	—	—	—	19	20	21	22	22	23	24
0,48.	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
0,49.	34	35	36	37	38	39	40	41	—	—

Die beiden Glieder in der Klammer des letzten Gliedes von  $\Delta L$  ergeben sich aus folgender

Tafel c

$\Delta X$	0,0177 $\Delta X$ bzw. 0,00051 $Y \Delta Y$	$Y \Delta Y$
0-28	0	0-900
29-84	1	1000-2900
85-141	2	3000-4900
142-197	3	5000-6800
198-254	4	6900-8800
255-310	5	8900-10700
311-366	6	10800-12700
367-423	7	12800-14700
424-480	8	14800-16600
481-537	9	

Beispiel:

**Ganterschwil-Degersheim.**

$X_a = +48895,96$ $X_b = +49019,83$ $97915,79$ $X_m = 0,48958$  $\log [1'] = 8,509685-10$ $\log \Delta X = 2,092966$ $0,602651$ Num. = + 4"005  Tafel a: $0,008 \Delta X = - 1$ Tafel b: $0,54634$ $0,0001 Y^2 = 17$ $0,54617 Y \Delta Y = - 5,242$ $\Delta \psi = - 1,238$		$Y_a = +125037,55$ $Y_b = +132491,30$ $257528,85$ $Y_m = 1,28764$  $\log \frac{[10']}{15\alpha} = 7,498745-10$ $\log \Delta Y = 3,872375$ $1,371120$ Num. = + 23"5028  $Y \Delta X = 159,5$ $X \Delta Y = 3649,4$ $3808,9 \times 0,52838 = + 2013$  $X^2 = 0,240$ $Y^2 = 1,658$ $- 1,418 \times 0,008854 \Delta Y = - 94$  Tafel c: $(2-5) XY = - 2$ $\Delta L = +23,6945$
--	--	--

Die Summierung der Differenzen zwischen den Stationen in den Abschnitten Réclère—Zürich und Zürich—Diepoldsau ergab auf die zweite bzw. die dritte Dezimalstelle genau die aus den direkt gerechneten Koordinaten gefundenen Längen- und Polhöhenunterschiede dieser drei Stationen. Die aus den Unterschieden der gerechneten Längen- und Ellipsoidpolhöhen abgeleiteten geographischen Koordinaten sind auf drei bzw. zwei Stellen genau in der Tabelle 6 wiedergegeben.

### 5. Die beobachteten Lotabweichungen.

Der Unterschied zwischen den aus den Zeitbestimmungen und den drahtlosen Zeitzeichen abgeleiteten Längen  $\lambda$  und den geodätisch gerechneten Längen  $L$  der Stationen ist der Einfluss der Lotstörung auf die Längen derselben. Bildet man die Differenzen im Sinne gerechnete minus beobachtete Länge, und zählt man die Längen als nach Osten zunehmend, so ergeben sich die Lotabweichungskomponenten  $\eta$  im ersten Vertikal durch Multiplikation der Unterschiede mit dem Cosinus der Polhöhe:

$$\eta = (L - \lambda) \cos \varphi.$$

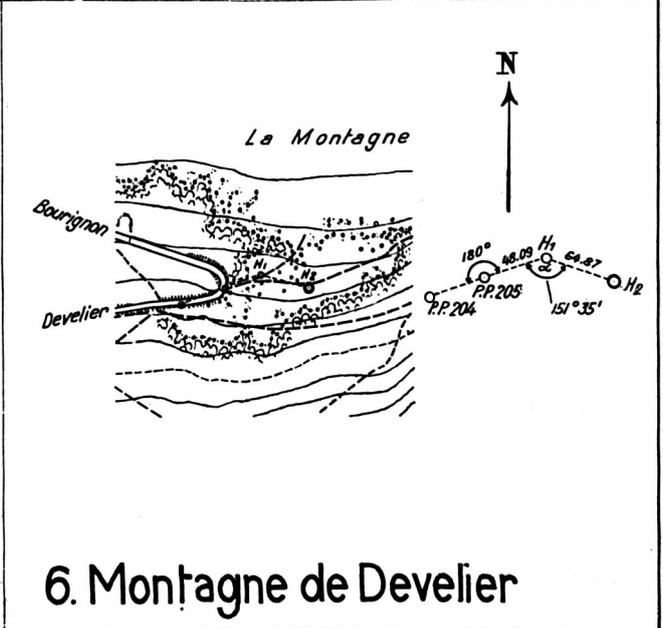
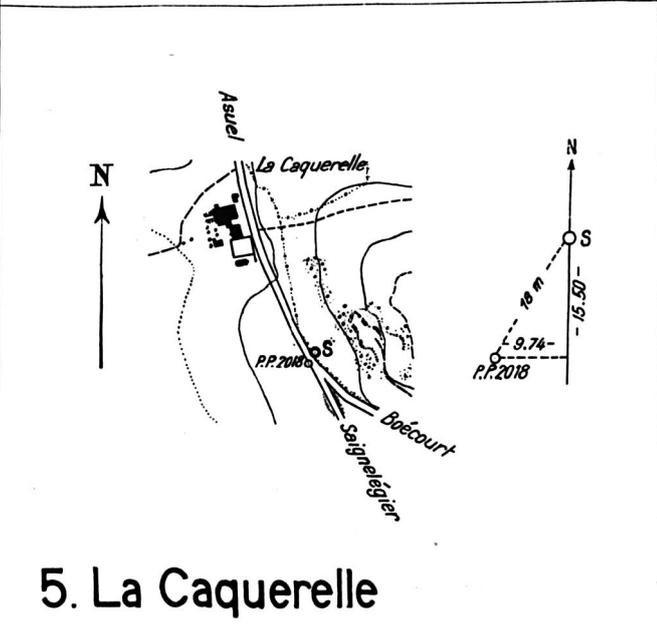
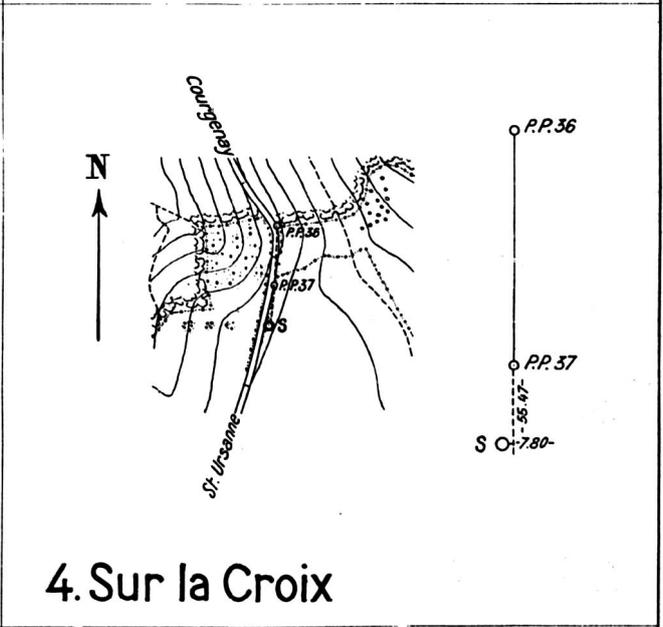
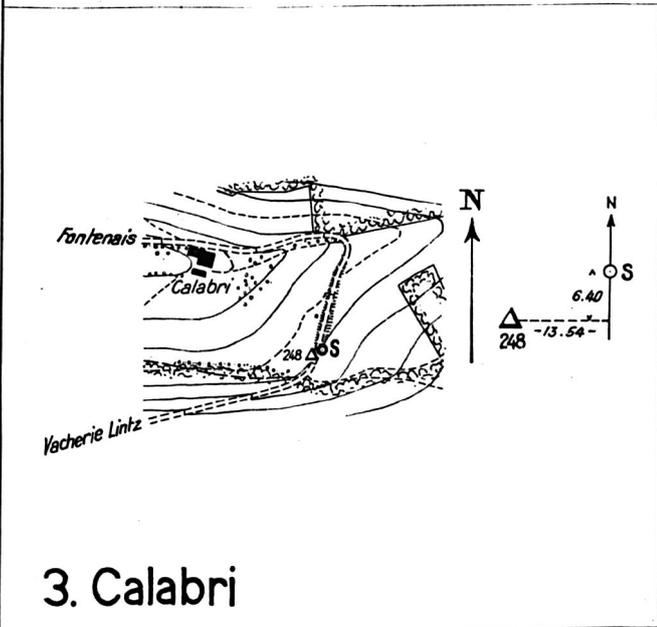
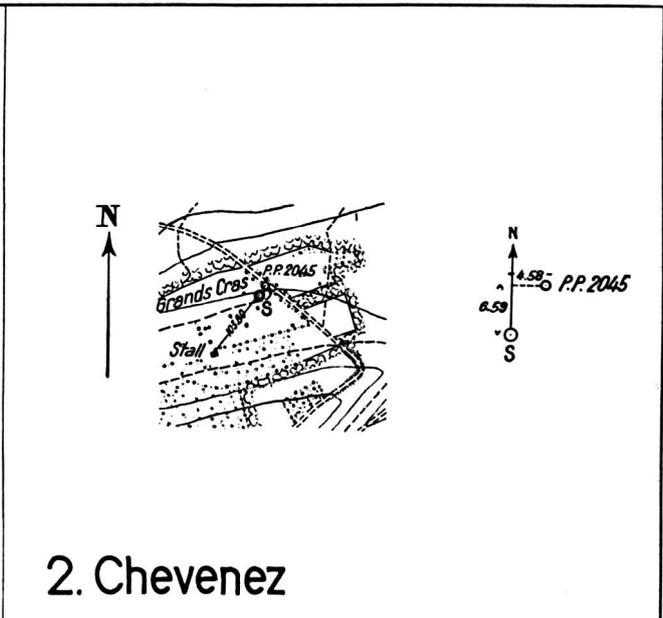
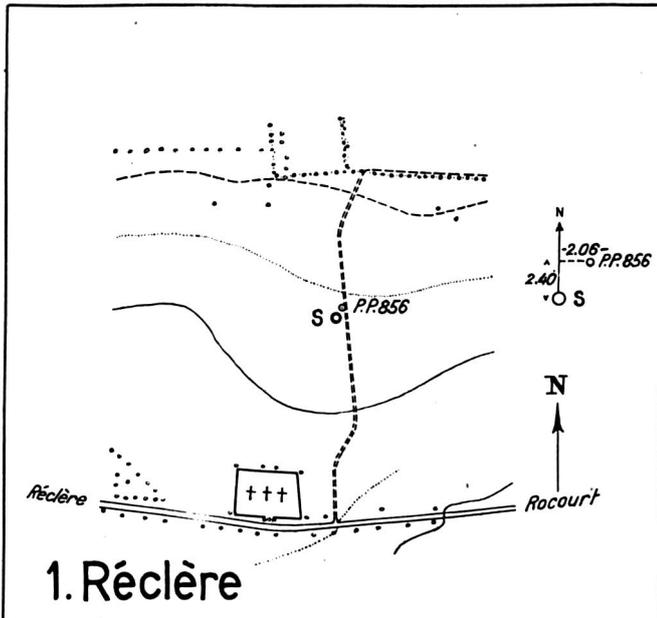
Wegen der sehr geringen Polhöhenunterschiede der Stationen durfte für alle Produkte der Cosinus der mittleren Polhöhe ( $\varphi_m = 47^\circ 22' 46''$ ) verwendet werden. Um  $\eta$  in Bogensekunden zu erhalten, wurde  $L - \lambda$  mit  $15 \cos \varphi_m$  multipliziert:

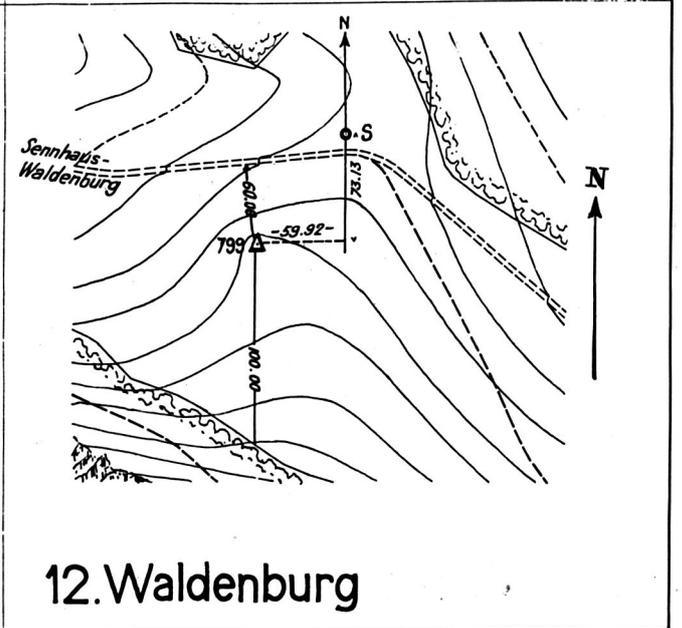
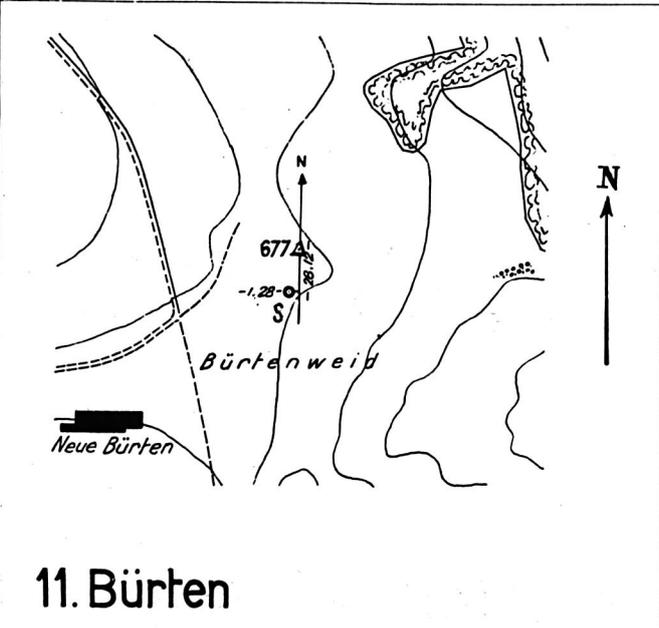
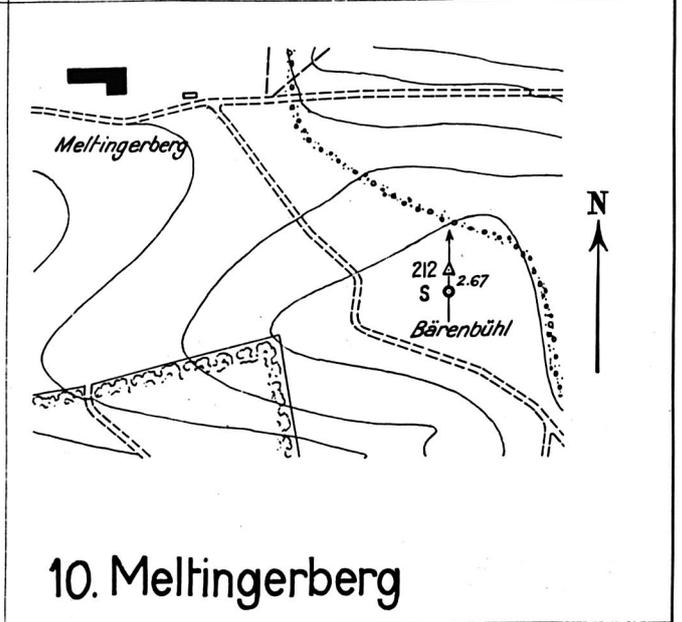
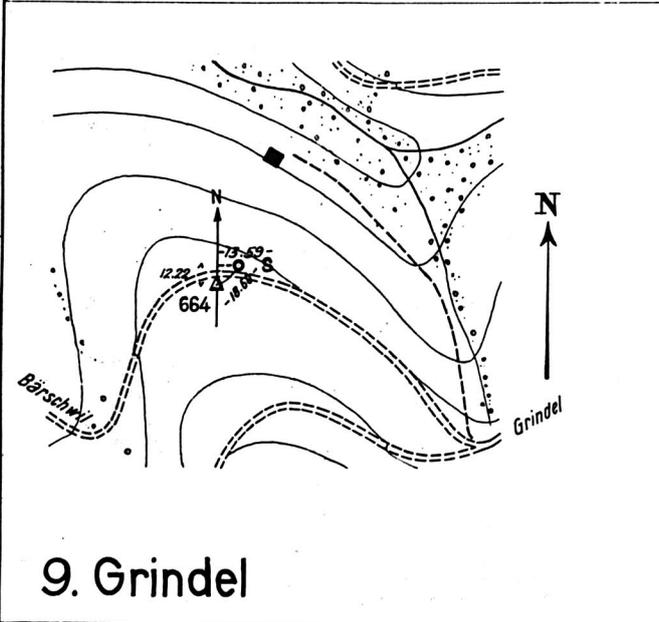
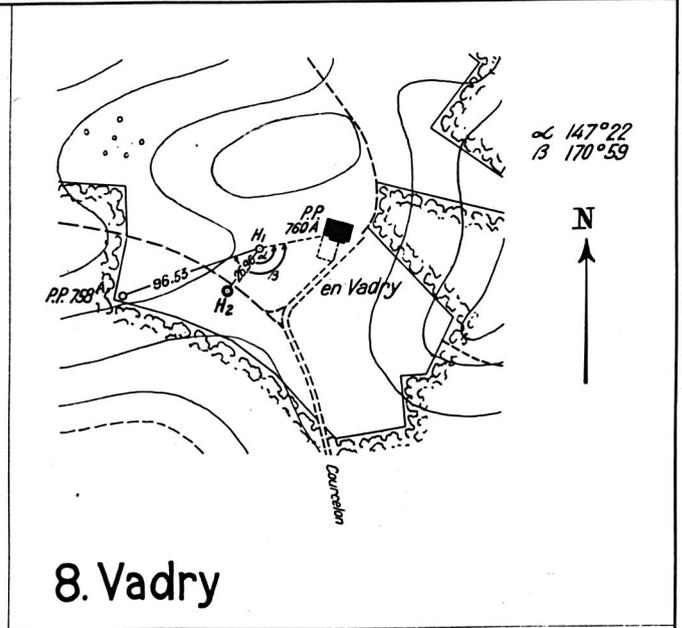
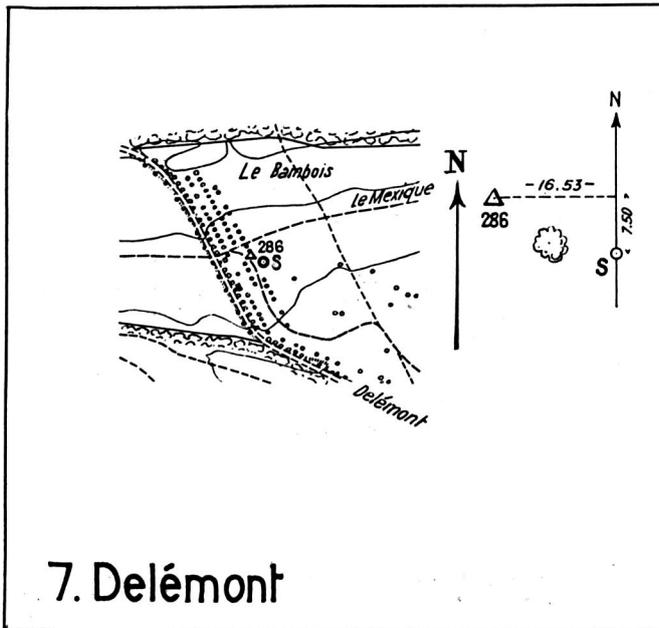
$$\eta = 10,1571 (L - \lambda).$$

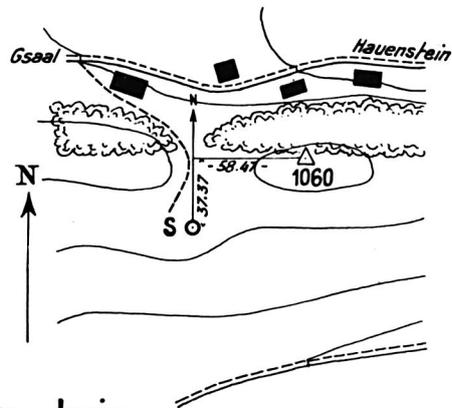
Die gefundenen Werte von  $\eta$  sind in der letzten Kolonne der Tabelle 6 eingetragen.

Tabelle 6. Koordinaten der Stationen und die beobachteten Lotabweichungen.

