

Untersuchung
der
Höhenverhältnisse der Schweiz
im Anschluss an den Meereshorizont

Im Auftrag der Abteilung für Landestopographie
des schweizerischen Militärdepartements

bearbeitet von

Dr. J. Hilfiker, Ingenieur

Verlag der Abteilung für Landestopographie

Bern
Haller'sche Buchdruckerei
1902

Untersuchung
der
Höhenverhältnisse der Schweiz
im Anschluss an den Meereshorizont

Im Auftrag der Abteilung für Landestopographie
des schweizerischen Militärdepartements

bearbeitet von

Dr. J. Hilfiker, Ingenieur

Verlag der Abteilung für Landestopographie



Bern
Haller'sche Buchdruckerei
1902

Vorwort.

Schon vor mehreren Decennien ist mit Sicherheit festgestellt worden, dass die Höhen der schweizerischen Kartenwerke — das Mittelwasser der europäischen Meere als Ausgangshorizont angenommen — um etwas mehr als 3 m zu gross angegeben sind.

Heute sind die Präcisions-Nivellements, soweit sie im Programm der internationalen Erdmessung vorgesehen waren, in der Schweiz, wie in den Nachbarstaaten durchgeführt und damit hat die Zuverlässigkeit des Anschlusses unserer Hypsometrie an die verschiedenen Meere in hohem Masse zugenommen.

Es war daher geboten, bei Anlass der Studien über die Erstellung einer neuen Karte der Schweiz auch die Frage zur Erörterung zu bringen, ob und in welchem Betrage der bisherige schweizerische Höhenhorizont zu verschieben sei.

Diese Frage in wissenschaftlicher und technischer Hinsicht zu untersuchen, ist der Zweck der vorliegenden Arbeit, deren Abfassung Herr Dr. J. Hilfiker, unser langjähriger Nivellements-Ingenieur, übernommen hat. Die Schrift bietet alle wünschbare Aufklärung über den heutigen Stand der Höhenfrage unseres Binnenlandes und wir sind Herrn Dr. Hilfiker zu Dank verpflichtet für die gründliche und allseitige Behandlung der ihm gestellten Aufgabe.

Es sei uns gestattet an dieser Stelle den verbindlichsten Dank auch denjenigen Amtsstellen auszusprechen, welche unsere Erkundigungen mit eingehenden Darlegungen beantwortet haben, insbesondere dem Direktor des Centralbureaus der internationalen Erdmessung, Herrn Professor Dr. *F. R. Helmert*, Geheimer Regierungsrat in Potsdam; sodann Mr. *Ch. Lallemand*, Ingénieur en Chef des Mines, Directeur du Service du Nivellement général de la France à Paris und dem *Reale Istituto geografico militare* in Florenz.

Bern, 9. Mai 1902.

Abteilung für Landestopographie
des schweiz. Militärdepartements:

L. Held.

Berichtigungen.

- S. 6. Zeile 13 v. o., lies C. Bruhns anstatt G. Bruhns.
- S. 39. Tabelle, Kopf, lies Mittelwassers anstatt Mittelmeeres.
- S. 41. Zeile 2 von unten, lies Flutmesserstationen anstatt Flutwasserstationen.
- S. 47. Zeile 2 v. o., lies Anschlussresultat anstatt Ausschlussresultat.
- S. 70. Tabelle, Zeile 1, Kol. 7, lies — 2,759 anstatt — 2,760.
 „ „ „ Kol. 8, „ 373,618 „ 373,619.
- S. 73. Untere Tabelle, Kol. 3, lies — 52,630 anstatt — 52,631.
 „ „ „ Kol. 4, „ 373,676 „ 373,677.
- S. 77. Tabelle, untere Hälfte, abändern wie folgt:

Höchst	Rep. 1731	402,332	+ 28,663	+ 28,593	373,739	
„	„ 1732	404,023	+ 30,355	+ 30,285	373,738	373,739
Rheinegg	[N. F. 140] ¹⁾	400,140	+ 26,478	+ 26,407	373,733	
„	⊙ 59	401,054	+ 27,379	+ 27,308	373,746	373,739
Mittelwert					373,725

- S. 77. Zeile 4 nach der Tabelle, lies 373,696 anstatt 373,695.
- S. 90. Tabelle, Zeile 6, lies 373,725 anstatt 373,724.



Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorbemerkungen	6
Der Meeresspiegel als Horizont für die Höhenangaben	7
Stabilität der Höhenmarken	18
Systematische Fehlerquellen beim geometrischen Nivellement	24
Erreichte Genauigkeit der Nivellements von Land zu Land	36
Vergleichung der Mittelwasser der verschiedenen Meere	38
Die Schweiz	45
Versuche, einen internationalen Nullpunkt der Höhen einzuführen	54
Vergleichung des schweizerischen Präcisionsnivellements mit denjenigen der Nachbarstaaten	64
Anschluss mit Frankreich	65
Anschluss mit Italien	72
Anschluss mit Oesterreich	74
Anschluss mit Deutschland	77
Höhe von Pierre du Niton über dem Mittelwasser der Meere	90



Vorbemerkungen.

Die folgende Arbeit stützt sich im wesentlichen auf die Publikationen des Verbandes der Gradmessung, welcher, von General Baeyer im Jahre 1862 als „Mitteleuropäische Gradmessung“ gegründet, sich bereits 1867 zu einer „Europäischen Gradmessung“ erweitert und 1886 in die „Internationale Erdmessung“ übergeht. Es wird nun im Texte des öftern auf die Verhandlungen der allgemeinen Konferenzen sowie auf diejenigen der permanenten Kommission der Grad- resp. Erdmessung, denen von 1867 ab auch die Generalberichte über den Fortschritt der Gradmessungsarbeiten der verschiedenen Staaten in den einzelnen Jahren beigegeben sind, verwiesen werden, so dass eine abkürzende Bezeichnung derselben notwendig ist. Die Verhandlungen der ersten allgemeinen Konferenz 1864 in Berlin sind redigiert von W. Förster, die der zweiten, 1867 zu Berlin von G. Bruhns, W. Förster und A. Hirsch. Es zeichnen dann von 1871 bis 1880 die Schriftführer C. Bruhns und A. Hirsch, und nach dem Tode des erstern bis 1883 A. Hirsch und Th. v. Oppolzer. Mit der Erweiterung der europäischen Gradmessung in die internationale Erdmessung übernimmt von 1886 an deren ständige Sekretär A. Hirsch die alleinige Redaktion der „Verhandlungen“ und nach dessen Rücktritt geht dieselbe 1900 an H. G. van de Sande Bakhuyzen über.

Im Folgenden werden für alle drei in der Entwicklung der Gradmessung erwähnten Perioden die „Verhandlungen“ abkürzend gleichartig bezeichnet, für 1867 z. B. mit *I. E. Verh. 1867 Berlin*. Wir führen ferner die folgenden Abkürzungen ein:

Niv. préc. Suisse für Nivellement de précision de la Suisse, exécuté par la commission géodésique fédérale, sous la direction de A. Hirsch et E. Plantamour. Genève et Bâle 1867/1891.

Comm. géod. suisse, proc.-verb. für Procès-verbal de la séance de la commission géodésique suisse.

Der Meeresspiegel als Horizont für die Höhenangaben.

Es ist von Alters her in der Geodäsie gebräuchlich, die Höhenlage von Orten der Erdoberfläche auf den Meeresspiegel zu beziehen, denn das Weltmeer ergibt für die durch die Oceane von einander getrennten Weltteile und Inseln einen gemeinsamen natürlichen Horizont. Alle geodätischen Untersuchungen beziehen sich auf das *mittlere Meer*, dessen Fläche man sich unter den Kontinenten fortgesetzt denkt und welches, wenn wir von den Gezeiten und anderen Störungen des Gleichgewichtes, wie Druckunterschiede und Bewegungen der Atmosphäre absehen, eine Niveauläche darstellt. Gauss sagt:¹⁾ „Was wir im geometrischen Sinne Oberfläche der Erde nennen, ist nichts anderes als diejenige Fläche, welche überall die Richtung der Schwere senkrecht schneidet und von der die Oberfläche des Weltmeeres einen Teil ausmacht“, und Bessel fügt dieser Definition hinzu, dass man sich diese durch die Meeresfläche dargestellte Niveauläche durch ein Netz von Kanälen, welche mit dem Meer in Verbindung stehen und durch dieses gefüllt werden, auch in die Kontinente fortgesetzt denken könne.²⁾ Für eine solche Erdoberfläche führt Listing den Namen Geoid ein, der seither üblich geworden ist als Bezeichnung für die geometrische Figur der Erde, die einem abgeplatteten Ellipsoid entspricht.³⁾

Nun sind aber die Land- und Wassermassen der Erde sehr ungleichmässig verteilt und es besteht ein beträchtlicher Unterschied zwischen der Dichtigkeit der Kontinente und derjenigen der Oceane, indem die letztere wenig über 1, die erstere dagegen auf 2.7 zu schätzen

1) Gauss, Bestimmung der Breitenunterschiede zwischen Göttingen und Altona, 1828.

2) Bessel, Von dem Einfluss der Unregelmässigkeiten der Figur der Erde auf geodätische Arbeiten. Astron. Nachr., No. XIV.

3) Listing, Ueber unsere jetzige Kenntnis der Gestalt und Grösse der Erde. Göttinger Nachr., 1873.

ist¹⁾, woraus folgt, dass — theoretisch — längs der Küsten eine Ausbiegung des regelmässigen Ellipsoids entsteht, indem die Oberfläche der Meere gegen die Küsten der spezifisch dichteren Festländer und Inseln hin ansteigen muss. Da andererseits auch die Resultate aus Pendelmessungen, die auf Inseln mitten im Ocean und an Küstenpunkten der Kontinente angestellt worden sind, ergeben haben, dass auf den oceanischen Inseln die Schwere grösser und auf den Kontinenten kleiner ist, als sie auf einem idealen Ellipsoid betragen würde, so scheint die Schlussfolgerung nahe zu liegen, dass das mittlere Niveau des Meeres nicht einer und derselben Niveaufläche angehört und somit für die Höhenlage von Orten der Erdoberfläche keinen sicheren, festen Nullpunkt oder Horizont abgeben kann. Es ergibt sich also die Notwendigkeit, längs der Küsten auf experimentellem Wege durch direkte Messung zu untersuchen, in wie weit von einer Konstanz des mittleren Meeresniveau gesprochen werden kann und hierzu ist unerlässlich, dass man systematisch an möglichst vielen Punkten Beobachtungen über die relative Höhe der Meere und der Kontinente anstellt und die Stationen längs der Küste und durch die Kontinente hindurch nivellistisch mit einander verbindet. Erstrecken sich dann die Beobachtungen auf alle Meere, so wird es wenigstens möglich sein, dasjenige unter ihnen herauszufinden, das am ehesten den Bedingungen einer Niveaufläche entspricht. — Die Frage, ob die Meere ein gemeinsames Niveau bilden, bedarf also zu ihrer Lösung einer experimentellen Bestimmung der sogenannten *Mittelwasser*. Die Meeresfläche ist infolge der Anziehung von Sonne und Mond und der Drehung der Erde um ihre Axe in beständigen Schwankungen begriffen, die wir unter dem Namen der Gezeiten kennen, mit denen sich der Einfluss von veränderlichen meteorologischen Elementen, wie Wind, Temperatur, Luftdruck und Niederschläge, sowie der Meeresströmungen etc. vereinigen. Aus diesen Bewegungen sucht man nun die Resultante zu bestimmen, indem an fest aufgestellten, getheilten vertikalen Massstäben, deren Nullpunkt auf eine sicher angelegte Höhemarke bezogen wird — den Pegeln — regelmässige tägliche Ablesungen des Wasserstandes gemacht werden. Solche Ablesungen sind schon seit Jahrhunderten gemacht worden, denn mit den Gezeiten wechselt die Tiefe des Wassers, und es ist für die Schiffahrt längs der Küsten von allergrösster Wichtigkeit, diesen periodischen Wechsel genau zu kennen. Damit nun die Ablesungen den möglichst grössten Grad

