

**Bericht**  
der  
**Abteilung für Landestopographie**  
an die  
**Schweiz. geodätische Kommission**  
über die  
**Arbeiten am Präzisionsnivellement der Schweiz**  
in den Jahren 1893—1903.

~~~~~  
Bearbeitet von Dr. J. Hilfiker.

~~~~~  
Publiziert von der schweizerischen geodätischen Kommission.



**Zürich**  
Druck von Zürcher & Furrer.  
Kommissionsverlag von Fäsi & Beer.  
1905.

# Bericht

der

## Abteilung für Landestopographie

an die

### Schweiz. geodätische Kommission

über die

## Arbeiten am Präzisionsnivellement der Schweiz

in den Jahren 1893—1903.



Bearbeitet von Dr. **J. Hilfiker.**



Publiziert von der schweizerischen geodätischen Kommission.



**Zürich**

Druck von Zürcher & Furrer.  
Kommissionsverlag von Fäsi & Beer.  
1905.

## Inhalt.

---

|   | Seite |
|---|-------|
| Vorwort.  |       |
| Einleitung . . . . .  | 1     |
| Instrumente . . . . .   | 8     |
| Miren . . . . .   | 9     |
| Versicherungsnivellement . . . . .                                      | 16    |
| Publikation der Nivellementsresultate . . . . .                         | 21    |
| Einführung von Neuerungen behufs Erzielung besserer Resultate . . . . . | 22    |
| Anschlussnivellements an die Nachbarstaaten . . . . .                   | 34    |
| Schlusswort . . . . .   | 38    |



## Vorwort.

---

Durch die Publikation „Nivellement de précision de la Suisse“, deren zehnte und letzte Lieferung vom Jahre 1891 die Höhen der sämtlichen Fixpunkte enthielt, welche durch das 1865 bis 1887 ausgeführte Präzisionsnivellement der Schweiz bestimmt worden waren, hat die schweizerische geodätische Kommission die Grundlage für die Hypsometrie des Landes geschaffen. Die angegebenen Höhen beziehen sich auf den auf der „Pierre du Niton“ im Hafen von Genf angebrachten Bronzefixpunkt als Nullpunkt. Die in der erwähnten zehnten Lieferung, Seite 5, ausgesprochene Erwartung, es werde in einigen Jahren ein weiteres Verzeichnis publiziert werden können, in welchem die Höhen der schweizerischen Nivellementsfixpunkte auf einen international vereinbarten Meereshorizont bezogen werden könnten, hat sich leider nicht erfüllt. Die Gründe, welche sich dieser Absicht entgegensetzten, sind ausführlich besprochen in der Veröffentlichung der schweizerischen Landestopographie „Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz im Anschluss an den Meereshorizont“, bearbeitet von Dr. J. Hilfiker. Bern 1902.

Nach erfolgter Veröffentlichung der Ergebnisse des schweizerischen Präzisionsnivellements musste die nächste Sorge der Erhaltung der Fixpunkte zugewandt werden. Da die schweizerische geodätische Kommission damals nur einen einzigen Ingenieur beschäftigte, den sie für neue Aufgaben verwenden musste, überliess sie die Arbeit, welche zur Sicherstellung dieser Fixpunkte notwendig wurde, dem eidgenössischen topographischen Bureau und leistete daran von 1893 bis 1903 eine jährliche Subvention. Das topographische Bureau stattete der Kommission alljährlich einen Bericht ab über die ausgeführten Arbeiten, welcher jeweilen im Auszug in den Sitzungsprotokollen wiedergegeben wurde. Es zeigte sich, dass mit den Versicherungsarbeiten oft längere Kontrollnivellements Hand in Hand gehen mussten, um zu konstatieren, ob die Fixpunkte unverändert geblieben. Neue Nivellementslinien wurden beigefügt, sowohl im Innern des Netzes als auch im Anschluss an die Nivellements der Nachbarstaaten; Instrumente und Nivellementsmethoden erfuhren im Laufe der Zeit Abänderungen. In ihrer Sitzung vom 21. Februar 1903 beschloss die geodätische Kommission, das eidg. topographische Bureau um einen Bericht zu ersuchen, welcher eine Übersicht der seit 1890 ausgeführten Nivellementsarbeiten, die durch Kontrollnivellements konstatierten Differenzen und deren vermutliche Ursache, sowie eine Darstellung der an Instrumenten und Apparaten im Laufe der Zeit angebrachten Verbesserungen enthalten sollte<sup>1)</sup>.

Dieser Bericht ist nachstehend wiedergegeben. Er wurde mit einem vom Direktor der Abteilung für Landestopographie, L. Held, verfassten Schreiben vom 16. April 1904 der Kom-

---

<sup>1)</sup> Procès-verbal de la 47<sup>me</sup> séance de la Commission géodésique suisse, tenue le 21 février 1903, pag. 8.

mission überreicht, in welchem Schreiben der Inhalt der Arbeit und deren Ausführung in folgender knapper Form zusammengefasst ist:

„In Erfüllung Ihres Ersuchens haben wir ein Programm für diesen Bericht aufgestellt und unseren Nivellements-Ingenieur, Herrn Dr. Hilfiker, beauftragt, denselben abzufassen. Er ist dieser Aufgabe mit Eifer und Sachkenntnis nachgekommen und wir übergeben Ihnen den Bericht in der Erwartung, dass er alles bietet, was Sie zu wissen wünschen.“

„Es ist daraus ersichtlich, dass die Tätigkeit des topographischen Bureaus während der Berichtsperiode sich wesentlich nach zwei Zielen gruppieren lässt. In erster Linie handelte es sich um die Nutzbarmachung des Präzisionsnivellements der geodätischen Kommission für praktische Zwecke. Hieher gehören die Versicherungen der Fixpunkte, die Kontrollnivellements bestehender Strecken, die Nivellements neuer Linien für Hydrometrie, für Meteorologie, für Tunnelbauten, für die Anschlüsse des schweizerischen Höhennetzes an die Nachbarstaaten und schliesslich die Publikation über diese Arbeiten. Die andere Aufgabe, die das topographische Bureau zu lösen trachtete, betraf die systematische Untersuchung der Fehlerquellen und die Beseitigung derselben bei Ausführung der Präzisionsnivellements. Hiezu gehören die Anlage der Höhenmarken, die Untersuchung über die Stabilität der Fixpunkte, die Erprobung der Instrumente und Miren verschiedener Systeme, die Kontrolle der Lattenänderungen, die Vergleichung verschiedener Messmethoden, die Vervollkommnung der Berechnungen.“

„Der Bericht zeigt, welche Resultate diese oft kostspieligen und langwierigen Untersuchungen zeitigten. Wir glauben, dass damit sichere Grundlagen für die Ausführung eines neuen Landesnivellements geschaffen worden sind, einer Aufgabe, die die Abteilung für Landestopographie an die Hand nehmen wird. So behandelt der vorliegende Bericht eine Zeit, die zwischen dem ersten Präzisionsnivellement der Schweiz und dem projektierten zweiten Landesnivellement eine für sich abgeschlossene kurze Periode bildet, die einerseits zur Erhaltung des Bestehenden, anderseits zur Vorbereitung der neuen Arbeiten benützt worden ist.“

Die schweizerische geodätische Kommission hat allen Grund, dem Direktor der Landestopographie für die Bereitwilligkeit zu danken, mit welcher er die Ausarbeitung des nachfolgenden Berichtes behandeln liess. Sie spricht auch dem Verfasser, Herrn Dr. Hilfiker, ihren Dank aus für die Mühe und Hingebung, welche er bewiesen hat, um diesen Bericht erschöpfend zu behandeln. Es wäre kein besserer Autor zu finden gewesen, als gerade Herr Dr. Hilfiker, welcher während der ganzen Periode der Arbeiten den hervorragendsten Anteil daran genommen hat.

*Lausanne*, den 11. Dezember 1905.

Der Präsident  
der schweiz. geodätischen Kommission:  
**J. J. Lochmann.**

## Einleitung.

---

Im Jahre 1891 hat die schweizerische geodätische Kommission als zehnte Lieferung des Werkes „Nivellement de précision de la Suisse exécuté par la commission géodésique fédérale sous la direction de A. Hirsch et E. Plantamour“ den „Catalogue des hauteurs“ herausgegeben. Mit dieser Publikation, welche als Resultate der Ausgleichung des Netzes die definitiven Höhen der einnivellierten Höhenmarken über Pierre du Niton gibt, hat die geodätische Kommission den Teil ihrer Gradmessungsarbeiten, der sich mit dem Präzisionsnivellement der Schweiz befasst, zu einem vorläufigen Abschluss gebracht, und Professor Hirsch, der seit dem Tode von E. Plantamour vom Jahre 1882 ab die wissenschaftliche Leitung der bezüglichen Arbeiten allein weitergeführt hat, konnte dementsprechend in der Sitzung der geodätischen Kommission vom 7. Mai 1893 die Erklärung abgeben, dass er nun seine persönliche Direktion des schweizerischen Präzisionsnivellements als beendet betrachte<sup>1)</sup>.

In der gleichen Sitzung wies der damalige Chef des eidg. topographischen Bureau, Oberst J. J. Lochmann, mit Nachdruck auf die Notwendigkeit hin, unverzüglich Massregeln zu ergreifen, die geeignet wären, unser Nivellementsnetz für die Dauer möglichst intakt zu erhalten. Er teilt mit, dass eine Rekognoszierung des schweizerischen Nivellementsnetzes, die in den Jahren 1886 und 1887 von schweizerischen Ingenieuren im Auftrage der geodätischen Kommission durchgeführt worden ist, sehr ungünstige Resultate ergeben hat, indem 833, d. h. 63 % der in die Rekognoszierung einbezogenen Höhenpunkte als verloren zu betrachten sind, und dass 26 von den verlorenen Marken, d. h. 10 % auf die Fixpunkte erster Klasse entfallen, die als Bronzestempel in Mauerwerke und Felsen einzementiert worden waren<sup>2)</sup>. Ein weiteres Zuwarten in dieser Sache würde somit das ganze Werk, für das soviel Mühe, Zeit und Geld verwendet worden ist, in hohem Grade gefährden. Nun hat das topographische Bureau ein besonderes Interesse für die Erhaltung der Nivellementsfixpunkte durch seine Organe Sorge zu tragen, da es fast täglich in die Lage kommt, die Resultate des Präzisionsnivellements in seinen eigenen Arbeiten zu verwerten. Es hat deshalb, nachdem das eidg. Militärdepartement eine diesbezügliche Verfügung getroffen hatte, die sofortige Ausführung eines Versicherungsnivellements in sein Arbeitsprogramm erstmals 1893 aufgenommen, in der Absicht, einer weiteren Zerstörung Einhalt zu tun und um zu retten, was noch zu retten ist. —

Dieses Versicherungsnivellement besteht im wesentlichen darin, dass zunächst jede Linie des Netzes rekognosziert wird, in dem Sinne, dass alle Punkte derselben einer Beurteilung auf ihre Unveränderlichkeit, soweit dies ohne Instrumente überhaupt möglich ist, unterworfen werden.

---

<sup>1)</sup> Comm. géod. suisse, proc. verb. 1893, mai 7, p. 10.

<sup>2)</sup> Comm. géod. suisse, proc. verb. 1887, juin 19, p. 28.

Erscheint der Punkt als unverändert, so werden in dessen Nähe — wenn immer möglich — zwei Metallbolzen als Versicherungsmarken auf stabilen Objekten angebracht und an den erstern durch Doppelnivellements nach den Methoden des Präzisionsnivellements angeschlossen. Lässt dagegen der Befund des Augenscheins auf eine Veränderung in der Lage des Höhenpunktes schliessen oder ist letzterer als verloren zu betrachten, so sind im allgemeinen solche Punkte durch Anschluss an gute Punkte zu bestimmen, resp. zu ersetzen und dann auch zu versichern. Die Resultate werden unter Beigabe von Situations- und Detailcroquis der Höhenmarken in Lieferungen, die mit dem Gang der Arbeit Schritt halten sollen, publiziert.

Dieses Programm schliesst eine beträchtliche Arbeitssumme in sich ein und musste — der Kosten wegen — auf ein grösseres Zeitintervall verteilt werden. Mit Einstimmigkeit hat die geodätische Kommission in ihrer Sitzung vom 7. Mai 1893 beschlossen, hiefür dem topographischen Bureau eine Subvention zu gewähren<sup>1)</sup>). In den Budgetansätzen für 1891 bis 1893 hat dieselbe je Fr. 2500 als Auslagen für Nivellements eingestellt, während von 1893 ab die Summe auf Fr. 3000 erhöht als Beitrag an das topographische Bureau für Nivellementsarbeiten bis zum Jahre 1903 regelmässig im Budget aufgenommen worden ist. Über die Nivellementsarbeiten hat das topographische Bureau alljährlich einen Rapport erstattet, der mit dem Jahresprogramm für geodätische Arbeiten jeweilen im Schosse der Kommission diskutiert worden ist.

Das Versicherungsnivellement hat Veranlassung zu vielfachen Kontrollnivellements gegeben, aus denen als ein Hauptresultat immer deutlicher die Wahrnehmung sich ergeben hat, dass viele Strecken des alten Nivellements aus vielfachen Gründen, die im Verlaufe der vorliegenden Arbeit zur Sprache kommen werden, keine ausreichende Genauigkeit besitzen und einer Neubestimmung bedürfen, und es mussten deshalb für das eidg. topographische Bureau bei seinen Arbeiten am schweizerischen Präzisionsnivellement in Würdigung der vorliegenden Verhältnisse die folgenden Ziele bestimmend sein:

1. *Erhaltung und Ausbau des übernommenen Netzes* durch Versicherungs-, Kontroll- und Neunivellements.
2. *Technische Zwecke*: Nivellements für das eidg. Oberbauinspektorat; Bahn- und Tunnel-Nivellements; Anschluss der meteorologischen Stationen an das Netz des schweizerischen Präzisionsnivellements, etc.
3. *Kritik der bisherigen Arbeiten und Ableitung definitiver Anschlüsse an das Ausland.*

Das eidg. Oberbauinspektorat resp. das hydrometrische Bureau desselben hat seine Messungen an das schweizerische Präzisionsnivellement angeschlossen und zu dem Zwecke längs der Flussläufe eine grosse Anzahl von Anschlusspunkten erstellt, die vom topographischen Bureau im Versicherungsnivellement tunlichst berücksichtigt und neu bestimmt worden sind. Ausserdem ist das topographische Bureau durch das Arbeitsprogramm des hydrometrischen Bureau zu zahlreichen Neu- und Kontrollnivellements veranlasst worden, die sich in den Tabellen pag. 6/7 mit dem übrigen Beobachtungsmaterial zusammengestellt finden.

Bereits in der Sitzung vom 15. Mai 1892 ist der Wunsch des Direktors der schweizerischen meteorologischen Central-Anstalt, Dr. R. Billwiller, nach Anschluss der Stationen erster Ordnung des meteorologischen Netzes an das Präzisionsnivellement zur Sprache gekommen<sup>2)</sup> und im Jahre 1893 ist denn auch zwischen dem topographischen Bureau und der erwähnten Anstalt das Überein-

---

<sup>1)</sup> Comm. géod. Suisse, proc. verb. 1893, mai 7, p. 14.

<sup>2)</sup> Comm. géod. Suisse, proc. verb. 1892, mai 15, p. 27.

kommen getroffen worden, dass gegen eine entsprechende Subvention die wichtigeren meteorologischen Stationen, die im Bereiche des jeweiligen Arbeitsgebietes der Nivellements-Ingenieure liegen, an das Nivellementsnetz angeschlossen werden sollen<sup>1)</sup>. Für einige Stationen, wie Buus, Heiden u. a., sind grössere Anschlussnivellements nötig geworden und es sind dieselben in der Zusammenstellung pag. 6 durch die Bezeichnung „met.“, welche der Ordnungsnummer beigefügt ist, hervorgehoben.

Die von 1893 bis 1903 eingemessenen 51 meteorologischen Stationen finden sich in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

**Verzeichnis der meteorologischen Stationen,  
die von 1893 bis 1903 an das schweiz. Präzisionsnivellement angeschlossen worden sind.**

| Station               | Jahr | Station                     | Jahr | Station                | Jahr |
|-----------------------|------|-----------------------------|------|------------------------|------|
| Aarau . . . . .       | 1893 | Guttannen . . . . .         | 1901 | Sarnen . . . . .       | 1900 |
| Altdorf . . . . .     | 1902 | Haidenhaus . . . . .        | 1894 | Sargans . . . . .      | 1894 |
| Altstätten . . . . .  | 1894 | Heiden . . . . .            | 1893 | Schaffhausen . . . . . | 1895 |
| Andermatt . . . . .   | 1902 | Interlaken . . . . .        | 1901 | Schuls . . . . .       | 1899 |
| Basel . . . . .       | 1896 | Julierhospiz . . . . .      | 1901 | Schwäbrig . . . . .    | 1894 |
| Bex . . . . .         | 1896 | Kreuzlingen . . . . .       | 1893 | Seewis . . . . .       | 1898 |
| Bevers . . . . .      | 1898 | Lausanne (Belair) . . . . . | 1893 | Siders . . . . .       | 1896 |
| Buus . . . . .        | 1899 | Linthal-Auen . . . . .      | 1895 | Sils-Maria . . . . .   | 1899 |
| Castasegna . . . . .  | 1900 | Locarno . . . . .           | 1902 | Splügendorf . . . . .  | 1900 |
| Chur . . . . .        | 1895 | Lugano . . . . .            | 1902 | Territet . . . . .     | 1898 |
| Clarens . . . . .     | 1898 | Luzern (Musegg) . . . . .   | 1900 | Thun . . . . .         | 1893 |
| Davos-Platz . . . . . | 1898 | Maloja . . . . .            | 1900 | Unterhallau . . . . .  | 1896 |
| Ebnat . . . . .       | 1894 | Meiringen . . . . .         | 1901 | Wildhaus . . . . .     | 1894 |
| Engelberg . . . . .   | 1900 | Olten . . . . .             | 1893 | Winterthur . . . . .   | 1893 |
| Genf . . . . .        | 1893 | Porrentruy . . . . .        | 1899 | Zürich . . . . .       | 1893 |
| Glarus . . . . .      | 1895 | Ragaz . . . . .             | 1894 |                        |      |
| Göschenen . . . . .   | 1902 | Reichenau . . . . .         | 1896 |                        |      |
| Grimsel . . . . .     | 1901 | Rheinfelden . . . . .       | 1899 |                        |      |

Ordnen wir die meteorologischen Stationen den Jahren nach, wie sie an das Nivellementsnetz angeschlossen worden sind, so erhalten wir die nachstehende Vergleichung:

Es sind eingemessen worden:

|               |                              |
|---------------|------------------------------|
| Im Jahre 1893 | 9 meteorologische Stationen  |
| 94            | 7 " "                        |
| 95            | 4 " "                        |
| 96            | 5 " "                        |
| 97            | — " "                        |
| 98            | 5 " "                        |
| 99            | 5 " "                        |
| 1900          | 6 " "                        |
| 1901          | 5 " "                        |
| 1902          | 5 " "                        |
| <hr/>         |                              |
| 1893 bis 1902 | 51 meteorologische Stationen |

<sup>1)</sup> Comm. géod. Suisse, proc. verb. 1893, mai 7, p. 13.

Von den 51 eingemessenen Stationspunkten gehören 37 = 49 % zu den 75 Stationen des meteorologischen Netzes, an denen nach Angabe der Annalen der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt 1900, pag. 145 bis 194, Barometerbeobachtungen angestellt werden.

Von den *trigonometrischen Signalen* der Landestopographie sind diejenigen einnivelliert worden, die für ein Präzisionsnivellement überhaupt zugänglich sind und welche in der Nähe von Nivellementslinien liegen.

Zu grössern nivellitischen Arbeiten ist das topographische Bureau durch den Bau des Simplon- und Albulatunnels und die Vorstudien für die Lötschbergbahn veranlasst worden, indem es auf Wunsch der betreffenden Gesellschaften die Ausführung der grundlegenden Präzisionsnivellements übernommen hat. Für den Simplon sind schon von 1898 an in der Nähe der Tunnelportale zwischen Brig und oberhalb Berisal, und von oberhalb Gondo bis Iselle Kontrollnivellements der alten Linie ausgeführt worden, auf welche wir noch zurückkommen werden; 1900 ist auch die Bergstrecke Berisal-Simplon-Gondo mit zwei Latten neu durchnivelliert worden, und im Simplontunnel haben seit Beginn der Bohrungsarbeiten Ingenieure des topographischen Bureau bei Anlass der Verifikation der Tunnelachse zahlreiche Tunnelnivellements ausgeführt.

Für die Rhätische Bahn ist 1898 das vom eidg. hydrometrischen Bureau bis Bergün gewünschte Albulanivellement bis in die Nähe des Nordportals des Tunnels bei Preda fortgesetzt, dann über den Berg weiter bis zum Anschlusspunkt in Ponte und über Bevers hinaus ins Beverstal in die Nähe des Südportals des Albulatunnels geführt worden.

Die Vorstudien zum Baue der Lötschbergbahn haben das Nivellement von Kanderbrücke bei Spiez nach Frutigen-Kandersteg auf der Nordseite und Gampel-Kippel auf der Südseite des Lötschberges veranlasst.

Vereinigen wir die in der Zeit von 1893 bis Ende 1902 vom eidg. topographischen Bureau ausgeführten Streckennivellements in die zwei Gruppen:

1. Kontrollnivellements alter Linien und
2. Neunivellements,

so erhalten wir die folgenden Kilometerzahlen, wenn wir die Distanzen für die Doppelnivellements doppelt zählen:

*Frühling 1893 bis Herbst 1902.*

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| Ausgeführte Kontrollnivellements | 609 km |
| „ Neunivellements                | 1065 „ |

---

Zusammen 1674 km Streckennivellements.

In den vorstehenden Zahlen sind nur die fortlaufenden oder Streckennivellements berücksichtigt worden, während die kleineren Operationen, wie sie im Versicherungsnivellement fast ausschliesslich vorkommen, sowie die Anschlüsse von meteorologischen Stationen, die nicht grössere Nivellements erfordert haben, nicht mitgezählt sind. Die Versicherung des alten Nivellementsnetzes ist bis auf die Strecken Brissago-Canobbio-Iselle, die auf italienischem Gebiete liegen, beendigt, so dass zu den obigen 1674 km Streckennivellements noch die auf eine Ausdehnung von zirka 4300 km sich verteilenden Versicherungsnivellements zu zählen sind.