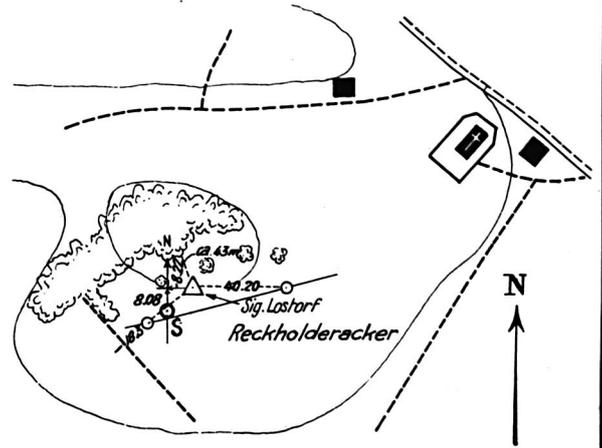
No.	Station	Y m	X +	H (genähert) m	$\mu$	Polhöhe (gerechnet) 47° 22' +	Länge		L - $\lambda$	$\eta$
							gerechnet L	beobachtet $\lambda$		
1	Réclère	- 38 319, 80	47 450, 05	594	- 0° 22' 15"	41,31	27 <sup>m</sup> 43,705	43,462	+ 0,243	+ 2,47
2	Chevèze	- 33 035, 00	47 658, 19	690	- 0 19 11	49, 08	28 0, 498	0, 315	+ 0, 183	+ 1, 86
3	Calabri	- 28 267, 53	47 335, 61	709	- 0 16 25	39, 44	28 15, 656	15, 545	+ 0, 111	+ 1, 13
4	Sur la Croix	- 22 337, 14	47 249, 47	775	- 0 12 58	37, 47	28 34, 506	34, 470	+ 0, 036	+ 0, 37
5	La Caquerelle	- 17 082, 41	47 395, 77	827	- 0 9 56	42, 77	28 51, 208	51, 227	- 0, 019	- 0, 19
6	Montagne de Develler	- 11 871, 22	47 394, 85	832	- 0 6 57	43, 15	29 7, 771	7, 947	- 0, 176	- 1, 79
7	Delémont	- 7 786, 97	47 363, 41	546	- 0 4 32	42, 35	29 20, 752	21, 056	- 0, 304	- 3, 09
8	Vadry	- 2 174, 42	47 472, 81	772	- 0 1 16	46, 05	29 38, 591	38, 457	+ 0, 134	+ 1, 36
9	Grindel	+ 4 493, 76	47 650, 88	568	+ 0 2 36	51, 77	29 59, 769	59, 747	+ 0, 022	+ 0, 22
10	Meltingenberg	+ 12 424, 82	47 285, 23	852	+ 0 7 13	39, 56	30 24, 976	24, 845	+ 0, 131	+ 1, 33
11	Bürten	+ 19 022, 91	47 376, 57	981	+ 0 11 30	41, 95	30 45, 948	46, 287	- 0, 339	- 3, 44
12	Waldenburg	+ 25 002, 15	47 887, 58	825	+ 0 14 29	57, 78	31 4, 959	5, 082	- 0, 123	- 1, 25
13	Hauenstein	+ 32 322, 03	47 460, 23	702	+ 0 18 48	42, 80	31 28, 231	28, 645	- 0, 414	- 4, 20
14	Lostorf	+ 38 150, 27	47 739, 20	458	+ 0 22 10	50, 71	31 46, 761	47, 197	- 0, 436	- 4, 43
15	Aarau	+ 45 859, 28	47 723, 81	430	+ 0 26 36	48, 45	32 11, 263	11, 665	- 0, 402	- 4, 08
16	Staufen	+ 54 765, 97	47 734, 78	425	+ 0 31 47	46, 35	32 39, 572	39, 863	- 0, 291	- 2, 96
17	Niederwil	+ 64 552, 80	47 921, 85	406	+ 0 37 32	49, 21	33 10, 684	11, 049	- 0, 365	- 3, 71
18	Urdorf	+ 74 347, 00	47 937, 45	444	+ 0 43 10	46, 00	33 41, 814	42, 008	- 0, 194	- 1, 97
19	Zürich	+ 83 983, 37	48 055, 90	469	+ 0 48 46	45, 66	34 12, 444	12, 286	+ 0, 158	+ 1, 60
20	Schwerzenbach	+ 91 968, 21	48 241, 91	448	+ 0 53 24	47, 84	34 37, 830	37, 836	- 0, 006	- 0, 06
21	Pfäffikon	+ 101 528, 55	48 337, 15	566	+ 0 58 58	45, 86	35 8, 218	7, 820	+ 0, 398	+ 4, 04
22	Bauma	+ 107 815, 97	48 367, 64	621	+ 1 2 37	43, 25	35 28, 200	27, 780	+ 0, 420	+ 4, 27
23	Sternenberg	+ 113 053, 72	48 711, 20	909	+ 1 5 40	51, 21	35 44, 865	44, 498	+ 0, 367	+ 3, 73
24	Dreien	+ 119 739, 90	48 632, 44	685	+ 1 9 33	44, 40	36 6, 108	6, 061	+ 0, 047	+ 0, 48
25	Ganterschwil	+ 125 037, 55	48 895, 96	644	+ 1 12 37	49, 38	36 22, 960	22, 577	+ 0, 383	+ 3, 89
26	Degersheim	+ 132 491, 30	49 019, 83	876	+ 1 16 58	48, 15	36 46, 654	46, 434	+ 0, 220	+ 2, 23
27	Herisau	+ 138 097, 33	49 161, 51	754	+ 1 20 13	48, 59	37 4, 479	4, 250	+ 0, 229	+ 2, 33
28	Stein (App.)	+ 143 786, 63	49 203, 23	809	+ 1 23 39	45, 55	37 22, 560	22, 374	+ 0, 186	+ 1, 89
29	Bühler	+ 148 520, 60	49 318, 45	834	+ 1 26 16	45, 50	37 37, 611	37, 226	+ 0, 385	+ 3, 91
30	Gäbris	+ 153 143, 47	49 501, 27	1243	+ 1 28 56	47, 60	37 52, 315	52, 290	+ 0, 025	+ 0, 25
31	Altstätten	+ 158 425, 14	49 577, 67	475	+ 1 32 2	45, 57	38 9, 103	9, 621	- 0, 518	- 5, 26
32	Diepoldsau	+ 167 347, 12	49 743, 22	412	+ 1 37 20	42, 98	38 37, 464	36, 537	+ 0, 927	+ 9, 42



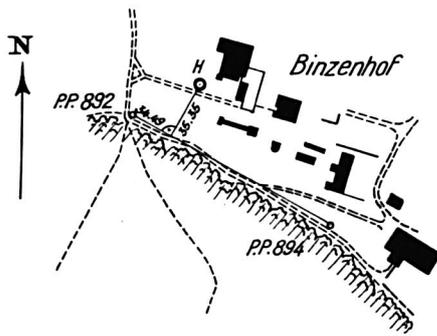




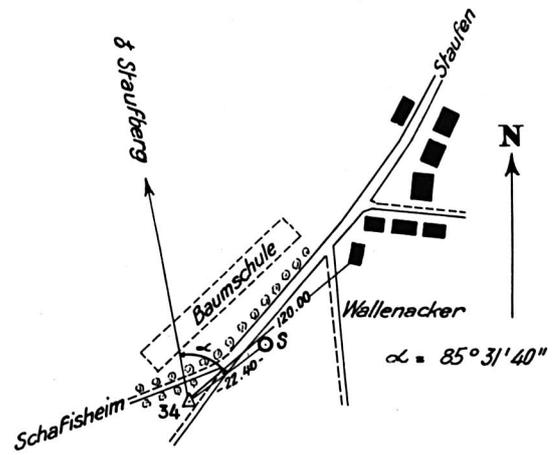
13. Hauenstein



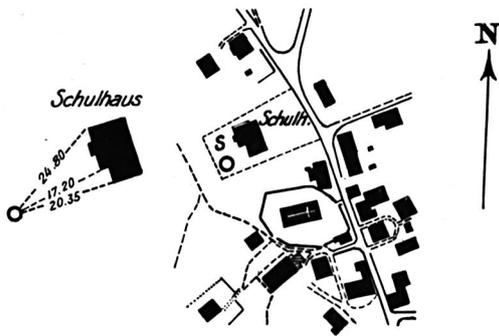
14. Lostorf



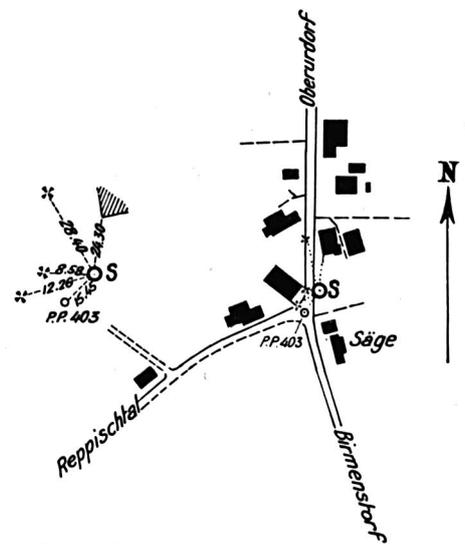
15. Aarau



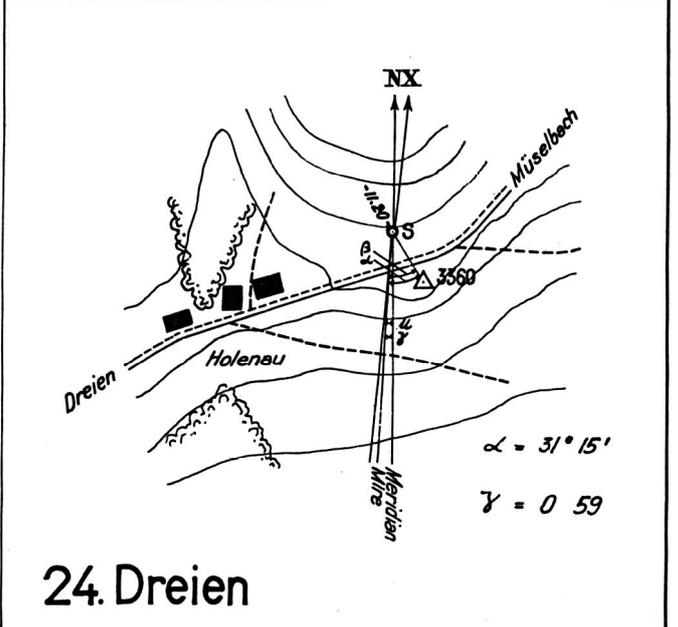
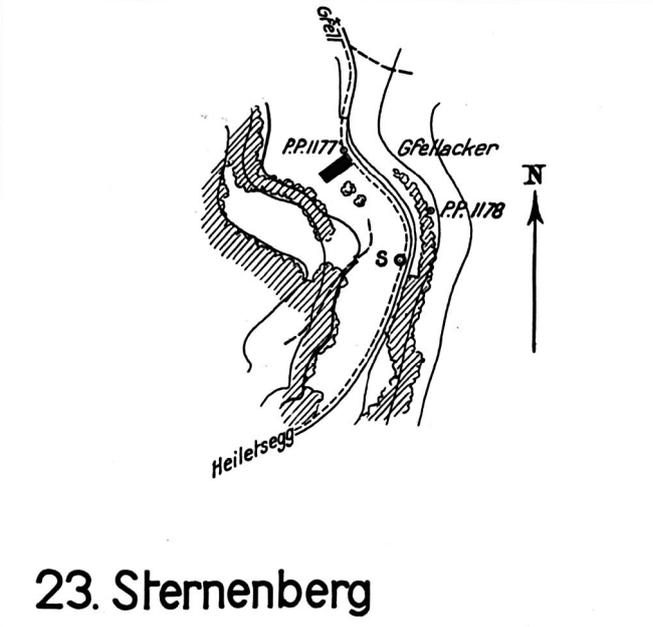
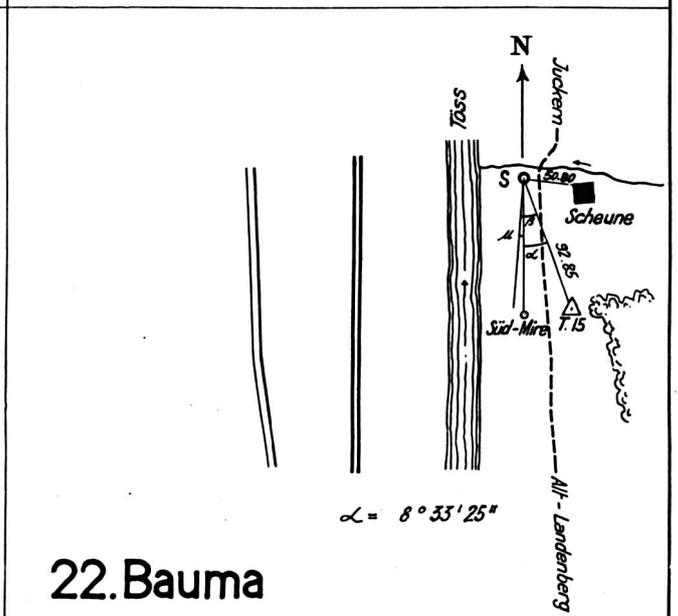
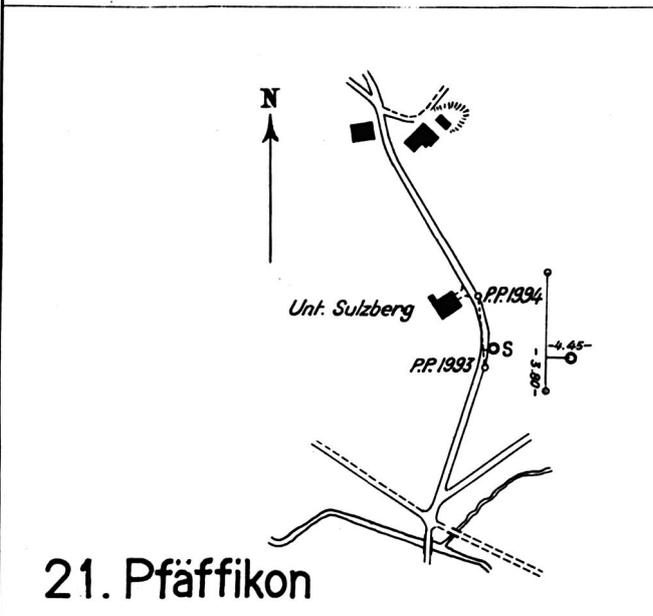
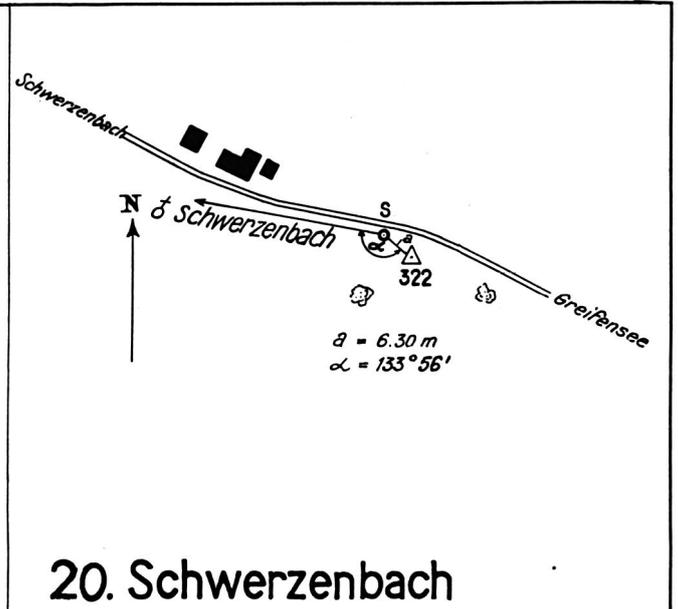
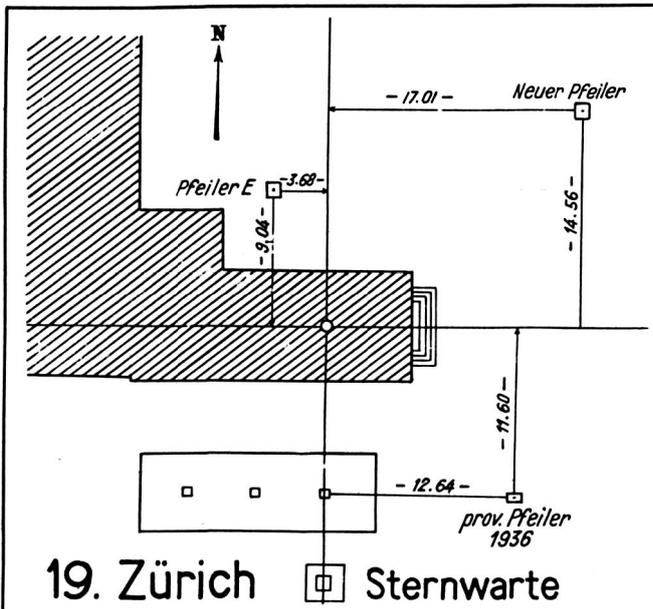
16. Staufen

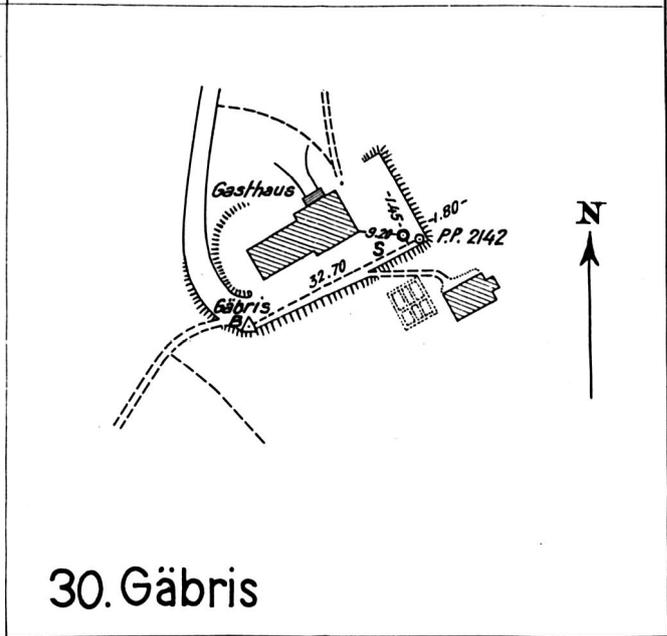
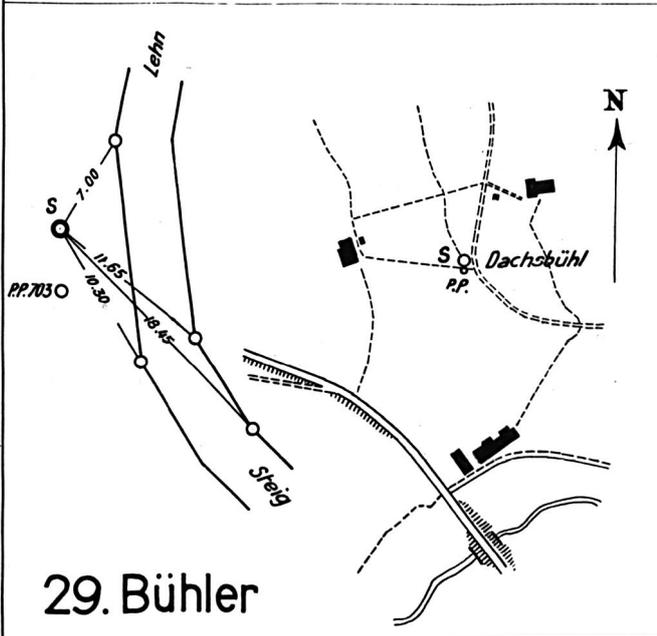
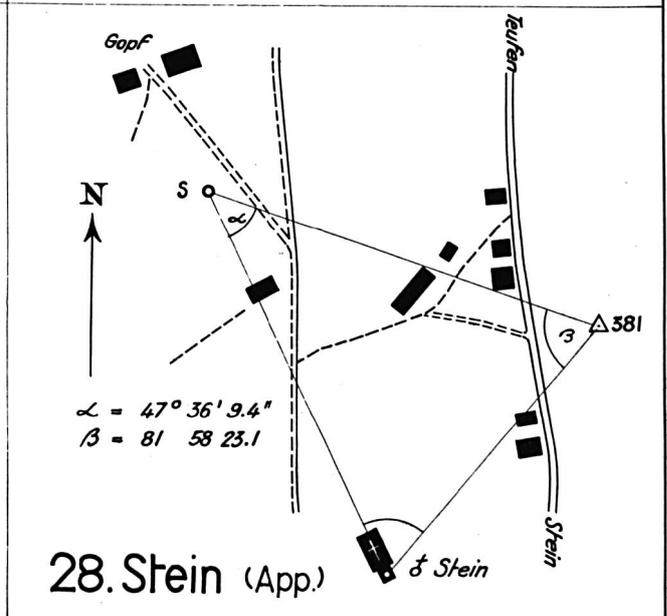
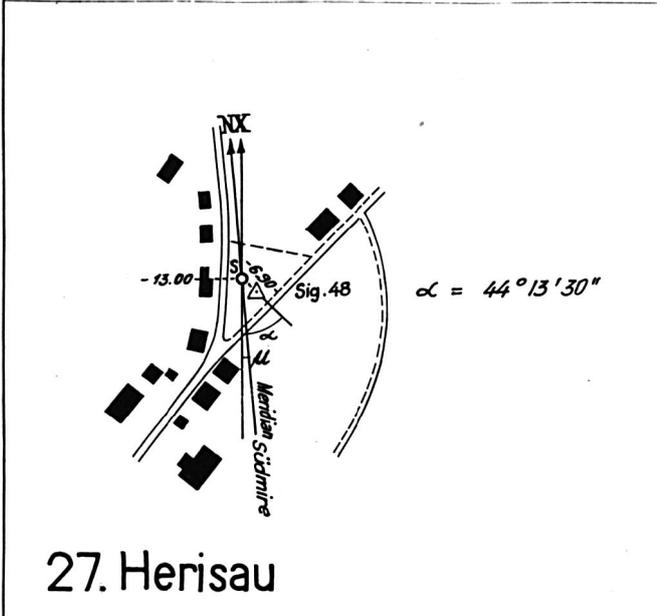
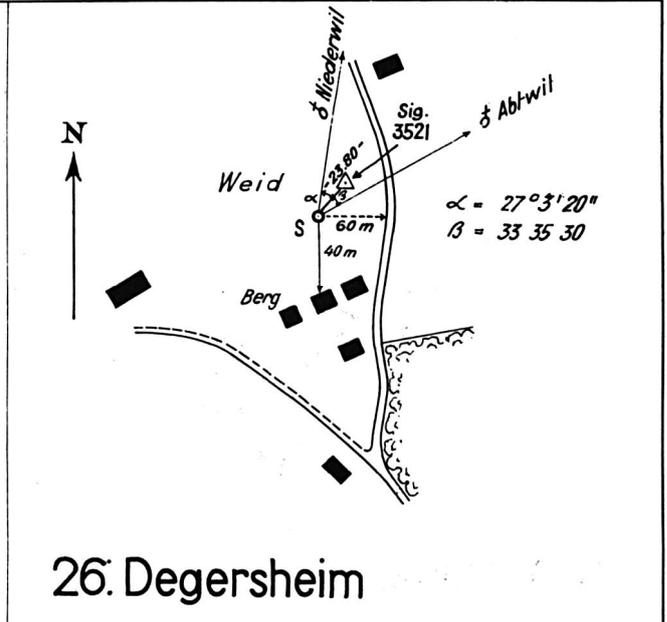
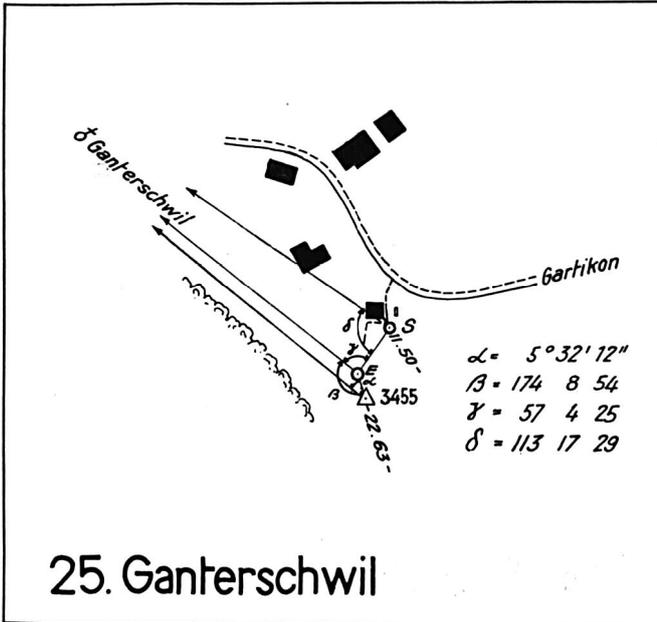


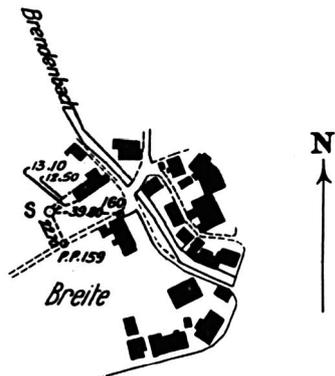
17. Niederwil



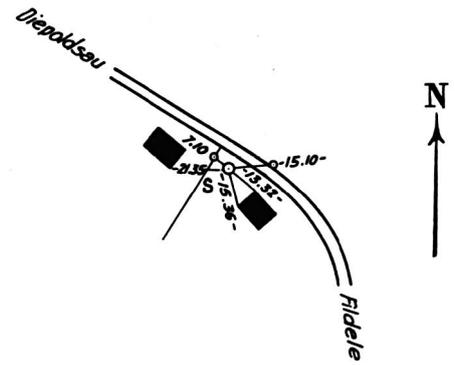
18. Urdorf







31. Altstätten



32. Diepoldsau

## II. Teil.

# Die Ableitung des Geoidprofiles.

---

Das Geoidprofil im Parallelkreis von Zürich ist auf gleiche Weise abgeleitet worden, wie das Geoidprofil im Meridian des St. Gotthard. Die Ergebnisse der beiden astronomischen Nivellements sind dementsprechend durchwegs miteinander vergleichbar.