1) F. R. Helmert, Mathem. und physik. Theorien der höheren Geodäsie Band II, p. 477.

der Genauigkeit erhalten, müssen die Pegel so aufgestellt werden, dass sie frei mit dem Meere kommunizieren und doch dem Wellenschlage des offenen Meeres entzogen sind, was durch Anbringen von Schächten oder Röhren in geeigneter Tiefe (ca 3 m unter dem tiefsten Ebbestand) erreicht werden kann. Seit 1831 hat man in England selbstregistrierende Flutmesser, sogenannte Mareographen erstellt¹⁾, welche im wesentlichen darin bestehen, dass die vertikale Bewegung eines Schwimmers auf der Wasseroberfläche des Schachtes durch eine Hebelübertragung auf einem vermittelt eines Uhrwerkes bewegten Cylinder als Kurve so aufgezeichnet wird, dass die Ordinaten der Kurve der entsprechenden Hebung oder Senkung des Schwimmers proportional sind, während die Abscissen direkt die Zeit darstellen, so dass die tägliche Meereshöhe aus den Diagrammen abgeleitet werden kann. Frankreich hat seit 1843 Mareographen eingeführt und zur Zeit funktionieren solche Instrumente an zahlreichen Stationen der französischen Küste. In der Absicht, einen einfachen, billigen und trotzdem sicher arbeitenden Apparat herzustellen, der ohne grosse Rechnungen den Wasserstand abzuleiten gestattet, hat Ch. Lallemand im Auftrage des Comité du nivellement général de la France ein neues Instrument eigener Erfindung konstruieren lassen, dem er den Namen Medimaremeter beilegt und das seit 1887 an verschiedenen Stationen längs der französischen Küste in Thätigkeit ist.²⁾ In Deutschland hat General Baeyer im Jahre 1870 in Swinemünde einen Mareographen aufstellen lassen und die ersten zehnjährigen Aufzeichnungen desselben hat W. Seibt in seiner Publikation: „Das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde“, Berlin 1881, bearbeitet. In dieser Untersuchung hat Seibt den wichtigen Nachweis geführt, dass für Swinemünde die aus täglich einmal stattfindenden Pegelbeobachtungen abgeleiteten Jahresmittel des Wasserstandes an Genauigkeit nahe gleichwertig sind mit den aus kontinuierlichen Registrierbeobachtungen der Mareographen erhaltenen und er schliesst daraus, dass für Swinemünde Lücken, welche durch Versagen des Apparates entstanden sind, mittels der unmittelbaren Wasserstandsbeobachtungen interpoliert werden dürfen, und dass ebenso das Extrapolieren unmittelbarer Wasserstandsbeobachtungen in die Resultate der Registrierbeobachtungen für diejenige Zeit, in welcher der Apparat noch nicht aufgestellt war, zulässig ist. Auf Grundlage dieser Schlussfolgerungen hat Seibt die Wasserstandsbeobachtungen in Swinemünde

¹⁾ Bogulawski, Handbuch der Oceanographie, Band II, p. 164.

²⁾ Ch. Lallemand, la détermination du niveau moyen de la mer à l'aide d'un nouvel appareil: le médimare-mètre; I. E. Verh. 1887 Nizza, Beilage V e.

von 1811 an mit verwendet, so dass zur Zeit für diese Station das Mittelwasser aus einer 88jährigen Beobachtungsreihe bearbeitet vorliegt.

Nach Bouquet de la Grye ist die Verteilung der an den europäischen Küsten in Funktion stehenden Mareographen die folgende:¹⁾

Es haben:

1. Belgien 1 Mareographen (in Ostende).
2. Dänemark 10 Mareographen, von denen 9 an das deutsche Nivellementsnetz angeschlossen sind.
3. Deutschland 26 Mareographen, von denen 9 unter der Direktion des geodätischen Instituts stehen.
4. Frankreich 11 Mareographen für den service hydrographique und 11 für das nivellement général.
5. Italien 16 Mareographen.
6. Holland 34 Mareographen an den Küsten der Nordsee und der Zuidersee; zur Kontrolle der Angaben der selbstregistrierenden Instrumente werden zu bestimmten Zeiten Pegelablesungen ausgeführt.
7. Norwegen 8 Mareographen.
8. Oesterreich 1 Mareographen (in Pola).
9. Russland 10 Mareographen.
10. Grossbritannien 9 Mareographen, die aber ausschliesslich für die praktischen Zwecke der Schifffahrt benützt werden.

Die einheitliche Berechnung des mittleren Niveaus des Meeres stösst auf verschiedenartige Schwierigkeiten, denn das Mittel der Instrumentangaben wird erst dann zu dem wahren Ausdruck der mittleren Meereshöhe, wenn es gelingt, Korrekturen für die verschiedenen sehr merklichen Störungsursachen einzuführen. So ist der Luftdruck ständigen Schwankungen unterworfen und wenn wir von den täglichen Aenderungen absehen, so bleibt auch der jährliche Luftdruck im Meeresniveau nicht konstant, sondern er ist eine Funktion der geographischen Länge und Breite. Dann ist bekannt, dass nicht nur für isolierte Häfen, sondern für ganze Küstenstriche gewisse Windrichtungen vorherrschen, deren Einfluss auf die Mittelwasserbeobachtungen nicht durch Ausgleichung eliminiert werden kann, welches auch die Länge der Beobachtungsdauer sein möge. Und wenn eine der Stationen in der Nähe eines

¹⁾ Bouquet de la Grye, rapport sur les marégraphes; I. E. Verh. 1898. Stuttgart, p. 363.

Bouquet de la Grye, rapport sur les marées; I. E. Verhandl. 1900. Paris, 2. Teil, pag. 122.

Flusses gelegen ist, so werden die Wasserstandsangaben des Mareographen beeinflusst sein von den wechselnden Abflussmengen des Stromgebietes, die ihrerseits von den Niederschlagsmengen abhängen. Hierdurch wird eine wechselnde Verteilung der spezifischen Gewichte des Meerwassers herbeigeführt, welches durch den Fluss mehr oder weniger ausgesüsst wird und nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren muss sich der Meeresspiegel hier höher einstellen als dort, wo eine Aussüsung nicht stattfand. So erklärt Brückner die von 1853 bis 1883 in den Mittelwasserständen in Brest, Cherbourg und Havre nachgewiesenen Schwankungen des Seespiegels durch die wechselnde Wasserführung der Seine, welche entsprechend den Schwankungen des Regensfalls in Nordfrankreich um 1850 und um 1880 herum viel bedeutender war als in den sechziger Jahren.¹⁾

Im Jahre 1883 wurde von Fergola in der zweiten Sitzung der allgemeinen Konferenz der internationalen Erdmessung in Rom die schon 1842 von Bessel aufgeworfene Frage einer etwaigen Veränderlichkeit der Polhöhe resp. der Erdaxe in neue Anregung gebracht. Fergola schlägt vor, dass an mehreren passend gewählten Orten der Erdoberfläche unter Anwendung gleicher Instrumente und einheitlicher Beobachtungsmethoden Breitenbestimmungen vorgenommen werden sollten, welche in hinreichend von einander abstehenden Zeitepochen zu wiederholen seien. Dieser Vorschlag hatte zur Folge, dass 1889/1890 Beobachtungen in Berlin, Potsdam und Prag nach der Horrebow-Talcott'schen Methode ausgeführt wurden, welche die Veränderlichkeit der Polhöhe zwar ausser Frage stellten, die aber noch nicht entscheiden liessen, ob die Polhöhen-schwankungen auf wirkliche Veränderungen in der Lage der Erdaxe zurückzuführen seien. Um hierüber Klarheit zu bekommen, liess die permanente Kommission der Erdmessung 1891 von Marcuse Beobachtungen nach der gleichen Methode in einer Station 8 km südöstlich von Honolulu unmittelbar an der Meeresküste ausführen, wobei sich für die Beobachtungszeit vom 28. V. 91 bis 24. V. 92 eine Gesamtamplitude der Polhöhe von 0".53 ergab. Die Breitenänderungen zeigen einen Verlauf, welcher genau demjenigen entgegengesetzt ist, welchen man zu derselben Zeit in Europa beobachtet hat, woraus man schliessen muss, dass man es mit einer Schwankung der Rotationsaxe im Erdkörper selbst zu thun hat.²⁾ Diese Schwankungen sind seither eingehend untersucht worden

1) Brückner, über Schwankungen der Seen und Meere, Verh. d. 9. deutschen Geographentages in Wien, Berlin 1891, p. 217.

2) I. E. Verh. 1892, Brüssel, Beilage A VII.

und haben Veranlassung zur Einrichtung eines auf 6 Stationen vertheilten internationalen Polhöhendienstes gegeben.¹⁾

Nun müssen die Breitenvariationen auch eine Aenderung der Mittelwasserstände der Meere zur Folge haben und es wird nicht ausbleiben, dass auch dieser Einfluss mit der Zeit rechnerisch bestimmt werden wird. Einen ersten Versuch hat Sande Bakhuyzen unter Benützung der aus den Aufzeichnungen des Mareographen in Helder von 1854 bis 1892 abgeleiteten Resultate angestellt und nach der von Chandler aufgestellten Periode von 430 Tagen eine befriedigende Uebereinstimmung zwischen den beiden Phänomenen gefunden.²⁾

Sind die mittleren Wasserstände des Meeres in Bezug auf einen Referenzpunkt sorgfältig ermittelt, so werden sie fixiert durch Höhenmarken, die so angebracht werden, dass ihre Unveränderlichkeit auf grosse Zeitdauer wahrscheinlich ist. Diese Marken sind also Versicherungen des Mittelwassers und geben die Ausgangshöhen für alle nivelitischen Arbeiten, die auf absolute oder Meereshöhen bezogen werden sollen. Nun ist es von Wichtigkeit, die Höhenmessungen eines Landes immer auf einen und denselben, durch einen Fixpunkt festzulegenden Horizont zu beziehen und für die kartographischen Arbeiten wird es von Vorteil sein, diesen Horizont möglichst in die durchschnittliche Höhe der Mittelwasser zu verlegen. So erhalten wir Ausgangsmarken oder Normalhöhenpunkte, die, falls sie der Bedingung für Unveränderlichkeit entsprechen, allen praktischen Anforderungen genügen. Sehen wir zu, welche Ausgangs- oder Normalmarken in den verschiedenen Ländern Europas bestehen.

In *Deutschland* werden die amtlichen Höhenangaben auf Berliner Normal-Null bezogen, das so definiert ist, dass es in gleicher Höhe mit dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels liegt. Um eine sichtbare Bezeichnung für diesen Nullpunkt festzulegen, hat die Behörde der preussischen Landesaufnahme im Jahre 1878 an der königlichen Sternwarte in Berlin auf einem von aussen leicht zugänglichen und doch geschützten Beobachtungspfeiler den „Normalhöhenpunkt“ in folgender Art bezeichnen und festlegen lassen.³⁾

Ein 1,70 m langer Syenitbalken, welcher bei horizontaler Lage seiner Längsachse bis über deren Mitte hinaus in den Nordpfeiler der

1) I. E. Verh. 1900, Paris, 1. Teil, pag. 72.

2) I. E. Verh. 1894, Genf, pag. 35.

3) Schreiber, Der Normalhöhenpunkt für das Königreich Preussen an der königl. Sternwarte zu Berlin. Berlin 1879.