In der folgenden Tabelle geben wir die Anzahl der Feldtage, welche für die Arbeiten des Präzisionsnivelements in der Zeit von 1893 bis Ende 1902 von den Ingenieuren und Zeichnern des topographischen Bureau verwendet worden sind. Wir entnehmen dieselben einer statistischen Zusammenstellung, welche die Abteilung für Landestopographie durch Ingenieur *Simonett* aus den Monats- und Jahresberichten der Beamten hat ausführen lassen.

| Jahr      | Anzahl der Feldtage     |          | Total |
|-----------|-------------------------|----------|-------|
|           | Nivellements-Ingenieure | Zeichner |       |
| 1893      | 365                     | —        | 365   |
| 94        | 344                     | —        | 344   |
| 95        | 377                     | —        | 377   |
| 96        | 404                     | —        | 404   |
| 97        | 341                     | 147      | 488   |
| 98        | 524                     | 217      | 741   |
| 99        | 423                     | 281      | 704   |
| 1900      | 391                     | 344      | 735   |
| 01        | 276                     | 282      | 558   |
| 02        | 307                     | 288      | 595   |
| 1893—1903 | 3752                    | 1559     | 5311  |

Die Tabellen pag. 6/7 enthalten eine Zusammenstellung der von 1893 bis Ende 1902 ausgeführten Kontroll- und Neunivellements mit den zugehörigen Genauigkeitsnachweisen. Wir teilen sie ein in Gruppen nach der Art ihrer Beobachtung, indem wir unterscheiden zwischen Doppelnivellements, Nivellements im Polygon und einfachen Anschlussnivelements, ausgeführt mit einer und zwei Latten.

Bezeichnen wir mit  $\Delta$  die Differenzen aus den Höhenunterschieden von zwei in der Distanz von  $a$  km aufeinanderfolgenden Höhenmarken zwischen Hin- und Rücknivellement, und ist die Anzahl der Höhenpunkte  $n + 1$ , so ist

1. der mittlere Einkilometerfehler des einfachen Nivellements

$$m = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{[\Delta\Delta]}{n}}$$

2. der mittlere Einkilometerfehler des Mittelwertes aus dem Hin- und Rücknivellement

$$M = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}$$

Formel 1 wenden wir auch auf den Fall des einfachen Nivellements mit zwei Latten an und bezeichnen alsdann mit  $\Delta$  die Differenzen aus den Höhenunterschieden der beiden Latten.

In der bisher üblichen Formel für den Einkilometerfehler: Schlussfehler dividiert durch  $\sqrt{k}$ , welche auf den folgenden Tabellen ebenfalls figurirt, bedeutet  $k$  die Kilometerzahl.

### 1. Doppelnivellements mit einer Latte.

| Nr.    | Nivellements-Linie                 | Jahr der Aus-führung | Distanz | $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{[\Delta d]}{\alpha}}$ | $\frac{[\Delta]}{\sqrt{2k}}$ | Beobachter               | Bemerkungen  |
|--------|------------------------------------|----------------------|---------|--|------------------------------|--------------------------|--|
|        |                                    |                      |         | km   | mm                           |                          |  |
| 1      | Sargans-Ragaz . . . . .            | 1894—97              | 8,0     | $\pm 1,49$                                     | $\pm 1,15$                   | J. Hilfiker u. O. Straub | Kontrollnivellement  |
| 2 met. | Ziegelbrücke-Linthal . . . . .     | 1895                 | 31,5    | 0,78   | 1,10                         | J. Hilfiker              | Neuniv.  |
| 3      | Zurzach-Oberlauchringen . . . . .  | 1896                 | 10,1    | 0,61   | 0,73                         | J. Hilfiker              | "  |
| 4      | Koblenz-Döttingen . . . . .        | 1896                 | 6,4     | 0,69   | 0,39                         | J. Hilfiker              | "  |
| 5 met. | Schaffhausen-Unterhallau . . . . . | 1896                 | 18,2    | 0,65   | 0,78                         | J. Hilfiker u. W. Schüle | "  |
| 6      | Jestetten-Rheinau . . . . .        | 1896                 | 10,0    | 0,59   | 1,45                         | J. Hilfiker              | "  |
| 7      | Basel-Lörrach . . . . .            | 1896                 | 8,9     | 0,59   | 0,76                         | W. Schüle                | "  |
| 8 met. | Rheinfelden-Buus . . . . .         | 1896                 | 9,9     | 0,96   | 0,61                         | W. Schüle u. H. Frey     | "  |
| 9      | Chessel-St. Gingolph . . . . .     | 1897                 | 11,0    | 0,59   | 1,28                         | J. Hilfiker              | "  |
| 10     | Aigle-Illarsaz . . . . .           | 1897                 | 3,8     | 0,95   | 1,34                         | J. Hilfiker              | "  |
| 11     | Genève-Chancy . . . . .            | 1897                 | 24,2    | 1,24   | 4,17                         | H. Frey                  | "  |
| 12     | Hard-Lindau . . . . .              | 1895—96              | 19,8    | —  | 1,59                         | J. Hilfiker u. O. Straub | Kontrollniv. ; d. meist. Höhenpunkte zeigen b. d. 2. Operation Senkungen |
| 13     | Aarberg-Hagneck . . . . .          | 1898                 | 8,5     | 1,17   | 2,82                         | H. Frey                  | Neuniv.  |
| 14     | Luzern-Küssnacht . . . . .         | 1899                 | 12,8    | 1,14   | 1,84                         | H. Frey                  | Kontrollniv.   |

### 2. Einfache Polygonnivellements mit einer Latte.

| Nr.     | Nivellements-Linie                                   | Jahr der Aus-führung | Distanz | Schluss-fehler | $\frac{\text{Schluss-fehler}}{\sqrt{k}}$ | Beobachter               | Bemerkungen                              |
|---------|--|----------------------|---------|----------------|--|--------------------------|--|
|         |  |                      |         | km             | mm                                       |                          |  |
| 15 met. | Rorschach - Heiden - Rheineck-Rorschach . . . . .    | 1893                 | 25      | —              | —  | J. Hilfiker              | Rheineck-Rorschach. Kontrollnivellement  |
| 16      | Pfäffikon - Uznach - Rapperswil-Pfäffikon . . . . .  | 1894                 | 30      | —              | —  | J. Hilfiker u. O. Straub | Pfäffikon - Siebnen. Kontrollnivellement |
| 17      | Eglisau-Glattfelden-Rheinfelden-Eglisau . . . . .    | 1896                 | 12,8    | 1,0            | $\pm 0,28$                               | J. Hilfiker              | Glattfelden-Eglisau. Kontrollnivellement |
| 18      | Rheinfelden - Stein-Laufenburg-Rheinfelden . . . . . | 1896                 | 51,3    | 11,5           | 1,61                                     | W. Schüle                | Am deutschen Rheinufer. Neunivellement   |
| 19      | Villeneuve-Roche-Chessel-Villeneuve . . . . .        | 1897                 | 10,9    | 2,3            | 0,70                                     | J. Hilfiker              | Villeneuve-Roche. Kontrollniv.           |

### 3. Einfache Polygonnivellements mit zwei Latten.

| Nr. | Nivellements-Linie   | Jahr der Aus-führung | Polygon-länge | Schluss-fehler | $\frac{\text{Schluss-fehler}}{\sqrt{k}}$ | $\sqrt{\frac{[\Delta d]}{2n}}$ | Beobachter             | Bemerkungen   |
|-----|--|----------------------|---------------|----------------|--|--------------------------------|------------------------|---|
|     |  |                      |               |                | km                                       | mm                             |                        |   |
| 20  | Bex-Monthey-St. Triphon-Bex . . . . .                                | 1897                 | 16,5          | 3,5            | $\pm 0,86$                               | $\pm 1,19$                     | J. Hilfiker u. Buffat  | St. Triphon-Bex. Kontrollniv. m. einer Latte v. Ing. Buffat |
| 21  | St. Imier-Renan-Chaux-de-Fonds - Hautgeneveys-St. Imier . . . . .    | 1898—99              | 49,5          | 8,1            | 1,15                                     | 0,90                           | J. Hilfiker            | Hautgeneveys - Dombresson. Neunivellement.                  |
| 22  | St. Imier-Sonceboz-Bienne-Neuchâtel-Hautgeneveys-St. Imier . . . . . | 1899—01              | 95,2          | 18,0           | 1,85                                     | 1,10                           | H. Frey u. J. Hilfiker | Dombresson-Hautgeneveys. Neuniv.                            |

#### 4. Einfache Nivellements mit einer Latte.

| Nr. | Nivellements-Linie                               | Jahr der Ausführung | Einfache Länge |      | Anschlussfehler | Anschlussfehler<br>$\sqrt{2k}$ | Beobachter               | Bemerkungen                                  |
|-----|--|---------------------|----------------|------|-----------------|--------------------------------|--------------------------|--|
|     |  |                     | km             | mm   |                 |                                |                          |  |
| 23  | Aarburg-Herzogenbuchsee-Solothurn-Biel . . . . . | 1893                | 82,0           | —    | —               | —                              | O. Straub                | Aarburg-Herzogenbuchsee. Kontrollnivellement |
| 24  | Frauenfeld-Wil-Wildhaus-Werdenberg . . . . .     | 1893—94             | 80,0           | 89,4 | —               | —                              | O. Straub u. J. Hilfiker | Neunivellement                               |
| 25  | Weinfeld-Bischofszell-Wil . . . . .              | 1893                | 32,0           | —    | —               | —                              | O. Straub                | Neunivellement                               |
| 26  | Sargans-Rheineck . . . . .                       | 1894                | 120,0          | —    | —               | —                              | O. Straub                | Kontrollnivellement                          |
| 27  | Rothenbrunnen-Thusis . . . . .                   | 1895                | 9,0            | —    | —               | —                              | J. Hilfiker              | Kontrollnivellement                          |
| 28  | Koblenz-Leibstadt-Laufenburg . . . . .           | 1896                | 20,0           | 7,0  | 1,11            | —                              | J. Hilfiker              | Neunivellement                               |
| 29  | Rheinfelden-Basel . . . . .                      | 1896                | 17,0           | 16,0 | —               | —                              | W. Schüle                | Kontrollnivellement                          |
| 30  | Zug-Ägeri-Sattel . . . . .                       | 1898                | 21,0           | —    | —               | —                              | W. Schüle                | Neunivellement                               |
| 31  | Turgi-Brugg . . . . .                            | 1900                | 3,5            | 1,6  | 0,61            | —                              | J. Hilfiker              | Kontrollnivellement                          |

#### 5. Einfache Nivellements mit zwei Latten.

| Nr. | Nivellements-Linie                                  | Jahr der Ausführung | Einfache Länge |      | Anschlussfehler | Anschlussfehler<br>$\sqrt{2k}$ | $\sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}}$ | Beobachter                                 | Bemerkungen |
|-----|---|---------------------|----------------|------|-----------------|--------------------------------|------------------------------------|--|-------------|
|     |   |                     | km             | mm   |                 |                                |                                    |  |             |
| 32  | Martigny-Branson-Fully-Charrat-Riddes . . . . .     | 1897                | 18,7           | 7,2  | ±1,18           | ±0,78                          | J. Hilfiker                        | Charrat-Riddes. Kontrollniv.               |             |
| 33  | Delémont - Porrentruy - Boncourt-Delle . . . . .    | 1897                | 42,0           | —    | —               | 0,99                           | "                                  | Neunivellement                             |             |
| 34  | Genève-Moillesullaz . . . . .                       | 1898                | 5,6            | —    | —               | 0,85                           | "                                  | Kontrollnivellement                        |             |
| 35  | Thusis - Tiefencastel - Albulaponte . . . . .       | 1898                | 59,0           | 18,0 | 1,67            | 0,93                           | "                                  | Neunivellement                             |             |
| 36  | Ponte-Val Bevers . . . . .                          | 1898                | 8,5            | —    | —               | 0,79                           | "                                  | ⊙ 20 Bevers bis Val Bevers. Neunivellement |             |
| 37  | Thusis - Tiefencastel - Wiesen-Davos Dorf . . . . . | 1898                | 53,6           | 14,0 | 1,36            | 0,75                           | "                                  | Neunivellement                             |             |
| 38  | Thusis-Tiefencastel-Julier-Silvaplana . . . . .     | 1898—99             | 60,2           | 7,4  | 0,67            | 0,91                           | "                                  | "  |             |
| 39  | Spiez-Frutigen-Kandersteg . . . . .                 | 1899                | 36,1           | —    | —               | 0,74                           | "                                  | "  |             |
| 40  | Gampel-Kippel . . . . .                             | 1899                | 12,0           | —    | —               | 1,21                           | H. Frey                            | "  |             |
| 41  | Brugg-Cham-Luzern (Hofkirche) . . . . .             | 1900                | 75,3           | 19,6 | 1,60            | 0,48                           | J. Hilfiker                        | "  |             |
| 42  | Cham-Zug . . . . .                                  | 1900                | 5,8            | —    | —               | 0,49                           | "                                  | "  |             |
| 43  | Luzern-Stans-Engelberg . . . . .                    | 1900                | 37,5           | —    | —               | 0,65                           | "                                  | "  |             |
| 44  | Stans-Buochs . . . . .                              | 1900                | 6,1            | —    | —               | 0,23                           | "                                  | "  |             |
| 45  | Berisal-Simplon-Gondo . . . . .                     | 1900                | 25,0           | —    | —               | 1,39                           | H. Frey                            | Kontrollnivellement                        |             |
| 46  | Brienzwiler - Guttannen - Grimsel-Gletsch . . . . . | 1901                | 52,1           | 82,4 | —               | 0,67                           | J. Hilfiker                        | "  |             |
| 47  | Küssnacht-Goldau . . . . .                          | 1900                | 11,6           | —    | —               | 1,11                           | H. Frey                            | "  |             |
| 48  | St. Blaise-Morat . . . . .                          | 1901                | 21,5           | —    | —               | 1,17                           | "                                  | "  |             |
| 49  | Spiezwiler-Zweisimmen-Saanen . . . . .              | 1902                | 52,1           | —    | —               | 0,50                           | J. Hilfiker                        | Neunivellement                             |             |

## Instrumente.

An Instrumenten hat das topographische Bureau von der geodätischen Kommission die für das Präzisionsnivellement 1865 von *Kern* in Aarau konstruierten Nivellierinstrumente I und II (welche jetzt die Nummern 12 und 13 tragen) übernommen. Im Winter 1895/96 ist bei Kern ein neues Präzisions-Nivellierinstrument (Nr. 16) bezogen worden, das, im wesentlichen gleich gebaut wie die alten, doch einige Verbesserungen aufweist. Um ein Mittel an der Hand zu haben, auf beliebige Distanzen die persönliche Gleichung des Beobachters, die im Nivellement besonders bei Ungeübten, ganz erhebliche Beträge annehmen kann, mit Sicherheit zu irgend einem Zeitpunkt ableiten zu können, ist dem gewöhnlichen Okularauszug mit festen Fäden noch eine besondere Auszugsröhre mit einem beweglichen Faden beigegeben worden, die dem Ingenieur mit Leichtigkeit gestattet, seine persönliche Gleichung auf ihre Unveränderlichkeit zu untersuchen. Dann ist bei diesem Instrument die Elevationsschraube geteilt und mit einem Index versehen worden, was sich so ausgezeichnet bewährt hat, dass diese einfache Neuerung, die Ingenieur W. Schüle zuerst 1895 für Instrument 13 hat einführen lassen, eine besondere Erwähnung verdient. Wie im „Nivellement de précision de la Suisse“ pag. 35 nachzulesen ist, sind für die Instrumente I und II sehr empfindliche Libellen gewählt worden, indem für beide der mittlere Wert eines Niveauteiles

$$1'' = 1'',41$$

beträgt. Solche empfindliche Niveaux sind schätzenswert in allen Fällen, in denen eine stabile Aufstellung des Instruments ermöglicht ist, bringen aber im Felde, besonders auf verkehrsreichen Strassen und im Bereich der grossen Städte bedeutende Unzukömmlichkeiten mit sich und sind deshalb zur Zeit in den Präzisionsnivellements fast aller Länder durch weniger empfindliche Libellen ersetzt worden. So hat z. B. die preussische Landesaufnahme seit 1879 statt einer Viersekundenlibelle ein Niveau mit einer Empfindlichkeit von acht Sekunden verwendet<sup>1)</sup>. In Frankreich ist im neuen „Nivellement général“ eine Zwölfsekundenlibelle in Anwendung gekommen<sup>2)</sup>. Es hat denn auch das topographische Bureau Libellen mit einem mittleren Teilwert von zirka fünf Sekunden eingeführt. Die alten von der geodätischen Kommission übernommenen Libellen sind den Instrumentenkistchen als Reservelibellen beigegeben.

Ein neues Nivellierinstrument nach System *Seibt* ist vom topographischen Bureau im Winter 1901/02 bei F. W. Breithaupt in Kassel bezogen worden. Das Instrument hat eine zentrisch wirkende Feinschraube. Die zwei Fernrohrlibellen haben Werte von 5,32 resp. 5,35 Sek. Die Brennweite beträgt 460 mm, die Objektivöffnung 42 mm und die orthoskopischen Okulare haben eine 42fache resp. 32fache Vergrößerung. Das Fernrohr ruht in seinem Lager auf Stahlprisma und Schraubenkopf und kann daher nur umgelegt, aber nicht um seine Längsachse gedreht werden. Die im Kernschen Instrument als „Ungleichheit der Zapfenringe“ vom Beobachter nicht korrigierbar auftretende Fehlergrösse kann also hier durch Drehung des Unterlagsschraubenkopfes vom Ingenieur beseitigt werden.

<sup>1)</sup> Nivellements der trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme, Band 5, pag. 1 bis 8.

<sup>2)</sup> v. Kalmar, Bericht über die Präzisionsnivellements in Europa. I. E. Verh. 1893, Genf, pag. 123.

## Miren.

Von den alten Miren I und II der geodätischen Kommission war 1893 keine mehr in feldtüchtigem Zustand und es ist deshalb schon 1889/90 eine neue Mire III bei Kern in Aarau bezogen worden. Das topographische Bureau hat dann im Winter 1892/93 eine Reversionsmire (Nr. IV) bestellt und im weitem Verlauf seiner Nivellementsarbeiten bis 1898 noch vier Präzisionsmiren angeschafft, von denen Latte VIII eine Kompensationslatte nach System Goulier, angefertigt von Portier in Paris, darstellt, während die Miren III sowie V–VII gleich gebaut sind wie die Miren I und II des Nivellement de précision de la Suisse und ebenfalls von Kern stammen.

Nun besteht bekanntlich die Lattenteilung in Centimeterfeldern und vom Ingenieur wird verlangt, dass er seine Fadenablesungen mit einer Genauigkeit von einigen Zehntelmillimetern ausführe. Das ist aber ohne weitere Hilfsmittel eine schwierige Aufgabe, und es lag deshalb nahe, im Gebirgsnivellement Latten zu verwenden, bei denen in den weissen Centimeterfeldern die Millimeterstriche mittelst der Teilmaschine eingezogen worden sind, denn im gebirgigen Terrain werden die Zielweiten so kurz, dass auch feine Striche im Fernrohr noch deutlich sichtbar sind. Diese Neuerung ist im Winter 1895/96 bei Mire VI eingeführt worden und hat sich so gut bewährt, dass sie auch bei allen andern Miren durchgeführt worden ist. Bislang war ein Bergnivellement ausserordentlich ermüdend, denn die Anzahl der Instrumentenstationen wächst mit der Steigung des Terrains und die Abschätzung der Centimeterfelder mit einer Genauigkeit von Zehntelmillimetern verlangt viel Übung und grosse Vorsicht von Seiten des Beobachters und ist mit erheblichen Fehlern verbunden, welche den Millimeter erreichen können, sobald die Visuren sehr ungleich werden, denn das Auge schätzt ungleich beim Übergang von kurzen auf lange Distanzen und umgekehrt. Auch werden die Beobachtungsfehler im fortlaufenden Nivellement nur dann sich gegenseitig zum grossen Teil aufheben, wenn sie als zufällige kleine Grössen aufgefasst werden können, die eben so oft positiv als negativ auftreten. Ist aber der Millimeter auf der Latte gegeben, so bietet auch die Abschätzung von Zehntelmillimetern keine Schwierigkeiten mehr. Andererseits ist der Beobachter wesentlich entlastet, was sich in einer vermehrten Arbeitsleistung bemerkbar machen muss. Ausserdem können die Feldvergleiche der Latte mit dem Stahlstabe, von denen in „Höhenverhältnisse der Schweiz“<sup>1)</sup> ab pag. 27 ausführlich die Rede ist, an dieser Teilung selbst und an so vielen Stellen der Latte geschehen, als dies für die wünschenswerte Genauigkeit des Nivellements erforderlich erscheint. Bislang sind diese Vergleiche seit Übernahme des Präzisionsnivellements durch das topographische Bureau an drei verschiedenen Metern der Latte vorgenommen worden, nämlich den extremen Metern 0,15–1,15 und 1,90–2,90, sowie an einem Meter der Mitte 1,15–2,15 und diese drei Meter sind mit dem mittleren Lattenmeter jährlich wenigstens zweimal am Komparator der Eichstätte verglichen worden.

Wie aus der Zusammenstellung der Resultate der Feldvergleiche pag. 30 der „Höhenverhältnisse“ zu ersehen ist, zeigen alle Latten ganz erhebliche von der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit abhängende Veränderungen des mittleren Lattenmeters, so Mire IV 0,52 und 0,43 mm für den Sommer 1894 und 1895 und Mire V gar 0,62 mm für die Zeit vom 18. VIII bis 18. X 1898. Nun kommt es in unserem Lande leicht vor, dass während einer Sommercampagne Höhendifferenzen von über 1000 m nivelliert werden, so dass ein Fehler in der Bestimmung des mittleren

<sup>1)</sup> J. Hilfiker, Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz, im Anschluss an den Meereshorizont. Bern 1902.