Im Folgenden verweisen wir fortlaufend auf Band XX <sup>1)</sup>, wo die theoretischen Grundlagen eingehend dargelegt sind. Es genügt deshalb, sich in den nachstehenden Abschnitten jeweils auf eine kurze Darlegung des verwendeten Verfahrens zu beschränken.

### 1. Das Geoidprofil ohne Berücksichtigung der Lotkrümmung.

Es soll vorerst vom Einfluss der Lotkrümmung abgesehen werden. Dann ist die Zunahme  $N'$  der Geoiderhebung vom Punkte A bis zum Punkte C eines Parallelkreises bestimmt durch den Ausdruck:

$$N' = \text{arc } 1'' \int_A^C \eta \, ds.$$

Mit A sei der im Westen gelegene Anfangspunkt des Profiles bezeichnet. In diesem Falle hat die Lotabweichungs-Komponente  $\eta$  positives Vorzeichen, wenn das astronomische Zenit nach Westen abgelenkt wird. Die Integration ist in bekannter Weise mit Hilfe einer zeichnerischen Darstellung des Profiles der Lotabweichungs-Komponenten  $\eta$  ausgeführt worden. Um die Kurve, — im folgenden kurz mit  $\eta$ -Kurve bezeichnet, — mit der erforderlichen Sicherheit auftragen zu können, war es notwendig, noch eine Verdichtung der Punktfolge vorzunehmen. Dies lässt sich mittels rechnerischer Interpolation erreichen.

Das topographische Profil im Parallelkreis von Zürich verläuft wesentlich ruhiger als das ausserordentlich bewegte Profil im Meridian des St. Gotthard, wo noch 57 Zwischenpunkte eingeschaltet werden mussten. Im Parallelkreis von Zürich genügten 8 Zwischenpunkte. Man findet diese im folgenden Abschnitt aufgeführt; ferner ist dort auch die Ableitung der Lotabweichungskomponenten der Zwischenpunkte in kurzen Zügen beschrieben.

<sup>1)</sup> Das astronomische Nivellement im Meridian des St. Gotthard. II. Die berechneten Geoiderhebungen und der Verlauf des Geoidschnittes, bearbeitet von Th. Niethammer, 1939.

### a) Interpolation der Lotabweichungs Komponenten der Zwischenpunkte.

Die nachstehende Übersicht gibt die Koordinaten und Meereshöhen der gewählten Zwischenpunkte. Es ist noch zu bemerken, dass die Ziffer der Ordnungsnummer identisch ist mit der Ordnungsnummer des benachbarten, westlich gelegenen Beobachtungspunktes.

Nr.	Y	X	Meereshöhe
8 a	+ 1 620 m	+ 47 570 m	700 m
9 a	9 570	47 410	700
11 a	22 030	47 640	800
13 a	35 200	47 600	650
17 a	68 710	47 930	550
18 a	77 620	47 980	550
29 a	151 840	49 450	1000
30 a	155 660	49 540	900

Die Lotabweichungs-Komponenten dieser Zwischenpunkte sind in gleicher Weise interpoliert worden, wie in Band XX auf den Seiten 10—14 dargelegt ist. Es handelt sich um das folgende Vorgehen:

Vorerst werden aus den sichtbaren Massen mit Berücksichtigung der Isostasie die Lotabweichungs-Komponenten  $\eta_{ber}$  abgeleitet und hierauf die Differenzen  $\eta_{beob} - \eta_{ber}$  der beobachteten Stationen gebildet. Die graphische Darstellung dieser Differenzen, mit den Y-Koordinaten der Beobachtungspunkte als Abszissen, ergibt eine sehr ruhig verlaufende Kurve. Sie ist in der Beilage gestrichelt eingezeichnet und in entsprechender Weise wie in Band XX als „Parallelprofil der reduzierten Lotabweichungen“ bezeichnet. Dieser Kurve lässt sich an jedem beliebigen Zwischenpunkt ein zuverlässiger Wert der Differenz  $\eta_{beob} - \eta_{ber}$  entnehmen. Man braucht dann nur noch den ebenfalls aus den sichtbaren Massen gerechneten Betrag  $\eta_{ber}$  hinzuzufügen, um den gesuchten interpolierten Wert  $\eta(ZP)$  des Zwischenpunktes zu erhalten:

$$\eta(ZP) = \eta(ZP_{ber}) + \{\eta_{beob} - \eta_{ber}\}_{(interpoliert)}.$$

Die Zwischenpunkte tragen am meisten zur sicheren Bestimmung der  $\eta$ -Kurve bei, wenn sie an den Stellen gewählt werden, wo Extremwerte zu erwarten sind. Diese Stellen lassen sich mit grosser Annäherung aus dem Profil der Erdoberfläche herauslesen.

Zur Ableitung der  $\eta_{ber}$  wird eine mittlere Dichte  $\Theta$  verwendet. Die Rechnungen wurden zweimal durchgeführt: mit den Werten  $\Theta = 2,70$  und  $\Theta = 2,57$ . Die Dichte 2,57 ist hervorgegangen, indem von den weniger als 20 km vom Parallel von Zürich entfernten Schwerestationen das arithmetische Mittel der Dichten, die zur Reduktion der beobachteten Schwerewerte verwendet worden sind, gebildet wurde. So erhielt man zwei Kurven der Differenzen  $\eta_{beob} - \eta_{ber}$ . Es wurden nun die zweiten Differenzen ihrer Ordinaten und deren Quadratsumme gebildet; den beiden Dichten  $\Theta = 2,57$  und  $\Theta = 2,70$  entsprechen die Quadrat-

summen 28,65 und 20,63. Die Einführung des Dichtewertes 2,57 führt demnach zu einem unruhigeren Verlauf der Kurve. Dementsprechend ist der Wert  $\Theta = 2,70$  verwendet worden.

In Tabelle 7 findet man die berechneten Komponenten  $\eta_{\text{ber}}$ , sowie die Differenzen  $\eta_{\text{beob}} - \eta_{\text{ber}}$ . Die Nord-Süd-Komponenten  $\xi_{\text{ber}}$  der Beobachtungspunkte sind ebenfalls aufgeführt; sie sind fast ohne Mehrarbeit als Nebenergebnis hervorgegangen. Weiter enthält die Tabelle die beobachteten  $\eta_{\text{beob}}$  der Nivellementstationen, sowie die interpolierten  $\eta$  der Zwischenpunkte.

### b) Numerische Bestimmung des Integrales $\int \eta ds$ .

Wir bezeichnen die Zunahme der Erhebung des Geoides über das Referenzellipsoid von einem Punkte  $i$  des Nivellement zum benachbarten Punkte  $k$  mit  $\Delta N'$  und die entsprechende Zunahme von einem Ausgangspunkte A bis zum Punkte C mit  $N'$ . Dann ist:

$$N' = \sum_A^C \Delta N' = \sum_A^C \text{arc } 1'' \int_i^k \eta ds.$$

Die  $\Delta N'$  wurden anhand der Flächen  $F_{ik}$ , die zwischen der  $\eta$ -Kurve und der Abszissenachse liegen, bestimmt. Die verwendeten Maßstäbe sind:

$$\begin{aligned} \text{Ordinaten } \eta: & 1 \text{ mm} = 0,1 = c_1, \\ \text{Abszissen } s: & 1 \text{ mm} = 100 \text{ m} = c_2. \end{aligned}$$

Wird  $F_{ik}$  in  $\text{mm}^2$  ausgedrückt, so erhält man

$$\Delta N' = \text{arc } 1'' \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot F_{ik} \quad (\Delta N' \text{ in Metern})$$

und weiter, mit den eingesetzten Zahlenwerten von  $c_1$  und  $c_2$ , wenn  $\Delta N'$  ebenfalls in mm ausgedrückt wird:

$$\Delta N' = 0,04848_{197} \cdot (F_{ik} \text{ in } \text{mm}^2).$$

Der Inhalt der Flächen  $F_{ik}$  wurde mittels vertikaler Streifen von 2 mm Breite bestimmt, wobei die Höhen der Streifen mit der Lupe abgelesen wurden. Die Streifen am Anfang und am Ende einer Fläche  $F_{ik}$  wiesen in der Regel eine kleinere Breite als 2 mm auf; dies wurde durch entsprechende Gewichtsuteilung berücksichtigt.

Sowohl die  $\Delta N'$  als auch die  $N'$  sind in der Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7.

Pkt. No.	Berechnete Komponenten der Lotabweichungen		Differenz $\eta_{(beob)}$ minus $\eta_{(ber)}$	$\eta$ beobachtet oder interpoliert	$\Delta N'$	$N'$	$N_P$ $= N' - E$	$N$ $= N_P + 916$
	$\xi$ im Meridian	$\eta$ im I.Vert.						
	$\theta = 2,70$				mm	mm	mm	mm
1	- 5,44	+ 1,72	+ 0,75	+ 2,47	+ 56,3	0,0	0	+ 916
2	- 9,26	+ 1,22	+ 0,64	+ 1,86	+ 35,8	+ 56,3	+ 51	+ 967
3	- 8,82	+ 0,78	+ 0,35	+ 1,13	+ 21,9	+ 92,1	+ 82	+ 998
4	- 5,06	+ 0,29	+ 0,08	+ 0,37	+ 2,3	+ 114,0	+ 103	+ 1019
5	- 3,28	- 0,22	+ 0,03	- 0,19	- 22,4	+ 116,3	+ 99	+ 1015
6	+ 1,24	- 1,89	+ 0,10	- 1,79	- 51,9	+ 93,9	+ 76	+ 992
7	+ 0,89	- 3,09	0,00	- 3,09	- 23,8	+ 42,0	+ 35	+ 951
8	- 3,89	+ 1,01	+ 0,35	+ 1,36	- 4,3	+ 18,2	+ 3	+ 919
8a		- 3,66	- 0,25	- 3,91	- 31,5	+ 13,9	0	+ 916
9	- 7,87	+ 1,12	- 0,90	+ 0,22	+ 52,5	- 17,6	- 28	+ 888
9a		+ 3,59	- 0,78	+ 2,81	+ 32,6	+ 34,9	+ 17	+ 933
10	- 6,58	+ 2,02	- 0,69	+ 1,33	- 28,1	+ 67,5	+ 42	+ 958
11	- 7,30	- 2,29	- 1,15	- 3,44	- 76,7	+ 39,4	+ 5	+ 921
11a		- 5,20	- 1,42	- 6,62	- 54,0	- 37,3	- 64	+ 852
12	- 6,66	+ 0,40	- 1,65	- 1,25	- 81,0	- 91,3	- 115	+ 801
13	+ 0,94	- 2,61	- 1,59	- 4,20	- 77,8	- 172,3	- 191	+ 725
13a		- 4,60	- 1,76	- 6,36	- 73,4	- 250,1	- 270	+ 646
14	+ 2,02	- 2,28	- 2,15	- 4,43	- 154,0	- 323,5	- 334	+ 582
15	- 1,69	- 1,28	- 2,80	- 4,08	- 154,8	- 477,5	- 488	+ 428
16	- 2,33	- 0,25	- 2,71	- 2,96	- 152,7	- 632,3	- 644	+ 272
17	- 2,15	- 0,92	- 2,79	- 3,71	- 27,1	- 785,0	- 800	+ 116
17a		+ 3,93	- 2,84	+ 1,09	- 14,9	- 812,1	- 834	+ 82
18	- 3,27	+ 0,53	- 2,50	- 1,97	- 45,9	- 827,0	- 846	+ 70
18a		- 0,81	- 2,56	- 3,37	- 35,1	- 872,9	- 897	+ 19
19	- 1,23	+ 3,53	- 1,93	+ 1,60	+ 15,3	- 908,0	- 930	- 14
20	- 3,13	+ 1,74	- 1,80	- 0,06	+ 82,4	- 892,7	- 916	0
21	- 1,57	+ 5,44	- 1,40	+ 4,04	+ 129,6	- 810,3	- 843	+ 73
22	- 4,21	+ 5,65	- 1,38	+ 4,27	+ 106,8	- 680,7	- 723	+ 193
23	- 6,77	+ 3,93	- 0,20	+ 3,73	+ 68,9	- 573,9	- 633	+ 283
24	- 5,42	+ 0,22	+ 0,26	+ 0,48	+ 59,1	- 505,0	- 554	+ 362
25	- 8,42	+ 3,24	+ 0,65	+ 3,89	+ 108,0	- 445,9	- 492	+ 424
26	- 9,22	+ 1,89	+ 0,34	+ 2,23	+ 59,0	- 337,9	- 399	+ 517
27	- 10,17	+ 1,17	+ 1,16	+ 2,33	+ 57,1	- 278,9	- 339	+ 577
28	- 10,04	+ 0,77	+ 1,12	+ 1,89	+ 66,1	- 221,8	- 284	+ 632
29	- 7,59	+ 2,44	+ 1,47	+ 3,91	+ 65,9	- 155,7	- 226	+ 690
29a		+ 2,69	+ 0,82	+ 3,51	+ 12,7	- 89,8	- 175	+ 741
30	- 6,52	- 0,45	+ 0,70	+ 0,25	- 49,7	- 77,1	- 173	+ 743
30a		- 7,41	+ 0,69	- 6,72	- 87,7	- 126,8	- 208	+ 708
31	- 3,60	- 6,02	+ 0,76	- 5,26	+ 97,3	- 214,6	- 268	+ 648
32	- 8,46	+ 6,34	+ 3,08	+ 9,42		- 117,3	- 166	+ 750

$\xi$  positiv: Ablenkung des Zenites nach Süden.  
 $\eta$  positiv: Ablenkung des Zenites nach Westen.

## 2. Der Einfluss $E$ der Lotkrümmung.

Die an  $N'$  anzubringende Korrektur wegen der Krümmung der Lotlinie sei mit  $E$  bezeichnet. Die theoretischen Grundlagen zu deren Bestimmung sind in Band XX auf den Seiten 2—7 gegeben.

Die zur Ableitung von  $E$  verwendete Beziehung lautet:

$$g_0 E_A^c = \int_A^c (g - g_0) \cdot dz + [H(g_0 - \bar{G})]_A^c.$$

Man erhält dann die Erhebung  $N$  des Geoides über das Referenzellipsoid aus der Differenz:

$$N = N' - E.$$

### a) Auswertung des Integrales $\int_A^c (g - g_0) \cdot dz$ .

Im Integral tritt die Schwerebeschleunigung  $g$  an der Erdoberfläche auf. Die zur Auswertung des Integrales notwendigen Umformungen findet man im eben genannten Band XX auf den Seiten 19—22; sie führen zu folgender Darstellung des Integrales:

$$\int_A^c (g - g_0) \cdot dz = \sum_A^c (\bar{g} - g_0) (z_k - z_i),$$

$$\text{wo } \bar{g} = \frac{g'_i + g'_k}{2} - \Delta \bar{g}''$$

$$\text{und } g' = (g + \Delta g'')$$

$$\Delta \bar{g}'' = \frac{\sum_{v=1}^n \Delta g_v'' \cdot \Delta z_v}{z_k - z_i}.$$

$g$  = interpolierter Wert der Schwerebeschleunigung an der Erdoberfläche.

$g_0$  = willkürlich gewählter, konstanter Wert der Schwerebeschleunigung.

$\Delta g''$  = topographische Korrektur.

$\Delta g_v''$  = Mittel der topographischen Korrektur im einzelnen Teilintervall.

$\Delta \bar{g}''$  = Mittelwert der topographischen Korrektur vom Punkte  $i$  zum Punkte  $k$ .

$n$  = Anzahl der Teilintervalle zwischen zwei Stationen  $i$  und  $k$ .

$\Delta z_v$  = Integrationsintervall.

Die numerischen Werte von  $g$ ,  $\Delta g''$ ,  $\Delta \bar{g}''$  und  $\sum_A^c (\bar{g} - g_0) (z_k - z_i)$  sind in Tabelle 8 für alle Beobachtungs- und Zwischenpunkte zusammengestellt.

b) Der Ausdruck  $[H(g_0 - \bar{G})]_A^c$ .

Aus diesem Ausdruck geht hervor, daß für jeden Profilverpunkt, dessen Geoiderhebung abgeleitet werden soll, der durchschnittliche Schwerewert  $\bar{G}$  längs der Lotlinie zu bestimmen ist. Das Verfahren zur Ableitung der  $\bar{G}$  findet man in Band XX auf den Seiten 22—32 entwickelt. Wie dort dargelegt ist, fordert der Rechnungsgang zuverlässige Werte der Dichten  $\bar{\theta}_0$  und  $\bar{\theta}_n$ . Mit  $\bar{\theta}_0$  wird der durchschnittliche Dichtewert der ebenen Platte zwischen Stationspunkt und Schnittpunkt der Lotlinie mit dem Geoid bezeichnet. Die Dichte  $\bar{\theta}_0$  ist so zu wählen, dass die gleiche Anziehung auf den Stationspunkt ausgeübt wird, wie es die wirklichen Massen tun. In entsprechender Weise bedeutet  $\bar{\theta}_n$  den Durchschnittswert der Dichte, wenn es sich um die Anziehung auf den im Meeresniveau gelegenen Punkt der Lotlinie handelt.

Die  $\bar{\theta}_0$  und  $\bar{\theta}_n$  der Nivellementpunkte sind folgendermassen bestimmt worden:

An Hand geologischer Profile wurden von 15 Schwerestationen die entweder auf dem Parallel von Zürich oder in dessen Nähe liegen, die  $\bar{\theta}_0$  und  $\bar{\theta}_n$  berechnet. Man findet die erhaltenen Beträge, sowie die Mittelwerte  $\bar{\theta} = \frac{\bar{\theta}_0 + \bar{\theta}_n}{2}$  nachstehend aufgeführt; sie sind von Prof. Th. Niethammer zur Verfügung gestellt worden.

Station	Meereshöhe	Länge östl. Greenwich	$\bar{\theta}_0$	$\bar{\theta}_n$	$\bar{\theta}$
Porrentruy	439 m	28 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup>	2,58	2,58	2,58
St. Ursanne	439	28 36	2,57	2,57	2,57
St. Brais	969	28 24	2,59	2,58	2,59
Delémont	432	29 22	2,58	2,58	2,58
Laufen	353	29 56	2,58	2,58	2,58
Balsthal	487	30 44	2,56	2,58	2,57
Sissach	371	31 10	2,53	2,48	2,51
Olten	417	31 36	2,56	2,54	2,55
Aarau	383	32 12	2,56	2,55	2,56
Wohlen	431	33 04	2,56	2,56	2,56
Zürich	469	34 12	2,46	2,46	2,46
Bauma	637	35 32	2,64	2,64	2,64
Wattwil	614	36 20	2,54	2,54	2,54
Bruggen	634	37 20	2,57	2,59	2,58
Altstätten	463	38 12	2,63	2,62	2,63

Mit Hilfe dieser Werte wurde ein Täfelchen aufgestellt, das von 20 zu 20 Sekunden Länge östlich Greenwich die  $\bar{\theta}_0$  und  $\bar{\theta}$  gibt. Daraus liessen sich bequem die gesuchten Dichtewerte der Nivellementstationen interpolieren. Sie sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8 enthält auch die Summe der Korrekturen  $\Delta \bar{G}''$  und  $\Delta \bar{G}$ , die in gleicher Weise berechnet worden sind, wie in Band XX dargelegt ist. Mit  $\Delta \bar{G}''$  bezeichnen wir den Durchschnittswert der topographischen Korrektur längs der Lotlinie; er enthält den Ein-

fluss der bis zu 42 km von der Station entfernten Massen. Das Korrektionsglied  $\Delta \check{G}$  berücksichtigt die zwischen 42 bis 188 km Entfernung gelegenen Massen.

Weiter findet man in Tabelle 8 die Ausdrücke  $[H (g_0 - \bar{G})]_A^c$  und endlich die gesuchten Grössen  $E$  in Millimetern.

Tabelle 8.