Sternwarte eingemauert ist, tritt mit seinem aus dem letzteren hervorstehenden Teile frei durch die durchbrochene nördliche Aussenwand des Gebäudes und trägt an seiner vertikalen feingeschliffenen Stirnfläche auf einem von oben darin eingeschobenen Körper von weissem Emailglas eine lotrechte Millimeterskala von 20 cm Länge, deren Mittelstrich den Normalhöhenpunkt bezeichnet. Die Kopffläche des Syenitbalkens trägt die in vergoldeten Bronzeinitialen aufgelegte Inschrift:

37 Meter über Normal-Null,

die sich auf den Mittelstrich der Skala bezieht. Die Höhe des letztern über dem Erdboden ist darnach bemessen, dass mit einem, etwa in 10 m Distanz im Garten der Sternwarte auf einem Stativ von gewöhnlicher Höhe aufgestellten Nivellierinstrument die Höhe der Visierlinie unmittelbar von der Skala abgelesen werden kann. Eine von oben nach unten zu öffnende Bronzethüre schliesst die Oeffnung vor dem Skalenstein. Auf der Bronzetafel über der Thüre befindet sich die vergoldete Umschrift:

Normalhöhenpunkt für das Königreich Preussen.

Der Normalhöhenpunkt ist durch eine Achatkugel, die an einem gusseisernen in den Westpfeiler der Sternwarte eingemauerten Träger festgemacht ist, sowie durch den in der Fundamentmauer der Sternwarte eingelassenen Nivellementsbolzen Nr. 3236 der Landesaufnahme versichert.

Die vom Normalnullpunkt aus gezählten Höhen werden bezeichnet mit

„Höhe über Normal-Null“, oder „Höhe über N. N.“

Die Gründe, welche die Behörden bewogen haben, die Ausgangsmarke für das Königreich Preussen nach Berlin und nicht an die Meeresküste zu verlegen, sind im wesentlichen die folgenden:

Es erschien zunächst notwendig, den Ausgangspunkt der Höhen nahe in die Mitte des Landes zu verlegen, „wo eine feste Lage am sichersten zu erreichen und eine etwaige Veränderung desselben am leichtesten und schärfsten zu konstatieren sein würde.“

Den Normalhöhenpunkt direkt durch die Lage des Mittelwassers des Meeres zu definieren, erschien schon deswegen nicht angezeigt, weil die Unveränderlichkeit desselben an irgend einem Küstenorte noch nicht erwiesen und theoretisch kaum denkbar sei und praktisch niemals nachgewiesen werden könne. Zudem wurde als ausreichend erachtet, die

mittlere Meereshöhe, von der nur im angenäherten Sinne die Rede sein könne, durch das ungefähre Mittelwasser längs der preussischen Küste zu ersetzen. Nun hat der Amsterdamer Pegel von allen Nullpunkten die häufigste Anwendung in Preussen gefunden und dessen Nullpunkt stimmt mit diesem Mittelwasser ausreichend überein, um als mittlere Meereshöhe genommen werden zu können. So beschloss die Kommission, dass der Normalnullpunkt in gleiche Höhe mit dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels zu bringen sei.

Es ist nun zuzugeben, dass zur Zeit der Aufstellung der Normalhöhenmarke in Berlin die Frage der Konstanz der Mittelwasser der Meere noch nicht abgeklärt war; die wichtigen Untersuchungen, welche der Begründer der europäischen Gradmessung, General Baeyer, über das Mittelwasser in Swinemünde ausführen liess, waren zwar im Gange, aber noch nicht abgeschlossen und die Meinung der damaligen Zeit über die Mittelwasserverhältnisse der Ostsee zeigt sich hauptsächlich beeinflusst durch die Resultate, welche Hagen in einer Vergleichung der an den Pegeln von 13 Küstenorten erhaltenen Wasserstandsmessungen von 1846 bis 1875, bezogen auf den Pegel in Neufahrwasser, abgeleitet hat.¹⁾

Diese Resultate gehen dahin, dass ein konstantes Mittelwasser nicht vorhanden ist, dass vielmehr eine sicher nachweisbare gegenseitige Veränderung zwischen Küste und Ostsee von nahezu 0,5 Fuss vorhanden sei und dass der Spiegel der Ostsee von der Ostküste Holsteins bis Memel um ca. 0,5 m ansteigt. Erst im Jahre 1881 erschien dann die Schrift von W. Seibt über das Mittelwasser der Ostsee, in welcher der Nachweis geführt wird, dass die von Hagen gefundenen Schlussfolgerungen bezüglich der gegenseitigen Veränderungen von Küste und Meer lediglich auf einem Messungsfehler beruhen, der bei Uebertragung des Pegelnullpunktes begangen wurde und dass nach Verbesserung dieses Fehlers der mittlere Wasserstand der Ostsee seit einigen fünfzig Jahren unverändert geblieben ist. Wir werden pag. 39/41 sehen, dass die neuesten Untersuchungen dieses Resultat bestätigt haben. Das Ergebnis der Arbeit von W. Seibt über die Mittelwasserverhältnisse der Ostsee hatte zur Folge, dass General Baeyer für die unter seiner Direktion vom geodätischen Institut ausgeführten Präcisionsnivellements als Ausgangshorizont das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde einführen liess, so dass für das Zeitintervall von 1882 bis 1885 im Königreich Preussen ein Teil der Nivellementsarbeiten auf Berliner Normal-Null, der andere

¹⁾ Hagen, Monatsberichte der Berliner Akademie, 1877.

aber auf das Mittelwasser der Ostsee bezogen ist. Nach dem Tode des hochverdienten Geodäten Baeyer wurde indessen auch im geodätischen Institut Normal-Null als Höhennullpunkt angenommen und die in den früheren Gradmessungsnivellements publizierten absoluten Höhen über dem Mittelwasser der Ostsee sind in Höhen über N. N. im System der Landesaufnahme umgerechnet worden.¹⁾

Oesterreich-Ungarn bezieht seine Höhen auf das Mittelwasser der Adria in Triest.²⁾ Als Ausgangspunkt für das Präcisionsnivellement dient die Höhenmarke beim selbstregistrierenden Flutmesser im Finanzwach-Gebäude am Molo Sartorio in Triest. Die Höhe dieser Marke über dem Mittelwasser beträgt, nach Ermittlung des Dr. Farolfi, weiland Professor an der Nautischen Akademie in Triest, 3,3520 m. Dieses Resultat ist unter Berücksichtigung der Barometerkorrektion aus 609 Hochwasser- und 614 Tiefwasserständen abgeleitet, die vom Mareographen im Jahre 1875 aufgezeichnet worden sind. Professor Farolfi giebt an, dass die Ausgangshöhe von 3,3520 m bloss auf 1 cm genau ist. Ausserdem sind sieben Fundamentalfixpunkte als Urmarken mit besonderer Sorgfalt im Felsen an solchen Lokalitäten errichtet worden, an denen aus geologischen und andern Gründen eine Hebung oder Senkung des Bodens nicht zu erwarten ist, nämlich :

1. Im Drauthale bei Maria-Rast, nächst Marburg, an der Eisenbahn;
2. in der Franzensfeste;
3. nächst Budweis bei Lischau;
4. südlich von Hermannstadt, im Rotenthurm-Passe, an der rumänischen Grenze;
5. im oberen Theiss-Thale, an der Strasse Márámaros-Sziget bei Trebusa;
6. im obern Waag-Thale, an der Eisenbahn Sillein-Rutka;
7. zwischen Budapest und Stuhlweissenburg, bei Nadop.

Um auf möglichst gesundes, unverwittertes Material zu kommen, wurde das Gestein entsprechend abgetragen und dann eine Fläche von etwa 1 Quadratdecimeter fein abpoliert. Die Marke wird durch

¹⁾ W. Seibt, Gradmessungsnivellement zwischen Anclam und Cuxhafen, nebst einem Anhang: Höhen über N. N. von Festpunkten der früheren Gradmessungsnivellements des geodätischen Instituts, Berlin 1888.

²⁾ F. Lehrl, das Präcisionsnivellement in der österreichisch-ungarischen Monarchie, Mitth. d. milit. geogr. Inst., 19. Band, 1899, Wien 1900, pag. 172.

ein kleines Monument in Form einer abgestutzten Pyramide, das eine lateinische, die Bedeutung des Punktes bezeichnende Inschrift trägt, überdeckt. Beim Gebrauche der Urmarke wird die Pyramide abgehoben und die Latte kann dann durch die Durchbohrung des Monumentsockels auf die polierte Oberfläche des Felsens aufgesetzt werden.

In *Italien* sind die provisorischen Quoten auf das Mittelwasser im Hafen von Genua bezogen worden; die Ausgangsmarke ist auf einem Granitquader des alten Bureau der „Capitaneria“ im Hafen zu Genua eingelassen.¹⁾ Nach brieflicher Mitteilung des Istituto geografico militare in Florenz an das eidgenössische topographische Bureau vom März 1901 ist im ausgeglichenen Nivellementsnetz als Horizont der mittlere Stand der Meere, welche Italien umspühlen, eingeführt worden, da die Widersprüche, welche sich zwischen den Höhen der verschiedenen Mittelwasser der Stationen, in denen Mareographen eingerichtet sind, zeigen, geringere Beträge ergeben, als die wahrscheinlichen Fehler der sie verbindenden Nivellements.

Frankreich bezieht seine Höhen auf das Mittelwasser des mittelländischen Meeres im Hafen von Marseille. Die Ausgangsmarke des Nivellement Bourdaloue war der Nullpunkt des Gezeitenpegels im „Vieux port“, 0,40 m unter dem angenommenen Mittelwasser.²⁾ Um für das neue „Nivellement général de la France“, das 1884 begonnen, zur Zeit vollständig ausgeglichen vorliegt,³⁾ eine genauere Bestimmung des Mittelwasserstandes zu erreichen, wurde 1885 im „Port Calvo“ ein Mareograph nach System Reitz aufgestellt, dessen Aufzeichnungen in der Zeit vom 1. Februar 1895 bis 1. Januar 1897 das Mittel gegeben haben, das neue „Zero normal“ festzulegen. Dasselbe liegt 71 mm unter dem „Zero de Bourdaloue“. ⁴⁾ Als Fundamentalrepère dient der „repère souterrain du marégraphe“. ⁵⁾ Nach brieflicher Mitteilung des Herrn Lallemand — Directeur du nivellement général de la France — an das eidgenössische topographische Bureau vom 15. März 1901 beträgt mit

1) Istituto geografico militare, Livellazione geometrica di precisione, fasc. I, 1889, pag. 5.

2) Ministerialbeschluss vom 13. Jan. 1860.

3) I. E. 1900, Verh. Paris, 1. Teil, Beilage A. V^b.

4) I. E. 1896, Verh. Lausanne, pag. 228/229.

5) Ch. Lallemand, rapport présenté au nom de la commission du zéro international des altitudes, I. E. 1893, Genf, pag. 124, Fussnote.

Abschluss vom 1. Januar 1900 die Höhe des Mittelwassers in Marseille 11 mm über Normalnull des nivellement général.

Spanien bezieht seine Höhen auf das Mittelwasser des Mittelländischen Meeres in Alicante. Als Ausgangsmarke dient der Repère Nr. 1 auf der ersten Stufe der grossen Treppe der Mairie d'Alicante.¹⁾

Portugal. Für die Nivellements im Norden des Königreichs ist als provisorischer Horizont das Mittelwasser des Atlantischen Oceans in Villa di Conde angenommen worden. Ausgangsmarke ist ein „repère à la base de la memoria“. Die Quote derselben ist nach zehnjährigen Beobachtungen 7,615 m. Im Süden des Landes dient das Mittelwasser in der Bucht von Cascáes als provisorischer Vergleichshorizont und die Ausgangsmarke ist ein Bronzerepère, der am Eingang des Mareographenhauses angebracht ist.²⁾

Belgien bezieht sein neues Präcisionsnivellement, welches seit 1889 ganz nach den Methoden des „nivellement général de la France“ durchgeführt worden ist, auf das Mittelwasser in Ostende.³⁾

In den *Niederlanden* dient der Nullpunkt des Amsterdamer Pegels als Ausgangspunkt. Er ist durch fünf über 200 Jahre alte an verschiedenen Punkten Amsterdams angebrachte Repères versichert, die auch jetzt noch auf wenige Millimeter stimmen. In neuerer Zeit sind diese fünf alten Repères durch Anbringen von Bronzecylindern an verschiedenen Gebäuden Amsterdams sehr sorgfältig weiter versichert worden.⁴⁾

Dänemark hat in Aarhus an der alten Kathedrale eine Urmarke nach Muster des Normalhöhenpunktes der preussischen Landesaufnahme anbringen lassen.⁵⁾ Die Resultate der Aufzeichnungen von 9 Mareographen sind an den Fixpunkt No. 8609 der preussischen Landesaufnahme angeschlossen und beziehen sich somit auf Berliner Normal-Null als Ausgangshorizont.⁶⁾

Norwegen. Der Ausgangshorizont ist das Mittelwasser des Hafens zu Christiania. Der Normalhöhenpunkt befindet sich im Hofe des geographischen Instituts in Christiania. Ein viereckiger Granitblock von $1\frac{1}{2}$ m

1) I. E. 1883, Verh. Rom, Beilage IV, pag. 11.