Lattenmeters von nur einem Hundertstelsmillimeter für diese Höhendifferenz schon 1 cm ausmacht. Es braucht aber sehr sorgfältige und zahlreiche Vergleichen, wenn die wirkliche Unsicherheit pro Meter nicht den doppelten Betrag, d. h. 0,02 mm erreichen soll. Sicherlich ist die Unveränderlichkeit der Miren früher zu optimistisch beurteilt worden und wenn der schweizerische Delegierte bei der internationalen Erdmessung im Jahre 1894 glaubte sagen zu dürfen<sup>1)</sup>: „La plupart des constructeurs ont soin de plonger les mires dans l'huile bouillante et de les peindre ensuite; avec ces précautions les mires, ainsi qu'on a pu le constater en Suisse, ne varient plus avec l'humidité que dans une mesure presque négligeable“, so mag diese Anschauung dadurch hervorgerufen worden sein, dass bis 1893 gar keine Feldvergleichen der Latten vorgenommen wurden und die Herbstvergleichen der Miren am Komparator in Bern gewöhnlich nicht unmittelbar nach Schluss der Campagne ausgeführt worden sind, sondern in der Regel erst, nachdem die Miren in einem geschlossenen Raume, somit jedes Jahr in nahe denselben Bedingungen, sich eine oder mehrere Wochen ausgeruht hatten. Es fehlte also das Material, aus dem die wirklichen Bewegungen des Lattenmeters hätten abgeleitet werden können.

Eine lehrreiche Illustration hiezu haben wir in den Resultaten, die wir aus den alten und neuen Nivellements der Jurassischen Polygone Nr. 21 und 22 von pag. 6 ableiten können, denn wir erhalten, wenn wir in beiden Nivellements die im „Catalogue des hauteurs“ für die Höhenmarke N. F. 2 in Neuchâtel, welche auf Felsen angebracht ist und unveränderlich erscheint, angegebene Höhe über Pierre du Niton als Ausgangshöhe beibehalten, die nachfolgende Zusammenstellung<sup>2)</sup>:

| Fixpunkte                  | Höhe über Pierre du Niton                           |  | Differenz<br>altes — neues<br>Nivellement |
|----------------------------|---|--|---|
|                            | Altes Nivellement 1865—1866<br>ohne Feldvergleichen | Neues Nivellement 1899—1901<br>mit Feldvergleichen |   |
|                            | m   | m  | mm  |
| Neuchâtel . . . . N. F. 2  | + 106,959   | + 106,959  | 0   |
| Bienne . . . . . N. F. 21  | + 65,865  | + 65,820   | + 45                                      |
| Sonceboz . . . . N. F. 22  | + 279,210   | + 279,118  | + 92                                      |
| St-Imier . . . . . N. F. 6 | + 437,686   | + 437,491  | + 195                                     |
| La Chaux-de-fonds N. F. 7  | + 615,356   | + 615,259  | + 97                                      |
| Hauts-Geneveys . ⊙ 55      | + 614,189   | + 614,056  | + 133                                     |
| Le Locle . . . . . N. F. 8 | + 548,928   | + 548,819  | + 109                                     |

Die Differenzen zwischen den beiden Nivellements, die den Höchstbetrag von 195 mm in St-Imier zeigen, fallen hauptsächlich der Unkenntnis der wahren Lattenlängen im alten Nivellement zur Last, doch muss bemerkt werden, dass die Anomalie in der Strecke Neuchâtel—Bienne noch anderweitige Gründe haben muss.

Das neue Nivellement gibt für den Anschluss in Locle an das französische Präzisionsnivellement als Meereshöhe von Pierre du Niton unter Berücksichtigung der orthometrischen Korrektion 373,640 m, d. h. gerade das einfache Mittel, das aus sämtlichen Anschlüssen mit Frankreich erhalten wird, während das alte Nivellement 373,537 m ergeben würde.

<sup>1)</sup> A. Hirsch, I. E. Verh. 1894, Innsbruck, pag. 130.

<sup>2)</sup> Höhenverhältnisse der Schweiz, pag. 68—69. Comm. géod. Suisse, proc. verb. 1902, pag. 30—31.

Ähnliche Anomalien von fast ebenso hohem Betrage treten im alten Anschlussnivellement der geodätischen Kommission zwischen Delémont und Delle auf, das in den Jahren 1890/91 in drei Operationen mit je einer Latte ausgeführt worden ist, ohne dass Feldvergleichen der Latte vorgenommen worden sind. Die Resultate der drei Nivellements zeigen in einzelnen Bergstrecken sehr grosse, von den Lattenkoeffizienten abhängige Fehler, so z. B. gehen zwischen Rangiers und Porrentruy auf eine horizontale Distanz von 15,1 km und zirka 433 m Höhenunterschied die erste und dritte Messung um 151 mm und zwischen Rangiers und Boncourt auf 28,2 km Distanz und zirka 485 m Höhendifferenz gar um 179 mm auseinander. Eine neue vierte Operation war somit unabweislich und ist im Auftrage des eidg. topographischen Bureau in den Jahren 1896/97 als Nivellement mit zwei Latten vom Referenten ausgeführt worden, wobei zahlreiche Lattenvergleichen im Felde angestellt worden sind<sup>1)</sup>. Die Resultate der vier Nivellements sind in der folgenden Tabelle für drei nahe gleich lange Sektionen, von denen die beiden ersten die stellenweise sehr steile Bergstrecke darstellen, zusammengestellt:

**Nivellement Delémont—Rangiers—Porrentruy—Boncourt.**

| Nivellementsstrecke                         | Distanz | Höhenunterschied |            |             |                   |               |                               |
|---|---------|------------------|------------|-------------|-------------------|---------------|-------------------------------|
|   |         | I<br>1891        | II<br>1891 | III<br>1892 | Mittel<br>1891—92 | IV<br>1896—97 | IV<br>Diff.<br>der<br>2 Latt. |
|   | km      | m                | m          | m           | m                 | m             | mm                            |
| Delémont N. F. 44 bis Rangiers N. F. 336    | 13,3    | + 428,4215       | + 428,4151 | + 428,5311  | + 428,4559        | + 428,4470    | — 1,0                         |
| Rangiers N. F. 336 bis Porrentruy N. F. 337 | 15,1    | — 432,6236       | — 432,6737 | — 432,7752  | — 432,6908        | — 432,6814    | + 1,4                         |
| Porrentruy N. F. 337 bis Boncourt N. F. 338 | 13,1    | — 52,8132        | — 52,8446  | — 52,8407   | — 52,8328         | — 52,8210     | — 0,4                         |
| Delémont N. F. 44 bis Boncourt N. F. 338    | 41,5    | — 57,0153        | — 57,1032  | — 57,0848   | — 57,0677         | — 57,0554     | 0,0                           |

Die Maximaldifferenz zwischen den zwei Latten der Operation *IV* von Fixpunkt zu Fixpunkt ist 5,6 mm, entsprechend einer Distanz von 4,3 km und einer Höhendifferenz von 64 m. In den Sektionen haben sich diese Fehler zumeist aufgehoben.

Der Umstand, dass in den Operationen I bis III zwischen Delémont und Boncourt auch in der relativ ebenen Strecke Porrentruy-Boncourt auf nur 13 km Distanz Differenzen bis 31,4 mm vorkommen, lässt darauf schliessen, dass die Unsicherheit in der Bestimmung der wahren Lattenlänge nicht ausschliesslich die auftretenden grossen Fehler hervorgerufen hat und dass jedenfalls ein guter Teil derselben andern Gründen zugeschrieben werden muss.

Ähnliche Fehler zeigt das Grimselnivellement, das die geodätische Kommission im Jahre 1880 zwischen Brienz und Gletsch als Doppelnivellement hat ausführen lassen<sup>2)</sup>. Die beiden Messungen weichen von N. F. 187 Brienz bis N. F. 159 Rhonebrücke bei Gletsch für eine Distanz von 45 km und einen Höhenunterschied von 1145 m um 398 mm von einander ab und die Polygone, in welche diese Linie eingeht, zeigen so grosse Schlussfehler (281 und 101 mm), dass das Grimselnivellement in der Ausgleichung des schweizerischen Nivellementsnetzes nicht berücksichtigt worden ist. Im Jahre 1901 — also nach Eröffnung der neuen Grimselstrasse — hat das eidg.

<sup>1)</sup> Comm. géod. suisse proc. verb. 1898, 11 juin, pag. 23.

<sup>2)</sup> Niv. préc. suisse, pag. 525. — Comm. géod. suisse, proc. verb. 1902, pag. 33; vergl. auch G. Autran, sur les conditions d'exécution du niv. Brienz—Gletsch en 1880, comm. géod. suisse, proc. verb. 1903, pag. 58.

topographische Bureau dieses Nivellement vom Referenten mit zwei Latten wiederholen lassen, wobei sich in Vergleichung mit dem früheren Nivellement folgendes Resultat als Gesamthöhenunterschied ergeben hat:

| Strecke                                | Distanz    | 1880. G. Autran |                 |                 | 1901<br>J. Hilfiker    |
|--|------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|
|  |            | Hinmessung      | Rückmessung     | 1880 Mittel     | Mittel aus<br>2 Latten |
| ⊙ 46 Halteli bis N. F. 159 Gletsch . . | km<br>51,5 | m<br>+ 1138,324 | m<br>+ 1137,922 | m<br>+ 1138,123 | m<br>+ 1138,232        |

Zwischen Brienz N. F. 187 und Grimselospiz N. F. 238 ist im Nivellement vom Jahre 1880 der Unterschied zwischen Hin- und Rückmessung 0,349 m auf 1306 m Höhendifferenz, und zwar ist die zweite Messung in allen Teilstrecken stets kleiner als die Hinmessung, nämlich im Mittel 0,267 mm für den Meter, sodass die Annahme möglich erschien, dass um diesen Betrag bei der zweiten Messung der Lattenmeter beständig grösser war, als bei der ersten Messung. Zur Erklärung dieses Umstandes hat Herr Dr. Messerschmitt seinerzeit auf die häufige Nebelbildung im Gebirge in der Herbstzeit aufmerksam gemacht, die einen grössern Feuchtigkeitsgrad der Luft hervorbringt, als dies in den Sommermonaten gewöhnlich der Fall ist, sodass eben infolge dieser Luftfeuchtigkeit die Latte eine grössere Länge angenommen hätte<sup>1)</sup>. Diese Erklärung ist indessen nicht stichhaltig, denn aus den Feldbüchern geht hervor, dass der ausführende Ingenieur nicht zuerst von Brienz bis Gletsch in einem Zuge nivelliert und dann nach Vollendung des Hin-nivellements die Rückmessung in einem Zuge ausgeführt, sondern dass er vielmehr die einzelnen Teilstrecken von ein und mehr Kilometer Länge durch doppelte Messung gleich erledigt hat, sodass in beiden Operationen nahezu dieselben meteorologischen Bedingungen und für die Latte keine grosse Verschiedenheiten der Luftfeuchtigkeit auftreten. Ausserdem geht aus der folgenden Zusammenstellung der Resultate der Hin- und Rückmessung von Teilstrecken auf der Poststrasse Meiringen—Innertkirchen mit relativ geringen Höhenunterschieden und mit Höhenpunkten, die auf Felsen angebracht und somit für die Zwischenzeit der beiden Operationen keiner Veränderung verdächtig sind, mit aller Bestimmtheit hervor, dass die auch hier auftretenden unzulässigen Fehler nicht allein durch die Unsicherheit der Lattenlänge erklärt werden können.

| Nivellementsstrecke                           | Distanz   | Höhenunterschied        |                          |                |                                 |                                   |
|---|-----------|-------------------------|--------------------------|----------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|   |           | Hin-<br>messung<br>1880 | Rück-<br>messung<br>1880 | Mittel<br>1880 | Nivell. mit<br>2 Latten<br>1901 | Differenz<br>der beiden<br>Latten |
| ⊙ 3 Willigen, Fels bis Kirchet ⊙ 4 Fels . .   | km<br>1,0 | m<br>+ 42,721           | m<br>+ 42,700            | m<br>+ 42,710  | m<br>+ 42,710                   | mm<br>— 0,2                       |
| ⊙ 4 Fels Kirchet bis Kirchet ⊙ 5 Fels . . .   | 1,3       | — 39,862                | — 39,872                 | — 39,867       | — 39,861                        | + 0,9                             |
| ⊙ 5 Fels Kirchet bis Innertkirchen ⊙ 7 Fels . | 3,6       | — 2,451                 | — 2,483                  | — 2,467        | — 2,465                         | — 2,6                             |
| ⊙ 3 Willigen, Fels bis ⊙ 7 Innertkirchen Fels | 5,9       | + 0,408                 | + 0,345                  | + 0,376        | + 0,384                         | — 1,9                             |

<sup>1)</sup> J. B. Messerschmitt, Über die Veränderlichkeit der Nivellierlatten, Schweiz. Bauzeitung 1894, Bd. 23, pag. 39.

Wie wir pag. 4 erwähnt haben, sind auch in Berisal und von Gondo nach Iselle neuere Kontrollnivellements des alten Simplonnivellements ausgeführt worden. Aus diesen Kontrollnivellements geht mit Sicherheit hervor, dass das erste 1870 zwischen Brig und Berisal durchgeführte Nivellement infolge unsicherer Lattenlängen mit einem Fehler von 0,13 m behaftet ist. Wir geben in der folgenden Tabelle die Vergleichung zwischen den alten und neuen Resultaten<sup>1)</sup>.

| Nivellementsstrecke                          | Distanz | Höhenunterschied |               |            |             |
|--|---------|------------------|---------------|------------|-------------|
|  |         | 1870             | 1873          | 1898       | 1899        |
|  |         | I. Operation     | II. Operation | H. Frey    | J. Hilfiker |
|  | km      | m                | m             | m          | m           |
| Brig N. F. 84 bis ⊙ 5 Fels . . . . .         | 2,92    | + 186,0120       | + 185,9781    | + 185,9867 | —           |
| ⊙ 5 " ⊙ 6 " . . . . .                        | 0,38    | + 25,3192        | + 25,3144     | + 25,3125  | —           |
| ⊙ 6 " ⊙ 11 " . . . . .                       | 3,04    | + 278,7978       | + 278,7402    | + 278,7072 | —           |
| ⊙ 11 " ⊙ 14 " . . . . .                      | 1,61    | + 131,5501       | + 131,5285    | + 131,5626 | —           |
| ⊙ 14 " ⊙ 17 Brücke . . . . .                 | 1,03    | + 50,1625        | + 50,1483     | + 50,1381  | + 50,1351   |
| ⊙ 17 " N. F. 85 Ganterbrücke . . . . .       | 2,51    | + 51,5480        | + 51,5482     | + 51,5467  | + 51,5443   |
| Brig N. F. 84 bis Berisal N. F. 85 . . . . . | 11,49   | + 723,3896       | + 723,2577    | + 723,2538 | —           |
| Berisal N. F. 85 bis Berisal ⊙ 23 . . . . .  | 4,30    | + 265,0405       | + 265,0320    | + 265,0154 | + 265,0092  |
| Gondo ⊙ 54 Fels bis ⊙ 61 Iselle . . . . .    | 8,93    | — 330,5102       | — 330,5060    | — 330,4771 | — 330,4794  |

Die Notwendigkeit von Lattenvergleichen während des Nivellements geht aus diesen Zahlen zur Genüge hervor. Im Jahre 1900 hat das eidg. topographische Bureau die Bergstrecke ⊙ 23 Berisal—⊙ 54 Gondo von Ingenieur H. Frey mit zwei Latten neu nivellieren lassen, und nach den Ergebnissen dieses Nivellements würde ⊙ 61 in Iselle um 114 mm höher zu liegen kommen, als im „Catalogue des hauteurs“ angegeben ist. Die Ergebnisse dieses Kontrollnivellements haben aber noch keinen definitiven Charakter, dagegen ist vorgesehen, dass nach Vollendung der Tunnelbohrung ein Doppelnivellement mit zwei Latten durch den Tunnel und ein ebensolches über den Simplonpass geführt werden soll, sodass aus deren Resultaten, verbunden mit denjenigen aus den zahlreichen zwischen Brig und Iselle angelegten Pendelstationen interessante Aufschlüsse zu erwarten sind.

Sehr gut hat sich die im neuen französischen Nivellement général ausschliesslich angewandte Kompensationsmire nach System Goulier bewährt, und wenn diese Latte etwas mehr gegen Durchbiegung geschützt wird, als das bis jetzt der Fall gewesen ist, so wird sie sich ganz besonders für das Nivellement im Gebirge eignen, denn die Ablesung der Kompensationsteilungen geschieht so mühelos und die Übereinstimmung zwischen den Längenänderungen der Latte, geschlossen aus diesen Ablesungen und den Vergleichen am Komparator der Eichstätte, ist eine so grosse, dass ihr ein entschiedenes Übergewicht über die andern Latten zukommt.

Wir geben in der folgenden Tabelle die dem jetzigen Stande des Vergleichsmaterials entsprechende Ergänzung der Zusammenstellung auf pag. 33 der „Höhenverhältnisse der Schweiz“:

<sup>1)</sup> Comm. géod. suisse, proc. verb. 1900, 12 mai, pag. 20.

| Datum der Vergleichung           | Kompensationsmire VIII<br>Mittlerer Lattenmeter aus<br>Vergleichung am Komparator | Ablesung der<br>Kompensations-<br>teilungen A + B | Reduzierter mittlerer<br>Lattenmeter für<br>A + B = 2,35 mm |
|----------------------------------|---|---|---|
|                                  | m   | mm  | m   |
| 1899 Juni 29                     | 0,99986   | 2,27  | 0,99994   |
| Sept. 19                         | 0,99997   | 2,39  | 0,99993   |
| 1900 April 3                     | 0,99981   | 2,23  | 0,99993   |
| Sept. 8                          | 1,00000   | 2,43  | 0,99992   |
| 1901 Mai 5                       | 0,99988   | 2,31  | 0,99992   |
| Okt. 3                           | 0,99997   | 2,42  | 0,99990   |
| Novbr. 19                        | 0,99994   | 2,38  | 0,99991   |
| Novbr. 22                        | 0,99991   | —   | —   |
| 1902 März 19                     | 0,99971   | 2,16  | 0,99990   |
| Okt. 29                          | 0,99996   | 2,44  | 0,99987   |
| Novbr. 6                         | 0,99993   | 2,41  | 0,99987   |
| Novbr. 7                         | 0,99994   | 2,38  | 0,99991   |
| 1903 Mai 16                      | 0,99995   | 2,38  | 0,99992   |
| Okt. 28                          | 0,99993   | 2,36  | 0,99992   |
| Mittel aus 13 Vergleichungen . . | 0,999911  | 2,35  | 0,999911  |

Das Gesamtmittel des auf  $A + B = 2,35$  mm reduzierten mittleren Lattenmeters aus den 13 Vergleichungen am Komparator der Eichstätte, für welche Ablesungen der Kompensationsteilungen vorliegen, ist  $999,911 \text{ mm} \pm 0,006$ ; mittlerer Fehler einer Bestimmung  $\pm 0,021$  mm. Lassen wir die beiden Vergleichungen von 1902, 29. Oktober und 6. November, für welche eine Wiederholung am 7. November gemacht worden ist, weg, so wird das Mittel

$$999,918 \text{ mm} \pm 0,004.$$

$$\text{Mittlerer Fehler einer Bestimmung} = \pm 0,016 \text{ mm.}$$

Voraussichtlich werden die Resultate künftig sich noch günstiger gestalten, wenn die Vergleichung der Mire am Komparator der Eichstätte nicht von zwei Beobachtern ausgeführt wird, wie das z. B. 1902 Oktober 29 und November 6 der Fall gewesen ist, sondern wenn die Ablesung an beiden Mikroskopen von einem einzigen, geübten Beobachter geschieht, indem auf diese Weise die persönliche Gleichung, die zwischen zwei verschiedenen Beobachtern immer besteht, eliminiert erscheint. — Das gleiche gilt auch für die Vergleichung der Stahlmeterstäbe, mit welchen die Feldvergleichungen der übrigen Latten vorgenommen werden. Hier bilden die Teilstriche der Silberplättchen der Stabenden für die Mikroskopablesungen entfernt nicht die Schwierigkeiten, wie dies bei Holzteilungen der Fall ist, wo besonders bei längerem Gebrauch der Latten es vorkommen kann, dass der Beobachter im Zweifel ist, was er im Mikroskop eigentlich einstellen soll, und doch treten in den einzelnen Resultaten der Vergleichungen der Stäbe am Komparator Anomalien auf, welche die aus den Komparatorvergleichungen gerechneten mittleren Fehler um das zehnfache übersteigen können. Zum Belege hiefür teilen wir die bis jetzt vorliegenden Resultate für die Stäbe IV und VII mit.