No.	$H$	Breite	Länge ö. Gr.	Mittlere Gesteinsdichte		$g =$ 980 000 +	$\Delta g''$	$\Delta \bar{g}''$	$\Delta \bar{G}'' + \Delta \check{G}$	$\sum_A^c (\bar{g} - g_0) (z_k - z_i)$	$[H (g_0 - \bar{G})]_A^c$	$E$
				$\bar{\theta}_0$	$\bar{\theta}$							
	m					mgal	mgal	mgal	mgal	mgal · m	mgal · m	mm
1	594	47°22,7'	27 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup>	2,58	2,58	700,4	+ 0,5	+ 1,7	+ 1,8	0	0	0
2	690	22,8	28 00	2,58	2,58	678,6	1,9	+ 2,3	- 0,7	+ 8 544	- 3 222	+ 5
3	709	22,7	15	2,58	2,58	673,2	2,3	+ 2,3	+ 2,0	+ 9 988	- 425	+10
4	775	22,6	34	2,57	2,57	658,5	2,4	+ 0,9	- 3,5	+ 14 344	- 3 612	+11
5	827	22,7	51	2,58	2,58	647,2	1,7	+ 29,6	- 3,7	+ 17 152	- 646	+17
6	832	22,7	29 08	2,58	2,58	642,4	3,2	+ 2,8	- 4,5	+ 17 242	+ 558	+18
7	546	22,7	21	2,58	2,58	698,1	2,4	+ 3,4	+ 4,8	- 2 778	+ 9 372	+ 7
8	772	22,8	38	2,58	2,58	650,4	3,8	+ 3,0	- 6,6	+ 13 946	+ 554	+15
8 a	700	22,8	50	2,58	2,58	664,4	3,5	+ 3,9	- 0,7	+ 9 770	+ 4 038	+14
9	568	22,9	30 00	2,57	2,58	691,0	2,1	+ 2,8	+ 4,5	- 262	+ 10 118	+10
9 a	700	22,7	16	2,57	2,58	663,0	3,0	+ 2,9	+ 1,9	+ 9 902	+ 7 538	+18
10	852	22,7	25	2,57	2,58	633,1	2,4	+ 4,6	- 4,4	+ 17 198	+ 7 278	+25
11	981	22,7	46	2,56	2,56	602,7	5,6	+ 4,7	- 7,0	+ 19 391	+ 13 635	+34
11 a	800	22,8	56	2,55	2,55	639,1	4,3	+ 0,7	+ 1,6	+ 15 590	+ 10 638	+27
12	825	23,0	31 05	2,55	2,55	634,1	3,7	+ 2,7	- 5,3	+ 16 590	+ 6 963	+24
13	702	22,7	28	2,55	2,54	658,2	1,4	+ 3,5	- 1,6	+ 10 932	+ 8 046	+19
13 a	650	22,8	37	2,55	2,55	665,7	2,8	+ 2,3	+ 1,5	+ 7 812	+ 11 738	+20
14	458	22,8	47	2,55	2,55	704,1	0,8	+ 0,7	+ 1,1	- 8 316	+ 17 730	+10
15	430	22,8	32 11	2,56	2,56	706,6	0,4	+ 0,4	+ 1,2	- 11 256	+ 21 258	+10
16	425	22,8	39	2,56	2,56	702,0	0,3	+ 0,3	+ 1,2	- 11 776	+ 24 013	+12
17	406	22,8	33 11	2,55	2,55	698,7	0,2	+ 1,3	+ 1,1	- 13 676	+ 27 936	+15
17 a	550	22,8	24	2,55	2,55	666,7	1,3	- 0,1	+ 0,6	- 1 868	+ 23 738	+22
18	441	22,8	42	2,53	2,53	685,9	0,3	+ 0,2	+ 1,5	- 10 261	+ 28 692	+19
18 a	550	22,8	52	2,51	2,51	662,0	0,7	+ 0,8	- 0,2	- 2 195	+ 25 938	+24
19	469	22,8	34 12	2,48	2,48	674,9	0,6	- 0,4	+ 1,4	- 7 703	+ 29 476	+22
20	448	22,8	38	2,50	2,50	675,5	0,3	+ 0,4	+ 1,1	- 9 299	+ 31 982	+23
21	566	22,8	35 08	2,56	2,56	647,6	0,6	+ 0,7	+ 2,8	- 1 983	+ 34 686	+33
22	621	22,7	28	2,60	2,60	632,0	2,1	+ 2,0	+ 7,1	+ 327	+ 40 662	+42
23	909	22,9	45	2,59	2,60	572,9	1,7	+ 1,5	- 3,3	+ 903	+ 57 258	+59
24	685	22,7	36 06	2,55	2,55	614,3	1,3	+ 1,4	+ 5,3	+ 2 247	+ 45 298	+49
25	644	22,8	23	2,54	2,54	620,7	0,9	+ 1,1	+ 3,3	+ 1 550	+ 43 238	+46
26	876	22,8	46	2,56	2,56	571,9	1,1	+ 1,1	- 2,9	+ 622	+ 59 670	+61
27	753	22,8	37 04	2,56	2,57	594,3	0,9	+ 1,0	+ 4,8	+ 2 713	+ 55 860	+60
28	809	22,8	22	2,58	2,58	581,1	1,0	+ 0,9	0,0	+ 2 041	+ 59 258	+62
29	834	22,8	37	2,60	2,60	574,0	1,2	+ 1,6	+ 3,7	+ 1 466	+ 67 098	+70
29 a	1000	22,8	48	2,61	2,61	538,3	2,4	+ 5,4	+ 0,6	- 5 838	+ 89 438	+85
30	1246	22,8	52	2,61	2,61	483,1	8,0	+ 5,8	- 13,7	- 27 978	+121 540	+96
30 a	900	22,8	38 01	2,62	2,62	554,4	4,4	+ 4,3	+ 3,8	+ 48	+ 79 038	+81
31	475	22,8	09	2,62	2,62	637,1	4,3	+ 3,9	+ 9,7	+ 1 748	+ 50 263	+53
32	412	22,7	37	2,63	2,63	647,9	2,2		+ 4,1	- 898	+ 49 070	+49

Die Geoiderhebungen  $N_P = N' - E$  sind in der zweitletzten Kolonne der Tabelle 7 gegeben. Der Index  $P$  bedeutet, dass den Geoiderhebungen  $N_P$  die Annahme zugrunde liegt, im westlichsten Punkte des Parallels von Zürich betrage der Höhenunterschied zwischen Geoid und schweizerischem Referenzellipsoid gleich Null.

In der letzten Kolonne der Tabelle 7 stehen die Geoiderhebungen  $N$ , die hervorgehen, wenn in der Station Schwerzenbach bei Zürich die Geoiderhebung gleich Null vorausgesetzt wird. Schwerzenbach bildet den Schnittpunkt der Nivellements im Parallel von Zürich und im Meridian des St. Gotthard.

$$\text{Es ist} \quad N = N' - E + 916 \text{ mm.}$$

Die in Band XX, auf den Seiten 15—16, aufgeführten Geoiderhebungen sind hervorgegangen, indem der nördlichste Punkt des Profiles im Meridian des St. Gotthard als Nullpunkt gewählt wurde. Wir rechnen diese Geoiderhebungen ebenfalls um auf die Höhe Null im Punkt Schwerzenbach. Die so erhaltenen Geoiderhebungen  $N$  sind in Tabelle 9 gegeben.

### 3. Die Genauigkeit der berechneten Geoiderhebungen.

Die Geoiderhebungen sind mittels des Ausdruckes

$$N = \sum_A^c \Delta N' - \sum_A^c \frac{\bar{g} - g_o}{g_o} (z_k - z_i) - \left[ H \cdot \frac{g_o - \bar{G}}{g_o} \right]^c$$

abgeleitet worden. In den nachstehenden Abschnitten wird der mittlere Fehler der einzelnen Glieder geschätzt und daraus ein mittlerer Fehler von  $N$  erhalten. Den entsprechenden Genauigkeitsnachweis für das Profil im Meridian des St. Gotthard findet man in Band XX auf den Seiten 36—42.

#### a) Der mittlere Fehler $m_1$ von $\sum \Delta N'$ .

Wir legen der Abschätzung des mittleren Fehlers  $m_1$  von

$$\sum \Delta N' = \sum \text{arc } 1'' \cdot \int_i^k \eta \, ds.$$

die folgenden, vereinfachenden Annahmen zugrunde:

Der Abstand der beiden Endpunkte  $i$  und  $k$  aller Intervalle darf einem Mittelwert  $\Delta s$  gleichgesetzt werden.

Innerhalb eines Intervalles kann die Lotabweichungs-Komponente  $\eta$  durch einen Mittelwert  $\bar{\eta}$  ersetzt werden.

Als mittlerer Fehler von  $\bar{\eta}$  wird in allen Intervallen ein Mittelwert  $m_{\bar{\eta}}$  angenommen.

Tabelle 9.

No.	Name der Station	N	No.	Name der Station	N	No.	Name der Station	N
		mm			mm			mm
1	Sotteneegg	+ 2328	26	Schwyz	+ 112	41	Airolo	+ 1918
1 a		+ 2172	26 a		+ 176	41 a		+ 1885
2	Büttenhardt	+ 2103	26 b		+ 328	42	Pizzo del Corno	+ 1867
3	Stetten	+ 1882	27	Bärentross	+ 372	42 a		+ 1868
4	Tanscherhalde	+ 1704	27 a		+ 422	42 b		+ 1809
5	Feuerthalen	+ 1547	27 b		+ 459	43	Pizzo Zambaroide	+ 1777
5 a		+ 1507	27 c		+ 534	43 a		+ 1760
5 b		+ 1432	27 d		+ 612	44	Pizzo Mascarpino	+ 1628
6	Benken	+ 1339	28	Rophaien	+ 734	44 a		+ 1611
7	Marthalen	+ 1082	28 a		+ 704	44 b		+ 1520
7 a		+ 998	28 b		+ 744	45	Alpe Larescio	+ 1483
7 b		+ 908	29	Eggberge	+ 760	45 a		+ 1417
8	Goldenberg	+ 856	29 a		+ 776	45 b		+ 1332
9	Hünikon	+ 736	29 b		+ 797	46	La Costa	+ 1327
9 a		+ 625	29 c		+ 819	46 a		+ 1312
10	Pfungen	+ 536	30	Schattdorf	+ 887	46 b		+ 1279
10 a		+ 510	30 a		+ 987	47	Costa piana	+ 1270
11	Brütten	+ 410	30 b		+ 1065	47 a		+ 1224
12	Nürensdorf	+ 270	31	Plätteli	+ 1124	48	Pioda nera	+ 1170
13	Wangen	+ 124	32	Seewatte	+ 1219	48 a		+ 1172
14	Schwerzenbach	0	32 a		+ 1302	49	Alpe Pii	+ 1168
15	Maur	- 90	33	Arniberg	+ 1441	49 a		+ 1158
16	Forch	- 123	33 a		+ 1477	49 b		+ 1117
17	Toggwil	- 200	34	Meitschlingen	+ 1528	50	Monte di Loco	+ 1094
18	Meilen	- 268	34 a		+ 1636	51	Sopra Mosogno	+ 1018
18 a		- 291	35	Fellhorn	+ 1681	51 a		+ 966
19	Au	- 307	36	Rienzerstock	+ 1810	51 b		+ 909
20	Hochwacht	- 290	36 a		+ 1898	52	Aula	+ 884
21	Hütten	- 214	37	Oberalp	+ 1936	52 a		+ 857
21 a		- 154	37 a		+ 1946	52 b		+ 828
22	Gottschalkenberg	- 136	38	Firstplangge	+ 1981	53	Rasa	+ 816
22 a		- 114	38 a		+ 1998	53 a		+ 814
23	Grindelegg	- 65	38 b		+ 2018	53 b		+ 724
23 a		- 20	39	G'fallenberg	+ 2018	54	Ghiridone	+ 678
24	Morgarten	- 6	39 a		+ 2026			
24 a		+ 13	39 b		+ 2028			
24 b		+ 64	40	Giubing	+ 2001			
25	Engelstock	+ 93	40 a		+ 1981			
25 a		+ 102						

Nach diesen Vereinfachungen erhält man als mittleren Fehler  $m_{N'}$  eines Einzelwertes  $\Delta N'$ :

$$m_{N'} = \pm \text{arc } 1'' \cdot \Delta s \cdot m_{\bar{\eta}}$$

und weiter den mittleren Fehler  $m_1$  des Endpunktes des n-ten Intervalles:

$$m_1 = \pm m_{N'} \cdot \sqrt{n}.$$

Das astronomische Nivellement im Parallel von Zürich erstreckt sich über 210 km. Die Anzahl der Beobachtungspunkte beträgt 32; dazu kommen noch 8 Zwischenpunkte. Man hat also 39 Intervalle und demnach

$$\Delta s = 5,38 \text{ km.}$$

Dies  $\Delta s$  ist mehr als dreimal so gross als die Intervallbreite im Meridian des St. Gotthard, wo das  $\Delta s$  nur 1,69 km misst. Eine solche Ungleichheit ist aber vollkommen gerechtfertigt, weil das Profil der Erdoberfläche im Parallel von Zürich ungleich ruhiger verläuft. Ganz ausgesprochen ist dies im schweizerischen Mittelland der Fall.

Es folgt nun die Bestimmung eines Durchschnittswertes des mittleren Fehlers  $\mu_{\text{beob}}$  einer beobachteten Lotabweichungs-Komponente  $\eta$ . Der Fehler der geodätischen Länge bleibt so klein, dass er vernachlässigt werden kann. Dann ist der Fehler von  $\eta$  gleich dem Fehler einer beobachteten Längendifferenz, multipliziert mit den Cosinus der Breite  $\varphi = 47^\circ 22', 8$ .

Die Stationen, auf denen an mehr als einem Abend beobachtet wurde, ergeben einen mittleren Fehler eines Abendwertes der Längendifferenz von  $\pm 0", 24$  (vergl. Seite 34). Daraus erhält man als mittleren Fehler eines  $\eta$  den Betrag  $\pm 0", 162$ .

Die Anzahl der Beobachtungsabende und die mittleren Fehler  $\mu$  eines  $\eta$  verteilen sich folgendermassen auf die 32 Stationen:

$n = 14$	Stationen mit	1 Beob.-Abend	:	$\mu = \pm 0", 162$
$n = 14$	„	„	:	$\mu = \pm 0, 115$
$n = 2$	„	3 „	:	$\mu = \pm 0, 094$
$n = 1$	Station	4 „	:	$\mu = \pm 0, 081$
$n = 1$	„	29 „	:	$\mu = \pm 0, 030$
$[n] = 32$				

Als mittlerer Fehler eines beobachteten  $\eta$  geht hervor:

$$\sqrt{\frac{[n \cdot \mu^2]}{[n]}} = \pm 0", 134 ,$$

wenn in gewohnter Weise die eckigen Klammern als Summenzeichen verwendet werden. Dazu bleibt noch folgendes zu bemerken: Wurde auf einer Station häufiger als an einem Abend beobachtet, so handelt es sich in der Regel um unvollständige Bestimmungen. Der mittlere Fehler  $\pm 0", 24$  eines Abendwertes der Längendifferenz, der vorwiegend aus solchen Beobachtungen abgeleitet worden ist, wird also eher zu gross als zu klein sein. Deshalb ist es zweifellos reichlich bemessen, wenn wir setzen

$$\mu_{\text{beob}} = \pm 0", 13 .$$

Weiter haben wir die Genauigkeit der interpolierten  $\eta$  der Zwischenpunkte abzuleiten. Ihre Bestimmung erfolgte auf Grund der Beziehung:

$$\eta (Z P_{\text{interp}}) = \eta (Z P_{\text{beo}}) + \{ \eta_{\text{beob}} - \eta_{\text{beo}} \}_{(\text{interpoliert})} .$$

Demnach ist zuerst der mittlere Fehler  $\mu_{\text{ber}}$  eines berechneten  $\eta$  abzuschätzen. Eine Reihe von Stationen im Meridian des St. Gotthard ist daraufhin untersucht worden; es hatten sich die folgenden Beträge ergeben:

$$\begin{aligned} \text{Flach- und Hügelland:} & \quad \mu_{\text{ber}} = \pm 0,03, \\ \text{Hügel- und Voralpengebiet:} & \quad \mu_{\text{ber}} = \pm 0,05. \end{aligned}$$

Um auch hier den Fehler, herrührend von der Annahme eines konstanten Wertes der Gesteinsdichte, zu berücksichtigen, setzen wir

$$\mu_{\text{ber}} = \pm 0,10.$$

Der mittlere Fehler der Differenz  $\eta_{\text{beob}} - \eta_{\text{ber}}$  beträgt in diesem Falle:

$$\pm \sqrt{0,13^2 + 0,10^2}.$$

Die Kurve  $\eta_{\text{beob}} - \eta_{\text{ber}}$  verläuft im Parallelkreis von Zürich sehr regelmässig und störungsfrei. Deshalb genügt es vollauf, den Fehler der Interpolation dieser Differenz gleich

$$\pm 0,15$$

zu setzen. Dann ergibt sich als mittlerer Fehler von  $\{\eta_{\text{beob}} - \eta_{\text{ber}}\}_{\text{(interpoliert)}}$

$$\pm \sqrt{0,13^2 + 0,10^2 + 0,15^2}.$$

Dazu kommt noch der mittlere Fehler  $\pm 0,10$  eines  $\eta_{\text{ber}}$ , so dass man als mittleren Fehler des interpolierten  $\eta$  eines Zwischenpunktes findet:

$$\pm \sqrt{0,13^2 + 2 \cdot 0,10^2 + 0,15^2} = \pm 0,24.$$

Das Profil zählt 32 Beobachtungspunkte mit einem mittleren Fehler von  $\pm 0,13$  und 8 Zwischenpunkte mit einem mittleren Fehler von  $\pm 0,24$ . Einer Ordinate der Lotabweichungskurve entspricht demnach im Durchschnitt ein mittlerer Fehler von

$$\pm \sqrt{\frac{32 \cdot 0,13^2 + 8 \cdot 0,24^2}{40}} = \pm 0,16.$$

Die Abweichungen der aufgezeichneten Kurve von der fehlerfreien Kurve berücksichtigen wir, indem wir setzen:

$$m_{\bar{\eta}} = \pm 0,16 \cdot \sqrt{2} = \pm 0,23.$$

Mit diesem Wert erhalten wir:

$$m_1 = m_{\bar{\eta}} \cdot \sqrt{n} = \pm 0,60 \cdot \sqrt{n} \text{ cm}.$$

Der Faktor 0,60, dem im Meridian des St. Gotthard ein solcher von 0,29 entspricht, fällt infolge der verhältnismässig grossen Intervallbreite  $\Delta s$  so beträchtlich aus.

b) Der mittlere Fehler  $m_2$  von  $\sum_A^c \frac{\bar{g} - g_0}{g_0} \cdot (z_k - z_i)$ .

Der mittlere Fehler  $m_2$  lässt sich mit Hilfe der Beziehung

$$g_0^2 \cdot m_2^2 = \left( \frac{m'^2}{2} + m''^2 \right) \frac{n}{2} \cdot \Delta z'^2$$

bestimmen. Die Ableitung des Ausdruckes ist in Band XX, auf Seite 39, zu finden.

Es bedeuten:

- $m'$  den mittleren Fehler von  $g' = g + \Delta g''$ ,
- $m''$  den mittleren Fehler von  $\Delta \bar{g}''$ ,
- $\Delta z'^2$  den Durchschnittswert von  $(\Delta z_i + \Delta z_k)^2$ ,  
wenn mit  $\Delta z_i$  und  $\Delta z_k$  der Höhenunterschied  
im Intervall  $i$  und im darauffolgenden Inter-  
vall  $k$  bezeichnet wird.

Ferner ist

- $m'^2 = \mu'^2 + \mu''^2$ , wo
- $\mu'$  der mittlere Fehler von  $g_{(\text{interp.})}$ ,
- $\mu''$  der mittlere Fehler von  $\Delta g''_{(\text{ber.})}$  und
- $\Delta z''^2$  der Durchschnittswert von  $\Delta z_i^2$ .

Die Gültigkeit des obenstehenden Ausdruckes setzt voraus, dass mit genügender Annäherung

$$\Delta z''^2 = \frac{1}{2} \cdot \Delta z'^2$$

gesetzt werden darf. Diese Forderung ist im Parallel von Zürich gut erfüllt; die Höhendifferenzen des Profiles ergeben:

$$\begin{aligned} \Delta z'^2 &= 4,97 \cdot 10^8 \text{ cm} , \\ \Delta z''^2 &= 2,53 \cdot 10^8 \text{ cm} . \end{aligned}$$

Der mittlere Fehler eines beobachteten  $g$ -Wertes beträgt im schweizerischen Schwerenetz  $\pm 1$  bis  $\pm 1,5$  mgal. Wir setzen den Fehler, der von der Interpolation herkommt, gleich  $\pm 1,5$  mgal und erhalten so

$$\mu' = \pm 1,5 \cdot \sqrt{2} \text{ mgal} .$$

Der Durchschnittswert der topographischen Korrektur  $\Delta g''$  beträgt im Parallel von Zürich nur 2,1 mgal. Die Unsicherheit der  $\Delta g''$ , die herrührt vom eingeführten Dichtewert, bleibt in diesem Falle kleiner als 0,1 mgal. Es genügt deshalb,  $\mu''$  gleich dem Fehlerbeitrag zu setzen, der von der Unsicherheit der mittleren Höhen verursacht wird. Früher vorgenommene Untersuchungen haben dafür  $\pm 0,2$  mgal ergeben.

$$\text{Also: } \mu'' = \pm 0,2 \text{ mgal}$$

und weiter

$$m'^2 = 2 \cdot 1,5^2 + 0,2^2 = 4,54 \text{ (mgal)}^2 .$$

Die Kurve der topographischen Korrektur  $\Delta g''$  verläuft sehr ruhig. Als durchschnittliche Abweichung der gezeichneten Kurve vom wahren Verlauf nehmen wir  $\pm 0,7$  mgal an und setzen

$$m'' = \pm 0,7 \text{ mgal.}$$

Die Zahlenwerte von  $m'$ ,  $m''$ ,  $\Delta z'$  und die Einführung von  $g_0 = 981 \cdot 10^3$  mgal ergeben:

$$m_2 = 0,027 \cdot \sqrt{n} \text{ cm.}$$

### c) Der mittlere Fehler $m_3$ von $\left[ H \cdot \frac{g_0 - \bar{G}}{g_0} \right]_A^c$ .

Die Meereshöhe  $H$  der Nivellementstationen ist so genau bekannt, dass sie als fehlerlos angesehen werden darf.

Zur Abschätzung des Fehlers  $m_G$  von  $G$  gehen wir auf die Bedeutung von  $\bar{G}$  zurück. Der Ausdruck für  $\bar{G}$  lautet:

$$\bar{G} = g + \Delta g_{H_2} - \Delta g'_H \left( 1 - \frac{H}{2\bar{a}} \right) + \Delta g'' - \Delta \bar{G}'' - \Delta \check{G}.$$

Es werden nun die Fehler der einzelnen Summanden angesetzt:

1. Der mittlere Fehler  $m'$  von  $g$ .

In gleicher Weise wie in Abschnitt b setzen wir den mittleren Fehler eines interpolierten Wertes der Schwere  $g$  an der Erdoberfläche

$$m' = \pm 1,5 \cdot \sqrt{2} \text{ mgal.}$$

2. Der mittlere Fehler von  $\Delta g_{H_2}$  bleibt weit unterhalb der Rechnungsschärfe; er ist vernachlässigbar.

3. Der mittlere Fehler  $m''$  von  $\Delta g'_H \left( 1 - \frac{H}{2\bar{a}} \right)$ .

Mit genügender Genauigkeit kann  $m''$  gleich dem mittleren Fehler von  $\Delta g'_H$  gesetzt werden. Nimmt man die Gesteinsdichte zu 2,70 an und drückt man die Meereshöhe  $H$  in km aus, so ist

$$\Delta g'_H = 113 \cdot H \text{ mgal}$$

und weiter, wenn die Unsicherheit der Gesteinsdichte rund 1 % geschätzt wird:

$$m'' = \pm 1,13 \cdot H \text{ mgal} \quad (H \text{ in km}).$$

4. Der mittlere Fehler  $m'''$  von  $(\Delta g'' - \Delta \bar{G}'')$

Der mittlere Absolutwert dieser Differenz beträgt 3,8 mgal. Der Betrag 10 mgal wird nur dreimal überschritten, nämlich auf den Stationen:

Nr. 8	Vadry	$(\Delta g'' - \Delta \bar{G}'')$	= + 10,9	mgal
„ 11	Bürten	„	= + 13,3	„
„ 30	Gäbris	„	= + 23,1	„

Ein Fehler der Gesteinsdichte von 1 % verursacht demnach maximal ein  $m'''$  von  $\pm 0,2$  mgal. Es genügt also vollauf, durchschnittlich zu setzen:

$$m''' = \pm 0,1 \text{ mgal.}$$

5. Der Fehler von  $\Delta \check{G}$ .

Das Korrektionsglied  $\Delta \check{G}$  beläuft sich im Maximum auf 1,4 mgal, im Durchschnitt auf 0,7 mgal; sein Fehler ist vernachlässigbar.