2) I. E. 1889, Verh. Paris, Beilage A I, pag. 13.

3) I. E. 1900, Verh. Paris, 1. Teil, pag. 111.

4) I. E. Verh. 1888, Salzburg, pag. 28 u. I. E., Verh. 1889, Paris pag. 12/13.

5) I. E. Verh. 1892 Brüssel, pag. 178.

6) I. E. Verh. 1900 Paris, 1. Teil pag. 285.

Höhe und 0,8 m Querschnittseite ist circa 2 m tief auf festem Felsen-
grund angebracht worden und auf demselben ist ein Block von Labrador
mittelst Cement fest verbunden. Der Labradorblock ist 1,6 m hoch und
ragt zur Hälfte über den Boden heraus. In die obere Fläche ist ein
kupferner Bolzen mit convexem Kopfe eingelassen, dessen Oberfläche den
Normalpunkt für das Präcisionsnivellement markiert. Zum Schutze wird
dieser Bolzen mit einer kleinen abhebbaren Pyramide aus Labrador zu-
gedeckt. Der Normalhöhenpunkt ist durch ein Präcisionsnivellement
mit dem selbstregistrierenden Pegel im Hafen zu Christiana verbunden.¹⁾

Schweden. Der Normalhöhenpunkt, auf welchen sämtliche Nivelle-
ments des Landes sich beziehen sollen, befindet sich in Stockholm und
ist durch eine im Urgebirge (Gneis) angebrachte Skala von Silber mar-
kiert.²⁾

Russland. Der Vergleichshorizont für das russische Höhennetz ist
durch den Nullpunkt des Hafenpegels in Kronstadt definiert, der nach
30jährigen Wasserstands-Aufzeichnungen um 0,023 m über dem Mittel-
wasser der Ostsee liegt. Als Ausgangsmarke ist der Fixpunkt No. 173
in Oranienbaum gewählt worden, der um 5,541 m \pm 0,011 m unter dem
Nullpunkt des Kronstadter Pegels liegt.³⁾

Die Schweiz hat als Ausgangspunkt ihres Präcisionsnivellements
den Bronzefixpunkt gewählt, den General Dufour im Jahre 1820 auf
Pierre du Niton, einem erratischen Blocke im Hafen zu Genf, ein-
gelassen hat.

Stabilität der Höhenmarken.

Schon in der allgemeinen Konferenz der Delegierten der mittel-
europäischen Gradmessung vom Jahre 1867 hat Dove darauf aufmerksam
gemacht, dass nicht nur ein einziger, solid versicherter Nullpunkt ver-
langt werden solle, sondern es sei in der Anlage eines Höhennetzes
darauf sorgfältig zu achten, dass eine durch Hebungen oder Senkungen
des Bodens bewirkte Veränderung im Höhenstande der Marken durch
Nachnivellieren von möglichst sicheren Punkten aus entdeckt werden

1) I. E. Verh. 1892 Brüssel pag. 167.

2) I. E. Verh. 1898 Stuttgart pag. 452.

3) I. E. Verh. 1889 Paris, Beilage A I. pag. 13.

könne und in Erweiterung dieser Anregung hat Sartorius von Waltershausen vorgeschlagen: ¹⁾

- 1) Höhenmarken sind an allen geologisch wichtigen Punkten, besonders an Felsen, teils an den Meeres- wie an den Landsee-Ufern und ebenso auf höheren Gebirgen und Gebirgspässen anzubringen. Die absolute Höhe derselben ist mittelst Präcisionsnivelements aus den Nivellementsnetzen 1. Ordnung abzuleiten.
- 2) Die Konstruktion dieser Höhenmarken ist für ganz Europa nach einem allgemeinen Princip in Ausführung zu bringen und so einzurichten, dass die Marken für viele Jahrhunderte gegen Witterungseinflüsse und Oxydation geschützt sind. Sie sind in den Felsen ganz einzulassen und mit Cement gut zu befestigen und der Sicherheit wegen mit einer eisernen Thüre oder Klappe abzuschliessen.
- 3) Jede Höhenmarke trägt die Aufschrift „Höhenmarke der europäischen Gradmessung“, eine Zahl und das Jahr der Anlage.
- 4) Diese Höhenmarken sind unter den Schutz und die Aufsicht der Regierungen zu stellen und sind rücksichtlich ihrer Höhe in nicht zu grossen Zeitintervallen, womöglich alle 10 Jahre zu kontrollieren und mit den Pegeln, resp. Küstenmarken zu vergleichen.

Leider sind diese Vorschläge nicht in aller Strenge, wie sie es wohl verdient hätten, in der Praxis durchgeführt worden. Was Punkt 2) betrifft, so sind die in Anwendung gekommenen Höhenmarken im allgemeinen in Repères erster und solche zweiter Klasse zu unterscheiden, von denen die ersteren gewöhnlich aus einem Metallcylinder, (Bronze, Messing oder Eisen) bestehen, die in Felsen oder Mauerwerke teils mit vertikaler, teils mit horizontaler Axe eincementiert werden, während die Marken zweiter Ordnung in den ältern Höhennetzen meistens nur aus in Felsen und sonstige Objekte eingemeisselten Kreuzen bestehen. Fast alle Höhenmarken enthalten eine Nummer und auch wohl eine Inschrift, die deren Eigenschaft als Höhenfestpunkt bezeichnet und wenn auch fast in allen Ländern die Angabe des Jahres ihrer Anlage fehlt, so wird dafür in der Publikation der Höhenresultate in der Regel das Datum der Beobachtung ausgesetzt. Dass die Höhenmarken unter den Schutz und die Aufsicht der Behörden gestellt werden müssen, wie das in Skandinavien und Bayern bereits der Fall ist, erscheint in Anbetracht der Thatsache, dass in allen Ländern eine ansehnliche

¹⁾ I. E. Verh. 1867 Berlin, pag. 141.

Anzahl derselben durch Leichtsinns und Böswilligkeit mancher Individuen zerstört werden, als unbedingte Notwendigkeit und die Generalkonferenz der I. E. in Rom hat denn auch im Jahre 1883 folgenden Antrag der Herren von Helmholtz und Fischer:

„Die internationale Konferenz ersucht diejenigen Regierungen, welche der Gradmessung beigetreten sind, die Höhenmarken, welche für die Nivellements der gemeinsamen europäischen Gradmessung gedient haben, soweit gegen Zerstörung zu schützen, als dies durch Verwaltungsmassregeln möglich ist, um in der Zukunft eingetretene Niveauänderungen sicher konstatieren und messen zu können“,

einstimmig mit dem Zusatze zum Beschluss erhoben, dass dieser Schutz auch auf die Triangulationssignale auszudehnen sei.¹⁾

Ein entschieden originelles Schutzmittel hat Dänemark für seine Höhenpunkte erster Ordnung gewählt, indem es dieselben ohne Ausnahme unterirdisch angebracht hat.²⁾ Der Repère aus Bronze ist im Scheitel eines Granitpfeilers so eingelassen, dass nur dessen kugelförmiger Kopf herausragt. Der Pfeiler hat einen quadratischen Querschnitt, 0,942 m Höhe auf 0,314 m Breite, und ist in 1,5 m unter dem Strassenniveau mit Beton festgemacht, so dass die Höhenmarke ca. 0,6 m unter der Strasse liegt. Über dem Pfeiler liegt eine Steinplatte von 3 cm. Dicke und durch eine Öffnung derselben wird der Bolzen einnivelliert. Die Stelle des unterirdischen Fixpunktes wird durch einen etwas kleinern oberirdisch erstellten Granitpfeiler von 0,63 m Höhe auf 0,18 m Breite, der in der konstanten Distanz von 1,25 m von der Höhenmarke angebracht wird, so bezeichnet, dass die Richtung, in der letztere zu suchen ist, durch einen eingehauenen Strich markiert wird. Dieser zweite Pfeiler trägt die Nummer der Höhenmarke und ein Punkt seiner Oberfläche wird ebenfalls einnivelliert und dient als Versicherungsmarke des Höhenpunktes erster Klasse.

Dass eine Kontrolle des Höhennetzes durch wiederholte Neunivellements unabweislich ist, liegt auf der Hand. So ergab z. B. für Berlin ein Kontrollnivellement, das in den Jahren 1877 und 1878 für das Polygon von 29 km. Länge, welches in den Jahren 1873 und 1874 mit 15 Höhenmarken rings um Berlin erstellt worden war und an welches der Normalhöhenpunkt an der Sternwarte angeschlossen worden ist, dass von den 15 alten Festpunkten im Jahre 1878 nur noch sechs als völlig

¹⁾ I. E. Verh. 1883 Rom, pag. 60.

²⁾ Zachariae, J. E. Verh. 1887, Nizza, Beilage V bis.

zuverlässig angesehen werden konnten.¹⁾ Diesen intakt erhaltenen 6 Punkten wurden dann 32 neue hinzugefügt und nach Beendigung des Präzisionsnivellements im Jahre 1888 hat die preussische Landesaufnahme alle älteren Linien durch den Anschluss der bereits vorhandenen Fixpunkte an weitere Höhenmarken, die in möglichst sicherem Mauerwerke angebracht wurden, versichern lassen.²⁾ Ein ähnliches Versicherungsnivellement ist in der Schweiz seit 1893 im Gange und dürfte in 1 bis 2 Jahren zum Abschluss gelangen.³⁾ Die noch vorhandenen Fixpunkte werden durch Anbringen von je 2—3 sekundären Punkten (Messing- und Eisenbolzen) an Felsen oder festes Mauerwerk bestmöglich zu erhalten gesucht und etwaige Veränderungen durch Neunivellements kontrolliert und um das Auffinden der Punkte auf dem Terrain zu erleichtern, werden den topographischen Beschreibungen der Höhenmarken genau quotierte Zeichnungen in Situation und Detail beigegeben, so dass grobe Lagenänderungen der Marken auch ohne Nivellements bemerkbar werden. — Für den Überwachungs- resp. Erhaltungsdienst des Höhennetzes liegen in der Schweiz die Verhältnisse insofern etwas schwierig, als ein wirksamer Schutz nur dann möglich ist, wenn die kantonalen Behörden durch ihre Organe eine Kontrolle ausführen lassen. Das topographische Bureau hat denn auch im Juni 1893 an die Kantonsregierungen ein Cirkular gerichtet, in welchem hauptsächlich folgende Punkte betont werden:

Die Kantonsregierungen werden eingeladen:

- 1) Die Bevölkerung ihres Kantons durch Publikation aufmerksam zu machen, wo Nivellementslinien sich befinden und von welcher Nützlichkeit die Erhaltung der Fixpunkte für die öffentlichen Arbeiten ist; eventuell sind Strafen gegen mutwillige Beschädigungen anzusetzen.
- 2) Den Strassenaufsehern und Wegmachern die in ihren resp. Arbeitsgebieten liegenden Höhenpunkte zu bezeichnen und sie zu veranlassen, auf ihren periodisch einzureichenden Rapporten jeweilen zu bemerken, ob diese Punkte keinen Schaden erlitten haben.
- 3) Das topographische Bureau von den eingegangenen Mitteilungen über Beschädigungen von Höhenmarken in Kenntnis zu setzen.