Für Stab IV sind gelegentlich auf der Eichstätte besondere Vergleichungen mit grossen Temperaturintervallen zur Ableitung des Ausdehnungskoeffizienten ausgeführt worden, die als Mittelwert

$$\text{Koeff. IV} = 0,0000116 \text{ m}$$

ergeben haben. Für Stab VII erhalten wir aus dem vorliegenden Vergleichsmaterial der Eichstätte:

$$\text{Koeff. VII} = 0,0000095 \text{ m.}$$

| Meterstahlstab Nr. IV |          |                      |            |                     | Meterstahlstab Nr. VII |           |                      |            |                     |
|-----------------------|----------|----------------------|------------|---------------------|------------------------|-----------|----------------------|------------|---------------------|
| Datum                 |          | Vergl. am Komparator | Temperatur | Reduziert auf 15°,4 | Datum                  |           | Vergl. am Komparator | Temperatur | Reduziert auf 16°,4 |
|                       |          | m                    | Celsius    |                     |                        |           | m                    | Celsius    |                     |
| 1900                  | April 3  | 0,999752             | 13,9       | 0,999770            | 1898                   | März 24   | 0,999901             | 16,6       | 0,999899            |
|                       | Novbr. 8 | 0,999800             | 17,5       | 0,999776            |                        | Novbr. 4  | 0,999879             | 15,4       | 0,999888            |
| 1901                  | Mai 8    | 0,999751             | 15,2       | 0,999753            | 1899                   | April 20  | 0,999852             | 15,2       | 0,999863            |
|                       | Okt. 3   | 0,999811             | 16,7       | 0,999795            |                        | Novbr. 18 | 0,999864             | 13,4       | 0,999892            |
|                       | " 31     | 0,999751             | 14,5       | 0,999761            | 1900                   | März 24   | 0,999869             | 17,5       | 0,999859            |
|                       | Novbr. 8 | 0,999737             | 12,5       | 0,999770            | 1901                   | Mai 1     | 0,999862             | 15,3       | 0,999872            |
| 1902                  | März 17  | 0,999811             | 18,0       | 0,999781            |                        | Okt. 31   | 0,999859             | 14,2       | 0,999880            |
|                       | Okt. 29  | 0,999757             | 13,5       | 0,999779            | 1902                   | Febr. 17  | 0,999867             | 15,4       | 0,999876            |
| 1903                  | Mai 16   | 0,999752             | 15,8       | 0,999747            |                        | Aug. 4    | 0,999921             | 20,8       | 0,999879            |
|                       | Okt. 28  | 0,999793             | 16,6       | 0,999779            | 1903                   | Mai 30    | 0,999913             | 19,7       | 0,999882            |
| Mittel                | . . . .  | 0,999771             | 15,4       | 0,999771            | Mittel                 | . . . .   | 0,999879             | 16,4       | 0,999879            |

Bilden wir aus den Abweichungen der reduzierten Stablängen vom Mittel den mittleren Fehler einer reduzierten Stablänge, so stellt sich derselbe übereinstimmend für beide Stäbe auf

$$\pm 0,014 \text{ mm}$$

während am Komparator aus der Übereinstimmung aus den zehn Einzelvergleichen, die gewöhnlich zu einem Mittel vereinigt sind, der mittlere Fehler eines Einzelresultates im Maximum auf  $\pm 0,017$  mm ansteigt, woraus für ein Tagesresultat eine Maximalunsicherheit von nur  $\pm 0,005$  mm folgt. Es zeigen aber unsere Zusammenstellungen für beide Stäbe gar Differenzen von 0,042 mm, sodass die mikroskopischen Vergleichen am Komparator noch mit systematischen Fehlern behaftet erscheinen.

Um nun zu untersuchen, mit welcher Genauigkeit die Ableitung der Lattenkoeffizienten durch die Feldvergleichung eines Stahlstabes an drei verschiedenen Metern der Latte ausgeführt werden kann, sind im Sommer 1903 die Latten IV, V und VII während einigen Tagen nach einander mit den beiden Stahlstäben Nr. IV und Nr. VII verglichen worden und es haben sich hiebei die nachstehenden Resultate ergeben:

| Datum        | Mire              | Lattenkoeffizient aus Vergleichung mit |          | Differenz IV-VII | Datum        | Mire             | Lattenkoeffizient aus Vergleichung mit |          | Differenz IV-VII |
|--------------|-------------------|--|----------|------------------|--------------|------------------|--|----------|------------------|
|              |                   | Stab IV                                | Stab VII |                  |              |                  | Stab IV                                | Stab VII |                  |
|              |                   | mm                                     | mm       | mm               |              |                  | mm                                     | mm       | mm               |
| 1903 Juni 8  | V . . . . .       | -0,070                                 | -0,067   | -0,003           | 1903 Juli 14 | IV 2 . . . . .   | -0,145                                 | -0,165   | +0,020           |
| 1903 " 9     | VII . . . . .     | -0,016                                 | +0,012   | -0,028           | 1903 " 16    | IV 1 . . . . .   | -0,074                                 | -0,057   | -0,017           |
| 1903 " 9     | V . . . . .       | -0,051                                 | -0,057   | +0,006           | 1903 " 16    | IV 2 . . . . .   | -0,170                                 | -0,167   | -0,003           |
| 1903 " 10    | VII . . . . .     | +0,007                                 | +0,013   | -0,006           | 1903 " 18    | IV 1 . . . . .   | -0,042                                 | -0,025   | -0,017           |
| 1903 " 10    | V . . . . .       | -0,070                                 | -0,063   | -0,007           | 1903 " 18    | IV 2 . . . . .   | -0,152                                 | -0,131   | -0,021           |
|              | Reversionsmire    |  |          |                  | 1903 " 20    | IV 1 . . . . .   | -0,013                                 | -0,026   | +0,013           |
| 1903 Juli 11 | IV 1 (kl. Zahlen) | -0,043                                 | -0,062   | +0,019           | 1903 " 20    | IV 2 . . . . .   | -0,123                                 | -0,140   | +0,017           |
| 1903 " 11    | IV 2 (gr. Zahlen) | -0,101                                 | -0,136   | +0,035           | 1903 " 23    | IV 1 . . . . .   | +0,020                                 | +0,016   | +0,004           |
| 1903 " 14    | IV 1 . . . . .    | -0,050                                 | -0,057   | +0,007           | 1903 " 23    | IV 2 . . . . .   | -0,116                                 | -0,120   | +0,004           |
|              |                   |  |          |                  | 1903 . . .   | Mittel . . . . . | -0,071                                 | -0,072   | +0,001           |

Der mittlere Fehler des Mittels aus den Differenzen IV—VII ist  $\pm 0,004$  mm, derjenige eines Einzelwertes  $\pm 0,017$  mm. Der mittlere absolute Betrag der Differenzen stellt sich auf 0,013 mm, der Maximalwert ist 0,035 mm und auf 17 Werte entfallen 9 positive und 8 negative Resultate. Etwas systematisches ist mit Sicherheit nicht zu erkennen. Ein erheblicher Teil des Fehlers hängt jedenfalls von der Unsicherheit ab, mit welcher die Temperaturbestimmung des Stahlstabes behaftet ist. Eine weitere nicht unbeträchtliche Fehlerquelle ist in dem Auftreten einer Parallaxe beim Vergleichen mit einer gewöhnlichen Lupe zu suchen, die durch Wiederholung der Ablesungen nicht eliminiert wird, da sie als systematischer Fehler allen Beobachtungen mehr oder weniger anhaftet. Es wird sich also lohnen, Versuche mit Glasplatten anzustellen, die seit Kurzem mit vollendet scharfer Teilung in der Länge von einem Meter hergestellt werden können.

## Versicherungsnivellement.

Das alte Netz des schweizerischen Präzisionsnivellements mit einer Ausdehnung von zirka 4300 km ist mit den neuen Linien in übersichtlicher Weise in der beigegebenen Karte dargestellt. Es zerfällt in 16 Polygone, die Punkte von grossen Höhenunterschieden verbinden, denn der höchste Punkt des Netzes liegt auf 2055 m über Pierre du Niton, während die niedrigste Höhenmarke 176 m unter Pierre du Niton gelegen ist, sodass zwischen dem höchsten und tiefsten Punkte ein Höhenunterschied von 2231 m besteht. Nun ist in den Niederungen mit Nachdruck darauf gehalten worden, die Nivellementslinien so kurz wie möglich zu gestalten und infolgedessen sind dieselben, wo immer es anging, längs den Bahnlängen gelegt worden. Es hat aber im Laufe der Jahre die Erfahrung in allen Ländern, welche ein Präzisionsnivellement ausgeführt haben, gezeigt, dass eine Anlage von Nivellementslinien längs den Eisenbahnen zu den ungünstigsten gehört, die es geben kann, denn abgesehen von den vielfachen Störungen, denen die Ausführung von Nivellements durch die passierenden Züge ausgesetzt sind und welche die Genauigkeit der Resultate beeinträchtigen müssen, sind die Höhenmarken zu sehr der Veränderung und Zerstörung ausgesetzt, denn die Bahnbrücken, auf denen die Höhenpunkte sich hauptsächlich angebracht finden, werden so vielfach umgebaut und erneuert, dass hiedurch im Laufe der Zeit eine grosse Zahl der Höhenmarken verloren gehen muss.

Dann ist in dem alten schweizerischen Netze in der Anlage der Höhenmarken ein Prinzip befolgt worden, das in der spätern Entwicklung grosse Nachteile zur Folge haben musste, indem nämlich im Interesse eines möglichst raschen Fortschreitens der Arbeiten die Ingenieure veranlasst worden sind, ohne vorheriges Rekognoszieren der Linien die Höhenpunkte auf Objekten mit Farbe zu markieren, die sie gegen Schluss ihrer Tagesarbeit am Wege finden würden. Diese Punkte wurden meist erst nachträglich von Organen der kantonalen Verwaltung eingemeisselt, und so kommt es denn, dass die überwiegende Zahl der Höhenmarken im Flachlande während der ganzen Dauer der Beobachtungen auf wenig stabilen Objekten wie Dohlendeckeln, Mark- und Abweissteinen etc. angebracht worden sind. Im Alpenlande liegen die Verhältnisse glücklicherweise günstiger, indem hier die Höhenmarken vorwiegend auf guten Felsen haben angebracht werden können und es zeigt denn auch die statistische Zusammenstellung der Ergebnisse des Versicherungsnivellements, dass im Gebiete der Hochalpen unsere Höhenmarken nur geringe

Verluste aufweisen, indem zum Beispiel in Graubünden auf den meist hochgelegenen Linien Martinsbruck—Engadin—Chiavenna—Splügen—Thuisis und Süs—Davos—Landquart auf 178 ursprünglich angelegte Marken 135 = 76 % als intakt und 28 Marken = 16 % als zerstört auftreten und die übrigen zweifelhaft sind, während auf der Linie Genf—Lausanne—Freiburg—Bern—Olten—Zürich—Steckborn—Rheineck von den nach dem „Catalogue des hauteurs“ ursprünglich vorhandenen 404 Punkten nur 139 = 34 % als intakt angenommen werden können und 206 Höhenmarken = 51 % als völlig unbrauchbar resp. zerstört beurteilt worden sind<sup>1)</sup>. Es rächt sich hier eben, dass die Nivellementsingenieure die Linien nicht zum voraus für eine möglichst günstige Anlage der Höhenpunkte rekognoszieren mussten, und es rächt sich im Ferneren die Beschränkung der Form, welche für die Höhenmarken des alten Netzes besteht, indem bekanntlich die alten schweizerischen Höhenpunkte erster Ordnung in Bronzezylindern bestehen, die nur in horizontaler Stein- resp. Mauerfläche einzementiert werden können, während die Höhenpunkte zweiter Ordnung nur Kreuze darstellen, die mit dem Meissel in Felsen, zumeist aber in Brüstungen und Widerlagern von Brücken, in Durchlassdeckel, Treppentritte, Mark- und Abweissteinen oder Wegweisersockel eingehauen und mit dem Zeichen N. F. (Nivellement fédéral) versehen worden sind. So erklärt sich denn, dass in der Nähe der Städte diese Punkte zweiter Ordnung auf grosse Strecken durch Ausführung von technischen Arbeiten, wie Anlage von Strassenbahnen, Kanälen etc., zerstört worden sind. Wir haben hiefür ein lehrreiches Beispiel auf der Strecke Zürich—Dietikon, indem zwischen N. F. 109 Bahnhof Zürich und N. F. 113 Kirche Dietikon auf eine Distanz von 11 km von den 8 Höhenmarken zweiter Ordnung des „Catalogue des hauteurs“ zur Zeit keine einzige mehr vorhanden ist. Aber auch im offenen Gelände unserer Niederungen sind diese Höhenpunkte vielfacher Zerstörung ausgesetzt, indem zum Beispiel auf dem Nivellementszug Pfäffikon—Schwyz<sup>2)</sup> von den 33 ursprünglich angelegten Punkten nur 9 = 27 % intakt geblieben, dagegen 22 = 67 % zerstört worden sind. Von den 12 alten Punkten zweiter Ordnung der Linie Murten—Freiburg<sup>3)</sup> sind noch 2 = 17 % unverändert und 9 = 75 % zerstört. Von den 23 alten Punkten zweiter Ordnung zwischen Neuchâtel und Murten<sup>4)</sup> ist ein einziger = 4 % als intakt gefunden worden. Von den 9 alten Höhenmarken zwischen Pierreabot (Neuchâtel) und Hautgeneveys<sup>5)</sup> ist kein einziger mehr intakt; auf der Bahnstrecke Romont—Freiburg—Bern<sup>6)</sup> sind von 37 alten Marken zweiter Ordnung noch 8 = 22 % unverändert, dagegen 21 = 57 % zerstört und auf der Linie Morges—Yverdon sind zwischen Ⓞ 62 in Gollion-Allens und N. F. 16 in Yverdon, das heisst auf eine Strecke von 29 km alle 22 alten Punkte des „Catalogue des hauteurs“ zerstört<sup>7)</sup>.

*Rechnen wir von den 2233 Höhenmarken des „Catalogue des hauteurs“ die 90 Höhenpunkte ab, die auf italienischem Gebiete zwischen Ⓞ 61 in Iselle und Ⓞ 57 unweit Brissago liegen und nicht rekognosziert worden sind, so müssen von den 2143 verbleibenden, ursprünglich vorhandenen Punkten 969 = 45 % als vollständig verloren betrachtet werden.*

<sup>1)</sup> Comm. géod. suisse, proc. verb. 1894, 27 mai, pag. 23.

<sup>2)</sup> Catalogue des hauteurs, pag. 43/44.

<sup>3)</sup> Catalogue des hauteurs, pag. 12/13.

<sup>4)</sup> Catalogue des hauteurs, pag. 12.

<sup>5)</sup> Catalogue des hauteurs, pag. 19.

<sup>6)</sup> Catalogue des hauteurs, pag. 13 und 23.

<sup>7)</sup> Catalogue des hauteurs, pag. 10 und „Die Fixpunkte des schweiz. Präzisionsnivellements“, Lieferung 16, pag. 6.

Es war somit für das topographische Bureau bei Beginn des Versicherungsnivellements im Jahre 1893 eine absolute Notwendigkeit, die Form der Höhenmarken so abzuändern, dass letztere nicht nur in horizontalen, sondern auch in vertikalen Stein- resp. Mauerflächen einzementiert und einnivelliert werden können, da es nur auf diese Weise möglich erscheint, im Weichbilde der Städte, sowie auch anderswo, ein Netz von Höhenpunkten herzustellen, das auf eine grosse Zahl von Jahren intakt erhalten werden kann. Es sind deshalb im Jahre 1893 für die Fixpunkte erster und zweiter Ordnung Metallschilder, beziehungsweise Metallbolzen eingeführt worden, wie sie in der Übersichtstabelle zu den Lieferungsheften der „Fixpunkte des schweizerischen Präzisionsnivelements“ dargestellt sind.

Die vom topographischen Bureau im Zeitraum von 1893 bis 1903 verwendeten Höhenmarken zerfallen darnach in:

1. *Hauptfixpunkte oder Höhenmarken erster Ordnung.* Hier sind zu unterscheiden:
  - a) Die Bronzeplatten nach früherem System, die mit N.F. und einer Nummer bezeichnet werden und nur in horizontale Steinflächen eingelassen werden können.
  - b) Die Bronzeschilder nach neuem System, die mit N ⊙ F. und einer für die ganze Schweiz fortlaufenden Numerierung bezeichnet werden und die in horizontale wie vertikale Steinflächen eingelassen werden können.
2. *Höhenmarken zweiter Ordnung.* Diese zerfallen in:
  - a) Bronzebolzen mit der Bezeichnung ⊕ und einer Nummer; sie können in horizontalen und vertikalen Steinflächen eingelassen werden.
  - b) Die bisher üblichen Kreuze mit der Bezeichnung ⊙ und einer Nummer. (Neue Punkte dieser Art sind nur ausnahmsweise angebracht worden.)
  - c) Eisenschrauben, nur in horizontale Steinflächen einzuzementieren, mit der Bezeichnung ••, wo die Nummer des Bronzebolzens, dem solche Eisenbolzen beigeordnet werden, zugesetzt wird.

Für die Ingenieure ist 1895 eine Instruktion ausgearbeitet worden, welche vorschreibt, dass die Fixpunkte nur auf fest fundierten Objekten in möglichst geschützter Lage anzubringen sind und dass Wehrsteine, ungemauerte Dohlenplatten und ähnliche Objekte zu den Versicherungen nicht benützt werden dürfen, sodass alle Punkte des alten Nivellements, die derartig ungünstig angebracht worden sind, als zweifelhaft, das heisst unsicher in ihrer Höhenlage gelten und nur dann versichert werden dürfen, wenn sie durch Kontrollnivelement mittelst Anschluss an sichere Punkte neu bestimmt werden. Da es aber nicht möglich ist, alle zweifelhaften Höhenmarken neu anzuschliessen, so wurde festgesetzt, dass derartige Anschlussnivelements, die doppelt zu führen sind, falls nicht im Polygon nivelliert wird, für einen Punkt im allgemeinen nicht mehr als zwei Tage Zeit erfordern dürfen.

Als schlecht geeignet für Versicherungen werden in der Instruktion im weitern bezeichnet: Schwellen von Haus- und Gartentüren, Wegweisersockel, Treppentritte, Quaimauern etc.; dagegen werden als gute Objekte empfohlen: Felsen, Sockel, Säulen und Strebepfeiler von älteren Gebäuden, Widerlager und Pfeiler von Brücken, wobei aber die Versicherungspunkte nicht in den Deckplatten anzubringen sind. Über die Versicherungen ist ein Protokoll zu führen, welches Angaben über die Lage der alten Punkte und den Zustand, in dem man sie vorgefunden hat, enthalten soll. Für das rasche Auffinden und sichere Beurteilen von Höhenmarken sind gute Croquis in Situation und Detail sehr förderlich und deshalb sind solche Aufnahmen vom topographischen Bureau vorgeschrieben worden.

Sehr wichtig ist der Überwachungsdienst des Nivellementsnetzes für Erhaltung der Höhenmarken und da es unmöglich erscheint, von einer Centralstelle aus ohne Mitwirken der kantonalen Behörden von allen Veränderungen im Netze, die im Versetzen oder gänzlichen Entfernen von Höhenmarken infolge von Bauten und technischen Unternehmungen aller Art, sowie — was am häufigsten vorkommt — in böswilligen Beschädigungen der Fixpunkte bestehen, sichere und rasche Kenntnis zu erhalten, so war das topographische Bureau stets bestrebt, für die Erhaltung der Fixpunkte die Kantons- und Gemeindebehörden bestmöglichst zu interessieren und dieselben zu bestimmen, die Aufsicht über die in ihrem Arbeitsgebiet befindlichen Höhenmarken durch die Strassenaufseher zu organisieren. Die Vorsorge für Erhaltung der Fixpunkte muss eine stetige Aufgabe der Abteilung für Landestopographie bleiben und wird nur dann erfolgreich werden, wenn es gelingt, die zuständigen Behörden zu einer regelmässigen Inspektion der Höhenmarken durch technische Beamte zu veranlassen und den Inspektionsbefund an die genannte Abteilung weiter zu leiten.

Die geodätische Kommission hatte bereits in ihrer Sitzung vom Jahre 1888 in einem Schreiben an den Bundesrat geeignete Massregeln von Seiten der eidgenössischen und kantonalen Behörden gewünscht, um einer zunehmenden Zerstörung der trigonometrischen Signale und der Höhenmarken des Präzisionsnivellements vorzubeugen<sup>1)</sup>, und 1893 hat das eidg. topographische Bureau ein Zirkular an die Kantonsregierungen erlassen, in dem ausgeführt wird, dass eine Mithilfe der Kantone im Überwachungsdienste des Nivellementsnetzes durch das kantonale technische Personal als unbedingt geboten erscheint, da nur durch ständige Rapporte an das topographische Bureau als Centralstelle für Ersatz von beschädigten oder zerstörten Höhenmarken gesorgt werden kann. Bei Anlass von Revisionen der kantonalen Triangulationen und bei Gelegenheit von Zusendung neuer Verzeichnisse von Nivellementsfixpunkten hat das eidg. topographische Bureau nicht versäumt, darauf wiederholt und eindringlich zurückzukommen; indessen hat nicht viel mehr erreicht werden können, als dass die meisten Kantonsregierungen eine diesbezügliche Bekanntmachung im „Amtsblatt“ veröffentlicht haben und nur in vereinzelt Fällen ist man durch Einführung gesetzlicher Bestimmungen dem ersehnten Ziele näher getreten.

Es wird also notwendig sein, die Bevölkerung über die Bedeutung und den Wert der Fixpunkte des Präzisionsnivellements noch eindringlicher aufzuklären als dies bis anhin der Fall gewesen ist und es dürfte sich lohnen, die Höhenmarken durch Anbringen von Täfelchen, welche die Inschrift „Höhenmarke“ und die Höhe über Meer enthalten, dem Publikum verständlicher und gewissermassen wertvoll zu machen. Das hat die Verwaltung der frühern „Vereinigten Schweizerbahnen“ getan, als sie gelegentlich der auf Verlangen des schweizerischen Eisenbahndepartements ausgeführten Nivellements der eisernen Brücken von mehr als 10 m Stützweite Bronzefixpunkte erstellen liess. Bei diesem Anlasse sind bei all diesen Brücken mindestens vier Fixpunkte angebracht worden und zwar je einer auf den Widerlagern und zwei ausserhalb der Brücke. Die Fixpunkte auf den Widerlagern sind durch 10 cm lange Bronzeyylinder von 4 cm Durchmesser, die etwa 9 cm in die Quader eingelassen sind, dargestellt. Diejenigen ausserhalb der Brücke bestehen in 2,2 m langen Schienenpfosten mit Bronzeyylinder am oberen Ende und werden etwa 2 m in den Boden eingelassen. Besondere Täfelchen enthalten die Höhe über Meer.

---

<sup>1)</sup> Comm. géod. suisse, proc. verb. 1888, 5 août, pag. 37.

Vom Jahre 1902 an hat die Abteilung für Landestopographie auf den neuen Nivellements-linien die Eigentümer von Gebäuden oder Landparzellen, an denen Höhenmarken angebracht sind, ein Formular nach untenstehendem Beispiele unterschreiben lassen und es ist zu hoffen, dass hiedurch wenigstens für die nächste Zeit ein guter Schritt zur Sicherstellung der Höhenpunkte getan ist; indessen kann der Referent die Befürchtung nicht unterdrücken, dass diese Reverse schon für die zweite Generation ein vergessenes oder totes Blatt darstellen werden, so lange nicht ein eigentliches Servitut errichtet wird, *das im Grundbuch — wo ein solches besteht — eingetragen und bei Veränderungen berücksichtigt werden muss.*

### **Höhenfixpunkte der Schweiz. Landestopographie.**

Der Unterzeichnete erklärt hiemit, Kenntnis erhalten zu haben von der Anbringung folgender Fixpunkte des schweiz. Präzisionsnivellements:

- ⊕ 82 in Burris oberhalb Saanen, zirka 48 m abwärts vom Burrisgraben, erratischer Block, 2,60 m westlich der Strasse und 1,92 m über Strassenhöhe, in der Wiese des Herrn C. Schwitzgebel.