Die drei Fehler  $m'$ ,  $m''$ ,  $m'''$  ergeben in ihrer Gesamtwirkung den mittleren Fehler  $m_{\bar{G}}$  von  $\bar{G}$ :

$$m_{\bar{G}} = \pm \sqrt{4,51 + (1,13 \cdot H)^2} \text{ mgal } (H \text{ in km}).$$

Weiter sind nun die mittleren Fehler

$$m_c \text{ von } H_c \cdot \frac{g_o - \bar{G}_c}{g_o} \text{ und } m_A \text{ von } H_A \cdot \frac{g_o - \bar{G}_A}{g_o}$$

zu bilden. Man hat:

$$m_c = \pm H_c \cdot \frac{m_{\bar{G}}}{g_o} \text{ und } m_A = \pm H_A \cdot \frac{m_{\bar{G}}}{g_o}.$$

Wir setzen  $g_o = 981 \cdot 10^3$  mgal und vereinfachend  $H_c = H$  und erhalten:

$$m_c = \pm \sqrt{0,115^2 \{ 3,53 + H^2 \} H^2} \text{ cm}.$$

Die Höhe  $H_A$  des Ausgangspunktes beträgt 594 m ü. M. In den Ausdruck für  $m_c$  eingesetzt, geht hervor:

$$m_A = \pm 0,135 \text{ cm}.$$

Die Werte von  $m_A$  und  $m_c$  in den Ausdruck

$$m_3 = \sqrt{m_A^2 + m_c^2}$$

eingesetzt, ergeben:

$$m_3 = \pm \sqrt{0,135^2 + 0,115^2 \{ 3,53 + H^2 \} H^2} \text{ cm}.$$

#### d) Der mittlere Fehler der Geoiderhebung $N$ .

Im Endpunkt des Intervalles mit der Ordnungsnummer  $n$  weist die Geoiderhebung  $N$  den mittleren Fehler auf:

$$m_N = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2}.$$

Setzt man die in den vorigen Abschnitten gefundenen Werte ein, so erhält man

$$m_N^2 = 0,36 n + 0,14^2 + (3,53 + H^2) \cdot (0,115 \cdot H)^2 \text{ cm}^2 \quad (H \text{ in km}),$$

wobei wir die beiden ersten Glieder rechts auf zwei Stellen abgerundet haben.

Die numerische Rechnung zeigt, dass allein das Glied  $0,36 n$  von Bedeutung ist; der Beitrag der übrigen Glieder ist sehr gering. Neben dem Einfluss der Unsicherheit der Lotabweichungen bleiben also die Fehler, die bei der Berechnung der Wirkung der Lotlinienkrümmung auftreten, vernachlässigbar.

Die nachstehende Zusammenstellung gibt in der fünften Kolonne die für 12 Beobachtungspunkte gerechneten  $m_{NP}$ . Das  $P$  im Index weist darauf hin, dass der Anfangspunkt des Parallel-Profiles als Ausgangspunkt der Berechnung gewählt worden ist. Der mittlere Fehler der Geoiderhebung ist nochmals gerechnet worden und zwar mit dem Schnittpunkt des Parallels von Zürich und des Gotthard-Meridianes als Ausgangspunkt. Die betreffenden, auf die Station Schwerzenbach bei Zürich bezogenen  $n$  und  $m_N$  findet man in den beiden letzten Kolonnen der Zusammenstellung.

No.	Station Name	$H$ in km	$n_P$	$m_{NP}$	$n$	$m_N$
1	Réclère	0,594	0	$\pm 0,2$ cm	25	$\pm 3,0$ cm
5	La Caquerelle	0,827	4	1,2	21	2,8
7	Delémont	0,546	6	1,5	19	2,6
10	Meltingerberg	0,852	11	2,0	14	2,2
13	Hauenstein	0,702	15	2,3	10	1,9
15	Aarau	0,430	18	2,6	7	1,6
19	Zürich	0,469	24	2,9	1	0,6
20	Schwerzenbach	0,448	25	3,0	0	0,2
23	Sternenberg	0,909	28	3,2	3	1,1
27	Herisau	0,754	32	3,4	7	1,6
30	Gäbris	1,243	36	3,6	11	2,0
32	Diepoldsau	0,412	39	3,8	14	2,3

Ebenso sind die in Band XX, Seite 42, gegebenen  $m_N$  auf den Ausgangspunkt Schwerzenbach umgerechnet worden. Die erhaltenen  $n$  und  $m_N$  von 13 Stationen des Gotthard-Meridianes sind nachstehend aufgeführt.

No.	Station Name	$H$ in km	$n$	$m_N$
1	Sotteneegg	0,634	20	$\pm 1,4$ cm
11	Brütten	0,618	3	0,6
14	Schwerzenbach	0,448	0	0,2
21	Hütten	0,768	8	0,9
28	Rophaien	2,077	27	1,8
32	Seewatte	0,471	38	2,0
36	Rienzerstock	2,957	45	2,4
41	Airolo	1,166	57	2,4
44	Pizzo Mascarpino	2,450	64	2,7
48	Pioda nera	0,471	75	2,7
50	Monte di Loco	2,064	80	2,9
52	Aula	1,417	84	2,9
54	Ghiridone	2,187	90	3,1

Wie aus den beiden Zusammenstellungen hervorgeht, beträgt  $m_N$  in beiden Profilen im Maximum rund  $\pm 3$  cm. Dieser Fehler der abgeleiteten Geoiderhebungen  $N$  tritt im Parallelkreis von Zürich im westlichsten Punkt, Réclère, und im Meridian des St. Gotthard auf der südlichsten Station, Ghiridone, auf.

#### 4. Schlussbemerkungen.

Im Parallelkreis von Zürich kommen in der Ost-West-Richtung keine grossen Lotabweichungs-Komponenten vor. Die Absolutwerte der  $\eta$  der Beobachtungs- und Zwischenpunkte bleiben mit einer einzigen Ausnahme kleiner als 7". Der grösste Wert, im Betrage von + 9,42, tritt im östlichsten Punkte auf. Eine Ablenkung des Zenites nach Westen ist auf 19 Beobachtungspunkten gefunden worden; eine solche nach Osten auf 13 Punkten.

Wie die Beilage zeigt, weist das Profil der Lotabweichungs-Komponente  $\eta$  wellenförmige Schwankungen um die Nulllage auf. Die Ausschläge sind am grössten am östlichen Ende des Profiles, zwischen Gäbris und Altstätten, sowie in Diepoldsau.

Das Profil der reduzierten Lotabweichungen  $\eta'' = \eta_{\text{beob}} - \eta_{\text{ber}}$  verläuft vom westlichsten Punkt im Jura bis Bauma, im Zürcher Oberland, ausserordentlich ruhig. Von Bauma, Punkt Nr. 22, nach Osten steigt es in leichter Wellenform langsam an, doch bleibt sein Verlauf immer noch recht gleichförmig und ausgeglichen. Es machen sich also keine Anomalien geltend, wie am südlichen Ende des Gotthard-Meridianes und im Meridian von Lugano, wo starke Abweichungen vom achsenparallelen Verlauf auftreten.

Die Korrektur  $E$ , die vom Einfluss der Krümmung der Lotlinie herrührt, bleibt im Parallel von Zürich stets kleiner als ein Dezimeter. Vom westlichsten Punkt des Nivellement an summiert, erreicht sie auf dem Gäbris, Punkt Nr. 30, mit 96 mm ihren Maximalwert; bis Schwerzenbach, Punkt Nr. 20, übersteigt sie auf keiner Station den Betrag von 35 mm. Vergleichsweise sei erwähnt, dass im Meridian des St. Gotthard die Korrektur  $E$ , vom nördlichsten Punkte an summiert, im Urner- und Tessinergebirge bis zu 4,5 Dezimeter anwächst. Die gleiche Korrektur  $E$  tritt auch auf, wenn mittels eines geometrischen Nivellement Meereshöhen bestimmt werden; sie muss zum Ergebnis des Nivellement hinzugefügt werden, um den Abstand vom Punkt auf der Erdoberfläche bis zum Geoid zu erhalten.

Zum Schlusse beschreiben wir noch kurz den Verlauf des Geoides im Parallel von Zürich und lassen daran anschliessend noch einige Worte über das Profil im Meridian des St. Gotthard folgen. Das Geoidprofil im Parallel von Zürich ist in der Beilage dargestellt; die Geoiderhebungen im Meridian des St. Gotthard findet man in Tabelle 9 aufgeführt. Wir gehen stets aus vom Punkte Schwerzenbach bei Zürich, — dem Schnittpunkt der beiden Profile, — wo wir die Geoiderhebung gleich Null angenommen haben.

Von Zürich nach Westen steigt das Geoid langsam an bis zum Fusse des Jura. In Aarau erreicht es eine Höhe von 43 cm. Dann erhebt es sich im Jura rasch bis zu 90 cm und schwankt hernach in den westlichsten 50 Kilometern des Profiles nur noch zwischen 89 und 102 cm Höhe. Östlich von Zürich steigt das Geoid recht gleichmässig an bis zu einer maxi-

malen Höhe von 74 cm im Punkte Gäbris. Von dort sinkt es zunächst 10 cm, um hierauf am Rhein, in Diepoldsau, wieder eine Höhe von 75 cm zu erreichen. Die maximale Schwankung der Geoidabweichung vom Ellipsoid beträgt demnach in der Ost-West-Richtung auf einer Strecke von 210 km rund einen Meter.

Im Meridian des St. Gotthard steigt das Geoid von Schwerzenbach aus nach Norden ebenfalls an. Regelmässig zunehmend erreicht es in der Gegend von Marthalen einen Meter und an der schweizerisch-deutschen Grenze im Kanton Schaffhausen 233 cm Höhe über der Ellipsoidfläche. Von Schwerzenbach nach Süden sinkt das Geoid langsam bis zur Halbinsel Au im Zürichsee, wo es um 31 cm unter dem Ellipsoide liegt. Dann steigt es wieder an, erreicht zwischen Schattdorf und Erstfeld einen Meter Höhe und erhebt sich gleichförmig bis zu einem Maximum von 203 cm im Gotthardmassiv. Hernach fällt es bis zur schweizerisch-italienischen Grenze, wo es auf dem Endpunkt Ghiridone noch 68 cm über dem Ellipsoide liegt. Im Gesamtverlauf weist das Geoidprofil im Meridian des St. Gotthard eine gewisse Ähnlichkeit mit einer sinusförmigen Kurve auf; ihre höchste Stelle fällt zusammen mit dem nördlichen Endpunkt, der um 264 cm höher liegt, als die tiefste Senkung in der Gegend des Zürichsees.

Die beiden astronomischen Nivellements im Parallel von Zürich und im Meridian des St. Gotthard zeigen, dass sich in beiden Profilen das schweizerische Referenzellipsoid ganz ausgezeichnet dem Geoide anschmiegt. Ferner hat sich der zur Ableitung des Geoidprofiles im Parallel von Zürich verwendete runde Wert der geographischen Länge von Bern  $29^{\circ}45'500$  östlich Greenwich sehr bewährt.



II.

Die

# Aufnahme rhythmischer Zeitzeichen

mit Hilfe der Methode  
des Koinzidenzen-Bildes

Bearbeitet von

Dr. Edwin Hunziker

---



# Inhaltsverzeichnis

---

## Die Aufnahme rhythmischer Zeitzeichen mit Hilfe der Methode des Koinzidenzen-Bildes.

Bearbeitet von E. HUNZIKER.

---

	Seite
Einleitung . . . . .	61
a) Das ursprüngliche Verfahren der Koinzidenz-Beobachtungen . . . . .	61
b) Das Hänni'sche Verfahren der Koinzidenz-Beobachtungen . . . . .	61
c) Die Methode des Koinzidenzen-Bildes . . . . .	62
I. Die Methode des Koinzidenzen-Bildes . . . . .	63
1. Der Uhrgang als Funktion des Zeitintervalles zwischen zwei aufeinanderfolgenden Koinzidenzen . . . . .	63
2. Der Verlauf der Koinzidenzen . . . . .	64
a) Uhr näherungsweise auf mittlere Zeit einreguliert . . . . .	64
b) Uhr näherungsweise auf Sternzeit reguliert . . . . .	70
3. Technik der Koinzidenz-Beobachtung . . . . .	73
a) Schaltung . . . . .	73
b) Abhören der Koinzidenzen . . . . .	74
II. Untersuchungen über die praktische Eignung und die Genauigkeit der Methode des Koinzidenzen-Bildes . . . . .	76
1. Die Registriervorrichtung der Nardin'schen Deckchronometer . . . . .	76
2. Vergleichung der Ergebnisse von registrierten und von abgehörten Zeitzeichen . . . . .	77
a) Die Registrierungen . . . . .	77
b) Die Koinzidenz-Aufnahmen . . . . .	78
c) Die Ergebnisse der beiden Methoden . . . . .	78
3. Zusammenfassung . . . . .	81



## Einleitung.

### a) Das ursprüngliche Verfahren der Koinzidenz-Beobachtungen.

Die rhythmischen Zeitzeichen, die von den T.S.F.-Stationen ausgesendet werden, folgen sich in einem Intervall, das etwas kleiner ist als die mittlere Zeitsekunde. Hört man diese Zeichen neben den Sekundenschlägen einer Uhr, die entweder nach mittlerer Zeit oder nach Sternzeit reguliert ist, so verschieben sich die beiden Momentfolgen gegeneinander. Es wird sich ereignen, dass die Zeitzeichen mit den Sekundenschlägen zusammenfallen. Ist im Moment einer solchen Koinzidenz die Ordnungszahl des Zeitzeichens gleich  $Z$  und die Uhrangabe gleich  $U$ , so ist die Differenz  $U-Z$  gleich einer ganzen Zahl. Die Uhrangabe wird also durch eine ganze Zahl in Beziehung gesetzt zur Zeitzählung der rhythmischen Zeichen. Die Genauigkeit, mit der auf diesem Weg die Uhrangaben auf die Zeitzeichen und damit auch auf die ihnen entsprechende Greenwicher Zeit zurückgeführt werden, hängt einerseits ab vom Intervall, in dem sich die Koinzidenzen folgen, und andererseits von der Schärfe, womit sich durch Beobachtung die Ordnungszahl  $Z$  der Uhrangabe  $U$  zuordnen lässt. Im allgemeinen hört der Beobachter mehrere Male hintereinander Zeitzeichen und Uhrsekunden zusammenfallen; er ist dann nicht in der Lage, einen bestimmten Koinzidenzmoment anzugeben.

### b) Das Hänni'sche Verfahren der Koinzidenz-Beobachtungen.

Dieses Verfahren setzt das Vorhandensein einer Vorrichtung zur automatischen Registrierung der Uhrsekunden voraus, so dass im Sekundentakt ein Stromkreis geöffnet oder geschlossen werden kann. Legt man diese Leitung über die Anschlussklemmen eines Telephons (vgl. Fig. 1 und 2, Seite 73), so werden die rhythmischen Zeitzeichen nur so lange im Telephon gehört, als sie in das Intervall der Öffnung fallen. Treten sie infolge der Verschiebung der beiden Momentfolgen in das Intervall des Kurzschlusses, so werden sie ausgelöscht. Ist das Intervall der Telephon-Überbrückung etwas länger als die Dauer der Zeitzeichen, so kann als Koinzidenzmoment die Ordnungszahl desjenigen Zeitzeichens definiert werden, dessen Beginn auf den Moment der Leitungsschliessung fällt. Der Beobachter merkt sich das erste wieder hörbare Zeitzeichen und kann so leicht den Koinzidenzmoment auf eine Sekunde genau feststellen.

Das Verfahren hat seinen Namen von Dr. A. Hänni, Ingenieur der Telefunken-Gesellschaft, in Zürich; er hat es auf Anregung von Prof. C. F. Baeschlin angegeben.

### c) Die Methode des Koinzidenzen-Bildes.

Die rhythmischen Zeitzeichen folgen sich in Intervallen von  $60/61$  mittleren Sekunden. Wird zur Beobachtung der Koinzidenzen eine nach mittlerer Zeit regulierte Uhr benützt, so beträgt der Zeitabstand von Koinzidenz zu Koinzidenz, d. h. das Koinzidenzintervall, genau 60 Sekunden. Es fallen also alle Koinzidenzen, die sich im Verlauf der Zeitzeichenfolge beobachten lassen, auf die gleiche Uhrsekunde. Das Hänni'sche Verfahren erlaubt diese Uhrsekunde schon bei der ersten Koinzidenzbeobachtung festzustellen; die weiteren Koinzidenzbeobachtungen können das Resultat der ersten Beobachtung nur bestätigen, vermögen aber nichts zur Erhöhung der Genauigkeit beizutragen. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn eine nach Sternzeit regulierte Uhr benützt wird; in diesem Falle beträgt das Koinzidenzintervall sehr nahe 72 Sekunden.

Soll durch die Wiederholung der Koinzidenzbeobachtung die Genauigkeit der Vergleichung gesteigert werden, so muss man dafür sorgen, dass das Koinzidenzintervall nicht gleich einer ganzen Zahl von Sekunden ist. Man muss also in der Lage sein, dem Koinzidenzintervall einen bestimmten, gewünschten Wert zu geben. Das wird dadurch erreicht, dass man eine Uhr verwendet, die einen Gang gegenüber der mittleren Zeit oder der Sternzeit aufweist. Ist das Koinzidenzintervall um  $\frac{1}{5}$ -Sekunde kleiner als eine ganze Zahl von Sekunden, so hat man folgende Verhältnisse: Mit einer Wahrscheinlichkeit von 80 % tritt innerhalb von 5 aufeinanderfolgenden Koinzidenzen einmal der Fall ein, dass das Koinzidenzintervall um eine Sekunde kleiner wird; in den übrigen Fällen kommt keine solche Unregelmässigkeit im Koinzidenzintervall vor. Das um eine Sekunde kleinere Koinzidenzintervall kann zwischen der ersten und zweiten, zwischen der zweiten und dritten, usw., Koinzidenz auftreten. Das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines kleineren Koinzidenzintervalles, sowie die Stelle eines aufgetretenen kleineren Koinzidenzintervalles, ermöglichen es, die einzelnen Koinzidenzmomente genauer als nur auf eine ganze Sekunde festzulegen.

Die Ausarbeitung dieses Koinzidenzverfahrens geht auf eine Anregung von Prof. C. F. Baeschlin zurück. Wir haben dem Verfahren die Bezeichnung „Methode des Koinzidenzen-Bildes“ gegeben, weil der genauere Koinzidenzmoment aus dem Gesamtbild, das die Reihe der Koinzidenzintervalle bietet, erschlossen wird.

# I. Die Methode des Koinzidenzen-Bildes.

## 1. Der Uhrgang als Funktion des Zeitintervalles zwischen zwei aufeinanderfolgenden Koinzidenzen.

In den nachstehenden Ausführungen nennen wir die rhythmischen Zeitzeichen kurz „Zeichen“ und den Abstand zweier benachbarter Zeitzeichen „Zeichenintervall“. Ferner führen wir die Grössen ein:

$D$  = Anzahl der Zeichenintervalle.

$D'$  = Anzahl der Uhrsekunden zwischen dem ersten und letzten Zeichen.

$S$  = Anzahl der Sekunden mittlerer Zeit, die zwischen dem ersten und letzten Zeichen liegen.

$d$  = Anzahl der Zeichenintervalle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Koinzidenzen.

$d'$  = Anzahl der Uhrsekunden zwischen zwei aufeinanderfolgenden Koinzidenzen.

$g$  = täglicher Gang der Uhr in Sekunden; positiv, wenn die Uhr nachgeht; negativ, wenn die Uhr voreilt.

Aus dem Wesen der Koinzidenzen folgt:

$$d - d' = 1.$$

Ferner ergibt sich aus der Definition der Grössen  $D$ ,  $D'$ ,  $d$  und  $d'$ :

$$d = \frac{D}{D - D'} \quad \text{und} \quad d' = \frac{D'}{D - D'}.$$

Einer Uhrsekunde entsprechen  $\left(1 + \frac{1}{d'}\right)$  Zeichenintervalle; einem Zeichenintervall entsprechen  $\left(1 - \frac{1}{d}\right)$  Uhrsekunden.

Sollen  $k$  Uhrsekunden in Zeichenintervalle umgewandelt werden, so ist  $k$  mit  $\left(1 + \frac{1}{d'}\right)$  zu multiplizieren.

Will man  $z$  Zeichenintervalle in Uhrsekunden umwandeln, so ist  $z$  mit  $\left(1 - \frac{1}{d}\right)$  zu multiplizieren.

Wir drücken  $d'$  als Funktion des Uhrganges  $g$  aus.

Der Unterschied  $(S - D')$  stellt den Gang der Beobachtungsuhr im Zeitintervall zwischen dem ersten und dem letzten Zeichen dar. Daraus folgt der tägliche Gang:

$$g = \frac{86400}{S} (S - D').$$

Die Beziehung  $d' = \frac{D'}{D - D'}$ , nach  $D'$  aufgelöst, ergibt

$$D' = \frac{d' \cdot D}{(1 + d')};$$

eingesetzt folgt

$$g = \frac{86400}{S} \cdot \left( S - \frac{d' \cdot D}{(1 + d')} \right). \quad (1)$$

Um diese Beziehungen den Umständen anzupassen, unter welchen die Zeitzeichen ausgesendet wurden, setzen wir

$$\begin{aligned} D &= 305, \\ S &= 300^s. \end{aligned}$$

Der Ausdruck für den Gang  $g$  nimmt dann die einfache Form an:

$$g = 288 \left\{ \frac{305}{(1 + d')} - 5 \right\}; \quad (2)$$

daraus folgt für  $d'$  als Funktion von  $g$ :

$$d' = \frac{305}{\left( \frac{g}{288} + 5 \right)} - 1. \quad (3)$$

Die Registriervorrichtung der Uhr überbrückt jede Sekunde das Telephon, mit dem man die Zeitzeichen abhört. Als Koinzidenz definieren wir das Zusammenfallen des Beginnes einer Überbrückung mit dem Beginn eines Zeitzeichens. Nun ist es aber ein Spezialfall, wenn die Koinzidenz gerade zu einer ganzen Sekunde eintritt. Gewöhnlich wird sie auf einen Bruchteil fallen. Eine Koinzidenz finde bei der Sekunde  $a, i$  statt, besagt demnach: Wenn die Uhr in der Sekunde  $a, i$  überbrücken würde und wenn zugleich ein Zeichen einträte, so würde der Beginn dieser beiden Vorgänge auf den Zeitpunkt  $a, i$  fallen. Im allgemeinen hat also in der Sekunde  $a$  die Koinzidenz noch nicht stattgefunden und in der Sekunde  $a + 1$  ist sie bereits vorüber.