Am meisten sind natürlich die auf Objekten längs den Bahnlinien angebrachten Höhenmarken der Veränderung und Zerstörung ausgesetzt,

¹⁾ Schreiber, Der Normalhöhenpunkt für das Königreich Preussen.

²⁾ I. E. Verh. 1888, Salzburg, Beilage XXVI.

³⁾ Eidgen. Topographisches Bureau: Die Fixpunkte des schweizerischen Präzisionsnivellements, Lieferung 1 bis 12. 1894/1901.

indem die starken durch den Bahnverkehr hervorgerufenen Erschütterungen des die Höhenpunkte tragenden Mauerwerkes Veränderungen in der Höhenlage dieser Punkte verursachen müssen. Ausserdem werden die Kunstbauten oft erneuert und bei zunehmendem Verkehr behufs Anlage neuer Geleise umgebaut, so dass infolgedessen viele Höhenpunkte im Laufe der Zeit verloren gehen. So sind z. B. von den 16 Höhenpunkten, die im Jahre 1866 auf der Bahnlinie Bern-Freiburg angebracht worden sind, nur noch 2 intakt. Es stimmt dies mit den anderweitigen Erfahrungen, indem z. B. eine im Jahre 1897 in Bayern ausgeführte Recognoscierung ergab, dass von den 2457 Höhenmarken, welche seit 1868 auf den bayerischen Bahnen auf eine Streckenlänge von rund 300 km angebracht worden sind, eine Anzahl von 310 d. h. 13% zerstört gefunden wurden.¹⁾ Hiedurch veranlasst, haben im Jahre 1900 die bayerischen Staatsministerien des Innern und des Äussern die ihnen unterstellten Kreisregierungen, die Magistrate der unmittelbaren Städte und die k. Eisenbahnverwaltungen angewiesen, zur bessern Überwachung und Erhaltung der Höhenpunkte des Präcisionsnivelements eine im Oktober 1900 beginnende und in dreijährigem Wechsel wiederkehrende Aufsuchung und Besichtigung der an den ihrer Aufsicht unterstellten Bauwerken angebrachten Höhenmarken durch fachkundige Techniker vornehmen zu lassen, Anzeigen über den örtlichen Befund zu erstatten, bei drohender Beschädigung die nötigen Schutzmassregeln zu ergreifen, sowie in Fällen, in welchen durch Bauvornahme Veränderungen in der Lage von Höhenpunkten bedingt sind, die Übertragung der betreffenden Punkte in entsprechender Weise zu bewirken und hierüber unter Beifügung der Ergebnisse der zu diesem Zwecke doppelt zu führenden Übertragungsnivelements an die bayerische Gradmessungskommission Mitteilung zu machen.

Im schweizerischen Nivellement haben Neumessungen schon vielfach auf Bodensenkungen schliessen lassen; so haben Präcisionsnivelements ergeben, dass infolge der Tieferlegung des mittleren Wasserstandes der Juraseen am Quai zu Neuenburg eine schwache Senkung des Ufers stattgefunden hat, indem die Höhenmarke der meteorologischen Säule um 31 mm und die Strichmarke am Gymnasium in einer Entfernung von cirka 100 m vom Ufer um 14 mm tiefer liegen als früher.²⁾ Ebenso zeigen Höhenmarken im grossen Moos unweit Murten, dass

¹⁾ Schmidt, I. E. Verh. 1900, Paris 1. Teil, pag. 255.

²⁾ Niv. préc. Suisse, pag. 574, und

J. B. Messerschmitt, Ueber Höhenmessungen und Höhenänderungen, Schweiz. Bauzeitung, Bd. 34, No. 8—10.

die Juragewässerkorrektion durch den niedrigeren Seespiegel und die bessere Trockenlegung des Bodens durch Drainage bedeutende Senkungen verursacht hat, für \odot 17 sogar 0,13 m, wie die folgende Zusammenstellung der Ergebnisse der Nivellements von 1866, 1892 und 1901 für die Gegend von Sugiez zeigt. Der Ausgangspunkt N. F. 2 in Neuchâtel ist auf Felsen angebracht.

Höhenmarken	Höhe über Pierre du Niton		
	Catalogue d. hauteurs nach Niv. Schönholzer 1866	Nivellement Straub 1892	Nivellement Frey 1901
	m	m	m
Neuchâtel N. F. 2	+ 106,959	+ 106,959	+ 106,959
Sugiez \odot 17	+ 59,898	+ 59,807	+ 59,766
» \odot b	+ 59,266	+ 59,180	—
» \odot b*	—	+ 59,262	+ 59,205
Murten \odot 21	+ 73,822	+ 73,817	—
» N. F. 17	+ 80,639	+ 80,639	+ 80,639

Aehnliche Erscheinungen zeigten sich am Bodensee bei Anlass eines Präzisionsnivellements, welches das eidgenössische topographische Bureau in den Jahren 1894 und 1895 zwischen Rheinegg, Bregenz und Lindau ausführen liess, indem sämtliche alte Höhenmarken dieser Strecke gegenüber den früheren Nivellements Senkungen zeigten, deren Maximum im Hafen von Bregenz auf 0,1 m ansteigt.¹⁾ Ebenso hat ein Präzisionsnivellement, das im Jahre 1897 am oberen Genfersee über Chillon, Villeneuve und Roche nach St. Gingolph zum Anschluss an das französische „Nivellement général“ ausgeführt worden ist, Senkungen längs des Sees ergeben, die für N. F. 74 in Villeneuve 39 mm betragen. Als Ausgangspunkt ist \odot 21 in Roche gewählt worden, der auf Felsen angebracht ist.²⁾

Seit 1891 hat Ch. A. Vogler an der Berliner Landwirtschaftlichen Hochschule bei Westend ausgedehnte Feinnivellements ausführen lassen, die zunächst den Zweck hatten, die Leistungen seines kathetometerartigen

1) Comm. géod. suisse, proc.-verb. 1898, pag. 23.

2) Comm. géod. suisse, proc.-verb. 1898, pag. 26.

neuen Nivellierinstrumentes und der zugehörigen Ziellatten zu erproben, welche dann aber im weiteren Verlaufe durch den grossen erreichbaren Grad der Genauigkeit auch für Bodenbewegungen schätzbares Material lieferten.¹⁾ Die mitgeteilten mittleren Fehler für 1 km einfache Messung für die Zeit von 1891 bis 1898 erreichen den Höchstbetrag von $\pm 1,40$ mm (1892) und nehmen dann allmählich ab, 1898 ist das Mittel nur noch $\pm 0,33$ mm. Als Grund hiefür wird die wesentlich allmählich verbesserte Konstruktion des Instrumentes, verbunden mit verschiedenen kleinen Neuerungen bei der Ausführung der Nivellements angegeben, die sich im Laufe der Zeit als zweckmässig erwiesen (Befestigung der Fussplatten, Nichtnivellieren gegen die Sonne, Beschatten des Stativs, sorgfältiges Vermeiden grosser Ausschläge der Libelle). Die beobachteten absoluten Beträge der Bodenbewegungen sind mit zwei Ausnahmen, die im Maximum 3 cm erreichen, gering; doch berechtigen sie den Schluss der ersten Mitteilung, dass selbst massive Gebäude Schwankungen ausgesetzt sind, welche zur Vorsicht bei der Anlage von dauernden Höhenmarken mahnen.

Interessante oscillatorische Bewegungen hat W. Seibt im Jahre 1898 in Cranz (Mündung der Este) und in Brunshausen (Mündung der Schwinge) nachgewiesen.²⁾ Für diese Stationen stellte sich heraus, dass die zu der Aufstellung der Gezeitenpegel dienenden Pegelhäuser und damit sowohl die an ihnen befindlichen Bolzen wie auch die Nullmarken der Lotvorrichtungen der Pegel bei Hochwasser eine um einige Millimeter andere Höhenlage als bei Niedrigwasser annehmen. Zu verschiedenen Zeiten ausgeführte Anschlussnivellements an zuverlässige Höhenmarken haben auch kontinuierliche Senkungen der beiden Pegelhäuser ergeben, nämlich von 1894 ab bis 1898 für Cranz 20,5 mm und für Brunshausen 24,7 mm.

Systematische Fehlerquellen beim geometrischen Nivellement.

Es liegt auf der Hand, dass bei Untersuchungen über durch Nivellements konstatierte Bodensenkungen eine Kritik der angewandten Beobachtungsverfahren vorangehen muss, bevor Schlüsse auf die Realität

¹⁾ Zeitschr. f. Vm., Band 27, pag. 385; R. Repkewitz, Gegenseitige Bewegung einiger Höhenmarken.

Zeitschr. f. Vm., Band 31, pag. 1; O. Eggert, die Einwägungen der landwirtschaftlichen Hochschule bei Westend.

²⁾ W. Seibt, gesetzmässig wiederkehrende Höhenverschiebung von Nivellements festpunkten, Centralblatt der Bauverwaltung 1899.

der Veränderungen zulässig sind und deshalb ist es schwierig, aus altem Beobachtungsmaterial brauchbare Resultate über säkulare Veränderungen abzuleiten. Die Ergebnisse aus weit zurückliegenden Nivellementsarbeiten können entstellt sein durch systematische Fehler, für deren Berücksichtigung und Ausscheidung früher keine Hilfsmittel vorhanden waren. So sind alle älteren Nivellementsreihen unsicher, in denen grosse Höhenunterschiede vorkommen, da bis auf die neueste Zeit die Längenänderungen, denen die Messlatten durch die wechselnden meteorologischen Bedingungen der Atmosphäre ausgesetzt sind, gar keine oder nicht ausreichende Berücksichtigung gefunden haben. Bekanntlich hat Bourdaloue in den fünfziger Jahren in Frankreich auf grosse Strecken das erste geometrische Nivellement durchgeführt, das verglichen mit den damals üblichen barometrischen und trigonometrischen Höhenmessungen einen ungeahnten Grad der Genauigkeit ergab und für lange Zeit keinen Zweifel an der Richtigkeit der abgeleiteten Resultate aufkommen liess, schreibt doch Gonin noch im Jahre 1891:¹⁾

« Le nivellement de M. Bourdaloue eut pour conséquences:
« de mettre en lumière un fait déjà connu précédemment, celui de
« la différence de niveau qui existe entre le niveau moyen de la
« Méditerranée à Marseille et le niveau moyen de l'Océan mesuré
« dans les différents ports français situés sur l'Atlantique. Le niveau
« de l'Océan est de 0,80 m supérieur à celui de la Méditerranée. »

Als dann vom Jahre 1884 ab das neue „Nivellement général de la France“ ausgeführt wurde, glaubte man durch eine Vergleichung der beiderseitigen Resultate Schlüsse auf Bodenbewegungen ableiten zu können und in der That zeigten sich zwischen den um 25 Jahre auseinanderliegenden Messungen Unterschiede, die von Marseille nach Norden zu fortschreitend zunehmen und in Lille schon den grossen Senkungsbetrag von 0,80 m erreichen.²⁾ In Anbetracht der Grösse und des systematischen Charakters dieser Differenzen trug man Bedenken, dieselben den Beobachtungsfehlern der einen oder der andern Operation zuzuschreiben und glaubte sie vielmehr zum grössten Teile durch allmähliche Senkungen des Bodens erklären zu müssen. Die Kommission des „Nivellement général de la France“ war auch Willens, zur näheren Erforschung der obwaltenden Verhältnisse ein neues, drittes Nivellement

1) L. Gonin, Limmétrie et altimétrie du lac Léman et des lacs du Jura, Lausanne, 1891, pag. 7.