Da diese Punkte gemeinnützigen, öffentlichen Zwecken dienen, so erklärt er für sich und seine Rechtsnachfolger, dass er für deren Erhaltung sein möglichstes beitragen und für den Fall von bevorstehender Gefährdung oder von Beschädigung derselben dem Bureau der schweizerischen Landestopographie in Bern unverzüglich Anzeige machen wird.

Ein Doppel dieser Erklärung wird dem Unterzeichner behufs Aufbewahrung übergeben.

Saanen, den 22. IX. 1902.

C. Schwitzgebel, Eigentümer.

Die Erfahrung hat im schweizerischen Versicherungsnivellement gezeigt, dass die in vertikalen Mauer- oder Steinflächen mit hervorragendem Kopf einzementierten Bronzezylinder am meisten Beschädigungen und Veränderungen ausgesetzt sind, denn bei dem relativ weichen Metall genügt ein kräftiger Schlag, um den Kopf abzubiegen. Das topographische Bureau hat deshalb seit 1903 eine härtere, widerstandsfähigere Legierung gewählt und es ist zu hoffen, dass die neuen Bolzen eine ausreichende Haltbarkeit zeigen werden.

Am sichersten erscheint eine unterirdische Anlage der Höhenpunkte, wie sie Dänemark für alle Höhenmarken erster Ordnung durchgeführt hat<sup>1)</sup>. Auch im schweizerischen Präzisionsnivellement hat die Abteilung für Landestopographie seit 1902 eine Versicherung durch unterirdisch angebrachte Betonklötze eingeführt, aber mit der Beschränkung, dass solche Anlagen für Höhenmarken nur da errichtet werden, wo Felsen oder stabile Häusersockel nicht vorhanden sind. Ein gehauener Granitstein von quadratischem Querschnitt, 30 cm Höhe und 45 cm Breite, wird in einem kubischen, unterirdischen Betonklotz von 85 cm Seitenlänge so angebracht, dass seine Oberfläche 25 cm unter dem Boden liegt. Dieser Granitstein trägt den Bronze-Fixpunkt, welcher durch eine Wasserkappe von 15 cm Durchmesser und 20 cm Höhe geschützt wird. Eine Eisen-schiene von zirka 1,10 m Länge wird in demselben Betonblock befestigt, ragt etwa 20 cm über dem Boden hervor und stellt in ihrem obern abgeschliffenen Ende eine Versicherung zur Bronze-marke dar. Ein rot bemalter Pfahl, der in der Nähe in die Erde eingelassen wird und zirka 20 cm über den Boden herausragt, dient zum leichten Auffinden der unterirdischen Höhenmarken.

Für das Versicherungsnivellement sind die Feldarbeiten abgeschlossen. Noch nicht publiziert sind die Versicherungen der alten Linien: Reichenau—Andermatt; Hospental—Bellinzona—Chiasso; Bellinzona—Locarno—Brissago; Brigue—Simplon—Iselle.

<sup>1)</sup> Zachariae, I. E. Verh. 1887 Nizza, Beilage V bis.

Wie wir pag. 17 angegeben haben, sind von den 2143 rekognoszierten ursprünglich vorhandenen Punkten des „Catalogue des hauteurs“ 969 = 45 % als vollständig verloren zu betrachten. Die noch brauchbaren alten Höhenmarken sind durch je ein bis zwei neue Metallbolzen versichert worden und zwar *sind im ganzen 3733 solcher Bolzen angebracht worden.*

## Publikation der Nivellementsresultate.

Das ansehnliche, vom topographischen Bureau in der Zeit von 1893 bis 1903 durch Versicherungs-, Kontroll- und Neunivellements gesammelte Beobachtungsmaterial liegt für die Resultate zum grössten Teil bereits publiziert vor. Um nämlich den Kantonen, Bahngesellschaften und Technikern die Resultate des Präzisionsnivellements möglichst rasch zugänglich zu machen und denselben ein erspriessliches Mitwirken an der Erhaltung der Fixpunkte zu erleichtern, hat das topographische Bureau seit 1894 in zwanglos erscheinenden Heften autographierte Höhenverzeichnisse unter dem Titel: „Die Fixpunkte des schweizerischen Präzisionsnivellements“ herausgegeben, in welchen ausser den Höhen über Pierre du Niton und den topographischen Beschreibungen der Höhenmarken genau quotierte Zeichnungen in Situation und Detail enthalten sind, sodass grobe Veränderungen der Höhenmarken auch ohne Nivellements bemerkbar werden. Die folgende Zusammenstellung gibt das Verzeichnis der bis jetzt erschienenen Lieferungen und dürfte zur Genüge beweisen, dass die Bureauarbeiten bezüglich Reduktion und Publikation des Nivellements-materials mit den Beobachtungen auf dem Felde angemessen Schritt gehalten haben. Zu den nachstehenden bis jetzt erschienenen 16 Lieferungen kommen noch drei Ergänzungshefte mit Nachträgen aus den Jahren 1895, 1900 und 1903, welche sich auf zerstörte oder beschädigte Punkte beziehen, von denen das topographische Bureau Kenntnis erhalten hat.

### Die Fixpunkte des schweizerischen Präzisionsnivellements.

#### *Les repères du nivellement de précision de la Suisse.*

|           |   |      |
|-----------|---|------|
| Lieferung | 1. Bern–Olten–Zürich; bearbeitet von J. Hilfiker . . . . .  | 1894 |
| „         | 2. Stadt Zürich; Zürich–Steckborn–Rheineck; Rorschach–Heiden–Rheineck; bearbeitet von J. Hilfiker   | 1895 |
| „         | 3. Genève–Lausanne–Berne; bearbeitet von J. Hilfiker . . . . .  | 1895 |
| „         | 4. Sargans–Rheineck–Lindau; Altstätten–Gäbris; bearbeitet von Otto Straub . . . . .   | 1895 |
| „         | 5. Eglisau–Frauenfeld–Bischofszell–Wil; Frauenfeld–Matzingen–Wil–Wildhaus–Werdenberg; bearbeitet von Otto Straub . . . . .  | 1896 |
| „         | 6. Zürich–Siebnen–Oberer Zürichsee; Siebnen–Sargans; Ziegelbrücke–Linthal; bearbeitet von J. Hilfiker   | 1897 |
| „         | 7. Steckborn–Schaffhausen–Unterhallau; Schaffhausen–Koblentz–Stein–Säckingen; bearbeitet von J. Hilfiker und W. Schüle . . . . .  | 1897 |
| „         | 8. Brugg–Stein–Rheinfelden; Rheinfelden–Buus; Rheinfelden–Brennet–Säckingen; Rheinfelden–Basel; Basel und Umgebung; Olten–Basel; bearbeitet von J. Hilfiker und W. Schüle . . . . . | 1898 |
| „         | 9. Lausanne–Villeneuve–St-Gingolphe; Villeneuve–Sion–Brigue; bearbeitet von J. Hilfiker und H. Frey   | 1899 |
| „         | 10. Basel–Delémont–Biel–Lyss–Zollikofen; Delémont–Delle; Herzogenbuchsee–Biel; bearbeitet von J. Hilfiker und H. Frey . . . . .   | 1899 |
| „         | 11. Sargans–Landquart–Thusis–Surava–Davos–Landquart; Albulapass; Flüelapass; bearbeitet von J. Hilfiker und W. Schüle . . . . .   | 1900 |

|               |   |      |
|---------------|---|------|
| Lieferung 12. | Brig-Gletsch-Furka-Andermatt-Schwyz-Pfäffikon; Schwyz-Luzern; Goldau-Rigi; bearbeitet von J. Hilfiker und H. Frey . . . . .   | 1901 |
| „ 13.         | Martinsbruck-Ponte-Silvaplana; Tiefencastel-Julier-Silvaplana-Maloggia-Chiavenna-Splügen-<br>-Thusis; bearbeitet von J. Hilfiker . . . . .  | 1902 |
| „ 14.         | Luzern-Zug-Sattel; Cham-Bremgarten-Brugg; Aargau-Emmenbrücke; bearbeitet von J. Hilfiker<br>und W. Schüle . . . . .   | 1902 |
| „ 15.         | Luzern-Stansstad-Buoch-Engelberg; Stansstad-Brünig-Brienz-Bern; Spiez-Kandersteg; Brienz-<br>wiler-Grimsel-Gletsch; bearbeitet von J. Hilfiker . . . . .  | 1903 |
| „ 16.         | Nyon-La Cure; Morges-Neuchâtel-Chaumont; Neuchâtel-Les Verrières; Neuchâtel-La Chaux-de-<br>Fonds-Col des Roches; La Chaux-de-Fonds-St-Imier-Les Hauts-Geneveys; Neuchâtel-Morat-Rue;<br>bearbeitet von J. Hilfiker und H. Frey . . . . . | 1905 |

Schlusslieferung 17 ist in Arbeit; sie wird 1906 erscheinen und enthält: Reichenau-Oberalp-Andermatt-Gotthard-Bellinzona-Chiasso; Bellinzona-Brissago (Valmara); Brig-Iselle (1906).

Als Zeichner für die Aufnahmen der Croquis auf dem Terrain haben mitgewirkt Ingenieur F. Pianca und Zeichner R. Straub.

In all diesen Lieferungen ist eine beträchtliche Anzahl von Fixpunkten des eidgen. hydro-metrischen Bureau, für welche das letztere die Detailcroquis geliefert hat, miteinbezogen worden und es ist hier der Ort hervorzuheben, dass das topographische Bureau in seiner Sorge für die Erhaltung der Fixpunkte in der hydrometrischen Abteilung des eidgen. Oberbauinspektorats und deren Chef, Ingenieur Dr. J. Epper, vielfache verdankenswerte Unterstützung gefunden hat.

## Einführung von Neuerungen behufs Erzielung besserer Resultate.

Das topographische Bureau hat für seine Nivellements die Beobachtungs- und Reduktionsmethoden übernommen, wie sie in der ersten Lieferung des „Nivellement de précision de la Suisse“ dargelegt sind, ist dann aber im Laufe der Jahre im Bestreben, den Grad der Genauigkeit in den Resultaten zu steigern, in die Lage gekommen, dieselben den gemachten Erfahrungen gemäss zu modifizieren.

Bekanntlich gibt die Ausgleichung des schweizerischen Netzes als mittleren Einkilometerfehler einer doppelt nivellierten Strecke

$$M = \pm 3,8 \text{ mm } ^1).$$

Dieser theoretische Fehler kommt also nahe dem erlaubten Maximalfehler gleich, der für Präzisionsnivellements nach den Beschlüssen der Konferenz der internationalen Erdmessung vom Jahre 1867 überhaupt noch zulässig ist, nämlich 3 mm wahrscheinlicher Fehler oder 4,4 mm mittlerer Fehler. Nun ist aber der wirkliche Fehler noch erheblich grösser und nach Börsch auf zirka  $\pm 5,9$  mm zu veranschlagen<sup>2)</sup>. Für die Gebirgsnivellements der Schweiz haben wir bereits nachgewiesen, dass ein grosser Teil der auftretenden Fehler darauf zurückzuführen ist, dass Lattenvergleichen im Felde im alten schweizerischen Präzisionsnivellement nicht stattgefunden haben; aber wenn wir uns auch auf die ebene Schweiz beschränken, finden wir vielfach unstatthaft grosse Fehler, die nicht allein durch die Unsicherheit der Lattenkoeffizienten erklärt werden können, sodass wir allen Grund haben, der Ursache dieser Erscheinung nachzugehen.

<sup>1)</sup> Niv. préc. suisse, pag. 635.

<sup>2)</sup> A. Börsch, Vergleichung der Mittelwasser der Ostsee und Nordsee, des Atlantischen Ozeans und des Mittelmeeres. Berlin 1891. Pag. 6.

Nehmen wir zum Beispiel das doppelt nivellierte Polygon Zürich–Steckborn–Rheineck–Sargans–Zürich vor, das einen Umfang von 275 km hat und in welchem auf der Strecke Zürich–Pfäffikon die erste Operation 1870 von Beobachter A, die zweite 1873 von Beobachter B ausgeführt worden ist, während auf der Linie Pfäffikon–Sargans–Konstanz–Steckborn–Zürich Beobachter A die Hinmessung im Jahre 1871 und Beobachter B die Rückmessung 1874 und 1875 durchgeführt haben. Da auch hier die meisten Höhenpunkte auf Bahnbrücken, Deckplatten von Durchlässen und Marksteinen angebracht worden sind, so zeigt eine grosse Anzahl derselben in dem Zeitintervall von drei bis vier Jahren, welches zwischen der ersten und zweiten Operation liegt, grössere oder kleinere Höhenänderungen, die einen Höchstbetrag von 2 cm aufweisen. Bilden wir nun entsprechend der Tabelle pag. 425 des „Niv. préc. Suisse“ die Fehlerrechnung, so erhalten wir unter Berücksichtigung und Ausscheidung der in ihrer Höhenlage veränderten Punkte die folgende Zusammenstellung:

| Strecke  | Distanz | Höhenunterschied        |                          |            | Unterschied I–II | Mittl. Einkilometerfehler |                                     |
|--|---------|-------------------------|--------------------------|------------|------------------|---------------------------|-------------------------------------|
|  |         | I. Messung Beobachter A | II. Messung Beobachter B | Mittel     |                  | $\frac{I-II}{\sqrt{2k}}$  | $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{[dd]}{n}}$ |
|  | km      | m                       | m                        | m          | mm               | mm                        | mm                                  |
| Pfäffikon N. F. 104 bis Sargans<br>N. F. 147 . . . . .   | 58,9    | + 90,8339               | + 90,9517                | + 90,8928  | – 117,8          | ± 10,8                    | ± 2,7                               |
| Sargans N. F. 147 bis Steckborn<br>N. F. 132 . . . . .   | 123,5   | – 104,0666              | – 104,0372               | – 104,0519 | – 29,4           | 1,9                       | 2,8                                 |
| Pfäffikon N. F. 104 bis Steckborn<br>N. F. 132 . . . . . | 182,4   | – 13,2327               | – 13,0855                | – 13,1591  | – 147,2          | 7,7                       | 2,8                                 |
| Steckborn N. F. 132 bis Zürich<br>N. F. 109 . . . . .    | 59,5    | + 5,4809                | + 5,5666                 | + 5,5238*  | – 85,7           | 7,9                       | 2,6                                 |
| Zürich N. F. 109 bis Pfäffikon<br>N. F. 104 . . . . .    | 33,0    | + 7,5326                | + 7,5475                 | + 7,5440   | – 14,9           | 1,8                       | 1,4                                 |
| Pfäffikon N. F. 104 bis Pfäffikon<br>N. F. 104 . . . . . | 274,9   | – 0,2192                | + 0,0286                 | – 0,0953   | – 247,8          | 10,6                      | 2,6                                 |

Die Differenz I–II behält in allen Teilstrecken das negative Vorzeichen und erreicht für das ganze Polygon den Betrag von 247,8 mm, das heisst der vorwiegend systematische mittlere Fehler ist pro Kilometer ± 10,6 mm. Bilden wir aus sämtlichen Höhenmarken des Polygons mit Ausschluss derjenigen, für welche sich eine Änderung der Höhenlage während der Dauer des Nivellements nachweisen lässt, die Differenzen  $d = I - II$  aus der ersten und zweiten Operation und berechnen wir den mittleren Einkilometerfehler des Doppelnivellements nach der Formel 2, die wir pag. 5 angeführt haben, so ergibt sich derselbe für das ganze Polygon zu ± 2,6 mm und

\* Ist im „Niv. de préc. suisse“, pag. 425, unrichtig zu 5,5224 angegeben, entsprechend dem Fehler im Mittelwert für N. F. 132 bis N. F. 130. Somit wird der Polygonschlussfehler in der Ausgleichung 95,3 mm.

nur in der Strecke Zürich—Pfäffikon geht er auf  $\pm 1,4$  mm herab. Für die zwei Beobachter sind die Polygonschlussfehler die nachstehenden:

|                  |                         |   |
|------------------|-------------------------|---|
| Für Beobachter A | = -0,2192 m oder pro km | $\frac{0,2192\text{ m}}{\sqrt{275}} = \pm 13,2$ mm; gestattet pro km: 3 mm. |
| Für Beobachter B | = +0,0286 " " " "       | $\frac{0,0286\text{ m}}{\sqrt{275}} = \pm 1,7$ " ; " " " " "                |
| Für das Mittel   | = -0,0953 " " " "       | $\frac{0,0953\text{ m}}{\sqrt{275}} = \pm 5,7$ " ; " " " " "                |

Im „Niv. préc. suisse“, pag. 424, wird versucht, die in der Vergleichung der beiden Nivellements auftretenden systematischen Fehler, die sich nicht als eine Funktion der Höhe darstellen lassen, da im Nivellementspolygon auf lange Strecken nur unbedeutende Höhenunterschiede vorkommen, durch ein Einsinken der Lattenplatten zwischen Vor- und Rückblick zu erklären. Da aber aus den obigen Fehlern fast mit Gewissheit hervorgeht, dass das Nivellement B normal ist und somit hauptsächlich in der ersten Operation grosse Störungen vorgefallen sein müssen, so liegt es näher, in diesem Nivellement weniger Vorsicht von seiten des Personals vorauszusetzen.

Nun ist in die Ausgleichung des schweizerischen Präzisionsnivellements der Mittelwert aus so stark voneinander abweichenden Resultaten eingeführt worden und es war deshalb zu erwarten, dass neue Linien, die nachträglich zwischen weit voneinander abliegenden Punkten des Polygons durchnivelliert werden, schlechte Anschlüsse ergeben. Das ist denn auch im Thurnivellement (Nr. 24 von pag. 7), das eine Verbindung von Frauenfeld—Wil durch das Toggenburg über Wildhaus mit dem st. gallischen Rheintal in Werdenberg herstellt, wirklich eingetroffen. Dieses Nivellement ist 1890 zum erstenmal durchgeführt und 1893 eines Meterfehlers wegen, der in der ersten Operation zwischen Wattwil und Kappel unterlaufen war, von Ingenieur O. Straub wiederholt worden. Der Anschlussfehler in Werdenberg beträgt für die Strecke Wil—Werdenberg von 62,8 km 89 mm, während der gestattete Maximalfehler  $3\sqrt{k}$  für diese Strecke nur 24 mm ausmacht.

Dieser Fehler muss zum grössten Teil der Ausgleichung des oben besprochenen Polygons Frauenfeld—Zürich—Sargans—Rheineck—Steckborn—Frauenfeld zugeschrieben werden, denn das 1893 ausgeführte Kontrollnivellement Weinfeld—Wil hat das 1891 im Nivellement Frauenfeld—Wil für N. F. 326 in Wil erhaltene Resultat vollauf bestätigt und ein 1894 vom Referenten ausgeführtes Nivellement der Bergstrecke Unterwasser—Wildhaus—Werdenberg hat mit den Ergebnissen von O. Straub fast identisch gestimmt.

Es lässt sich aus dem Material des alten schweizerischen Präzisionsnivellements eine grössere Anzahl von relativ ebenen Strecken zwischen Höhenmarken erster Ordnung ausfindig machen, für welche der systematische Einkilometerfehler des Doppelnivellements den zulässigen Beobachtungsfehler überschreitet, ohne dass aus dem Nivellement selbst eine Lagenänderung der einschliessenden Höhenmarken abgeleitet werden könnte, und da auch in den ersten Jahren von 1893 an, nach Übernahme des Präzisionsnivellements durch das topographische Bureau, die nach den Methoden des alten Präzisionsnivellements erlangten Resultate gerade im ebenen Gelände vielfach ähnliche Erscheinungen mit zu grossen systematischen Nivellementsfehlern zeigten, so war ein Nachforschen nach den Ursachen dieser Erscheinung von selbst geboten.

Woher rühren diese grossen, vorwiegend systematischen Fehler bei relativ ebenen Nivellements-Strecken? Wir glauben, dass hauptsächlich zwei Ursachen genannt werden können, denen die unbefriedigenden Resultate vor allem zugeschrieben werden müssen; es sind das:

1. *Zu grosse Zielweiten in Rück- und Vorblick.*
2. *Zu geringe Schutzmassregeln gegen die Einwirkung von Sonne und Wind auf das Instrument.*

Dazu treten noch andere Gründe, wie Ungeübtheit der Beobachter, von denen nicht alle zu Präzisionsmessungen sich eignen. Im alten Nivellement war die Leitung infolge der zur Verfügung stehenden unzureichenden Mittel genötigt, ein zu grosses Gewicht auf rasches Fortschreiten der Arbeit zu legen, und so wurde vom Ingenieur verlangt, dass er am Schlusse der Campagne sich über wenigstens zwei Kilometer Nivellement pro Tag ausweise, was zur Folge haben musste, dass die Beobachter mit möglichst grossen Zielweiten arbeiteten.

Die schweizerische geodätische Kommission hat den Nivellementsingenieuren folgende Distanzen vorgeschrieben<sup>1)</sup>:

1. Auf Eisenbahnen bis zu 1 % Steigung . . . . . 100 m.
2. Auf Eisenbahnen mit grösserer Steigung . . . . . 50–100 m.
3. Auf ebenen Strassen erster Ordnung . . . . . 30–60 m.
4. Auf Bergstrassen . . . . . 10–25 m.

Hiebei verlangte die Instruktion, dass bei möglichst horizontaler Stellung des Fernrohres unter Ablesung des Libellenstandes die Lattenablesung der drei Horizontalfäden mit einer Genauigkeit von einigen Zehntelmillimetern erfolge. Auf Gebirgsstrassen kann dieser Anforderung leicht genügt werden, wenn, wie wir weiter oben gesehen haben, auch die Millimeterstriche auf der Latte mittelst einer Teilmaschine eingezogen werden; dagegen wird es schwer halten, bei Zielweiten von 50 bis 100 m ohne weitere Hilfsmittel in einem Centimeterfeld mit auch nur annähernder Sicherheit Zehntelmillimeter abzuschätzen.