## 2. Der Verlauf der Koinzidenzen.

### a) Uhr näherungsweise auf mittlere Zeit einreguliert.

Ist der Gang  $g$  gleich Null, so wird nach Formel (3)  $d' = 60^s$ , das heisst, das Koinzidenzintervall beträgt genau 60 Sekunden. Es treten 5 Koinzidenzen auf, die alle auf dieselbe Sekunde fallen.

Die Eigenart der Methode des Koinzidenzen-Bildes besteht darin, die Voraussetzung zu schaffen, dass die einzelnen Koinzidenzen sich regelmässig auf die Sekunden-Brüche verteilen. Dies ist der Fall, wenn  $d' = 59^s,8$  oder  $60^s,2$  gewählt wird. Zudem bleibt dann der Gang  $g$  sehr nahe bei Null. Nun setzt aber bei den meisten Uhren die Registrier-

vorrichtung in der Sekunde 0 oder 1 aus. Es kann also vorkommen, dass sämtliche Koinzidenzen verloren gehen. Das lässt sich vermeiden, indem man  $d' = 58^s,8$  oder  $61^s,2$  wählt. Dadurch wird zugleich eine weitere Störung, die auftreten kann, stark vermindert. Die Zeitzeichen mit den Ordnungsnummern 1, 62, 123, 184, 245, 306 sind durch eine Dauer von rund einer halben Sekunde gekennzeichnet. Würden alle Koinzidenzen auf diese Zeichen fallen, so würde die Beobachtungsgenauigkeit wesentlich beeinträchtigt. Dies liesse sich nur durch Ausdehnung des Kurzschlusses auf rund  $0^s,55$  Dauer vermeiden.

Die in Betracht fallenden und in der Nähe von  $60^s$  gelegenen Koinzidenzintervalle  $d'$  führen nach Formel (2) zu folgenden Gängen  $g$ :

$d'$	$g$
58,8	+ 28,90 (nachbleiben)
59,0	+ 24,00
59,8	+ 4,74
60,0	0,00
60,2	- 4,71 (voreilen)
61,0	- 23,23
61,2	- 27,78

Die zwei Werte  $d' = 59^s,0$  und  $61^s,0$  sind nur mitgenommen, um zu zeigen, wie gross der Gang sein muss, damit die Koinzidenz um eine Sekunde verschoben wird.

Die Werte  $d' = 59^s,8$  und  $60^s,2$  kommen wegen der eben genannten Eigenart der Registriervorrichtungen nicht in Frage.

Es bleiben also  $d' = 58^s,8$  und  $61^s,2$ . Ist  $d' = 58^s,8$ , so treten gewöhnlich 5, ausnahmsweise 6 Koinzidenzen auf. In diesem seltenen Ausnahmefall kann die erste oder letzte Koinzidenz einfach weggelassen werden. Wählt man  $d' = 61^s,2$ , so besteht die Möglichkeit von nur 4 Koinzidenzen. Wir entscheiden uns für

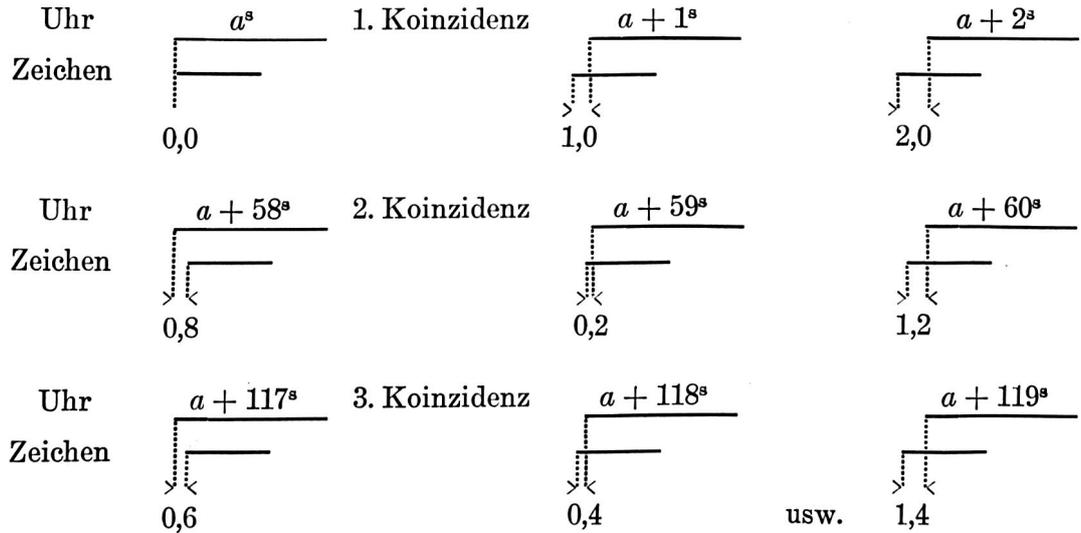
$$d' = 58^s,8 \quad \text{und} \quad g = +28^s,90$$

und betrachten die Verhältnisse, die dann auftreten.

Wir beginnen unsere Untersuchung mit dem Falle, wo die erste Koinzidenz auf den Bruchteil null der Uhrsekunde fällt. Beobachtet wird also stets das erste wieder hörbare Zeichen. Es ergibt sich das folgende Bild:

Ordnungszahl der Koinzidenz	Uhrsekunde $K_i$	Diff. $d'$	Uhrsekunde des ersten wieder hörbaren Zeichens $B_i$	Diff.
$i = 1$	$a^s + 0^s,00$		$a^s + 1^s$	
2	$a + 58,80$	58,80	$a + 59$	58 <sup>s</sup>
3	$a + 117,60$	58,80	$a + 118$	59
4	$a + 176,40$	58,80	$a + 177$	59
5	$a + 235,20$	58,80	$a + 236$	59

Schematisch dargestellt:



Die Verschiebung eines Zeichens relativ zur Uhrsekunde beträgt  $\frac{1}{d}$  in einer Uhrsekunde. In unserem Falle also  $0^s,0167$ . Die angegebenen Dezimalbrüche beziehen sich auf die Grösse  $0^s,0167$  als Einheit.

In der zweitletzten Kolonne der Darstellung beträgt die Differenz  $B_2 - B_1 = 58^s$ . Die übrigen Differenzen  $B_3 - B_2$ ,  $B_4 - B_3$  und  $B_5 - B_4$  ergeben alle  $59^s$ . Zwischen der ersten und zweiten Koinzidenz tritt also ein Sprung von einer Sekunde im Koinzidenzintervall auf. Das mit „Methode des Koinzidenzen-Bildes“ bezeichnete Verfahren zur Auswertung der Koinzidenzenreihe stellt nun darauf ab, ob und wo ein solcher Sekundensprung vorkommt.

Im folgenden wird öfters vom Sekundensprung zwischen der  $i$ -ten und  $(i + 1)$ -ten Koinzidenz gesprochen; darunter ist nach dem Gesagten zu verstehen, dass das um  $1^s$  kleinere Koinzidenzenintervall zwischen der  $i$ -ten und der  $(i + 1)$ -ten Koinzidenz liege.

Kennt man den Sekundenbruch einer Koinzidenz und den Gang  $g$  der Beobachtungsuhr, so lassen sich alle übrigen Ordnungszahlen  $K_i$  berechnen. Wir begnügen uns deshalb damit, den Sekundenbruch der mittleren Koinzidenz abzuleiten. Die Ordnungszahl  $K_3$  stellt dann das Ergebnis der ganzen Beobachtungsreihe dar. Die mittlere Koinzidenz  $K_3$  wählen wir, weil sie der Mitte der Zeichenreihe am nächsten liegt.

Es ist leicht einzusehen, dass der Sekundensprung stets zwischen der ersten und zweiten Koinzidenz auftritt, wenn der Ausgangswert grösser als  $a + 0^s,00$  und kleiner als  $a + 0^s,20$  ist. Man braucht nur die Reihen  $K_i$  und  $B_i$  so hinzuschreiben, wie das oben geschehen ist. Der Sekundenbruch der mittleren Koinzidenz schwankt dann zwischen  $0^s,60$  und  $0^s,80$ , beträgt also im Mittel  $0^s,7$ . Das heisst, im Durchschnitt aller angenommenen Fälle muss von der mittleren beobachteten Koinzidenz  $B_3$  der Betrag  $1^s,0 - 0^s,7 = 0^s,3$  abgezählt werden, um  $K_3$  zu erhalten:  $B_3 - 0^s,3 = K_3$ . Der Fehler dieses Wertes beträgt im ungünstigsten Fall  $0^s,1$ . Wir bezeichnen diesen Maximalfehler mit  $M$ . Da alle Sekundenbrüche

Korrekturen  $k$ .

Tabelle 1.

$k$  ist von der mittleren beobachteten Koinzidenz zu subtrahieren.

Gang gegenüber mittlerer Zeit		$d'$	$\frac{1}{d}$	Kein Sekundensprung	Sekundensprung zwischen der							
täglich	stündlich				1. u. 2. K und 4. u. 5. K	1. u. 2. K	2. u. 3. K und 4. u. 5. K	2. u. 3. K	3. u. 4. K	4. u. 5. K	1. u. 2. K und 3. u. 4. K	
+ 24,00	+ 1,000	59,00	0,01667	0,50								
24,49	,020	58,98	,01667	0,50		0,03		0,01	0,99	0,97		
24,98	,041	58,96	,01668	0,50		0,06		0,02	0,98	0,94		
25,47	,061	58,94	,01668	0,50		0,09		0,03	0,97	0,91		
25,95	,081	58,92	,01669	0,50		0,12		0,04	0,96	0,88		
26,44	,102	58,90	,01669	0,50		0,15		0,05	0,95	0,85		
26,93	,122	58,88	,01670	0,50		0,18		0,06	0,94	0,82		
27,42	,143	58,86	,01671	0,50		0,21		0,07	0,93	0,79		
27,91	,163	58,84	,01671	0,50		0,24		0,08	0,92	0,76		
28,41	,184	58,82	,01672	0,50		0,27		0,09	0,91	0,73		
+ 28,90	+ 1,204	58,80	0,01672	0,50		0,30		0,10	0,90	0,70		
+ 29,39	+ 1,224	58,78	0,01673	0,50		0,33		0,11	0,89	0,67		
29,88	,245	58,76	,01673	0,50		0,36		0,12	0,88	0,64		
30,37	,265	58,74	,01674		0,50	0,37		0,13	0,87	0,63		
30,86	,286	58,72	,01674		0,50	0,36		0,14	0,86	0,64		
31,36	,307	58,70	,01675		0,50	0,35		0,15	0,85	0,65		
31,85	,327	58,68	,01676		0,50	0,34		0,16	0,84	0,66		
32,34	,348	58,66	,01676		0,50		0,33	0,16	0,84		0,67	
32,84	,368	58,64	,01677		0,50		0,32	0,14	0,86		0,68	
33,33	,389	58,62	,01677		0,50		0,31	0,12	0,88		0,69	
33,83	,409	58,60	,01678		0,50		0,30	0,10	0,90		0,70	
34,32	,430	58,58	,01678		0,50		0,29	0,08	0,92		0,71	

gleich wahrscheinlich auftreten, beträgt die Häufigkeit  $H$ , womit das betrachtete Koinzidenzen-Bild auftritt 0,20 : 1,00 gleich 20 %.

Geht man von den Anfangszeiten  $a + 0^s20$  bis  $a + 0^s40$  aus, so erhält man alle Fälle, wo der Sekundensprung zwischen der zweiten und dritten Koinzidenz auftritt. In analoger Weise treten die übrigen Koinzidenzen-Bilder auf, indem man die Anfangszeiten gleich  $a + 0^s40$  bis  $a + 0^s60$  usw. setzt.

Ziehen wir alle Sekundenbrüche zwischen  $a^s$  und  $a + 1^s$ , bei denen die erste Koinzidenz stattfinden kann, in unsere Betrachtung ein, so erhalten wir die nachstehende kleine Übersicht. Mit  $k$  bezeichnen wir die Korrektur, die von  $B_3$  zu subtrahieren ist um  $K_3$  zu erhalten.

Grösse	Kein Sekundensprung	Sekundensprung zwischen der			
		1. u. 2. K.	2. u. 3. K.	3. u. 4. K.	4. u. 5. K.
$k$	0,50	0,30	0,10	0,90	0,70
$M$	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
$H$	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %

Tabelle 2.

Maximalabweichungen  $M$  und Häufigkeit  $H$ .

Gang gegenüber mittlerer Zeit		$d'$	Kein Sekunden-sprung		Sekundensprung zwischen der													
täglich	stündlich		$M$	$H$ %	1. u. 2. $K$ und 4. u. 5. $K$		1. u. 2. $K$		2. u. 3. $K$ und 4. u. 5. $K$		2. u. 3. $K$		3. u. 4. $K$		4. u. 5. $K$		1. u. 2. $K$ und 3. u. 4. $K$	
					$M$	$H$ %	$M$	$H$ %	$M$	$H$ %	$M$	$H$ %	$M$	$H$ %	$M$	$H$ %	$M$	$H$ %
+ 24,00	+ 1,000	59,00	0,50	100			0,00	0			0,00	0	0,00	0	0,00	0		
24,49	,020	58,98	,46	92			,01	2			,01	2	,01	2	,01	2		
24,98	,041	58,96	,42	84			,02	4			,02	4	,02	4	,02	4		
25,47	,061	58,94	,38	76			,03	6			,03	6	,03	6	,03	6		
25,95	,081	58,92	,34	68			,04	8			,04	8	,04	8	,04	8		
26,44	,102	58,90	,30	60			,05	10			,05	10	,05	10	,05	10		
26,93	,122	58,88	,26	52			,06	12			,06	12	,06	12	,06	12		
27,42	,143	58,86	,22	44			,07	14			,07	14	,07	14	,07	14		
27,91	,163	58,84	,18	36			,08	16			,08	16	,08	16	,08	16		
28,41	,184	58,82	,14	28			,09	18			,09	18	,09	18	,09	18		
+ 28,90	+ 1,204	58,80	0,10	20			0,10	20			0,10	20	0,10	20	0,10	20		
+ 29,39	+ 1,224	58,78	0,06	12			0,11	22			0,11	22	0,11	22	0,11	22		
29,88	,245	58,76	,02	4			,12	24			,12	24	,12	24	,12	24		
30,37	,265	58,74			0,02	4	,11	22			,13	26	,13	26	,11	22		
30,86	,286	58,72			,06	12	,08	16			,14	28	,14	28	,08	16		
31,36	,307	58,70			,10	20	,05	10			,15	30	,15	30	,05	10		
31,85	,327	58,68			,14	28	,02	4			,16	32	,16	32	,02	4		
32,34	,348	58,66			,16	32			0,01	2	,16	32	,16	32			0,01	2
32,84	,368	58,64			,14	28			,04	8	,14	28	,14	28			,04	8
33,33	,389	58,62			,12	24			,07	14	,12	24	,12	24			,07	14
33,83	,409	58,60			,10	20			,10	20	,10	20	,10	20			,10	20
34,32	,430	58,58			,08	16			,13	26	,08	16	,08	16			,13	26

Im allgemeinen wird der Gang der Beobachtungsurh von dem vorgeschriebenen Wert  $g = + 28,9$  abweichen. Deshalb sind die Grössen  $k$ ,  $M$  und  $H$  für  $d' = 58,58$  bis  $59,00$  in Intervallen von  $0,02$  zu  $0,02$  bestimmt worden. Man findet sie in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt.

Tabelle 1 gibt die Korrekturen  $k$ . Wie ersichtlich, verteilen sich die  $k$  nur in zwei Fällen regelmässig auf die Sekundenbrüche: wenn die  $d' = 58,80$  und  $58,60$  und die zugeordneten täglichen Gänge  $+ 28,90$  und  $+ 33,83$  betragen. Der Gang  $+ 28,90$  ist vorzuziehen, weil ihm die einfacheren Koinzidenzen-Bilder entsprechen. Denn mit wachsendem Gang treten in den Koinzidenzen-Reihen immer öfter an Stelle eines Sekunden-Sprunges deren zweie auf. Der Vorteil des einfachen Koinzidenzen-Bildes mit nur einem Sekunden-Sprung macht sich besonders dann geltend, wenn aus irgend einem Grunde eine oder zwei Koinzidenzen einer Reihe nicht beobachtet werden konnten. Sobald zwischen den beobachteten  $B_i$  ein Sekunden-Sprung auftritt, ist dadurch das Koinzidenzen-Bild bestimmt und das  $k$  so eindeutig festgelegt, wie bei einer vollständigen Beobachtungsreihe.

Tabelle 2 enthält die Abweichungen  $M$  von den angegebenen  $k$ , die im ungünstigsten Falle vorkommen können, sowie die Häufigkeit  $H$ , womit ein bestimmtes Koinzidenzen-Bild auftritt. Der Verlauf der  $M$  zeigt ganz augenfällig, wie viel ungünstiger ein zu kleines  $g$  ist,

### Korrekturen $k$ .

Täglicher Gang der Beobachtungsuhr zwischen  $-0^s,2$  und  $+6^s,8$  gegenüber Sternzeit.  
Fall 1, es treten 5 Koinzidenzen auf; Häufigkeit 25 %.

Tabelle 3.

$k$  ist von der mittleren beobachteten Koinzidenz zu subtrahieren.

Täglicher Gang gegenüber mittlerer Zeit		$d'$	$\frac{1}{d}$	Kein Sekunden-sprung	Sekundensprung zwischen der						
mittlerer Zeit	Sternzeit				1. u. 2. K und 4. u. 5. K	1. u. 2. K	2. u. 3. K und 4. u. 5. K	2. u. 3. K	3. u. 4. K	4. u. 5. K	1. u. 2. K und 3. u. 4. K
-236,71	- 0,16	72,00	0,01370	0,50							
236,38	+ 0,17	71,98	,01370	0,50		0,03		0,01	0,99	0,97	
236,05	+ 0,50	,96	,01371	0,50		0,06		0,02	0,98	0,94	
235,72	+ 0,83	,94	,01371	0,50		0,09		0,03	0,97	0,91	
235,39	+ 1,16	,92	,01371	0,50		0,12		0,04	0,96	0,88	
235,06	+ 1,49	,90	,01372	0,50		0,15		0,05	0,95	0,85	
234,73	+ 1,82	,88	,01372	0,50		0,18		0,06	0,94	0,82	
234,40	+ 2,15	,86	,01372	0,50		0,21		0,07	0,93	0,79	
234,07	+ 2,48	,84	,01373	0,50		0,24		0,08	0,92	0,76	
233,74	+ 2,81	,82	,01373	0,50		0,27		0,09	0,91	0,73	
-233,41	+ 3,14	71,80	0,01374	<u>0,50</u>		<u>0,30</u>		<u>0,10</u>	<u>0,90</u>	<u>0,70</u>	
-233,07	+ 3,48	71,78	0,01374	0,50		0,33		0,11	0,89	0,67	
232,74	+ 3,81	,76	,01374	0,50		0,36		0,12	0,88	0,64	
232,41	+ 4,14	,74	,01375		0,50	0,37		0,13	0,87	0,63	
232,08	+ 4,47	,72	,01375		0,50	0,36		0,14	0,86	0,64	
231,75	+ 4,80	,70	,01376		0,50	0,35		0,15	0,85	0,65	
231,41	+ 5,14	,68	,01376		0,50	0,34		0,16	0,84	0,66	
231,08	+ 5,47	,66	,01376		0,50		0,33	0,16	0,84		0,67
230,75	+ 5,80	,64	,01377		0,50		0,32	0,14	0,86		0,68
230,42	+ 6,13	,62	,01377		0,50		0,31	0,12	0,88		0,69
230,08	+ 6,47	,60	,01377		<u>0,50</u>		<u>0,30</u>	<u>0,10</u>	<u>0,90</u>		<u>0,70</u>
229,75	+ 6,80	,58	,01378		0,50		0,29	0,08	0,92		0,71

als ein zu grosses. Wächst  $g$  von  $+28^s,9$  bis  $+34^s,3$ , so steigen die auftretenden maximalen Werte  $M$  nicht über  $0^s,16$ . Andererseits braucht der Gang nur von  $+28^s,9$  auf  $+27^s,9$  zu fallen, so beträgt das  $M$  schon  $0^s,18$ . Für rund eine halbe Sekunde Gangabnahme wächst das  $M$  um  $0^s,04$  und erreicht schon bei  $g = +24^s,0$  den Höchstwert  $0^s,50$ .

Die Häufigkeit  $H$  ist proportional dem  $M$ . Es ist  $\frac{H}{200} = M$ . Dementsprechend sind die günstigsten  $H$  ebenfalls den zwei Werten  $d' = 58^s,80$  und  $58^s,60$  zugeordnet; jedes der 5 möglichen Koinzidenzen-Bilder tritt dann mit der gleichen Häufigkeit  $H = 20\%$  auf. Wächst  $d'$  von  $58^s,80$  bis  $59^s,00$ , so streben die  $H$  des Koinzidenzen-Bildes „Kein Sekunden-Sprung“ dem Werte 100 % zu, während die  $H$  aller übrigen Koinzidenzen-Bilder gleichmässig abnehmen bis zum Wert 0 %. Die Häufigkeiten  $H$  weichen viel weniger von ihrem günstigsten Werte 20 % ab, wenn  $g$  nicht kleiner, sondern grösser als  $+28^s,9$  ist.

Aus dem Verlauf aller drei Grössen  $k$ ,  $M$  und  $H$  ergibt sich die Forderung:

Der Uhrgang  $g$  soll gleich oder grösser als  $+28^s,9$  sein.  
Gänge kleiner als  $+28^s,9$  sind womöglich zu vermeiden.

**Maximalabweichungen  $M$  und Häufigkeit  $H$ .**

Täglicher Gang der Beobachtungsuhr zwischen  $-0^s2$  und  $+6^s8$  gegenüber Sternzeit.  
Fall 1, es treten 5 Koinzidenzen auf; Häufigkeit 25%.

Tabelle 4.