2) I. E. Verh. 1888, Salzburg, pag. 27 und ebendasselbst, Beilage II d.

anzuordnen, doch erwies sich die Ausführung dieses Beschlusses als unnötig, als im Jahre 1890 das Nivellement die Küste des Atlantischen Oceans erreichte. Da fand man nämlich im Hafen von Cherbourg einen Anschlussfehler an das Mittelwasser von 0,09 m und im Havre einen solchen von 0,04 m, während Bourdaloue für den ersteren 0,90 m und für den letztern 0,36 m erhalten hatte.¹⁾ Hiermit war bewiesen, dass man es nicht mit Bodensenkungen ausgedehnter Art, wohl aber mit angehäuften Fehlern im alten Nivellement zu thun hatte.

Das Programm der Erdmessung enthält die Bestimmung, dass das Höhennetz jedes Landes auf einen einzigen, solid versicherten Nullpunkt zu beziehen ist und dass alle diese Nullpunkte durch Präzisionsnivelements unter sich verbunden werden sollen.²⁾ Diese von Land zu Land reichenden Nivellements erster Ordnung verbinden ausserdem die Mittelwasser der verschiedenen Meere und liefern das Mittel zu einer Vergleichung derselben. Die Genauigkeit der vergleichenden Bestimmung der mittleren Niveaux der Meere hängt somit ausser von der Ableitung der Mittelwasserhöhen wesentlich von der Genauigkeit der nivellitischen Uebertragung ab. Nun sind in den Konferenzen der Erdmessung einige allgemeine Beschlüsse gefasst worden, welche in die Nivellementsarbeiten Einheitlichkeit bringen sollten; so wurde verlangt, dass das Nivellieren von der Mitte aus zu geschehen habe und die Kontrolle durch Bildung von Schleifen vorgenommen werde; auch glaubte man die beim geometrischen Nivellement erreichbare Genauigkeit so definieren zu können, dass der wahrscheinliche Fehler der Höhendifferenz zweier um 1 Kilometer entfernter Punkte im allgemeinen nicht 3 Millimeter und in keinem Falle 5 Millimeter überschreiten darf.³⁾ Im weitem wurde auf der Konferenz vom Jahre 1867 beschlossen, dass die bei den Nivellements verwendeten Latten sowohl auf ihre Teilungsfehler, wie auch auf ihre absolute Länge untersucht werden sollten; indessen dachte man bloss an einmalige Vergleichen und von regelmässigen Längenbestimmungen, die in kurzen Zeiträumen zu wiederholen wären, ist noch nicht die Rede. Wir müssen hervorheben, dass der schweizerische Delegierte Prof. Hirsch sich bereit erklärt hat, die Miren, welche seine Kollegen ihm in die Schweiz zusenden wollen, in Bern am Komparator der eidgenössischen Eichstätte oder auf seiner Sternwarte in Neuenburg nivellitisch an zwei eigens zu diesem Zwecke

1) I. E. Verh. 1890, Freiburg i. B., Beilage B, III c.

2) I. E. Verh. 1864, Berlin, pag. 28/29.

3) I. E. Verh. 1867, Berlin, pag. 138/145.

im Felsen in einem gegenseitigen Höhenabstände von 2,90 m eingelassenen Metallfixpunkten zu vergleichen.¹⁾

Fast alle an der Gradmessung beteiligten Staaten sind dieser Einladung nachgekommen und haben ihre Präcisionsmiren mit dem Berner Meter oder in Neuenburg vergleichen lassen, indessen kann nicht gefolgert werden, dass hieraus für die Sicherheit der Nivellementsresultate viel gewonnen worden sei; denn eine nur einmalige metronomische Untersuchung von hölzernen Latten ist unzureichend, ja fast wertlos. Das hat sich mit aller Bestimmtheit nachweisen lassen, nachdem einmal im Laufe der Jahre der Einfluss bekannt wurde, den die Feuchtigkeit der Luft auf hölzerne Latten ausübt und der nur durch häufige Längenbestimmungen der Miren während der Operationen auf dem Felde unschädlich gemacht werden kann. — Wir finden erst im Jahre 1892 im Bericht über das Präcisionsnivellement von Europa, erstattet durch v. Kalmar, die officielle Bestätigung, „dass die bereits allseitig „konstatierte Längenänderung der Holzlatten infolge der auf sie einwirkenden Feuchtigkeit keinen Zweifel zulässt, dass es besonders bei „Gebirgsnivellement unstreitig von der grössten Wichtigkeit ist, diese „Veränderungen der Lattenlängen auch während der Sommerarbeiten „zu bestimmen.“²⁾

Der eben angeführte Nivellementsbericht des Herrn v. Kalmar enthält eine sehr vollständige Statistik der bis 1892 von den verschiedenen Staaten während der Sommerarbeiten ausgeführten Lattenvergleichen. Nach derselben hat die trigonometrische Abteilung der preussischen Landesaufnahme am frühesten diesem Gegenstande ihre Aufmerksamkeit zugewendet, indem sie schon im Frühjahr 1878 eine tägliche Bestimmung des Lattenmeters vorschreibt und mehrere schon 1877 nivellierte Linien mit grossen Höhenunterschieden aus dem Grunde ganz oder teilweise wiederholt, weil damals noch keine Lattenvergleichen im Felde stattgefunden haben.³⁾ Die Nivellierlatten der Landesaufnahme werden während der Wintermonate in einem mässig ventilirten, niemals geheizten Keller des Generalstabsgebäudes aufbewahrt, dessen Temperatur eine sehr gleichmässige ist und niemals unter 10° C sinkt. Es haben nun ohne Ausnahme in jedem Sommer alle 16 in der Zeit von 1879 bis 1890 in Verwendung gekommenen

1) I. E. Verh. 1871, Wien, franz. Ausgabe, pag. 55 und I. E. Verh. 1880, München, pag. 40 u. Beilage VII.

2) v. Kalmar: I. E. Verh. 1892, Brüssel, pag. 174.

3) Niv. der trigon. Abt. der Landesaufnahme, Band 5, pag. 3 u. 15.

Latten während der Feldarbeiten eine Verlängerung erfahren, die im Durchschnitt per Jahr $220 \mu^1$) bis 400μ beträgt; der Maximalbetrag einer Latte ist zu 510μ , der Minimalbetrag zu 90μ beobachtet worden. Da die Temperaturänderungen infolge des geringen Ausdehnungskoeffizienten des Holzes nur kleine Längenänderungen hervorbringen können, so ist anzunehmen, dass die Verlängerung der Latten hauptsächlich durch die Feuchtigkeit der Luft bewirkt wird. Diese Annahme wird dadurch bestätigt, dass bei feuchtem regnerischem Wetter eine Verlängerung der Latten sehr merklich hervortritt, dass dagegen die Latten sich verkürzen, wenn sich wieder anhaltend trockenes Wetter einstellt. Hierbei tritt die Erscheinung hervor, dass einerseits die Latten, wenn sie einen gewissen Feuchtigkeitsgrad erreicht haben, sich nicht weiter verlängern, dass andererseits auch bei trockenem Wetter die Latten nie ganz auf die Winterlänge zurückgehen.²⁾

In Belgien, Frankreich (*nivellement général*), Preussen, Schweden und seit einigen Jahren in der Schweiz werden je 2 Latten gleichzeitig mit demselben Instrument verwendet und in der Mehrzahl der Fälle kann hier konstatiert werden, dass die extremen Werte der Aenderungen für beide Latten eines Paares auf nahezu denselben Tag fallen, woraus der Schluss gestattet ist, dass die Individualität der Latten bei diesen durch die atmosphärischen Verhältnisse hervorgerufenen Aenderungen nur eine geringe Rolle spielt.

Folgende Staaten haben bis 1892 keine regelmässigen Untersuchungen bezüglich der Lattenänderungen der verwendeten Nivellierlatten während der Feldarbeit ausgeführt: Baden, Hessen, Italien, Mecklenburg, Portugal, Russland, Sachsen, Spanien und die Schweiz.

In der Schweiz hat man sich für das „*Nivellement de précision*“ begnügt, jedes Jahr vor Beginn und nach Schluss der Nivellements-campagne in Bern am Komparator der Eichstätte oder auf der Sternwarte in Neuenburg die Länge der verwendeten Miren I und II zu bestimmen und Dr. Hirsch hat bei Aufstellung des „*Catalogue des hauteurs*“ die definitive Lattenreduktion mit dem Mittelwerte sämtlicher von 1867 bis 1882 ausgeführten Lattenvergleichen durchführen lassen, wobei einer im Jahre 1886 im internationalen Meterbureau in Breteuil stattgefundenen Neubestimmung des Berner Komparators Rechnung getragen ist.³⁾ — Wenn man nun bedenkt, dass im schweizerischen Präcisionsnivellement die höchstgelegene Höhenmarke N. F. 157

1) Mit μ wird im allgemeinen die Länge von $0,001 \text{ mm} = 1 \text{ Mikron}$ bezeichnet.

2) Morsbach, I. E. Verh. 1892, Brüssel, pag. 182.

3) Niv. préc. Suisse, pag. 578/586.

auf der Furka 2054,96 m *über* Pierre du Niton liegt, während die niedrigste Marke N. F. 92 in Locarno 175,96 m *unterhalb* Pierre du Niton gelegen ist, so dass zwischen dem höchsten und dem tiefsten Fixpunkte ein Höhenunterschied von 2231 Meter besteht, so wird man sich nicht wundern, wenn einige unserer Alpenpolygone einer Neu- beobachtung bedürfen.

Mit Uebernahme der Nivellementsarbeiten durch das eidgenössische topographische Bureau im Jahre 1893 sind auch in der Schweiz Längen- vergleichungen der Latten im Felde mittelst eines Stahlmeterstabes vorgeschrieben worden.¹⁾ Wir geben im Folgenden die jährlichen Durchschnittszahlen der hiebei erlangten Resultate. Mit Ausnahme von Mire VIII sind sämtliche Latten von Kern in Aarau geliefert worden. Mire VIII stammt von Potier in Paris und ist bei Kern geteilt und bemalt worden. Die Mire IV ist eine Reversionsmire und wurde im Winter 1892/93 nach den Angaben von M. Rosenmund erstellt. Sie hat einen dreieckigen Querschnitt; zwei Seitenflächen sind in üblicher Weise in Centimeterfelder geteilt, von denen die weissen Felder seit 1896 auch die Millimeterstriche enthalten. Der Sinn der Bezifferung der Centimeterfelder geht auf den beiden Lattenflächen im entgegen- gesetzten Sinne und die Centimeterbezeichnung der einen Fläche ist gegenüber derjenigen der andern Fläche so verschoben, dass sich für den Beobachter die wertvolle Kontrolle ergibt, dass die Summe der Ab- lesungen des Fadens an den zwei geteilten Flächen eine konstante Zahl darstellt. In der folgenden Tabelle sind die Vergleichen auf den zwei geteilten Flächen dieser Latte in ein Mittel vereinigt. — Die Latten V bis VII sind gleichgebaut wie die zwei Miren I und II, welche im „Nivellement de précision de la Suisse“, pag. 21 beschrieben sind.

¹⁾ M. Rosenmund, Anleitung für die Ausführung der geodätischen Arbeiten der schweiz. Landesvermessung, Bern 1898, pag. 69.

Längenänderungen der Miren des eidg. topographischen Bureau von 1894 bis 1901
nach Feldvergleichen mit einem Stahlmeterstab.