Die tägliche Leistungsfähigkeit im Präzisionsnivellement hängt wesentlich vom Witterungscharakter, sowie vom Beobachter ab. Da im alten Nivellement der geodätischen Kommission für ebene Strecken Zielweiten von zirka 50 m vorgeschrieben waren, musste der tägliche Fortschritt sich hier höher stellen als im Nivellement mit kurzen Zielweiten. In der folgenden Zusammenstellung geben wir für die Zeit von 1874–1881 aus einigen grösseren Linien der vorwiegend ebenen Schweiz für drei verschiedene Nivellementsingenieure die im „Niv. préc. suisse“ mitgeteilte Arbeitsdauer und leiten aus derselben den täglichen Fortschritt ab:

| Niv. préc. suisse | Beobachter | Jahr | Nivellementslinie                               | Dauer des Nivellem. | Länge der Linie | Fortschritt pro Tag |
|-------------------|------------|------|---|---------------------|-----------------|---------------------|
| pag.              |            |      |   | Tage                | km              | km                  |
| 369               | Redard     | 1874 | Pfäffikon–Sargans–Rorschach–Steckborn . . . . . | 137                 | 185,46          | 1,35                |
| 369               | „          | 1875 | Steckborn–Frauenfeld–Zürich . . . . .           | 54                  | 58,88           | 1,09                |
| 369               | Steiger    | 1875 | Steckborn–Schaffhausen–Stein . . . . .          | 98                  | 110,00          | 1,12                |
| 370               | „          | 1875 | Bern–Aarburg . . . . .                          | 40                  | 66,38           | 1,66                |
| 370               | „          | 1875 | Bern–Brienz–Brünig–Luzern . . . . .             | 82                  | 130,21          | 1,59                |
| 454               | „          | 1876 | Doppelniv. Bellinzona–Chiasso . . . . .         | 68                  | 112,00          | 1,65                |
| 454               | „          | 1877 | Sargans–Chur–Reichenau . . . . .                | 21                  | 40,03           | 1,91                |
| 455               | Kuhn       | 1879 | Chiavenna–Maloja–Süs . . . . .                  | 99                  | 177,08          | 1,79                |
| 499               | „          | 1881 | Cully–Villeneuve–Brig . . . . .                 | 66                  | 144,11          | 2,18                |
| 499               | „          | 1881 | Biel–Delémont–Basel . . . . .                   | 38                  | 87,93           | 2,31                |

<sup>1)</sup> Niv. préc. suisse, pag. 26.

Im Mittel stellt sich der tägliche Fortschritt auf relativ ebenen Strecken nach den drei Beobachtern wie folgt: Redard 1,28 km; Steiger 1,48 km; Kuhn 2,02 km.

Im Gebirge richten sich die Zielweiten nach den Gefällsverhältnissen der Strasse, sodass die tägliche Arbeitsleistung der Ingenieure des alten Präzisionsnivellements in den Alpen den Kilometer nicht erheblich überschreitet, wie das aus der nachstehenden Zusammenstellung ersichtlich ist:

| Niv. préc. suisse | Beobachter | Jahr | Nivellementslinie  | Dauer des Nivellem. | Länge der Linie | Fortschritt pro Tag |
|-------------------|------------|------|--|---------------------|-----------------|---------------------|
| pag.              |            |      |  | Tage                | km              | km                  |
| 219               | Benz       | 1872 | Hospenthal-Furka-Gletsch-Brig . . . . .                                | 86                  | 77,51           | 0,90                |
| 218               | Spahn      | 1872 | Amsteg-Gotthard-Locarno . . . . .                                      | 105                 | 127,78          | 1,22                |
| 283               | Redard     | 1873 | Locarno-Simplon-Brig . . . . .   | 155                 | 125,92          | 0,81                |
| 454               | Steiger    | 1877 | Andermatt-Oberalp-Reichenau . . . . .                                  | 80                  | 84,59           | 1,06                |
| 498               | Kuhn       | 1880 | Splügendorf - Splügen (Passhöhe) - Campodolcino (Doppelniv.) . . . . . | 44                  | 49,08           | 1,12                |
| Total . .         |            |      |  | 470                 | 464,88          | 0,99                |

Alle diese Angaben beziehen sich auf Nivellements, die mit nur einer Latte ausgeführt worden sind.

In der Schweiz haben wir es hauptsächlich mit Gebirgsnivellements zu tun, denn selbst im Flachland zeigen die Strassen meistens einen steten Wechsel zwischen Steigung und Gefälle, sodass der Anwendung von grossen Zielweiten von 50 m vielfach natürliche Hemmnisse entgegen treten und es nahe liegt, das Verfahren im Gebirge auch auf das Flachland zu übertragen.

Geht man von der Annahme aus, dass der Ablesungsfehler der Latte proportional mit der Zielweite wächst, so erhält man bekanntlich das Fehlergesetz:

$$m = a \sqrt{k \cdot s}$$

wo  $a$  eine Konstante,  $k$  die Nivellementsstrecke in Kilometer und  $s$  die Zielweite bedeuten, das heisst für dasselbe Instrument wächst der Fehler proportional mit der Quadratwurzel aus der Länge der nivellierten Strecke und der Zielweite, und da ein Nivellement mit kleinen Zielweiten mehr Zeit als ein solches mit grossen Distanzen erfordert und man die Arbeitsmenge nahezu umgekehrt proportional der Zielweite ansetzen kann, so folgt aus der obigen Formel: *Die Genauigkeit des Nivellements mit einem bestimmten Instrumente wächst proportional der Quadratwurzel aus der angewendeten Arbeit*<sup>1)</sup>.

Wie weit nun mit Vorteil die Zielweiten herabgesetzt werden dürfen, ist Sache des Versuches. Will man Zehntelsmillimeter auf der Latte in Millimeterintervallen abschätzen, so dürfen die Striche nicht stark aufgetragen werden und daraus ergeben sich von selbst kurze Zielweiten von zirka 25 m. Nun fällt ohne Zweifel ein grosser Teil der Beobachtungsfehler dem Lattenträger

<sup>1)</sup> Dieses Fehlergesetz hat Jordan schon 1873 in seinem Taschenbuch der praktischen Geometrie, pag. 165, publiziert.

zur Last, denn ein ungenügend sicheres Auflegen der Unterlagsplatten der Latten, sowie jede Unaufmerksamkeit von seiten des Lattengehülfen überträgt sich in fehlerhafte Lattenablesungen. Es erschien daher zweckmässig, eine Kontrolle einzuführen, die dem Beobachter gestattet, über allfällige Unregelmässigkeiten in der Mirenaufstellung stetsfort unterrichtet zu sein. Diese Kontrolle besteht in dem gleichzeitigen Nivellieren mit zwei Latten, die nebeneinander aufgestellt werden.

Wird nämlich bei einspielender Libelle der Mittelfaden des Fernrohres zuerst auf Latte *I*, darauf auf Latte *II* abgelesen, so ergibt sich hieraus der Höhenunterschied  $A$  minus  $B$  der Unterlagsplatten der beiden Latten *I* und *II*. Gelangt nun das Instrument für die unveränderte Lattenstellung in den Rückblick, so gibt die Wiederholung der Ablesungen eine zweite Bestimmung dieses Höhenunterschiedes  $A$  minus  $B$  und man sieht, dass bei vollständig richtigen Ablesungen die beiden Resultate identisch stimmen müssen, falls die Nivellementsstrecke kein Gefälle aufweist, denn alsdann geschehen im Rückblick und Vorblick die Fadenablesungen an nahe denselben Stellen der Miren. Nivellieren wir im Gebirge, so geschieht bei ansteigender Strasse die Fadenablesung im Vorblick gegen das Fussende der Latten zu, während im Rückblick die Ablesungen auf das obere Ende der Miren fallen, und da der nominelle Lattenmeter selten oder nie dem wahren Lattenmeter gleichkommt, so müssen hier die beiden Resultate für  $A$  minus  $B$  um den Betrag des Einflusses der Lattenkoeffizienten von einander abweichen. Da nun aber die Gefälle unserer Strassen erster Ordnung gewöhnlich regelmässig verlaufen, so müssen auch im Gebirgsnivellement in den Unterschieden  $A$  minus  $B$  keine Sprünge auftreten und hieraus ergibt sich die grosse Wichtigkeit, welche dem Ingenieur aus diesen Differenzen für die Überwachung seiner Latten-träger erwächst.

Natürlich kann der Vorteil dieser Methode zum Nachteil werden, falls der Beobachter nicht objektiv seine Ablesungen einträgt, sondern eine Übereinstimmung der beiden Latten zu erzwingen sucht. Um dies unmöglich zu machen, ist bei den Kompensationsmiren des französischen „Nivellement général“ die eine Latte nach einem Gesetze geteilt, das dem Nivelleur nicht bekannt ist<sup>1)</sup>, sodass die Reduktion ausschliesslich im Bureau besorgt werden muss.

In der Tabelle pag. 7 ist für 18 Nivellements, die in der Zeit von 1897 bis 1902 nach dieser Methode in der ebenen und gebirgigen Schweiz ausgeführt worden sind, aus den Differenzen  $\Delta$  der Höhenunterschiede aus den beiden Latten von Fixpunkt zu Fixpunkt, die um  $a$  km von einander abstehen mögen, der mittlere Einkilometerfehler nach der Formel 1, pag. 5, gebildet.

Diese mittleren Fehler geben nur näherungsweise einen Masstab für die Genauigkeit der Nivellementsresultate; denn da die Nivellements nur einfach und nicht als Doppelnivellements durchgeführt worden sind, so fehlen die Daten zu einer erschöpfenden Fehlerrechnung. Es ist einleuchtend, dass die von zwei gleichzeitig verwendeten Miren erhaltenen Nivellementszüge von einander nicht unabhängig sind, indem viele im Instrument selbst, in der Luft, im Boden u.s.w. verborgene Fehlerquellen beide Nivellierungen nahezu gleich beeinflussen<sup>2)</sup>; so gibt die Einwirkung der Sonne auf das Instrument trotz Beschattung besonders in Nivellementslinien, welche von Ost nach West oder umgekehrt verlaufen, eine systematische Fehlerquelle, die auf beide Lattenablesungen nahezu den gleichen Betrag ausmacht.

---

<sup>1)</sup> v. Kalmár, Bericht über die Präzisionsniv. in Europa, I. E. Verh. Genf 1893, pag. 119.

<sup>2)</sup> Vergl. Jordan, Vermessungskunde, Band 2, pag. 387, Stuttgart 1888.

Um den Grad von Genauigkeit festzustellen, den ein Nivellement mit zwei Latten und kurzen Zielweiten zu gewähren im stande ist, sind unabhängig geführte Doppelnivellements unerlässlich. Es hat deshalb die Abteilung für Landestopographie im Sommer 1903 ein Doppelnivellement mit zwei Latten auf der Strecke Bern—Thun—Spiez angeordnet und die Ausführung desselben dem Referenten übertragen<sup>1)</sup>. Ausgangspunkt des Nivellements war N. F. 179 am Erlachdenkmal beim Münster in Bern. Die einfache nivellierte Distanz Bern (Münster)—Spiez (Hotel Lötschberg) beträgt 40,4 km und erscheint somit für eine Fehlerrechnung ausreichend lang. Das Terrain ist relativ eben; der niedrigste Punkt, N. F. 180, auf der Nydeckbrücke in Bern, liegt 147 m über Pierre du Niton, während die höchst gelegene Höhenmarke, N<sup>o</sup>F 32, in Spiez die Cote 251 m über Pierre du Niton hat, sodass auf der Linie ein Gesamthöhenunterschied von 104 m besteht. Die grösste Höhendifferenz zwischen zwei aufeinander folgenden Höhenmarken beträgt 89 m auf 2,7 km Entfernung. Auf der Linie sind, vom Münster in Bern an gerechnet, 98 Höhenmarken vorhanden, welche in 39 gewöhnlich aus drei möglichst solid und geschützt angebrachten Punkten bestehende Gruppen zerfallen, die durchschnittlich um 1,4 km von einander abstehen. Neun von den 98 Höhenmarken gehören dem alten Präzisionsnivellement an, welches 1876 als einfaches Nivellement von Bern über den Brünig bis Luzern ausgeführt worden ist<sup>2)</sup>. Fünf Höhenpunkte sind in unterirdisch angebrachten Pfeilern eingelassen worden. An Instrumenten sind die Latten IV und VIII (Reversions- und Kompensationsmire) und Nivellierinstrument Nr. 13 in Anwendung gekommen. Auf dem Rücknivellement ist zwischen Wichtrach und Bern mit dem neuen Breithauptschen Instrument, System Seibt, nivelliert worden. Das Gleichhalten der Distanzen im Rück- und Vorblick geschah durch Abschreiten. Wo immer es anging, ist die Latte IV täglich mit dem Stahlstab verglichen worden; für Mire VIII liegen für die Vor- und Nachmittagsbeobachtungen je zwei Ablesungen der Kompensationsteilungen vor, die zu Beginn und nach Schluss des Nivellements ausgeführt worden sind. Der Kollimationsfehler des Fernrohrs zeigt geringe Änderungen und wurde täglich bestimmt. Der Niveaufehler der Fernrohrlibelle ist täglich mehrmals kontrolliert worden. Um die von der Elastizität des Bodens herrührenden Fehler möglichst zu eliminieren, ist die Stativstellung von Station zu Station abgeändert worden, so, dass dasselbe Bein abwechselnd vorwärts, resp. rückwärts zu stehen kam.

Der Witterungscharakter des Sommers 1903 war für die Arbeit wenig günstig und das Nivellement ist nachteilig beeinflusst worden durch Regen, resp. den schlechten vielfach aufgeweichten Zustand der Strasse, übermässige, drückende Hitze während der Hundstage, die nur in den Früh- und Spätstunden einigermaßen ruhige Luftverhältnisse ergab und durch viel Wind, welches letzterer sich hauptsächlich in der Sektion Münsingen—Thun recht störend bemerkbar gemacht hat. Wir unterscheiden deshalb in der nachstehenden Fehlerrechnung die drei Sektionen:

1. Bern—Münsingen,
2. Münsingen—Thun,
3. Thun—Spiez.

Um nun eine Vergleichung zu erhalten zwischen dem mittleren Einkilometerfehler, abgeleitet aus einem Doppelnivellement und demjenigen mittleren Fehler der Streckeneinheit, der sich aus einem einfachen, aber gleichzeitig mit zwei Latten ausgeführten Nivellement ergibt, bilden wir:

---

<sup>1)</sup> Comm. géod. suisse, proc. verb. 1903, 2 mai, pag. 49.

<sup>2)</sup> Niv. préc. suisse, pag. 367 und pag. 408/413.

1. Aus den Höhenunterschieden von zwei in der Distanz von  $a$  km aufeinander folgenden Höhenmarken die Differenzen  $\Delta$  zwischen Hin- und Rücknivellement.
2. Im einfachen Nivellement mit zwei Latten die Differenzen  $\Delta_1$  aus den Höhenunterschieden der beiden Latten.

Bezeichnen wir dann die Anzahl der Höhenpunkte mit  $n + 1$ , so erhalten wir zunächst die folgende Zusammenstellung, wenn wir die Rechnung für die einzelnen Latten getrennt, sowie für das Mittel derselben durchführen:

| Nivellements-Strecke   | Di-<br>stanz<br>$k$ | $n$ | Reversions-<br>Mire IV |                                       |   | Kompensations-<br>Mire VIII |   |                                       | Mittel<br>der Miren |   |                                       | Einfaches<br>Nivellement mit<br>zwei Latten |   |   |
|--|---------------------|-----|------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------|---|---------------------------------------|---------------------|---|---------------------------------------|---|---|---|
|  |                     |     | $[\Delta]$             | $\left[\frac{\Delta\Delta}{a}\right]$ | $\left[\frac{\Delta_1\Delta_1}{a}\right]$ | $[\Delta]$                  | $\left[\frac{\Delta_1\Delta_1}{a}\right]$ | $\left[\frac{\Delta\Delta}{a}\right]$ | $[\Delta]$          | $\left[\frac{\Delta_1\Delta_1}{a}\right]$ | $\left[\frac{\Delta\Delta}{a}\right]$ | $[\Delta_1]$                                | $\left[\frac{\Delta_1\Delta_1}{a}\right]$ | $\left[\frac{\Delta_1\Delta_1}{a}\right]$ |
|  |                     |     | $n$                    |                                       |   | $n$                         |   |                                       | $n$                 |   |                                       | $n$   |   |   |
| Bern N. F. 179 (Münster) bis Münsingen $\oplus$ 9 (Kirche) . . .                       | 12,8                | 11  | - 4                    | 1045                                  | 95  | + 9                         | 797                                       | 73                                    | + 3                 | 606                                       | 55                                    | +19   | 276                                       | 25  |
| Münsingen $\oplus$ 9 (Kirche) bis Thun $\oplus$ 41 (Frutigstrasse) . . .               | 17,3                | 15  | +37                    | 2139                                  | 143                                       | +80                         | 1885                                      | 135                                   | +58                 | 1557                                      | 104                                   | - 3   | 806                                       | 58  |
| Thun $\oplus$ 41 (Frutigstrasse) bis Spiez N $\odot$ F 32 (Hotel Lötschberg) . . . . . | 10,3                | 6   | +16                    | 162                                   | 27  | -32                         | 363                                       | 61                                    | - 8                 | 149                                       | 25                                    | -21   | 527                                       | 88  |
| Bern N. F. 179 (Münster) bis Spiez N $\odot$ F. 32 . . . . .                           | 40,4                | 32  | +49                    | 3346                                  | 105                                       | +57                         | 3045                                      | 98                                    | +53                 | 2312                                      | 72                                    | - 5   | 1609                                      | 50  |

Mit den eingeführten Bezeichnungen ist nun wie auf pag. 5:

Der mittlere Einkilometerfehler des einfachen Nivellements  $m = \sqrt{\frac{1}{2} \left[ \frac{\Delta\Delta}{a} \right] n}$

Der mittlere Einkilometerfehler des Doppelnivellements  $M = \frac{1}{2} \sqrt{\left[ \frac{\Delta\Delta}{a} \right] n}$

Darnach erhalten wir unserer vorigen Zusammenstellung entsprechend folgende Einkilometerfehler:

| Nivellements-Strecke                                 | Doppelnivellement   |       |                    |       |                            |       | Einfaches<br>Niv. mit<br>2 Latten<br>$m$ | $\frac{[\Delta]}{\sqrt{2k}}$ |              |                        |
|--|---------------------|-------|--------------------|-------|----------------------------|-------|--|------------------------------|--------------|------------------------|
|  | Reversions-<br>Mire |       | Kompensat-<br>Mire |       | Mittel der<br>beiden Miren |       |  | Mire<br>IV                   | Mire<br>VIII | Mittel<br>der<br>Miren |
|  | $m$                 | $M$   | $m$                | $M$   | $m$                        | $M$   |  |                              |              |                        |
|  | $\pm$               | $\pm$ | $\pm$              | $\pm$ | $\pm$                      | $\pm$ |  | $\pm$                        | $\pm$        | $\pm$                  |
| Bern N. F. 179 bis Münsingen $\oplus$ 9 . . . . .    | 0,69                | 0,49  | 0,61               | 0,43  | 0,53                       | 0,37  | 0,36                                     | 0,08                         | 0,18         | 0,06                   |
| Münsingen $\oplus$ 9 bis Thun $\oplus$ 41 . . . . .  | 0,85                | 0,60  | 0,83               | 0,58  | 0,72                       | 0,51  | 0,54                                     | 0,63                         | 1,36         | 0,99                   |
| Thun $\oplus$ 41 bis Spiez N $\odot$ F. 32 . . . . . | 0,35                | 0,26  | 0,55               | 0,39  | 0,36                       | 0,25  | 0,67                                     | 0,35                         | 0,71         | 0,18                   |
| Bern N. F. 179 bis Spiez N $\odot$ F. 32 . . . . .   | 0,72                | 0,52  | 0,70               | 0,50  | 0,60                       | 0,43  | 0,50                                     | 0,55                         | 0,63         | 0,59                   |

Wir haben hier den mittleren Einkilometerfehler auch nach der Formel

$$\frac{[\Delta]}{\sqrt{2k}}$$

für die einzelnen Latten sowohl wie für das Mittel derselben abgeleitet und gewinnen dadurch eine Einsicht in die Beurteilung und Verteilung des systematischen Kilometerfehlers. Wir erkennen leicht den Einfluss der ungünstigen Witterung im Nivellement der zweiten Sektion Münsingen—Thun an dem Fehler

$$\frac{[\Delta]}{\sqrt{2k}} = \pm 0,99,$$

während hier der Einkilometerfehler, geschlossen aus den Differenzen  $\Delta$  der Hin- und Rückmessung, sowie aus den Differenzen  $\Delta_1$  des einfachen Nivellements mit zwei Latten nahezu normal ist und nichts besonderes anzeigt. Die Kompensationsmire, die, wie wir pag. 32 sehen werden, im Gebirgsnivellement die andern Latten an Genauigkeit der Resultate weit übertrifft, erscheint hier im allgemeinen gleichwertig mit Latte IV.