Täglicher Gang gegenüber		$d'$	Kein Sekundensprung		Sekundensprung zwischen der													
mittlerer Zeit	Sternzeit		$M$	$H$ %	1. u. 2. $K$ und 4 u. 5. $K$		1. u. 2. $K$		2. u. 3. $K$ und 4. u. 5. $K$		2. u. 3. $K$		3. u. 4. $K$		4. u. 5. $K$		1. u. 2. $K$ und 3. u. 4. $K$	
					$M$	$H$ %	$M$	$H$ %	$M$	$H$ %	$M$	$H$ %	$M$	$H$ %	$M$	$H$ %	$M$	$H$ %
-236;71	- 0;16	72;00	0;50	100			0;00	0			0;00	0	0;00	0	0;00	0		
236,38	+ 0,17	71,98	0,46	92			0,01	2			0,01	2	0,01	2	0,01	2		
236,05	+ 0,50	,96	0,42	84			0,02	4			0,02	4	0,02	4	0,02	4		
235,72	+ 0,83	,94	0,38	76			0,03	6			0,03	6	0,03	6	0,03	6		
235,39	+ 1,16	,92	0,34	68			0,04	8			0,04	8	0,04	8	0,04	8		
235,06	+ 1,49	,90	0,30	60			0,05	10			0,05	10	0,05	10	0,05	10		
234,73	+ 1,82	,88	0,26	52			0,06	12			0,06	12	0,06	12	0,06	12		
234,40	+ 2,15	,86	0,22	44			0,07	14			0,07	14	0,07	14	0,07	14		
234,07	+ 2,48	,84	0,18	36			0,08	16			0,08	16	0,08	16	0,08	16		
233,74	+ 2,81	,82	0,14	28			0,09	18			0,09	18	0,09	18	0,09	18		
-233,41	+ 3,14	71,80	0,10	20			0,10	20			0,10	20	0,10	20	0,10	20		
-233,07	+ 3,48	71,78	0,06	12			0,11	22			0,11	22	0,11	22	0,11	22		
232,74	+ 3,81	,76	0,02	4			0,12	24			0,12	24	0,12	24	0,12	24		
232,41	+ 4,14	,74			0;02	4	0,11	22			0,13	26	0,13	26	0,11	22		
232,08	+ 4,47	,72			0,06	12	0,08	16			0,14	28	0,14	28	0,08	16		
231,75	+ 4,80	,70			0,10	20	0,05	10			0,15	30	0,15	30	0,05	10		
231,41	+ 5,14	,68			0,14	28	0,02	4			0,16	32	0,16	32	0,02	4		
231,08	+ 5,47	,66			0,16	32			0;01	2	0,16	32	0,16	32			0;01	2
230,75	+ 5,80	,64			0,14	28			0,04	8	0,14	28	0,14	28			0,04	8
230,42	+ 6,13	,62			0,12	24			0,07	14	0,12	24	0,12	24			0,07	14
230,08	+ 6,47	,60			0,10	20			0,10	20	0,10	20	0,10	20			0,10	20
229,75	+ 6,80	,58			0,08	16			0,13	26	0,08	16	0,08	16			0,13	26

**b) Uhr näherungsweise auf Sternzeit reguliert.**

Es mag vorkommen, dass zur Abnahme der Koinzidenzen keine Uhr mit einem Gang von  $+28^s9$  gegenüber mittlerer Zeit zur Verfügung steht, sondern dass mit einer näherungsweise auf Sternzeit einregulierten Uhr die Koinzidenzen abgehört werden müssen. Wir betrachten nachstehend die in diesem Falle vorliegenden Verhältnisse.

Der Gang  $g = -236^s55$  einer auf Sternzeit regulierten Uhr gegenüber mittlerer Zeit in die Formel (3) eingesetzt, ergibt  $d' = 71^s99$ .

Wir gehen aus von dem Wert  $d' = 71^s80$ . Dem entspricht ein täglicher Gang gegenüber mittlerer Zeit von  $g = -233^s41$  oder ein Gang gegenüber Sternzeit von  $+3^s14$  (nachgehen).

Das erste wieder hörbare Zeichen nach der ersten Koinzidenz bezeichnen wir mit  $Z_1$ . Es finden nun während einer Zeichenreihe nur dann fünf Koinzidenzen statt, wenn  $Z_1 < 18$ ; sobald  $Z_1 > 18$  ist, kommen nur noch 4 Koinzidenzen vor. Der kleinste mögliche Wert von  $Z_1$  ist 1, der grösste 72. Es treten also nur in 25 % aller Fälle 5 Koinzidenzen

**Korrekturen  $k$ .**

Täglicher Gang der Beobachtungsuhr zwischen  $-0;2$  und  $+6;8$  gegenüber Sternzeit.

Fall 2, es treten nur 4 Koinzidenzen auf; Häufigkeit 75%.

Tabelle 5.

$k$  ist von der dritten Koinzidenz zu subtrahieren.

Täglicher Gang gegenüber		$d'$	$\frac{1}{d}$	Kein Sekunden-sprung	Sekundensprung zwischen der			
mittlerer Zeit	Sternzeit				1. und 2. $K$	2. und 3. $K$	3. und 4. $K$	1. und 2. $K$ und 3. und 4. $K$
- 236;71	- 0;16	72;00	0,01370	0;50				
236,38	+ 0,17	71,98	,01370	0,51	0;03	0;01	0;99	
236,05	+ 0,50	,96	,01371	0,52	0,06	0,02	0,98	
235,72	+ 0,83	,94	,01371	0,53	0,09	0,03	0,97	
235,39	+ 1,16	,92	,01371	0,54	0,12	0,04	0,96	
235,06	+ 1,49	,90	,01372	0,55	0,15	0,05	0,95	
234,73	+ 1,82	,88	,01372	0,56	0,18	0,06	0,94	
234,40	+ 2,15	,86	,01372	0,57	0,21	0,07	0,93	
234,07	+ 2,48	,84	,01373	0,58	0,24	0,08	0,92	
233,74	+ 2,81	,82	,01373	0,59	0,27	0,09	0,91	
- 233,41	+ 3,14	,80	,01374	<u>0,60</u>	<u>0,30</u>	<u>0,10</u>	<u>0,90</u>	
- 233,07	+ 3,48	,78	,01374	0,61	0,33	0,11	0,89	
232,74	+ 3,81	,76	,01374	0,62	0,36	0,12	0,88	
232,41	+ 4,14	,74	,01375	0,63	0,39	0,13	0,87	
232,08	+ 4,47	,72	,01375	0,64	0,42	0,14	0,86	
231,75	+ 4,80	,70	,01376	0,65	0,45	0,15	0,85	
231,41	+ 5,14	,68	,01376	0,66	0,48	0,16	0,84	
231,08	+ 5,47	,66	,01376		0,50	0,17	0,84	0;67
230,75	+ 5,80	,64	,01377		0,50	0,18	0,86	0,68
230,42	+ 6,13	,62	,01377		0,50	0,19	0,88	0,69
230,08	+ 6,47	,60	,01377		<u>0,50</u>	<u>0,20</u>	<u>0,90</u>	<u>0,70</u>
229,75	+ 6,80	,58	,01378		0,50	0,21	0,92	0,71

auf. Demzufolge kennt man in 75% der Fälle das Intervall zwischen der vierten und fünften Koinzidenz nicht. Man muss deshalb bei der Festlegung der  $k$ ,  $M$  und  $H$  unterscheiden, ob 5 oder nur 4 Koinzidenzen vorliegen.

Durchschnittlich befindet sich auch bei diesen neuen Verhältnissen die dritte Koinzidenz am nächsten beim mittleren Zeichen (Nr. 153,5). Wir stellen deshalb wieder die Korrektur  $k$  für die dritte Koinzidenz auf. In entsprechender Weise wie oben haben wir die Größen  $k$ ,  $M$  und  $H$  berechnet und tabellarisch zusammengestellt.

Betrachten wir zuerst die Tabellen 3 und 4, die 5 Koinzidenzen voraussetzen. In der Reihe der beobachteten Koinzidenzen kommen nun Koinzidenzintervalle vor von  $72^s$  oder  $71^s$ . Wir definieren jetzt ein bestimmtes Koinzidenzen-Bild mit der Angabe, wo der  $71^s$ -Unterschied auftritt. Vergleicht man Tabelle 3 mit Tabelle 1, so sieht man, dass den  $d'$  mit gleichen Dezimalen gleiche  $k$  entsprechen. Mit Ausnahme der ersten vier Kolonnen sind die Tabellen identisch. Ebenso entsprechen sich die Tabellen 4 und 2.

Anders, wenn nur vier Koinzidenzen aufgetreten sind (Tabellen 5 und 6). Ausser in den beiden mit „Sekunden-Sprung zwischen der 3. und 4. Koinzidenz“ und „Sekunden-

**Maximalabweichungen  $M$  und Häufigkeit  $H$ .**

Täglicher Gang der Beobachtungsuhr zwischen  $-0^s2$  und  $+6^s8$  gegenüber Sternzeit.

Tabelle 6.

Fall 2, es treten nur 4 Koinzidenzen auf; Häufigkeit 75%.

Täglicher Gang gegenüber		$d'$	Kein Stundensprung		Sekundensprung zwischen der						1. und 2. K und 3. und 4. K	
mittlerer Zeit	Sternzeit		$M$	$H$ %	1. und 2. K		2. und 3. K		3. und 4. K		$M$	$H$ %
					$M$	$H$ %	$M$	$H$ %	$M$	$H$ %		
-236,71	-0,16	72,00	0,50	100	0,00	0	0,00	0	0,00	0		
236,38	+0,17	71,98	0,47	94	0,01	2	0,01	2	0,01	2		
236,05	+0,50	,96	0,44	88	0,02	4	0,02	4	0,02	4		
235,72	+0,83	,94	0,41	82	0,03	6	0,03	6	0,03	6		
235,39	+1,16	,92	0,38	76	0,04	8	0,04	8	0,04	8		
235,06	+1,49	,90	0,35	70	0,05	10	0,05	10	0,05	10		
234,73	+1,82	,88	0,32	64	0,06	12	0,06	12	0,06	12		
234,40	+2,15	,86	0,29	58	0,07	14	0,07	14	0,07	14		
234,07	+2,48	,84	0,26	52	0,08	16	0,08	16	0,08	16		
233,74	+2,81	,82	0,23	46	0,09	18	0,09	18	0,09	18		
-233,41	+3,14	71,80	0,20	40	0,10	20	0,10	20	0,10	20		
-233,07	+3,48	71,78	0,17	34	0,11	22	0,11	22	0,11	22		
232,74	+3,81	,76	0,14	28	0,12	24	0,12	24	0,12	24		
232,41	+4,14	,74	0,11	22	0,13	26	0,13	26	0,13	26		
232,08	+4,47	,72	0,08	16	0,14	28	0,14	28	0,14	28		
231,75	+4,80	,70	0,05	10	0,15	30	0,15	30	0,15	30		
231,41	+5,14	,68	0,02	4	0,16	32	0,16	32	0,16	32		
231,08	+5,47	,66			0,16	32	0,17	34	0,16	32	0,01	2
230,75	+5,80	,64			0,14	28	0,18	36	0,14	28	0,04	8
230,42	+6,13	,62			0,12	24	0,19	38	0,12	24	0,07	14
230,08	+6,47	,60			0,10	20	0,20	40	0,10	20	0,10	20
229,75	+6,80	,58			0,08	16	0,21	42	0,08	16	0,13	26

Sprung zwischen der 1. und 2. Koinzidenz und 3. und 4. Koinzidenz“ überschriebenen Kolonnen treten in allen Kolonnen Änderungen in den  $k$ ,  $M$  und  $H$  auf. Allgemein lässt sich sagen, dass ein  $d' > 71^s80$  die Bedingungen rasch verschlechtert. Man soll deshalb darauf achten, den Uhrgang so einzuregulieren, dass  $d'$  gleich oder kleiner  $71^s80$  wird.

Wurden 5 Koinzidenzen abgehört, so ist  $d' = 71^s80$  am günstigsten; konnten nur 4 Koinzidenzen beobachtet werden, so bleiben bei  $d' = 71^s74$  die  $M$  am niedrigsten ( $M \leq 0^s13$ ). Man wird auf beide Fälle Rücksicht nehmen und dementsprechend den Uhrgang so wählen, dass  $d'$  zwischen  $71^s72$  und  $71^s76$  liegt. Dem entspricht ein täglicher Gang zwischen  $+3^s8$  und  $+4^s5$  gegenüber Sternzeit. Dann übersteigt  $M$  nicht den Wert  $0^s14$  und der Fehler im Endergebnis nicht den Betrag  $0,014 \times 0^s14$  gleich  $0^s002$ .

### 3. Technik der Koinzidenz-Beobachtung.

#### a) Schaltung.

In der Figur 1 ist die Schaltung dargestellt, die bei allen hier aufgeführten Koinzidenz-Beobachtungen Verwendung gefunden hat; sie wurde sowohl beim Abhören des in diesem Abschnitt gegebenen Beispiels einer Koinzidenz-Aufnahme, als auch bei den in Abschnitt II behandelten Beobachtungs-Ergebnissen benutzt.

Figur 1 zeigt den Kopfhörer an die Ausgangsklemmen *P* und *Q* des Empfangsgerätes angeschlossen. Dazu parallel geschaltet war die Uhr und ein Nebenschluss, bestehend aus einem Widerstand von 4000 Ohm und einem Kondensator von 0,5 Mikrofarad. Der benutzte Kopfhörer weist einen Widerstand von 4000 Ohm auf.

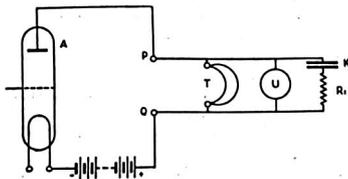


Fig. 1.

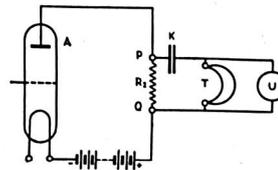


Fig. 2.

Im Augenblick des Kontaktschlusses durch die Registriervorrichtung der Uhr wird bei dieser Schaltung der Gleichstrom-Spannungsabfall zwischen *P* und *Q* durch den Nebenschluss überbrückt. Die Wirkung der entstehenden Schliessungs- und Öffnungsfunken, die sich im Telephone durch ein zischendes Geräusch bemerkbar machen, wird durch den Nebenschluss stark vermindert. Der Nebenschluss bewirkt aber auch eine beträchtliche Schwächung der Lautstärke der Zeichen. Besonders bei schwachem Empfang war das Uhrgeräusch im Verhältnis zur Lautstärke des Zeichens immer noch zu aufdringlich. Bisweilen konnte der Beobachter im Zweifel sein, ob er das kurze Stück eines wieder auftauchenden Signales oder nur das von der Uhr erzeugte Geräusch gehört hatte.

Eine neue, verbesserte Anordnung ist in Figur 2 dargestellt <sup>1)</sup>. Dem Gleichstrom des Anodenkreises ist der Weg durch die Uhr gesperrt. Zwar hat der zwischen die Ausgangsklemmen *P* und *Q* gelegte Widerstand von 10000 Ohm ebenfalls eine Schwächung der Lautstärke zur Folge, aber eine geringere, als der in Figur 1 eingezeichnete Nebenschluss. Hingegen entstehen nun weder Schliessungs- noch Öffnungsfunken. Das Abhören der Koinzidenzen gewinnt durch das Verschwinden des Uhrgeräusches sehr an Sicherheit und Unabhängigkeit von der persönlichen Auffassung des Beobachters.

<sup>1)</sup> Vgl. J. Rybner, Untersuchungen über die Reaktionszeit von Relais. Verhandlungen der baltischen geodätischen Kommission, 1930.

### b) Abhören der Koinzidenzen.

Es folgt in diesem Abschnitt die Beschreibung einer einfachen Technik des Abhörens von Koinzidenzen, ferner, als Beispiel, die Aufnahme einer Koinzidenzenreihe und deren Auswertung.

Beobachtet wird die Zeit des ersten wieder hörbaren Zeichens. Der Beobachter zählt vor der Koinzidenz die Uhrsekunden. Er hält die Zeit des ersten wieder gehörten Zeichens fest, indem er die entsprechende Uhrsekunde  $s$  aufschreibt. Zugleich fährt er mit Zählen ohne Unterbrechung weiter. Aber nach der Koinzidenz zählt er nicht mehr die Uhrsekunden, sondern im Rhythmus der Zeichen. Er zählt über 60 hinaus bis zu einem der Zeichen mit der Nummer 62, 123, 184, 245 oder 306, die durch ihre längere Dauer kenntlich sind. Die Zahl  $q$ , die auf ein solches Zeichen fällt, wird ebenfalls aufgeschrieben.

Dieses einfache Verfahren erlaubt dem Beobachter, sich vollständig auf das Erscheinen des ersten wieder hörbaren Zeichens zu konzentrieren. Um die ganze Aufmerksamkeit dem Hörsinne zuzuwenden, kann sogar mit geschlossenen Augen beobachtet werden.

Der beobachteten Uhrsekunde  $s$  entspreche das Zeichen mit der Nummer  $z$ . Dann gibt die Differenz  $(q - s)$  die Anzahl der Zeichenintervalle, die zwischen dem ersten wieder gehörten Zeichen  $z$  und dem nächstfolgenden langen Zeichen liegen. Man braucht also  $(q - s)$  nur von der betreffenden Nummer des Zeichens abzuzählen, um  $z$  zu erhalten. Aus dem Wesen der Koinzidenz folgt noch, dass in der Koinzidenzenreihe einer Aufnahme  $q$  konstant ist.

Die Übersichtlichkeit der Beobachtung und die Einfachheit ihrer Auswertung zeigt sich anschaulich im nachstehenden Beispiel:

Aufnahme vom 30. August 1935.

Ort: Zürich, Beobachtungshütte.

Sender: Paris, 23<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> M.E.Z.

Empfänger: Telefunken, Dreikreis-Empfänger.

Uhr: Deckchronometer Nardin Nr. 13711;  $g = + 29^s 3$ .

Beobachter: Hunziker.

$s$	$q$	$q - s$	Zeichen No.	$z$
22 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup>	74	25	62	37
25 48	74	26	123	97
26 47	74	27	184	157
27 45	74	29	245	216
28 44	74	30	306	276

Während der Beobachtung hat man nur die Zahlen  $s$  und  $q$  aufzuschreiben.

Wie ein Blick auf die  $s$  zeigt, tritt der Sekunden-Sprung zwischen der 3. und 4. Koinzidenz auf. Daraus und wegen des Uhrganges  $g = + 29^s,3$  folgt aus Tabelle 1:  $k = - 0^s,89$  und weiter:

Beobachtete Uhrzeit der mittleren Koinzidenz:

$$22^h 26^m 47^s - 0^s,89 = 22^h 26^m 46^s,11$$

Beobachtetes Zeichen der mittleren Koinzidenz:

$$157 - 0,89 = 156,11$$

Aus diesem Beobachtungsergebnis ergibt sich rasch die gesuchte Uhrzeit des mittleren Zeitzeichens von der Ordnungsnummer 153,5:

Zeichen der mittleren Koinzidenz	156,11
Mittleres Zeitzeichen	153,50
Intervall zwischen der mittleren Koinzidenz und dem mittleren Zeichen in Zeichen-Intervallen	- 2,61
Korrektur $-\frac{1}{d} \cdot (-2,61) = + 0,01673 \cdot 2,61$	+ 44
Intervall ausgedrückt in Uhrsekunden	- 2^s,566
Beobachtete Uhrzeit der mittleren Koinzidenz	22 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,11
Uhrzeit des mittleren Zeichens 153,5	22 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,544

## II. Untersuchung über die praktische Eignung und die Genauigkeit der Methode des Koinzidenzen-Bildes.

Die Methode des Koinzidenzen-Bildes ist nach den theoretischen Betrachtungen sehr leistungsfähig. Damit sie auch praktisch befriedigende Ergebnisse liefert, müssen vor allem zwei Bedingungen erfüllt sein: Erstens hat die Regelmässigkeit sowohl der rhythmischen Zeitzeichen als auch der Schliessungsmoment der Registriervorrichtung der geforderten Genauigkeit zu genügen. Zweitens müssen ganz kurze Töne, von einem Bruchteil von 0,017 Dauer, noch wahrnehmbar sein. Darüber kann nur der Versuch entscheiden.

Die Prüfung der Regelmässigkeit der rhythmischen Zeitzeichen bleibt einer späteren Untersuchung vorbehalten. Den Inhalt dieses Kapitels bilden die Art und die Ergebnisse der Untersuchungen, die zur Abklärung der Eignung der Nardin'schen Deckchronometer und der Wahrnehmbarkeit kurzer Bruchteile der Zeitzeichen, vorgenommen wurden.

### 1. Die Registriervorrichtung der Nardin'schen Deckchronometer.

Die Nardin'schen Deckchronometer weisen in der Regel eine Registriervorrichtung auf, die durch Unterbrechung des Stromkreises die Sekunden definiert. Der Sekundenbruch null fällt auf den Beginn der Unterbrechung. Will man eine Koinzidenz, das heisst das Zusammentreffen dieses Momentes mit dem Beginn eines Zeitzeichens beobachten, so muss zwischen Uhr und Telephon ein Relais eingeschaltet werden. Gelingt es, ohne Relais auszukommen, so bietet dies zwei Vorteile: Vereinfachung des Instrumentariums und Wegfallen einer Fehlerquelle. Rein beobachtungstechnisch bietet es keine Schwierigkeit, die Stromschlüsse der Registriervorrichtung als Sekunden zu definieren und die Koinzidenzen ohne Relais abzuhören. Auch dann nicht, wenn der Stromschluss  $\frac{4}{5}$  Sekunden dauert und wenn dementsprechend die Zeichen während fast 50 Sekunden verschwinden. Doch es muss vor dem Weglassen des Relais festgestellt werden, ob die vorhandene Registriervorrichtung die Stromschlüsse mit der gleichen Genauigkeit herstellt wie die Stromunterbrüche.

Die Registriervorrichtungen der beiden Nardin'schen Deckchronometer Nr. 13710 und 13711 sind im Geodätischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich oszillographisch untersucht worden. Aus den Oszillogrammen haben sich die folgenden mittleren Fehler eines Stromunterbruches und eines Stromschlusses ergeben.

Deckchronometer	Mittlerer Fehler eines einzelnen	
	Stromunterbruches	Stromschlusses
Nardin No. 13710	$\pm 0,0012$	$\pm 0,0012$
Nardin No. 13711	$\pm 0,0014$	$\pm 0,0012$

Sie übersteigen nur wenig eine Tausendstel-Sekunde. Der Hauptteil des Fehlers muss von der Ablesegenauigkeit herrühren. Die Einheit der Ablese skala betrug  $0^{\circ}02$ ; die Bruchteile wurden auf Zehntel, also auf  $0^{\circ}002$  genau, geschätzt. Obwohl dabei eine Lupe verwendet wurde, ist der mittlere Fehler einer Ablesung auf  $\pm 0^{\circ}001$  anzusetzen. Demnach bleibt nur sehr wenig übrig für die Fehler, die von einer ungleichen Länge der registrierten Sekundenintervalle herrühren. Die Oszillogramme zeigen einwandfrei, dass die Registriervorrichtungen der beiden Uhren sowohl die Stromunterbrüche, als auch die Stromschlüsse mit sehr hoher und gleich grosser Genauigkeit herstellen. Gegen die Weglassung eines Relais bei den Koinzidenzbeobachtungen ist also nichts einzuwenden.