Jahr	Latten No	Dauer der Feldarbeit	Datum der		Aenderung pro Meter	Bemerkungen
			Minima	Maxima		
1894	IV	3. IV. bis 18. VIII.	15. IV.	18. VIII.	+ 0,52	Mire IV im Winter 1892/93 neu erstellt.
	V	25. IV. „ 30. XI.	2. VI.	18. VIII.	+ 0,22	Mire V im Winter 1893/94 neu erstellt.
1895	IV	8. V. bis 2. XI.	13. V.	13. VIII.	+ 0,43	
	V	6. VI. „ 20. XI.	2. VII.	19. XI.	+ 0,13	
1896	V	7. V. bis 17. XI.	12. V.	4. X.	+ 0,27	Mire IV im Sommer 1896 nicht verwendet.
	VI	21. IV. „ 17. XI.	17. V.	25. VIII.	+ 0,31	Mire VI im Winter 1895/96 neu erstellt. Für die Feldvergl. sind die eingekritzten Millimeterstriche benutzt.
1897	IV	3. V. bis 15. X.	5. V.	2. IX.	+ 0,25	Mire IV seit Winter 1896/97 mit Millimeterteilung versehen, welche auch zu den Feldvergleichen dient.
	V	5. VII. „ 28. XI.	25. VIII.	1. X.	+ 0,17	
	VI	8. IV. „ 18. X.	5. V.	15. IX.	+ 0,19	
1898	IV	13. IV. bis 31. X.	18. IV.	8. VI.	+ 0,28	Mire V im Winter 1897/98 mit Millimeterteilung versehen, welche auch zu den Feldvergleichen dient.
	V	1. V. „ 7. XII.	18. X.	18. VIII.	— 0,62	
	VI	13. IV. „ 31. X.	17. IX.	2. IV.	— 0,18	
1899	IV	3. V. bis 18. X.	5. V.	11. X.	+ 0,31	Kompensationsmire System Goulier im Winter 1898/99 neu angeschafft.
	V	27. V. „ 28. VIII.	5. VIII.	7. VI.	— 0,21	
	VI	30. IX. „ 7. XI.	21. III.	11. X.	+ 0,30	
	VIII	21. III. „ 5. VIII.	16. VIII.	14. IX.	+ 0,08	
1900	IV	18. IV. bis 26. X.	12. V.	27. IX.	+ 0,38	
	V	16. V. „ 10. XI.	1. VIII.	10. XI.	+ 0,36	
	VI	16. V. „ 14. VII.	16. V.	11. VI.	+ 0,19	
	VII	23. VII. „ 10. XI.	3. VIII.	10. XI.	+ 0,25	
1901	VIII	18. IV. „ 26. X.	3. IV.	1. IX.	+ 0,21	
	IV	31. V. bis 23. IX.	11. VI.	11. IX.	+ 0,16	
	V	25. VII. „ 23. VIII.	24. VIII.	17. X.	+ 0,17	
	VII	24. IX. „ 24. XI.	17. VII.	17. X.	+ 0,21	
1901	VIII	25. VII. „ 23. VIII.	17. VII.	17. X.	+ 0,21	
	VIII	24. IX. „ 24. XI.	27. VI.	17. IX.	+ 0,08	

In den Jahren 1894 und 1895 hat das eidg. topographische Bureau seinen Nivellements-Ingenieuren Haarhygrometer ins Feld mitgegeben, um sie in den Stand zu setzen, den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Längenänderungen des Lattenmeters möglichst sicher zu stellen und nachfolgend sind die vom Referenten im Sommer 1895 für die beiden geteilten Flächen der Reversionsmire No. IV erhaltenen Resultate graphisch dargestellt. (V. pag. 32.) Der Parallelismus zwischen den Kurven, welche den Gang der Lattenkoeffizienten darstellen mit der Kurve, die in der zugehörigen Zeit für die *absolute* Feuchtigkeit der Luft erhalten wurde, ist in die Augen springend; fast alle Ausbuchtungen der Feuchtigkeitskurve spiegeln sich in den Gängen der Lattenkoeffizienten wieder und dass letztere eine Phasenverschiebung im Sinne einer Verspätung anzeigen, hat nichts befremdendes, da das Holz eben Zeit braucht, bis es dem Einfluss der Feuchtigkeit folgt.

Die Latte VIII in unserer Zusammenstellung pag. 30 ist eine Kompensationsmire nach System Goulier, wie sie im französischen „Nivellement général“ und in Belgien in Gebrauch ist. Lallemand hat mit Recht hervorgehoben, dass bei der Vergleichung der Latte mit einem Meterstahlstabe es schwierig ist, die genaue Länge des Normalstabes im Momente der Vergleichung zu kennen, da die wirkliche Temperatur eines monometallischen Stabes im Felde nicht so leicht ermittelt werden kann.¹⁾ Andererseits geben die doppelmetallischen Stäbe, wenn man dieselben mit einer isolierenden Hülle von genügender Dicke umgibt, ein bedeutend sichereres Resultat, da sie plötzlichen Temperaturänderungen entzogen sind. Das ist in den Kompensationslatten des Obersten Goulier durch die Verbindung eines Messingstabes mit einem Eisenstabe im Innenraume des Lattenkörpers so erreicht, dass zu einer Längenablesung der Latte weder die Temperaturbestimmung des Vergleichsstabes noch diejenige des Lattenholzes nötig wird.²⁾

Das eidgenössische topographische Bureau hat im Winter 1898/99 eine ungeteilte Kompensationslatte bezogen und die Teilung derselben bei Kern & Co. in Aarau in der bei uns üblichen Weise so ausführen lassen, dass in den weissen Centimeterfeldern auch die Millimeterstriche mit der Teilmaschine eingekritzelt sind. Bei den französischen

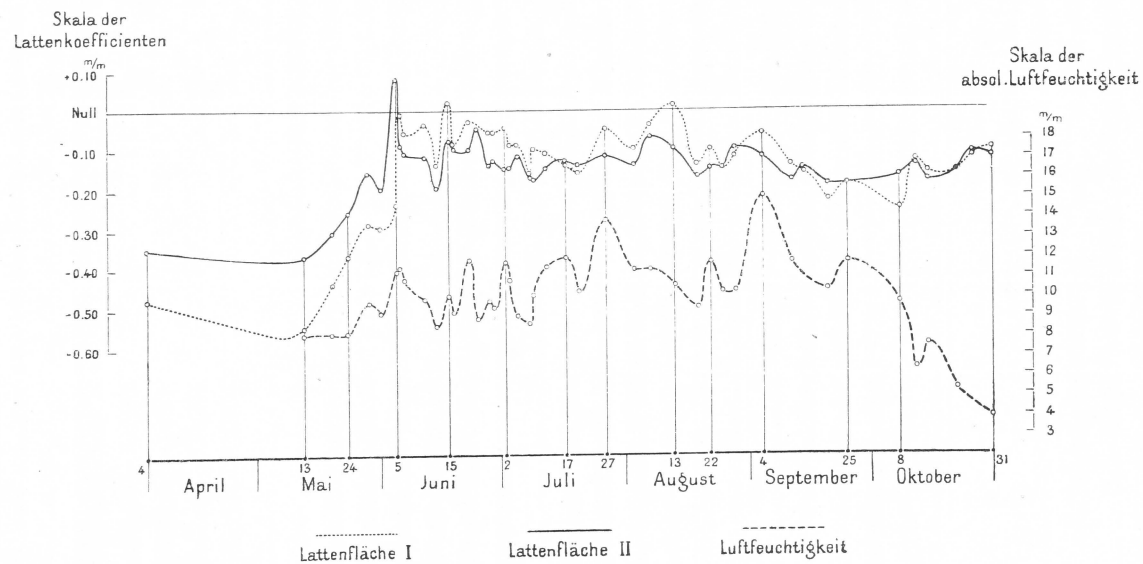
1) Lallemand, I. E. Verh. 1892 Brüssel, pag. 100.

2) Ch. Lallemand, Traité de nivellement de haute précision, Paris 1889. J. Hilfiker, Über die Kompensationslatte beim Präzisionsnivellement, Schweiz. Bauzeitung 1900, pag. 257.

von Kalmar, Bericht über die Präzisionsnivellements in Europa, J. E. Verh. 1893, pag. 119.

Reversionslatte Nr. IV.

Gang der Lattenkoeffizienten für 1895.



Kompensationslatten des „Nivellement général“ ist nämlich die obere Hälfte der einen von je zwei mit einem Instrumente verwendeten Latten nach einem bestimmten, dem Nivelleur nicht bekannten Gesetze geteilt. Diese Teilung weicht von der wahren Millimeterteilung nur sehr wenig ab und es soll hiedurch der Niveauunterschied vor Fehlern bewahrt bleiben, welche durch das Trachten des Beobachters nach der Übereinstimmung der einzelnen Resultate hervorgebracht werden könnten.

Diese Mire No. VIII ist bis jetzt zu 9 verschiedenen Malen am Komparator der eidgenössischen Eichstätte in Bern verglichen worden. Da die Ablesungen der Kompensationsteilungen nur eine Genauigkeit von Hunderstel Millimeter zulassen, so runden wir auch in der folgenden Zusammenstellung die am Komparator erlangten Resultate auf die 5. Dezimale ab und bemerken noch, dass der mittlere Fehler eines Tagesresultates am Komparator $\pm 2 \mu$ beträgt.

Datum der Vergleichung	Kompensationsmire Mittl. Lattenmeter aus Komparator	Differenz	Kompensations- teilungen A + B	Differenz
	m		mm	
1899 29. VI. . .	0,99986		2,27	
19. IX. . .	0,99997	+ 11	2,39	+ 12
1900 3. IV. . .	0,99981	— 16	2,23	— 16
8. XI. . .	1,00000	+ 19	2,43	+ 20
1901 8. V. . .	0,99988	— 12	2,31	— 12
3. X. . .	0,99997	+ 9	2,42	+ 11
19. XI. . .	0,99994	— 3	2,38	— 4
22. XI. . .	0,99991	— 3	Keine Ablesung	

Man sieht, dass die Differenzen aus den direkten Bestimmungen fast identisch sind mit denjenigen von A + B, so dass wir es bei dieser Latte mit einem vorzüglich arbeitenden Kompensationsmechanismus zu thun haben.

Die Resultate der ältern Nivellements sind noch durch eine andere Fehlerquelle gestört, die bei kleineren Gebieten und für praktische Zwecke unschädlich erscheint, da sie Korrekturen erheischt, die von der gleichen Ordnung wie die Beobachtungsfehler sind, die aber von

Belang sind, wenn es sich um bedeutende Höhenunterschiede und um sehr grosse Strecken handelt, die in der Meridianrichtung verlaufen. Das geometrische Nivellement vollzieht sich unter dem Einflusse der Schwerkraft, auf welcher die einzelnen Flächenelemente der Niveaufläche senkrecht stehen und die in ihrer Grösse und Richtung bedingt wird von den Dichtigkeitsanomalien im Erdinnern und den Massenanhäufungen und Massendefekten gegen die Oberfläche der Erde. So lange wir nun auf einer und derselben Niveaufläche nivellieren, so sind die Höhenunterschiede alle gleich Null und wir erhalten immer die gleiche Meereshöhe; in diesem Falle arbeiten wir — wie der Sprachgebrauch sagt — in *horizontalem Terrain*.