Für die gesamte Strecke von 40 km Länge wird:

|  |               |
|--|---------------|
| der mittlere Einkilometerfehler des einfachen Nivellements mit einer Latte . . . . . | $\pm 0,71$ mm |
| „ „ „ „ Doppelnivellements mit einer Latte . . . . .                                 | $\pm 0,51$ „  |
| „ „ „ „ einfachen Nivellements mit zwei Latten . . . . .                             | $\pm 0,60$ „  |
| „ „ „ „ Doppelnivellements mit zwei Latten . . . . .                                 | $\pm 0,43$ „  |

Jedenfalls bewegen sich die im Nivellement Bern—Spiez auftretenden mittleren Einkilometerfehler trotz der meist ungünstigen Witterungsverhältnisse in bemerkenswerten engen Grenzen und dürften in unzweideutiger Weise dartun, *dass auf ebenen Strecken durch die hier befolgte Methode mit kurzen Zielweiten und Abschätzen der Zehntelmmillimeter bei einspielender Libelle auf Latten, in denen die Millimeterstriche mit der Teilmaschine eingezogen sind, im Präzisionsnivellement wenigstens eine zwei- bis dreimal so grosse Genauigkeit als bisher erreicht werden kann.*

Bei kurzen Zielweiten ist der Einfluss der Luftszillation und des Windes natürlich geringer als bei grossen Zielweiten und man könnte glauben, dass, windstilles Wetter vorausgesetzt, bei Zielweiten von nur 25 m die Unruhe der Luft nie störend bemerkbar wird. Dem ist aber nicht so; vielmehr kann es vorkommen, dass schon in den Frühstunden des Vormittags ein sicheres Abschätzen von Zehntelmmillimeter infolge des starken Zitterns der Bilder unmöglich ist, und es wird sich empfehlen, bei derartigen Zuständen der Luft das Nivellement zu unterbrechen. Aber solche Beschränkungen ergeben, verglichen mit den Leistungen im alten Präzisionsnivellement, einen Verlust an Zeit und es ist von Interesse, den für gleiche Strecken notwendig grösser werdenden Zeitaufwand durch Zahlen festzustellen.

Auf das Nivellement Bern—Spiez, hin und zurück, entfallen Fest-, Wind- und Regentage, an denen nicht nivelliert werden konnte, mitgerechnet, 76 Tage. Die nivellierte Kilometerdistanz setzt sich zusammen aus 80,8 km direkte Linie und aus 4,0 km seitliche Abweichungen, sodass auf 76 Tage 84,8 km Nivellement kommen, oder im Mittel auf einen Tag 1,12 km Nivellement mit zwei Latten, oder zirka sieben Stationen auf die Arbeitsstunde.

Im Nivellement mit zwei gleichzeitig verwendeten Miren, von denen die eine eine Reversionsmire darstellt, an welcher zwei geteilte Flächen abgelesen werden müssen, verlangt eine Instrumentenstation etwas mehr Zeit, als wenn nur mit einer Latte nivelliert wird.

Wir geben im folgenden die der Zusammenstellung pag. 26 entsprechenden Resultate aus neueren Nivellements in den Alpen, die mit zwei Latten durchgeführt worden sind:

| Nr.       | Beobachter | Jahr    | Nivellementslinie                          | Tage | Länge der Linie | Fortschritt pro Tag |
|-----------|------------|---------|--|------|-----------------|---------------------|
| 1         | Hilfiker   | 1898-99 | Tiefencastel-Julier-Silvaplana . . . . .   | 50   | 44,42           | 0,89                |
| 2         | "          | 1898    | Alvенеubad-Bergün-Albula-Ponte . . . . .   | 42   | 37,30           | 0,89                |
| 3         | "          | 1901    | Brienz-Guttannen-Grimsel-Gletsch . . . . . | 66   | 52,08           | 0,79                |
| Total . . |            |         |  | 158  | 133,80          | 0,85                |

Nun ist in den neuen Bergnivellements mit zwei Latten die Zeit, welche zum Einzementieren der zahlreichen Metallfixpunkte nötig ist, in der „Dauer des Nivellements“, aus welcher der tägliche Fortschritt der vorigen Zusammenstellung berechnet wird, mitgezählt. Die Anzahl dieser Metallfixpunkte ist aber eine beträchtliche, nämlich im ersten Nivellement 89, im zweiten 55 und im dritten Nivellement 112, während im Nivellement der geodätischen Kommission die Ingenieure nur das Einsetzen der wenig zahlreichen, in Abständen von zirka 10 km aufeinanderfolgenden Höhenmarken erster Ordnung zu besorgen hatten, indem das Einhauen der Kreuze für die Punkte zweiter Ordnung von 1871 ab dem eidg. Stabsbureau übertragen war<sup>1)</sup>.

Es folgt hieraus, dass die neuen Bergnivellements des eidg. topographischen Bureau bezüglich des täglichen Fortschrittes der Arbeit sich nicht ungünstiger stellen, wie die Alpennivellements der geodätischen Kommission. An Genauigkeit sind sie aber den letzteren bedeutend überlegen, was wir in dem folgenden Kapitel nachweisen wollen.

Die grosse Ungenauigkeit der alten Bergnivellements, die auf zirka 4 mm pro Kilometer zu veranschlagen ist, rührt, wie wir schon früher hervorgehoben haben, grösstenteils daher, dass Längenvergleichen der Miren im Felde nicht stattgefunden haben und dass die Ingenieure in den Abschätzungen der Millimeter und Bruchteile von Millimeter im Centimeterfelde der Latten sehr grossen Beobachtungsfehlern ausgesetzt waren. Die Ablesungsfehler werden aber, falls die Miren auf ihre Teilungsfehler untersucht sind, auf kurze Distanzen nahezu null, wenn der Mechaniker in die weissen Centimeterfelder auch die Millimeterstriche einzieht und da alsdann das Nivellement mit zwei Latten eine strenge Kontrolle für etwaige Bewegungen der Unterlagsplatten der Latten zwischen Rück- und Vorblick gestattet, so ist im neuen Bergnivellement die Genauigkeit der Resultate fast ausschliesslich abhängig von der Sicherheit, mit welcher die wahren Lattenlängen abgeleitet werden können. Aus diesem Grunde empfiehlt sich im Nivellement auf Bergstrassen die Anwendung von Kompensationslatten, da deren wahre Länge durch die Leichtigkeit und Raschheit, mit der sich die Kompensationsteilungen ablesen lassen, mit ausreichender Strenge ermittelt werden kann, während es zu zeitraubend ist, im Gebirge eine Latte täglich mehrmals mit einem Stahlstab zu vergleichen. Um die wirkliche Leistungsfähigkeit eines Nivellements mit zwei Latten auf Berg-

<sup>1)</sup> Niv. préc. suisse, pag. 222.

strassen zu bestimmen, sind auch hier Doppelnivellements unerlässlich und das eidg. topographische Bureau hat deshalb versuchsshalber im Jahre 1902 ein Bergnivellement am Gurten bei Bern angeordnet, bei dem mehrere Beobachter mitwirken und verschiedene Instrumente und Latten in Anwendung kommen sollten<sup>1)</sup>. Wir geben im nachstehenden die Fehlerrechnung, wie sich dieselbe für die Beobachter Hilfiker und Wild und die Instrumente 13 und Seibt, sowie für die Reversions- und Kompensationslatte gestaltet.

Auf der Strecke Schöneegg—Gurtendorf von 3 km Länge besteht für die zwei Beobachter ein Doppelnivellement. Zwischen Gurtendorf und Gurtenkulm (2 km Länge) hat Hilfiker die Hinmessung mit Instrument 13 und Wild die Rückmessung mit Instrument Breithaupt durchgeführt. Im Mittel besteht somit auf der Strecke Schöneegg—Gurtenkulm mit einem Höhenunterschied von zirka 320 m und einer Länge von 5 km ein 3,5faches Nivellement. Beide Beobachter haben das Lattenpaar Nr. IV und VIII benützt.

| Strecke  | Distanz | Höhenunterschied |            |             |               |                     |                           |
|--|---------|------------------|------------|-------------|---------------|---------------------|---------------------------|
|  |         | Mittel           | H-W Mittel | H-W Mire IV | H-W Mire VIII | H-W Instrument Kern | H-W Instrument Breithaupt |
| Schöneegg $\downarrow$ 51 bis $\downarrow$ 52 Wabern .                   | 1,01    | + 23,7540        | +0,7       | +0,8        | +0,8          | +0,2                | +1,1                      |
| Wabern $\downarrow$ 52 bis $\bullet$ 52 <sup>g</sup> Wabern .            | 1,05    | +120,1175        | -0,6       | -1,1        | -0,1          | +0,7                | -1,7                      |
| Wabern $\bullet$ 52 <sup>g</sup> bis $\downarrow$ 53 Gurtendorf          | 1,03    | + 65,9722        | +0,9       | +1,4        | +0,6          | +3,3                | -1,6                      |
| Gurtendorf $\downarrow$ 53 bis $\bullet$ $\Delta^b$ Ostsignal            | 1,53    | +112,3610        | +1,4       | +3,4        | -0,7          | —                   | —                         |
| Gurten $\bullet$ $\Delta^b$ bis $\circ$ A Westsignal .                   | 0,68    | - 1,6363         | -0,3       | -0,4        | -0,1          | —                   | —                         |
| Schöneegg $\downarrow$ 51 bis $\circ$ A Gurten .<br>Westsignal . . . . . | 5,30    | +320,5684        | $\pm 0,39$ | $\pm 0,76$  | $\pm 0,24$    | $\pm 0,96$          | $\pm 0,74$                |

Die Grössen H-W bedeuten die Differenzen aus den Höhenunterschieden nach den beiden Beobachtern für die Mittelwerte wie auch nach Latten und Instrumenten geordnet. Der mittlere Einkilometerfehler des Mittels stellt sich auf  $\pm 0,39$  mm und da durchschnittlich eine 3,5fache Nivellierung vorliegt, so wird der mittlere Kilometerfehler einer Nivellierung mit zwei Latten  $\pm 0,73$  mm, und ist somit nicht viel ungünstiger, als wie er für die ebene Strecke Bern—Spiez, pag. 29, gefunden worden ist.

Die Vergleichung der Differenzen H-W für die Latten stellt die Überlegenheit der Kompensationslatte Nr. VIII ins rechte Licht, denn der ihr zugehörige mittlere Kilometerfehler ist nur der dritte Teil des mittleren Fehlers für die Reversionsmire, trotzdem letztere an zwei geteilten Flächen abgelesen worden ist. Es zeigt sich eben, was wir schon pag. 16 angedeutet haben, dass die Lattenvergleichung mit einem Meterstahlstab leicht durch systematische Fehler gestört wird und dass eine einzige tägliche Vergleichung nicht als ausreichend erscheint. Aus der Vergleichung der Differenzen H-W nach den Nivellierinstrumenten lassen sich mit Sicherheit aus dem vorliegenden Material keine systematischen Unterschiede ableiten.

Da das Nivellement eines dritten Beobachters mit den Latten V und VII auf der Bergstrecke Wabern—Gurtendorf für die beiden Miren grosse Differenzen mit überall gleichen Vorzeichen ergab, ist auf dieser Sektion das Nivellement mit den gleichen Latten 1903 vom Referenten

<sup>1)</sup> Comm. géod. suisse, proc. verb. 1903, 2 mai, pag. 46.

wiederholt worden, wobei die grösste Sorgfalt auf eine tägliche mehrmalige Vergleichung der Lattenniveaux mit dem Senkel verwendet wurde. Leider sind in der Zwischenzeit mehrere der als Zwischenpunkte dienenden Metallbolzen beschädigt und 53 in Gurtendorf vollständig zerstört worden. Was indessen das gegenseitige Verhalten der beiden Miren V und VII betrifft, so zeigt das neue Nivellement von 1903 noch kleinere Differenzen als dies im früheren Nivellement zwischen den Latten IV und VIII der Fall war. Wir ersehen dies in der folgenden Zusammenstellung, in der wir  $\odot$  53 Gurtendorf durch die Versicherung  $\bullet$  53<sup>a</sup> ersetzen.

| Nivellementsstrecke   | 1902<br>IV-VIII | 1903<br>V-VII |
|---|-----------------|---------------|
|   | mm              | mm            |
| $\odot$ 52 Wabern bis $\bullet$ 52 <sup>g</sup> . . . . .                               | -1,9            | -0,5          |
| $\bullet$ 52 <sup>g</sup> „ „ Gurtendorf $\bullet$ 52 <sup>k</sup> . . . . .            | -0,7            | -0,2          |
| $\bullet$ 52 <sup>k</sup> Gurtendorf bis Gurtendorf $\bullet$ 53 <sup>a</sup> . . . . . | +0,3            | +0,2          |
| $\odot$ 52 Wabern bis Gurtendorf $\bullet$ 53 <sup>a</sup> . . . . .                    | -2,3            | -0,5          |

In seinem Handbuche der Vermessungskunde kommt Jordan zu dem Ausspruche<sup>1)</sup>: „dass das Nivellieren eine durchaus nicht bloss optische, sondern auch eine mechanische Verrichtung ist, und dass, wenn optische Verfeinerungen den Ausschlag geben würden, man wohl auf eine Genauigkeit von  $\pm 1$  mm auf 1 km angelangt wäre, was aber nicht der Fall ist“.

Nach dem Vorstehenden ist diese Genauigkeit sicher erreichbar, aber nicht nach den alten Methoden mit grossen Zielweiten, bei denen „eine Geschwindigkeit des Nivellierverfahrens von 1 km für eine Stunde oder eine grössere sich leicht einstellt“<sup>2)</sup>, denn dieses rasche tägliche Vorücken ist zur Zeit nur auf Kosten der Genauigkeit der Resultate möglich. Dagegen dürfen wir nach mehrjährigen Erfahrungen erwarten, dass der mittlere Kilometerfehler auch im gebirgigen Lande auf 1 mm pro Kilometer sich herabmindern lassen wird, wenn wir, zuverlässige Beobachter vorausgesetzt, im Streckennivellement folgende Bestimmungen beachten<sup>3)</sup>:

1. *Doppelnivellements mit zwei Latten, die auf ihre Teilungsfehler untersucht sind und welche in den weissen Centimeterfeldern eine Millimeterstrichteilung enthalten. Die beiden Beobachter nivellieren die Strecke in entgegengesetztem Sinne.*
2. *Abschätzen der Zehntelsmillimeter bei einspielender Fernrohrlibelle und kurzen Zielweiten in der Grenze der deutlichen Sichtbarkeit der Millimeterstriche.*
3. *Tägliche Lattenvergleichen und Einführung von Kompensationsmiren im Bergnivellement.*
4. *Ausreichender Schutz des Instruments vor Sonnenstrahlung und Wind und Nichtnivellieren bei starkem Wind.*

<sup>1)</sup> Jordan, Vermessungskunde, 2. Band, pag. 388. Stuttgart 1888.

<sup>2)</sup> Ebenda, pag. 386.

<sup>3)</sup> Comm. géod. suisse, proc. verb. 1903, 2 mai, pag. 46. Vergl. hiemit die Schlussfolgerungen der vorzüglichen Schrift: R. Schumann, Ergebnisse einer Untersuchung über Veränderungen von Höhenunterschieden auf dem Telegraphenberg bei Potsdam. Veröffentl. des K. Pr. Geod. Inst., neue Folge Nr. 14. Berlin 1904.

## Anschlussnivellements an die Nachbarstaaten.

Eine Hauptaufgabe des Präzisionsnivellements besteht darin, genaue Höhenanschlüsse der Schweiz mit den anstossenden Ländern abzuleiten und es ist in den letzten zehn Jahren grosse Sorgfalt auf eine Erweiterung des Anschlusses des Präzisionsnivellements der Schweiz mit dem Nivellement général de la France, das unser Höhennetz auf dem kürzesten Wege mit dem Meere verbindet, verlegt worden. Die frühern jurassischen Polygone sind vollständig neu bestimmt worden und ergeben in Locle und Col de France Anschlussresultate, die mit denjenigen der übrigen Stationen gut stimmen. Die folgende Zusammenstellung enthält die in der Zeit von 1893 bis 1903 ausgeführten Anschlussnivellements zwischen der Schweiz und Frankreich<sup>1)</sup>.

| Nivellementslinie   | Jahr der Ausführung | km  |
|---|---------------------|-----|
| Roche-Chessel-Bouveret-St-Gingolph . . . . .                  | 1897                | 13  |
| Delémont-Porrentruy-Boncourt-Delle . . . . .                  | 1897                | 42  |
| Genève-Moillesullaz . . . . .                                 | 1898                | 5   |
| Martigny-Châtelard . . . . .                                  | 1900                | 20  |
| Neuchâtel-Les Verrières . . . . .                             | 1900                | 47  |
| St.Imier-Renan-Chaux-de-Fonds-Hauts-Geneveys-St.Imier . . . . | 1897—1899           | 49  |
| Neuchâtel-Bienne-Sonceboz-St.Imier-Hauts-Geneveys-Neuchâtel . | 1897—1901           | 95  |
|   |                     | 271 |

Bekanntlich sind im „Catalogue des hauteurs“ alle Höhen auf den Horizont der Bronzeplatte bezogen, die General Dufour im Jahre 1820 in den „Pierre du Niton“, einem erraticen Blocke im Hafen von Genf, eingelassen hat. Für kartographische Arbeiten stellt sich aber die Notwendigkeit ein, den Ausgangshorizont der Höhen möglichst in die durchschnittliche Höhe des Mittelwassers der das Festland umspülenden Meere zu legen, denn es ist in der Geodäsie von alters her gebräuchlich, die Höhenlagen von Orten der Erdoberfläche auf den Meeresspiegel zu beziehen. Da die Schweiz an kein Meer grenzt, so sind wir für die Einführung von absoluten oder Meereshöhen auf unsere Nachbarn angewiesen und die schweizerische geodätische Kommission hat vom Anfang ihres Bestandes an eine für alle Staaten Europas verbindliche Regulierung der Frage der absoluten Höhen als eine Hauptaufgabe in ihr Arbeitsprogramm aufgenommen. In ihrem Auftrage hat in der ersten Sitzung der Generalkonferenz der Gradmessung im Jahre 1864 der schweizerische Delegierte A. Hirsch den Antrag gestellt, es möchte ein sich über ganz Europa erstreckendes, die verschiedenen Meere verbindendes Präzisionsnivellement angestrebt und auf dessen Grundlage ein allgemein gültiger Nullpunkt bestimmt werden. Der Antrag ist von der Generalkonferenz einstimmig zum Beschluss erhoben worden: in allen Ländern hat man Präzisionsnivellements ausgeführt, die Mittelwasserstände der Europa umspülenden Meere sind durch eine grosse Anzahl an allen Küsten aufgestellter, selbstregistrierender Apparate ermittelt und von den Küsten Frankreichs, Deutschlands, Österreichs und Italiens führen zahlreiche Nivellementslinien in unser Land, aber ein einheitlicher, für alle Staaten Europas verbindlicher Nullpunkt der Höhen

<sup>1)</sup> Vergleiche Höhenverhältnisse der Schweiz pag. 65.

steht zur Stunde noch aus. Es hat deshalb Oberst Siegfried im Jahre 1879 für die Arbeiten des eidg. topographischen Bureau ein „Régistre des repères du nivellement de précision de la Suisse“ zusammenstellen lassen, in welchem in Anbetracht des provisorischen Charakters dieser Zusammenstellung und in Erwartung der Einführung eines definitiven Nullpunktes der Höhen die Meereshöhe von Chasseral nach Eschmann unverändert zu 1609,57 m beibehalten und unter Benützung des im „Niv. de précision“, pag. 156, für den Höhenunterschied Pierre du Niton—Chasseral mitgeteilten Wertes von 1232,71 m als Meereshöhe von Pierre du Niton

$$1609,57 \text{ m} - 1232,71 \text{ m} = 376,86 \text{ m}$$

abgeleitet worden ist. Das ist die allen unseren offiziellen schweizerischen Kartenwerken zu Grunde liegende Meereshöhe von Pierre du Niton.

Es hat sich im Laufe der Zeit herausgestellt, dass besonders in den ältern Präzisionsnivellements fast aller Länder grosse systematische Fehler vorhanden sind, die sich auf längere Strecken sehr störend fühlbar machen und die sichere Vergleichung der Mittelwasserstände verschiedener Meere beeinträchtigen, denn eine Bearbeitung und Ausgleichung eines Teiles des vorliegenden Beobachtungsmaterials durch das internationale geodätische Institut hat ergeben, dass der mittlere Fehler der nivellierten Höhenunterschiede zweier Stationspunkte, die in kürzester Distanz um zirka 1500 km auseinander liegen, den grossen Betrag von 18 cm erreicht, der sich durch die Ausgleichung auf 9 cm reduziert. Daraus folgt, dass die aus der Ausgleichung berechneten Höhenunterschiede der Mittelwasser zwischen Punkten der Nordküste Europas einerseits und der Südküste andererseits infolge der grossen systematischen Fehler der zu grunde liegenden Nivellements keine reellen Grössen darstellen<sup>1)</sup>. In Anbetracht dieser Verhältnisse ist 1891 auf der Konferenz der internationalen Erdmessung in Florenz auf Antrag von Direktor Helmert beschlossen worden: „Von der Wahl eines gemeinsamen Nullpunktes der Höhen in Europa wird abgesehen“, und den einzelnen Staaten wurde die Einführung von Landeshorizonten für ihre Höhen überlassen. Die früher allgemein übliche Annahme, dass zwischen den Mittelwasserständen verschiedener Meere Unterschiede bestehen, die nach dem Nivellement Bourdalouë zwischen den Häfen am Mittelländischen Meere und am Atlantischen Ozean Beträge bis über 1 m darstellen, hat infolge von neueren genaueren Messungen der Tatsache weichen müssen, dass heute zwischen den verschiedenen Meeren nur noch Unterschiede von kleinen Beträgen von wenigen Dezimetern vorhanden sind, die durch lokale Küstenverhältnisse eine ungezwungene Erklärung finden, sodass „die Übertragung eines Nullpunktes in die verschiedenen vom Meere umspülten Länder mit ebenso viel, wenn nicht mit grösserer Genauigkeit durch das Meer selbst vollzogen wird, als dies durch die bestehenden Nivellements vermittelt werden kann<sup>2)</sup>).

Für die Schweiz bestehen somit keine Gründe mehr, mit der Bereinigung ihrer Nullpunktfrage der Höhen länger zuzuwarten und da neue kartographische Arbeiten die Beseitigung der grossen Höhendifferenzen erfordern, die an der Schweizergrenze zwischen unsern absoluten Höhenangaben und denjenigen der Nachbarstaaten bestehen, so hat die Abteilung für Landestopographie den Referenten mit der Bearbeitung einer Schrift über die „Untersuchung der Höhenverhältnisse

<sup>1)</sup> A. Börsch und F. Kühnen, Vergleichung der Mittelwasser der Ostsee und Nordsee, des Atlantischen Ozeans und des Mittelmeeres auf Grund einer Ausgleichung von 48 Nivellements-polygonen in Zentral- und West-Europa. Berlin 1891. Als Manuskript gedruckt.