Daraufhin wurde die Registriervorrichtung des Deckchronometers Nardin Nr. 13711 umgebaut. Der Sekundenbeginn fällt nun zusammen mit dem Beginn des  $\frac{1}{5}$  Sekunden dauernden Schliessung des Stromkreises. Alle hier angeführten Koinzidenzen sind mittels dieser umgebauten Registriervorrichtung ohne Zwischenrelais abgehört worden. Der Uhr gang wich stets nur wenig von  $+ 28^{\circ}9$  (nachgehen) gegenüber mittlerer Zeit ab.

## 2. Vergleichung der Ergebnisse von registrierten und von abgehörten Zeitzeichen.

### a) Die Registrierungen.

Die Aufnahmen verteilen sich auf zwei in Zürich durchgeführte Gruppen. Die erste ist im Herbst 1933 in der Beobachtungshütte hinter der Eidgenössischen Sternwarte vorgenommen worden, die zweite im ersten Quartal 1934 in der Eidgenössischen Technischen Hochschule.

Die zur Registrierung verwendete Empfangsstation bestand im wesentlichen aus den folgenden Geräten: Rahmen- oder Hochantenne, Abstimmkreis, Hochfrequenzverstärker, Niederfrequenzverstärker, Starkstromverstärker. Ferner aus einem Federrelais und einem Fuss'schen Spitzen-Chronographen während der ersten Gruppe und einem Undulator, ohne Relais, während der zweiten Gruppe.

An Stelle der Empfangsstation konnte auch der zur Aufnahme der Koinzidenzen verwendete Deckchronometer Nardin Nr. 13711, — im folgenden kurz mit Koinzidenzuhr bezeichnet, — auf den Chronographen oder den Undulator geschaltet werden.

Als Hauptuhr diente während der Aufnahme der ersten Gruppe die Pendeluhr Riefeler Nr. 140. Zu den Aufnahmen der zweiten Gruppe wurde der Deckchronometer Nardin Nr. 15282 benutzt. Seine Registriervorrichtung stellt jede zweite Sekunde einen Stromschluss von ca.  $\frac{1}{5}$  Sekunde Dauer her. Der Chronometer war unmittelbar auf den Undulator geschaltet.

Vor und nach jeder Zeitzeichen-Aufnahme registrierten die beiden Uhren, Hauptuhr und Koinzidenzuhr, gleichzeitig. Abgelesen wurden 40 Sekunden-Zeichen der Koinzidenz-

uhr, und zwar 20 Sekunden-Zeichen vor und 20 Sekunden-Zeichen nach der Aufnahme der Zeitzeichen. Die registrierten Sekunden-Zeichen wurden so ausgewählt, dass je zwei symmetrisch zu einer Epoche lagen, die weniger als eine halbe Sekunde von der Epoche des Zeitzeichens 153,5 abwich.

Von den registrierten Zeitzeichen sind ebenfalls 20 Paare ausgewählt und abgelesen worden; jedes Paar lieferte im Mittel einen Wert des Zeichens von 153,5. Den Mittelwert aus diesen 20 Paaren bezeichnen wir mit  $R$  ( $R$ : Registrierung).

### b) Die Koinzidenz-Aufnahmen.

Alle Koinzidenzen sind mit Hilfe eines Dreikreis-Empfängers der Firma Telefunken abgehört worden. Die Schaltung, die zur Dämpfung der von der Uhr im Telephon verursachten Geräusche angewendet wurde, ist im Abschnitt „Schaltung“ auf Seite 73 dargelegt.

Während der Aufnahmen der ersten Gruppe im Herbst 1933 war der Empfänger entweder an eine Hochantenne von 35 m Spannweite oder an eine Zimmerantenne angeschlossen. Im allgemeinen traten gute Abhörbedingungen auf.

Anders bei den Aufnahmen der zweiten Gruppe im Zimmer 15c der Eidgenössischen Technischen Hochschule. Hier stand keine Hochantenne zur Verfügung. Doch es zeigte sich, dass mittels einer Rahmenantenne die Zeitzeichen von Bordeaux und Rugby sich mit genügender Lautstärke aufnehmen liessen. Die Zeichen von Paris machten eine Ausnahme; die besten Empfangsverhältnisse wurden durch Anschluss an einen Heizkörper erhalten. Allerdings blieben die Zeichen nur sehr schwach hörbar; oft erreichten sie knapp die Grenze der Wahrnehmbarkeit. Aber gerade auf das Abhören solch leiser und unreiner Zeichen legten wir grossen Wert, um zu prüfen, was die Koinzidenz-Methode unter derart schlechten Bedingungen zu leisten imstande ist.

Es bleibt noch zu erwähnen, dass während der wenigen Sekunden der eigentlichen Koinzidenz-Beobachtungen die Registrierstation jeweils ausser Betrieb gesetzt wurde, um Rückwirkungen des Undulators auf den Hörempfang zu verhindern.

Aus den abgehörten Koinzidenzen und den Uhrvergleichen ist wiederum die Zeit der Hauptuhr im Augenblick des Zeitzeichens 153,5 abgeleitet worden. Den so gewonnenen Wert bezeichnen wir mit  $K$  ( $K$ : Koinzidenz).

### c) Die Ergebnisse der beiden Methoden.

Von Bedeutung sind die Differenzen  $(K - R)$ . Ist  $(K - R)$  positiv, so heisst dies, dass die Koinzidenzbeobachtungen gegenüber den Registrierungen eine um  $(K - R)$  verspätete Uhrzeit ergeben.

Die Differenzen  $(K - R)$  sind frei von den Verzögerungen  $\varrho$ , womit die Registrierapparatur arbeitet. Das geht aus der folgenden einfachen Überlegung hervor:

Das  $R$  ist um die Verzögerung  $\varrho$  zu gross. Aber ebenso das  $K$ . Denn das  $K$  enthält ausser der Koinzidenz-Aufnahme auch das Ergebnis der Uhrvergleichung. Weil die Koinzidenz Uhr während der Uhrvergleichung die gleiche Registriervorrichtung betätigt wie die T.S.F.-Empfangstation während der Zeichenaufnahme, treten im  $R$  und im  $K$  die gleichen Verzögerungen  $\varrho$  auf. Die Differenz ( $K - R$ ) ist demzufolge frei davon, wenn wir die folgenden beiden Voraussetzungen als erfüllt betrachten: Erstens darf sich die Verzögerung  $\varrho$  während der Dauer einer Aufnahme nicht ändern und zweitens muss  $\varrho$  während einer Uhrvergleichung und einer Zeichenregistrierung gleich gross sein. Dann geben die Differenzen ( $K - R$ ) die gesuchten Verzögerungen  $\Delta$ , die vom Fehler der Koinzidenz-Beobachtungen herrühren.

Sowohl im Herbst 1933 als auch im ersten Quartal 1934 sind von zwei Beobachtern die Zeitzeichen der drei Sendestationen Bordeaux, Paris und Rugby je zwölf mal abgehört worden. Anhand der gleichzeitig durchgeführten Registrierungen haben sich die folgenden Mittelwerte  $\Delta$  ergeben:

Gruppe und Jahr	Beobachter	Bordeaux			Paris			Rugby		
		$\Delta$	$m$	$n$	$\Delta$	$m$	$n$	$\Delta$	$m$	$n$
I 1933	Engi	+ 0,0008	± 0,0017	12	+ 0,0048	± 0,0016	12	+ 0,0025	± 0,0019	12
	Hunziker	- 0,0002	19	12	+ 0,0078	14	12	+ 0,0002	21	12
	Dif. E.-H.	+ 0,0010	± 0,0025		- 0,0030	± 0,0022		+ 0,0023	± 0,0028	
	Mittel	+ 0,0003	13	24	+ 0,0063	11	24	+ 0,0014	14	24
II 1934	Engi	+ 0,0052	± 0,0012	12	+ 0,0092	± 0,0012	12	+ 0,0030	± 0,0018	12
	Hunziker	+ 0,0028	12	12	+ 0,0126	10	12	+ 0,0030	13	12
	Diff. E.-H.	+ 0,0024	± 0,0017		- 0,0034	± 0,0016		± 0,0000	+ 0,0022	
	Mittel	+ 0,0040	8	24	+ 0,0109	8	24	+ 0,0030	11	24

Neben den Mittelwerten der  $\Delta$  sind auch deren mittlere Fehler, sowie die Anzahl  $n$  der Einzelwerte angegeben. Ferner findet man in der Zusammenstellung die Differenzen der  $\Delta$  beider Beobachter, sowie deren Mittel, samt ihren mittleren Fehlern.

Zwischen den Ergebnissen der beiden Beobachter ist ein systematischer Unterschied angedeutet. Er bleibt aber in der Hälfte der Fälle unter dem Betrag seines mittleren Fehlers; zweimal liegt er zwischen dem einfachen und doppelten Wert seines mittleren Fehlers; nur in einem Falle (Paris, Gruppe II) übersteigt er leicht den zweifachen mittleren Fehler. Es fällt auf, dass die Zeichen des Senders Paris negative Differenzen Beob. Engi — Beob. Hunziker ergeben, im Gegensatz zu den Zeichen der beiden andern Sendestationen. Dies weist auf das Vorhandensein einer persönlichen und instrumentellen Gleichung hin, die von der Sendestation abhängt.

Über die Mittelwerte  $\Delta$  der beiden Beobachter ist folgendes zu sagen: Die Aufnahmen der Gruppe I fanden, — wie erwähnt, — unter guten Abhörbedingungen statt. Die Mittelwerte der  $\Delta$ , die Bordeaux und Rugby zugeordnet sind, bleiben kleiner als ihre mittleren Fehler, im Gegensatz zu den aus Parisersendungen erhaltenen  $\Delta$ -Werten, deren Beträge

von rund 5 und 8 Tausendstel-Sekunden verbürgt zu sein scheinen. Das ist insofern ein unerwartetes Ergebnis, als in der ersten Gruppe gerade die Zeichen des Pariser Senders sich durch grosse Stärke und Klangreinheit ausgezeichnet haben. Die verwendete Apparatur scheint sich also beim Empfang der kürzeren Wellen von Paris (2650 m) etwas anders verhalten zu haben, als beim Empfang der langen Wellen von Bordeaux (19100 m) und Rugby (18740 m).

Während der Aufnahme der Gruppe II waren die Abhörbedingungen bedeutend ungünstiger; als besonders ungeeignet erwiesen sie sich zur Aufnahme der Zeichen von Paris. Die Mittelwerte  $\Delta$  der Gruppe II sind denn auch durchwegs grösser ausgefallen. Sie übersteigen auch ihre Bestimmungsunsicherheit. Die Paris zugeordneten  $\Delta$  sind wiederum am grössten. Sie zeigen, dass als oberer Grenzwert von  $\Delta$  ein Betrag von rund 0;02 anzusprechen ist. Man hat mit diesem Betrag zu rechnen, wenn nur gerade noch wahrnehmbare Zeitzeichen abgehört werden. Vergewenwärtigt man sich, wie ausserordentlich verschieden der Beobachter die Aufnahmebedingungen empfindet, je nachdem die Zeichen laut und deutlich oder nur mit Mühe überhaupt hörbar sind, so überrascht es, dass die  $\Delta$  nicht bedeutend stärker schwanken. Gerade die unter schlechten Abhörverhältnissen durchgeführten Aufnahmen sprechen deshalb sehr für die Tauglichkeit der Koinzidenz-Methode.

Weiter stellen wir fest, dass die mittleren Fehler der Gruppe II kleiner sind als die entsprechenden Werte der Gruppe I, trotz der zweifellos besseren Abhörbedingungen der Gruppe I. Das bestätigt von neuem die Überlegenheit des Undulators gegenüber dem Spitzen-Chronographen.

Wir fassen nachstehend das Ergebnis aller Aufnahmen zusammen:

Die mit Hilfe der Methode des Koinzidenzen-Bildes bestimmte Uhrzeit des mittleren Zeichens weist eine systematische Verzögerung  $\Delta$  auf; im Durchschnitt beträgt sie:

$\Delta = + 0;0022$  bei der Aufnahme der Zeichen von Bordeaux und Rugby und

$\Delta = + 0;0086$  bei der Aufnahme der Zeichen von Paris.

Als Durchschnittswert des mittleren Fehlers  $\mu$  eines einzelnen  $\Delta$  findet man  $\pm 0;005$ . Ein Unterschied in der Genauigkeit der  $\Delta$ , die den verschiedenen Sendern zugeordnet sind, tritt nicht auf. Im mittleren Fehler  $\mu$  sind die zufälligen Fehler der Koinzidenzbestimmungen, der Registrierung und der Ablesungen enthalten. Der mittlere zufällige Fehler einer Koinzidenzabnahme muss also merklich kleiner sein als  $\pm 0;005$ .

Einem Fehler von einer Sekunde in der Koinzidenzen-Aufnahme entspricht ein Fehler von 0;017 in der Zeit  $K$  der Hauptuhr im Augenblick des Zeitzeichens 153,5. Einem mittleren Fehler von  $\pm 0;005$  im  $K$  entspricht demnach ein mittlerer zufälliger Fehler von  $\pm 0;3$  in der beobachteten Koinzidenzzeit.

Als Nebenergebnis bleibt noch zu erwähnen, dass bei beiden Beobachtern ein sehr schwacher und unscharfer Ton im Mikrophon mindestens eine Dauer von 0;01 bis 0;02 aufweisen musste, um bewusst zu werden. Dies gilt für gespannteste Aufmerksamkeit.

### 3. Zusammenfassung.

Zum Schlusse geben wir noch folgende kurze Zusammenfassung:

1. Die Methode des Koinzidenzen-Bildes stellt ab auf die *Gesamtheit* der beobachteten Koinzidenzen einer Zeichenreihe.
2. Aus dem „Koinzidenzen-Bild“ wird die Uhrzeit der mittleren Koinzidenz abgeleitet.
3. Die Entstehung der Koinzidenzen-Bilder wird durch bewusste Wahl des Uhranges erreicht.
4. Die Methode erfordert nur einen bescheidenen Aufwand an Apparatur.
5. Die Apparatur muss folgende Bedingungen erfüllen:
  - a) grosse Regelmässigkeit der Uhrsekunden,
  - b) Hörbarkeit kurzer Stücke der einzelnen Zeitzeichen.
6. Die Beobachtungen und ihre Auswertung zeichnen sich durch grosse Einfachheit aus.
7. Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass die Methode des Koinzidenzen-Bildes erlaubt, den Stand der Beobachtungsuhr gegenüber dem mittleren Zeitzeichen (Nr. 153,5) auf einige Tausendstel-Sekunden genau zu bestimmen. Bei den absichtlich gewählten ausgesprochen schlechten Aufnahme-Bedingungen lag der Fehler zwischen  $0^s01$  und  $0^s02$ .

# Adressen

## der Mitglieder der Schweizerischen Geodätischen Kommission.

---

*Präsident:* Professor Dr. Ing. h. c. C. F. BÄSCHLIN, Zollikon bei Zürich.

*Vizepräsident und 1. Sekretär:* Professor Dr. TH. NIETHAMMER, Direktor der Astronomisch-meteorologischen Anstalt der Universität Basel, Binningen bei Basel.

*2. Sekretär:* M. le professeur G. TIERCY, directeur de l'observatoire de Genève, Genève.

*Kassier:* Dipl. Ing. Dr. h. c. H. ZELLY, Chefingenieur an der Eidgenössischen Landestopographie, Wabern/Bern.

Professor Dr. W. BRUNNER, Direktor der Eidgenössischen Sternwarte in Zürich.  
Dr. F. GASSMANN, a. o. Professor für Geophysik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich.

Dipl. Ing. M. DE RÆMY, Sektionschef an der Eidgenössischen Landestopographie, Wabern/Bern.

---

Dienstliche Postsendungen sind erbeten an den Präsidenten oder an die Sekretäre.

Zusendungen von Veröffentlichungen an die Adresse:

Schweizerische Geodätische Kommission, p. Adr. Eidgenössische Landestopographie,  
Wabern/Bern.

Pour les correspondances officielles, adresser au président ou aux secrétaires.

Pour les envois de publications:

Commission géodésique suisse, p. adr. Service topographique fédérale, Wabern/Bern.

---

Bisherige Publikationen der Schweizerischen Geodätischen Kommission (zu beziehen durch den Kartenverlag der Eidgenössischen Landestopographie in Wabern/Bern):

**Wolf, Dr. Rud., Geschichte der Vermessungen in der Schweiz**, als historische Einleitung zu den Arbeiten der Schweiz. geodätischen Kommission bearbeitet. Mit einem Titelbilde. Zürich 1879, in 4°. Fr. 10.—.

**Das schweizerische Dreiecknetz**, herausgegeben von der Schweiz. geodät. Kommission:

- I. Band. Die Winkelmessungen und Stationsausgleichungen. Zürich 1881, in 4°. Fr. 10.—.
- II. Band. Die Netzausgleichung und die Anschlussnetze der Sternwarten und astronomischen Punkte. Zürich 1885, in 4°. Fr. 10.—.
- III<sup>me</sup> Vol. La mensuration des bases. Lausanne 1888, in 4°. Fr. 10.— (vergriffen).
- IV. Band. Die Anschlussnetze der Grundlinien. Zürich 1889, in 4°. Fr. 10.—.
- V. Band. Astronomische Beobachtungen im Tessiner Basisnetze, auf Gäbris und Simplon; definitive Dreieckseitenlängen; geographische Koordinaten. Mit einer Karte. Zürich 1890, in 4°. Fr. 10.—.  
Als Separatabdruck aus Bd. V: Definitive Seitenlängen und geographische Koordinaten der Punkte des schweiz. Dreiecknetzes und der Anschlussnetze. Mit einer Karte. Zürich 1890, in 4°. Fr. 2.—.
- VI. Band. Lotabweichungen in der Westschweiz. Mit einer Tafel. Zürich 1894, in 4°. Fr. 10.—.
- VII. Band. Relative Schwerebestimmungen. I. Teil. Mit 3 Tafeln. Zürich 1897, in 4°. Fr. 10.—.
- VIII. Band. Lotabweichungen in der mittleren und nördlichen Schweiz. Mit einer Tafel. Zürich 1898, in 4°. Fr. 10.—.
- IX. Band. Polhöhen- und Azimutmessungen. Das Geoid der Schweiz. Mit vier Tafeln. Zürich 1901, in 4°. Fr. 10.—.

Die Fortsetzung unter dem Titel: **Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz**.

- X. Band. Relative Lotabweichungen gegen Bern und telephonische Uhrvergleichen am Simplon. Mit zwei Karten und zwei Tafeln. Zürich 1907, in 4°. Fr. 15.—.
- XI<sup>me</sup> Vol. Mesure de la base géodésique du tunnel du Simplon. Avec 35 figures. Zurich 1908, in 4°. Fr. 10.—.
- XII. Band. Schwerebestimmungen in den Jahren 1900—1907. — Das Nivellements-polygon am Simplon. Mit 13 Tafeln. Zürich 1910, in 4°. Fr. 15.—.
- XIII. Band. Polhöhen- und Schwerebestimmungen bis zum Jahre 1910. Mit fünf Tafeln und einer Karte. Zürich 1911, in 4°. Fr. 12.—.
- XIV. Band. Telegraphische Bestimmung der Längenunterschiede zwischen schweizerischen Sternwarten 1912—1914. Zürich 1915, in 4°. Fr. 10.—.
- XV. Band. Schwerebestimmungen in den Jahren 1911—1914. Mit fünf Tafeln und einer Karte. Zürich 1916, in 4°. Fr. 10.—.
- XVI. Band. Schwerebestimmungen in den Jahren 1915—1918. Mit einer Textfigur, acht Tafeln und einer Karte. Basel 1921, in 4°. Fr. 9.—.
- XVII<sup>me</sup> Vol. Déviations de la Verticale et Isostasie. Avec 3 figures et 2 planches. Bâle 1925, in 4°. Fr. 8.—.
- XVIII. Band. Telegraphische Bestimmung der Längenunterschiede zwischen schweizerischen Stationen 1919—1923. Mit 6 Figuren und 1 Karte. Basel 1929, in 4°. Fr. 10.—.
- XIX. Band. Das astronomische Nivellement im Meridian des St. Gotthard. I. Die beobachteten Lotabweichungen. Mit 8 Figuren und 1 Karte. Basel 1932, in 4°. Fr. 10.—.
- XX. Band. Das astronomische Nivellement im Meridian des St. Gotthard. II. Die berechneten Geoiderhebungen und der Verlauf des Geoidschnittes. Mit 2 Figuren, 1 Tafelbeilage und 28 Tafeln in besonderem Umschlag. Brugg 1939, in 4°. Fr. 12.—.
- XXI. Band. Bestimmung von Längenunterschieden erster Ordnung mit drahtloser Uhrvergleichen in den Jahren 1924—1930. Mit 10 Abbildungen. Brugg 1936, in 4°. Fr. 12.—.
- XXII. Band. I. Das Geoidprofil im Parallelkreis der Eidgenössischen Sternwarte zu Zürich. Mit 2 Abbildungen, 6 Tafeln, 1 Karte und 1 Beilage. II. Die Aufnahme rhythmischer Zeitzeichen mit Hilfe der Methode des Koizidenzen-Bildes. Mit 2 Abbildungen. Brugg 1944, in 4°. Fr. 12.—.
- XXIII. Band. I. Die Basis-Messung und das Basis-Anschlussnetz von Ostermundigen 1913. Mit 13 Abbildungen. II. Bestimmung der Längendifferenz zwischen dem Koordinaten-Nullpunkt der Schweizerischen Landesvermessung und dem Trigonometrischen Hauptpunkt „Gurten Ost (B)“. Mit 2 Abbildungen. III. Bestimmung der Polhöhe des Koordinaten-Nullpunktes der Schweizerischen Landesvermessung und des Trigonometrischen Hauptpunktes „Gurten Ost (B)“. Brugg 1945, in 4°. Fr. 12.—.

**Nivellement de précision de la Suisse.** Livraison I—X. 1867—1891 in 4°. Chaque livraison Fr. 3.—. (Livraison I vergriffen.)

**Catalogue des Hauteurs suisses.** Second volume (X<sup>e</sup> Livr.) de « Nivellement de précision de la Suisse ». 1901, in 4°. Fr. 3.—.

**Bericht der Abteilung für Landestopographie** an die schweizerische geodätische Kommission über die **Arbeiten am Präzisionsnivellement der Schweiz** in den Jahren 1893—1903. Bearbeitet von Dr. J. Hilfiker. Mit einer Übersichtskarte. Zürich 1905, in 4°. Fr. 2.50.

**Nivellement und Schwere als Mittel zur Berechnung wahrer Meereshöhen.** Von Th. Niethammer. Mit 6 Figuren und 25 Tafeln. Basel 1932, in 4°. Fr. 8.—.