<sup>2)</sup> Ch. Lallemand, I. E. Verh. 1891, Florenz, pag. 95.

F. Helmert, Zeitschr. f. Verm. 1901, pag. 191.

der Schweiz im Anschluss an den Meereshorizont“ betraut, die 1902 im Verlag der Abteilung für Landestopographie erschienen ist.

Die Schrift behandelt in gedrängter Darstellung die hauptsächlichsten einschlägigen Faktoren, wie Anlage, Form und Stabilität der Höhenmarken, die Methoden beim geometrischen Nivellement und die hiebei auftretenden systematischen Fehlerquellen, die erreichte Genauigkeit der Nivellements von Land zu Land, die Resultate in der Vergleichung der Mittelwasser der verschiedenen Meere, sowie die Versuche, welche gemacht worden sind, um einen internationalen Nullpunkt der Höhen einzuführen, und geht alsdann zu einer Diskussion aller neuen bis zur Schweizergrenze führenden Nivellements der Nachbarstaaten über. Da in der Ausgleichung des schweizerischen Netzes die orthometrische Korrektur keine Berücksichtigung gefunden hat, während dieselbe im französischen, italienischen, österreichischen und bayrischen Netze vor der Ausgleichung eingeführt wurde, so musste zunächst diese Korrektur streng für das Umfangspolygon Morges – Neuchâtel – Biel – Delémont – Basel – Schaffhausen – Konstanz – Landquart – Reichenau – Oberalp – Hospenthal – Brig – Morges, sowie von den Knotenpunkten dieses Polygons bis zu den Anschlusspunkten der Nachbarstaaten gerechnet und berücksichtigt werden.

Die Vergleichung der schweizerischen Höhen über Pierre du Niton mit den Präzisionsnivellements der Nachbarstaaten ergibt alsdann als Höhe der Bronzeplatte auf Pierre du Niton die folgenden Resultate:

|   | Nach Anschluss mit | Höhe über Mittelwasser              | Gewicht |
|---|--------------------|-------------------------------------|---------|
| 1.  | Frankreich         | in Marseille . . . . . 373,633 m    | 2,8     |
| 2.  | Italien            | der ital. Meere . . . . . 373,760 m | 1,0     |
| 3.  | Oesterreich        | in Triest . . . . . 373,724 m       | 0,7     |
| 4.  | Deutschland        | in Swinemünde . . . . . 373,427 m   | 2,6     |
| Höhe der Bronzeplatte auf Pierre du Niton über dem Mittelwasser der Meere<br>373,585 m ± 0,074 m. |                    |                                     |         |

In den Anschlusslinien der Schweiz mit Italien und Österreich mussten bedeutende Höhenunterschiede überwunden werden und da während der Nivellementsarbeiten Lattenvergleichen im Felde nicht angestellt worden sind, so leidet darunter die Zuverlässigkeit der Anschlussresultate; ausserdem lässt sich von den schweizerisch-österreichischen Anschlusspunkten im st. gallischen Rheintal nur von einer einzigen Höhenmarke an der Kirche in Au die Unveränderlichkeit der Höhenlage in dem grossen Zeitintervall von zwölf Jahren, das zwischen den beidseitigen Nivellements liegt, wirklich verbürgen, während alle andern Anschlussmarken sich auf Objekten angebracht finden, welche durch Bodenbewegungen mehr oder weniger verändert worden sind. In der deutschen Anschlusslinie treten grosse systematische Fehler auf, die nur durch beidseitige vollständige Neunivellements beseitigt werden können, denn mit ziemlicher Regelmässigkeit nehmen die Anschlussresultate von Basel bis Konstanz um den auffallend grossen Betrag von 0,15 m ab. Die kürzeste Verbindung der Schweiz mit dem Meere ist durch Frankreich möglich und das eidg. topographische Bureau hat deshalb grosse Sorgfalt darauf verlegt, einen sichern Anschluss zwischen

der Schweiz und Frankreich zu erlangen. In der folgenden Tabelle sind die Resultate der diesbezüglichen Anschlussnivellements zusammengestellt.

| Station                         | Anzahl der Anschlussmarken | Höhe von Pierre du Niton über Mittelwasser in Marseille | Gewicht |
|---------------------------------|----------------------------|---|---------|
|                                 |                            | m   |         |
| Boncourt-Delle . . . . .        | 3                          | 373,623   | 1       |
| Locle, Col de France . . . . .  | 2                          | 373,648   | 1       |
| Les Verrières . . . . .         | 4                          | 373,627   | 1       |
| La Cure . . . . .               | 2                          | 373,604   | 1       |
| Moillesullaz bei Genf . . . . . | 2                          | 373,622   | 2       |
| St-Gingolph . . . . .           | 3                          | 373,648   | 1       |
| Châtelard . . . . .             | 3                          | 373,713   | 1/2     |
| Mittel nach Gewichten . . . . . |                            | 373,633   |         |
| Einfaches Mittel . . . . .      |                            | 373,641   |         |

Man sieht, dass auch hier die extremen Stationsresultate eine Differenz von 0,109 m aufweisen, aber es handelt sich nicht um einen systematischen Fehler, der sich auf die ganze Anschlusslinie verteilt, sondern es ist einzig das Polygon St-Gingolph – Moillesullaz – Châtelard – St-Gingolph, das mit seiner hochgelegenen Station Châtelard einen etwas zu grossen Schlussfehler zeigt.

Wenn man nun bedenkt, dass das schweizerische Nivellementsnetz weiter ausgebaut wird und insbesondere die Alpenlinien einer Neumessung bedürfen, und dass andererseits der definitiven Ausgleichung die Reduktion des Nivellements mit der wirklichen Schwerebeschleunigung vorangehen muss, so erscheint es angemessen, das Resultat für die Höhe von Pierre du Niton über dem Meereshorizont auf einen vollen Dezimeter abzurunden, und das umsomehr, da für die Aufgaben der Kartographie eine solche Genauigkeit ausreicht. Die Schrift über die Höhenverhältnisse der Schweiz schliesst deshalb mit dem Antrage:

„Als Ausgangspunkt des schweizerischen Höhennetzes wird das Mittelwasser des Mittelländischen Meeres im Hafen von Marseille eingeführt, das mit Abschluss der Mareographenangaben vom 1. Januar 1900 11 mm über „zero normal du nivellement général de la France“ liegt<sup>1)</sup>. Demgemäss wird die absolute Höhe von N. F. Pierre du Niton auf

**373,6 m**

festgesetzt.“

<sup>1)</sup> Briefliche Mitteilung des Herrn Ch. Lallemand an das eidg. topographische Bureau vom 15. III. 1901.

## Schlusswort.

Das Präzisionsnivellement ist als Zweig der Landesvermessung eine Errungenschaft der neueren Zeit, denn das erste geometrische Landesnivellement ist in den Jahren 1857 bis 1864 von Bourdalouë in Frankreich ausgeführt worden. In der Schweiz haben die Feldarbeiten für das Präzisionsnivellement im Anschluss an die Oktober 1864 gefassten Beschlüsse der ersten allgemeinen Konferenz der Bevollmächtigten zur mitteleuropäischen Gradmessung im Jahre 1865 begonnen, sind dann 1883 zu einem vorläufigen Abschluss gekommen und 1891 ist der Katalog der auf Pierre du Niton als Ausgangspunkt bezogenen Höhen für sämtliche eingemessenen Höhenmarken veröffentlicht worden. Über die Fortführung der Arbeiten am schweizerischen Präzisionsnivellement von 1893 bis 1903 berichten die vorstehenden Kapitel. Der Umstand nun, dass die ersten Operationen in unserem Landesnivellement in eine Zeit fallen, in der noch keine oder doch sehr ungenügende Erfahrungen über diese Art von Messungen vorliegen konnten, erklärt, dass das bestehende schweizerische Präzisionsnivellement nicht als ein in allen Teilen homogenes Werk angesehen werden kann, ohne dass deswegen die leitenden oder die ausführenden Organe ein Vorwurf trifft, denn nur durch die mit der Zeit in den verschiedenen Ländern gesammelten Erfahrungen konnten in die Beobachtungsmethoden, die Konstruktion der Instrumente und das Reduktionsverfahren successive Verbesserungen eingeführt werden, welche diesem Zweig der Landesvermessung den erforderlichen Grad der Genauigkeit verbürgen. Vor allem beeinträchtigen die Geländeverhältnisse unseres Landes den Genauigkeitsgrad des alten schweizerischen Präzisionsnivellements, denn da das schweizerische Netz Höhenunterschiede von über 2000 m aufweist, so können auch ganz geringe Unsicherheiten in der Bestimmung des Lattenmeters in den Nivellementslinien, welche die Alpen überschreiten, zu beträchtlichen systematischen Fehlern Veranlassung geben. Es sind somit, um diese Fehler auf ein Minimum reduzieren zu können, im Gebirgsnivellement häufige, wenn immer möglich tägliche Vergleichen der Nivellierlatten mit einem gut bestimmten Stahlmeter unerlässlich und da im schweizerischen Präzisionsnivellement von 1865 bis 1893 solche Feldvergleichen nicht ausgeführt worden sind, so ist ein Neunivellement wenigstens im gebirgigen Teile der Schweiz unabweisbar. Ein anderer Umstand drängt dazu, das Landesnivellement neu zu erstellen. Wie wir im Kapitel über das „Versicherungsnivellement“ gesehen haben, ist nahezu die Hälfte der im „Catalogue des hauteurs“ angeführten Höhenmarken infolge von Zerstörungen mannigfaltiger Art als vollständig verloren zu betrachten, sodass die Verteilung der Höhenmarken jetzt eine sehr ungleiche und für gewisse technische Zwecke stellenweise eine ungenügende geworden ist. Auch geht aus den Ergebnissen von Spezialuntersuchungen über Veränderlichkeit von Höhenmarken, die von der Landestopographie in grösserer Zahl vorgenommen worden sind, deren Mitteilung mit allen Nachweisen hier aber zu weit führen würde, mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass eine nicht unerhebliche Zahl von weiteren Fixpunkten durch Senkung der Objekte, an denen sie angebracht sind, ihre Höhenlage verändert haben und einer Neubestimmung bedürfen. Der Nachweis derartiger Veränderungen von Höhenmarken durch Senkung oder Hebung des Bodens war bereits bei Gründung der mitteleuropäischen Gradmessung als Programmpunkt der Verhandlungen vorgesehen und speziell hat Sartorius von Waltershausen 1867 die Anregung gebracht, *dass die Höhenmarken unter den Schutz und die Aufsicht der Regierungen zu stellen und rücksichtlich ihrer Höhen in nicht zu grossen Zeitintervallen — womöglich alle zehn Jahre — zu*

*kontrollieren und in den an das Meer angrenzenden Ländern mit den Pegeln resp. Küstenmarken zu vergleichen sind<sup>1)</sup>.*

Dabei ist in der Anlage des Netzes auf die Auswahl der Objekte für die Höhenmarken die grösste Vorsicht zu verwenden, damit durch nachnivellieren von möglichst sicheren Punkten aus, die am besten in gutem Felsen anzubringen sind, die Veränderung der gegenseitigen Höhenlage sicher nachgewiesen werden kann. — Aus den Spezialuntersuchungen der schweiz. Landestopographie hat sich im allgemeinen gezeigt, dass bei der Auswahl der Linien des Präzisionsnivelements vor allem Eisenbahnlinien, dann flache Seeufer, sowie weite Flusstäler mit moorigem Untergrund möglichst zu vermeiden sind. Im Rheintal hat sich zwischen Waldshut und Basel im besonderen ergeben, dass Einsenkungen von Gebäuden durch Salz- oder Gypsauslaugungen entstehen können. So zeigte sich vor zirka zehn Jahren im Bahnhof Basel-Augst eine Einsenkung mit Trichtereinsturz. Eine Expertise von Prof. A. Heim ergab als Ursache eine Quelle, die man nach Abteufung eines Schachtes durch den Gyps fliessend vorfand. Aus gleichen Ursachen ist nach Mitteilung von Prof. Heim im Dorf Basel-Augst unter einem Stall ein Einsturz erfolgt.

Neubauten und neue Brückenanlagen eignen sich nicht für Höhenmarken, denn sie zeigen in den ersten Jahren immer Senkungen, die je nach den Untergrundsverhältnissen sehr verschiedene Beträge annehmen können. Dagegen werden die Fixpunkte am vorteilhaftesten an Felsen, sowie an alten gut fundierten Gebäuden, wie Kirchen, eingelassen und es wird sich lohnen, gegebenen Falles auch einen kleinen Umweg, der zu solchen Objekten führt, nicht zu scheuen.

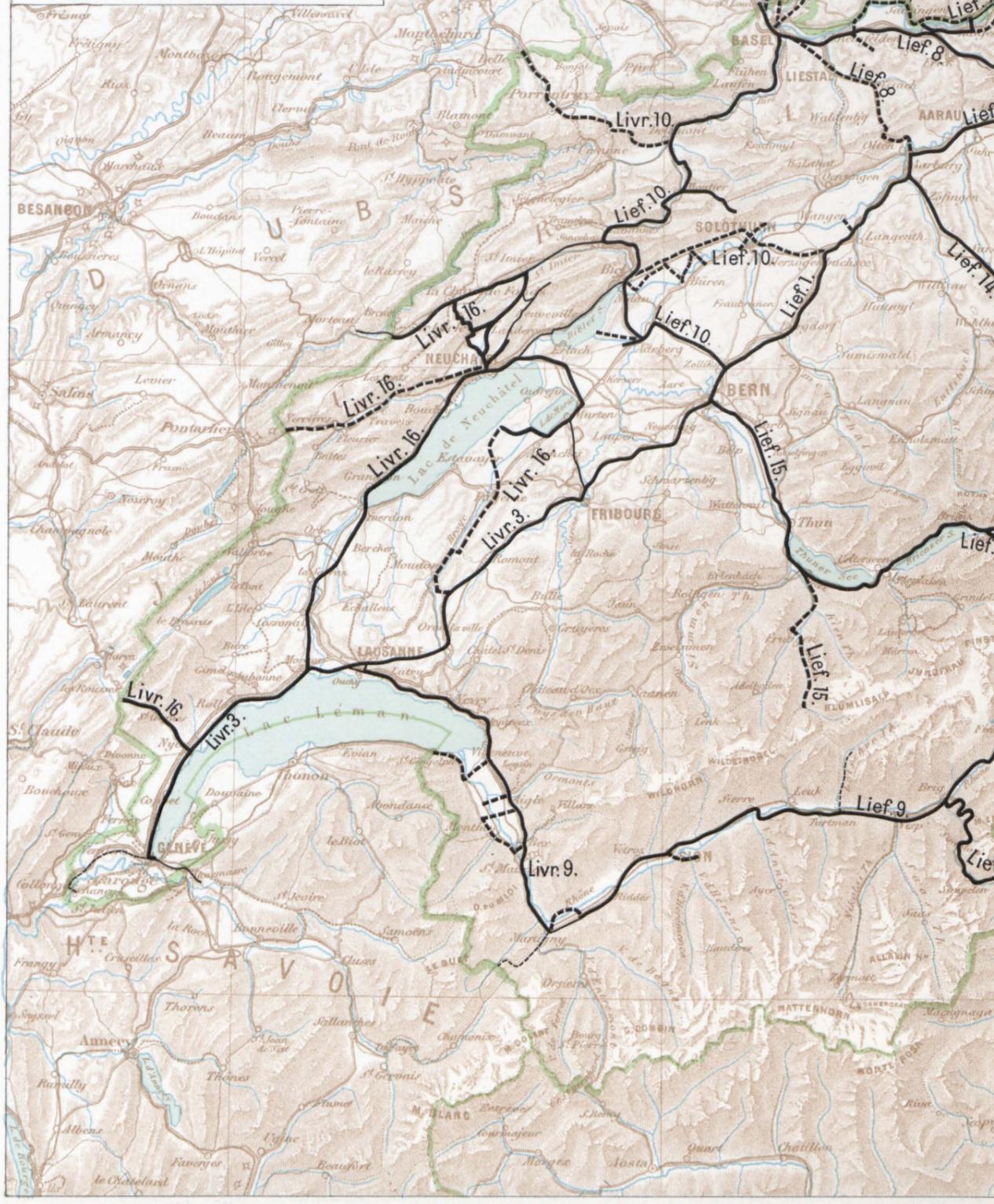
Wenn immer möglich sind die Höhenmarken in Gruppen von drei, mindestens zwei Punkten so anzubringen, dass eine Kontrolle ihrer Stabilität mit wenigen Instrumentstationen ausgeführt werden kann; auch ist es wichtig, für ihre Konstruktion eine Form zu finden, welche eine Beschädigung oder Zerstörung möglichst ausschliesst. Vor allem aber ist die stete Überwachung des Nivellementsnetzes und ein rasches Ersetzen von beschädigten oder zerstörten Höhenmarken eine unbedingte Notwendigkeit. Werden unsichere oder verlorene Punkte nicht sofort ersetzt, so geht das Werk des Landesnivelements in verhältnismässig kurzer Zeit zugrunde.

Ein neues schweizerisches Landesnivelement wird sich nach den vorstehenden Ausführungen nicht umgehen lassen; dagegen darf erwartet werden, dass das bisherige schweizerische Präzisionsnivelement bis zur Vollendung des ersteren den Bedürfnissen der meisten technischen Zwecke genügen wird.

---

<sup>1)</sup> I. E. Verh. 1867 Berlin, pag. 141.

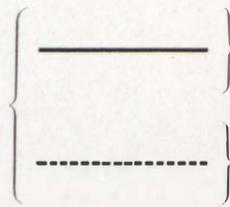
CARTE  
DES  
**NIVELLEMENTS DE PRÉCISION**  
DE LA SUISSE  
exécutés de 1865-1903.  
1:1.000.000.



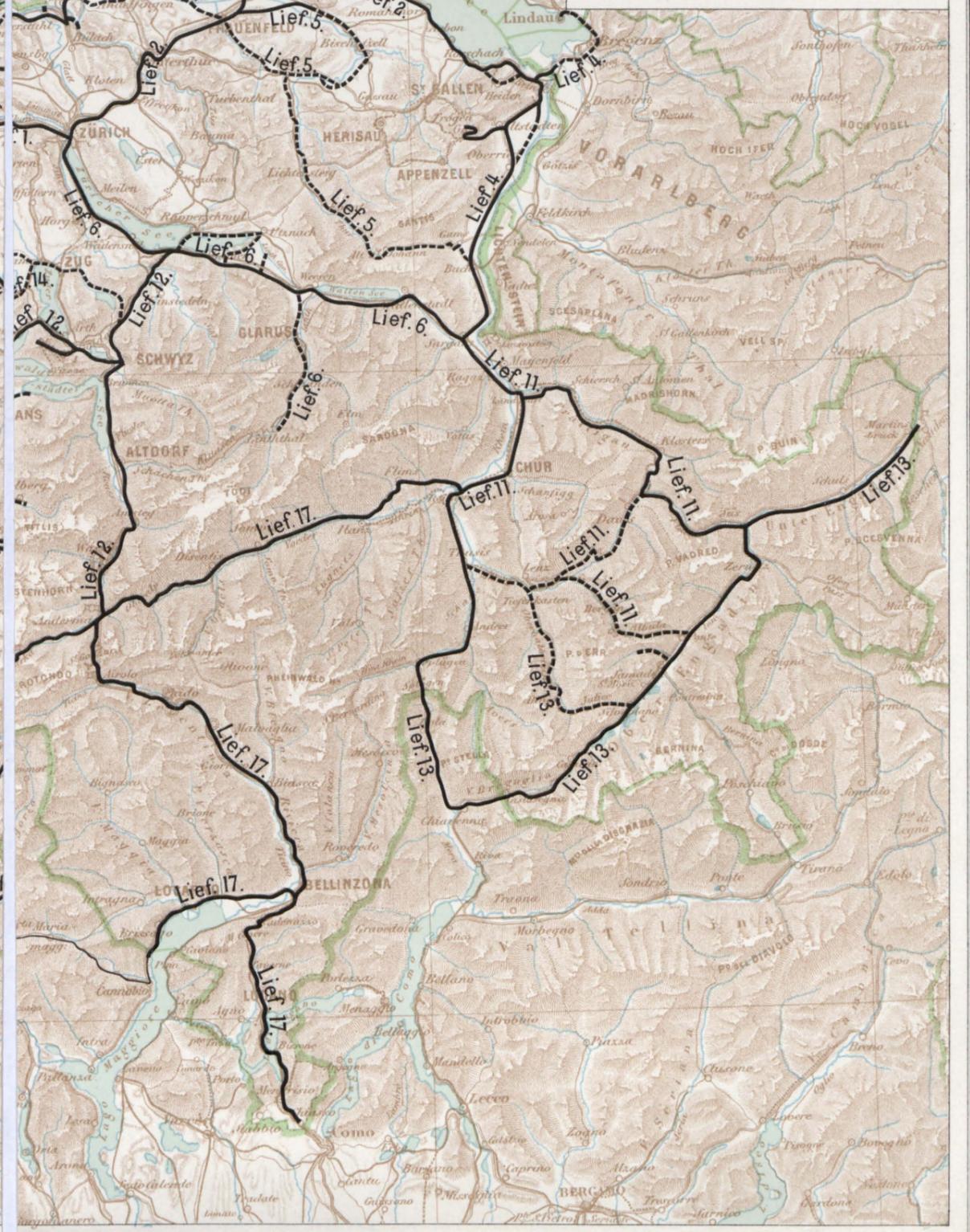
**Légende**

Von der schweiz. Landestopographie in den Lieferungen 1-17: Die Fixpunkte des schweiz. Präzisionsnivellements\* publiziert.

Publiés par le Service topographique fédéral dans les livraisons 1-17 de l'ouvrage "Les repères du nivellement de précision de la Suisse."

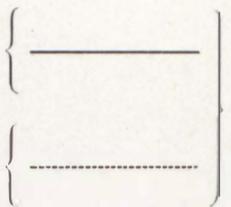


UEBERSICHTSKARTE  
DER  
**SCHWEIZ. PRÄZISIONSNIVELLEMENTE**  
ausgeführt von 1865-1903.  
1:1.000.000.



**Légende**

Liniennetze der schweiz. geod. Kommission.



nicht publiziert.

non publiées.