Ist die zweite Niveaufläche parallel mit der ersten, so ist es gleichgültig, in welchem Punkte man von der einen zur andern Fläche übergeht, denn überall erhält man den gleichen Höhenunterschied. Nun versteht man im gewöhnlichen Nivellement unter Höhendifferenz zweier Punkte die Distanz des einen derselben von der Niveaufläche, die durch den zweiten Punkt geht und man setzt hiebei voraus, dass alle Niveauflächen unter sich parallel sind und somit in allen ihren Punkten aequidistant verlaufen. Es lehrt aber die Mechanik, dass in allen Punkten zweier Niveauflächen das Produkt aus der Grösse der Schwerkraft in den normalen Abstand der beiden Niveauflächen konstant ist, sodass, wenn h und h' die vertikalen Distanzen Aa , Bb zweier benachbarter Niveauflächen in den Punkten A und B der ersten Fläche mit der Beschleunigung der Schwere g und g' darstellen, die Beziehung besteht:

$$g \cdot h = g' \cdot h'$$

Wären nun die Niveauflächen unter sich parallel, so ergäbe sich die Folgerung:

$$g = g'$$

was der Erfahrung widerspricht, denn ganz abgesehen von den sogenannten Lokalattraktionen ist die Beschleunigung der Schwere im allgemeinen nicht konstant, sondern sie variiert vom Aequator zum Pol. Wir erhalten also das Resultat, dass die Niveauflächen unter sich nicht parallel, resp. nicht aequidistant in allen ihren Punkten verlaufen, sodass der Höhenunterschied zweier Punkte von dem Wege abhängt, den man begeht, um von dem einen Punkt zum andern zu gelangen. Um also wahre Meereshöhen zu erhalten, müssen für die unmittelbar erhaltenen Höhen des geometrischen Nivellements Korrekturen gerechnet werden, welche man mit dem Namen *orthometrische oder sphäroidische Korrekturen*

bezeichnet, da dieselben die Veränderung der sphäroidischen Gestalt der Erde berücksichtigen und den Einfluss der Variation der normalen Schwere darstellen. Den Franzosen gebührt das Verdienst, in dieser Richtung bahnbrechend vorgegangen zu sein, indem Goulier und Lallemand in dem neuen „nivellement général de la France“ die orthometrische Korrektion zum ersten Mal in praktische Anwendung gebracht haben.¹⁾ Die Reduktionsformel

$$\gamma = -0,0053 H_0 \sin 2 \varphi d \varphi$$

wo H_0 die mittlere Meereshöhe, $d \varphi$ den Polhöhenunterschied der Stationspunkte darstellen, ist von Lallemand 1887 mitgeteilt²⁾ und zuerst 1873 von Wittstein rein geometrisch abgeleitet worden.³⁾ Die orthometrische Reduktion ist also negativ, wenn wir uns nach Norden bewegen und wird umgekehrt positiv für einen Nivellements zug, der nach Süden geht; sie wirkt am stärksten auf eine Nivellementslinie, die in der Meridianrichtung liegt und wird beim Nivellieren in der Richtung der Parallelkreise unschädlich, weil alsdann $d \varphi = 0$. Im Polygonschluss wird die Summe der Korrektionen im allgemeinen nicht Null werden, sondern einen orthometrischen Schlussfehler ergeben, welcher den Änderungen der normalen Schwere entspricht. Für die Schweiz beträgt die orthometrische Korrektion von Basel nach Domo d'Ossola auf dem kürzesten nivellierten Wege $+103$ mm und übersteigt somit um das Doppelte den zulässigen Beobachtungsfehler, der nach der Formel $3 \sqrt{k}$ ($k = 340$ km) sich auf 55 mm stellt. Für die Strecke Amsterdam-Genua wächst die orthometrische Korrektion sogar auf $+0,227$ m an⁴⁾, was deutlich beweist, welche grosse Bedeutung derselben bei der Vergleichung der Mittelwasser der verschiedenen Meere zukommt. Es hat deshalb v. Kalmar 1887 vorgeschlagen, die Küstenländer aufzufordern, die Nivellementslinien soweit wie möglich den Küsten entlang so zu vervollständigen, dass die Linien keine Niveaudifferenzen von mehr als 50 m aufweisen, da auf diese Weise Höhenunterschiede ermittelt werden können, die nahe frei sind sowohl von dem Einflusse der Veränderlichkeit der Nivellierlatten, als auch von demjenigen der sphäroidischen Korrektion.⁵⁾

1) Helmert, Die Schwerkraft im Hochgebirge, Berlin 1890 pag. 20.

2) Ch. Lallemand, I. E. Verh. 1887 Nizza Beilage V.

3) Astron-Nachr. Band 81, No. 1939.

4) A. Börsch und F. Kühnen, Vergleichung der Mittelwasser, Berlin 1891, pag. 89.

5) I. E. Verh. 1887, Nizza, pag. 42 und 54.

Für die Berechnung der orthometrischen Korrektur in ausgedehnten Gebieten hat Lallemand ein graphisches Verfahren gegeben das mit Zuhilfenahme des Planimeters in wenig gebirgigem Lande rasch und sicher zum Ziele führt.¹⁾

Erreichte Genauigkeit der Nivellements von Land zu Land.

Welches ist nun die erreichte Genauigkeit der Nivellementsresultate von Land zu Land? Nach der von v. Kalmar in seinem Nivellementsbericht für Europa vom Jahre 1895²⁾ veröffentlichten Zusammenstellung liegen die theoretischen mittleren Kilometerfehler sämtlicher an der Gradmessung beteiligten Staaten innerhalb der von der internationalen Erdmessung verlangten Genauigkeitsgrenze von 3 mm. Nun hat aber eine erste, die verschiedenen Länder verbindende Ausgleichung, welche im Jahre 1891 vom Centralbureau im Auftrag der permanenten Kommission der Erdmessung ausgeführt worden ist, gezeigt, dass dieses günstige Resultat eben nur ein theoretisches ist und dass die wirklichen Fehler thatsächlich viel grösser sind. Auf der Konferenz von 1890 erhielt das Centralbureau den Auftrag, der Frage der Einführung eines internationalen Nullpunktes der Höhen für Europa näher zu treten und das geeignete Beobachtungsmaterial zu sammeln und zu verarbeiten und zu Händen der permanenten Kommission einen Bericht zu erstatten. Diesem Auftrag entsprechend, hat Direktor Helmert durch Prof. Börsch eine Bearbeitung des Nivellementsnetzes, das eine Verbindung von Deutschland, Oesterreich, Oberitalien, Frankreich, der Schweiz, Belgien und den Niederlanden herstellt, ausführen lassen, welche Arbeit als Manuscript gedruckt vorliegt.³⁾ In seinem Bericht an die permanente Kommission unterzieht Helmert die Ergebnisse der Ausgleichung einer eingehenden Diskussion,⁴⁾ in welcher er ausführt, dass auf Heranziehung des gesamten verfügbaren Materials verzichtet wurde, da sich im Verlaufe der Arbeit herausstellte, dass ein Nivellementsnetz von circa 50 Polygonen

1) Ch. Lallemand, Nivellement de haute précision, Paris 1889, pag. 18/22.

” ” I. E. Verh. 1887, Nizza, Beilage V f.

2) v. Kalmar, I. E. Verh. 1895, Berlin, Beilage A IV. .

3) A. Börsch & F. Kühnen, Vergl. der Mittelwasser der Ostsee und Nordsee, des atlant. Oceans und des Mittelmeeres, Berlin 1891.

4) Helmert, der Nullpunkt der Höhen, Berlin 1891, und französisch redigiert, I. E. Verh. 1890, Florenz, Beilage A III.

zur Beantwortung der einschlägigen Fragen ausreicht. Immerhin ist alles, was von Frankreich mitgeteilt worden ist und nahezu alles, was sich für Oesterreich und Oberitalien bot, in den 48 Polygonen, welche der Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate unterzogen worden sind, benützt worden.¹⁾ Um zunächst einen allgemeinen Ueberblick über die Genauigkeit der Nivellements zu gewinnen, hat Börsch aus den Schlussfehlern und Umfängen aller Polygone für die verschiedenen Kategorien der herangezogenen Nivellements die mittleren Kilometerfehler nach der Formel

$$M = \sqrt{\frac{[v v]}{\frac{s}{n}}}$$

berechnet, wo v die Schlussfehler der Polygone in Millimetern, s die Umfänge in Kilometern und n die Anzahl der Polygone bedeuten. Es ergab sich hierbei:

Bayern	M = ± 1,9 mm	Anzahl der Polygone	18
Frankreich	± 2,7	„ „ „ „	6
Italien	± 4,2	„ „ „ „	10
Niederlande	± 0,7	„ „ „ „	12
Oesterreich nach Anschluss			
zweier Alpenpolygone .	± 3,0	„ „ „ „	8
Preussen (Landesaufnahme).	± 1,8	„ „ „ „	85
Schweiz	± 5,9	„ „ „ „	12
Anschlusspolygone	± 3,2	„ „ „ „	29

Für die Schweiz bemerkt Dr. Börsch, „dass die ausserordentlich schwierigen und ungünstigen Umstände, unter denen die Nivellements ausgeführt werden mussten, einen hinlänglichen Erklärungsgrund für den grossen Wert des mittleren Fehlers liefern“ —; indessen haben wir wohl zu beachten, dass das mitgeteilte schweizerische Material bereits ausgeglichen war. — Im allgemeinen fällt auf, dass die Nivellements in ebenen Gegenden wohl infolge des geringen Einflusses der Lattenlängen einen höheren Genauigkeitsgrad besitzen; mit Ausnahme der Niederlande zeigt sich aber überall, dass in den Nivellements noch systematische Fehler vorkommen, denn in Preussen folgt z. B. für 1 km aus Doppelnivellements in kurzen Strecken als mittlerer zufälliger

¹⁾ Nach gefl. Mitteilung von Herrn Direktor Helmert an das eidgen. topographische Bureau haben nach Süden zu die beiden zusammenhängenden Polygone ihre grossen — sich grösstenteils tilgenden — Schlussfehler verloren, da Italien die gemeinsame, fehlerhafte Strecke neu nivelliert hat.

Fehler $\pm 1,4$ mm, aus längeren Strecken dagegen $\pm 2,7$ mm. Auch für Frankreich erreicht der mittlere zufällige Fehler aus kurzen Strecken noch nicht $\pm 1,5$ mm und für Italien bleibt er unter diesem Betrage.

Die orthometrischen Reduktionen sind da, wo sie noch nicht berechnet waren, wie für die Schweiz, graphisch unter Benützung des Planimeters gerechnet worden. Es hat sich ergeben, dass im allgemeinen die orthometrischen Reduktionen auf die Schlussfehler der Polygone gegenüber den Nivellementsfehlern bedeutungslos sind, dagegen kommen sie in den einzelnen Höhenunterschieden und den daraus gebildeten Höhenquoten voll zur Geltung.

Aus der Ausgleichung ergibt sich nun für den mittleren Kilometerfehler:

- I. Aus der Gesamtausgleichung des ganzen Gebietes $M_1 = \pm 4,48$ mm
- II. Aus einer Ausgleichung der östlichen Polygone
ohne die französischen $M_2 = \pm 3,94$ „
- III. Aus einer Ausgleichung der französischen Polygone
ohne die östlichen $M_3 = \pm 2,85$ „

Wir sehen also, dass in der Gesamtausgleichung das Fehlermaximum, wie es auf der Gradmessungskonferenz vom Jahre 1867 festgestellt worden ist, nämlich 3 mm wahrscheinlicher Fehler oder 4,4 mm mittlerer Fehler, überschritten wird. M_1 und M_2 sind mehrmals so gross als der Wert, der sich aus den Widersprüchen kurzer Strecken von wenigen Km Länge in allen Ländern ergibt und leisten somit den Beweis, dass systematische Fehler vorhanden sind, welche sich durch längere Strecken hindurch anhäufen.

Wir kommen also zu dem Schlusse, dass die aus Ausgleichung von älteren kleineren Nivellementsnetzen sich ergebenden mittleren Einkilometerfehler keinen sicheren Massstab abgeben können für die Beurteilung des Genauigkeitsgrades der erhaltenen Resultate und dass der wirkliche Einkilometerfehler den theoretischen Fehler um das Dreifache überschreiten kann.

Vergleichung der Mittelwasser der verschiedenen Meere.

Sehen wir nun zu, wie sich die Vergleichung der Mittelwasser der verschiedenen Meere gestaltet. Wir haben pag. 14 erwähnt, dass W. Seibt bereits im Jahre 1881 den Nachweis führte, dass der mittlere

Wasserstand der Ostsee bei Swinemünde seit der Zeit, dass Pegelbeobachtungen angestellt worden sind, unverändert geblieben ist. Bis zum Jahre 1893 hatte das preussische geodätische Institut zwei Flutmesserstationen an der Ostsee in Travemünde und in Swinemünde, 1893 erfolgte die Uebernahme der bisher dem Reichsmarineamt unterstellten 3 Flutmesser in Marienleuchte, Arkona und Pillau; 1894 wurden selbstregistrierende Flutmesser in Wismar und Warnemünde aufgestellt und im Sommer 1897 erfolgte die Einrichtung neuer Flutmesserstationen in Pillau und Memel, so dass das geodätische Institut von Travemünde bis Memel an acht Flutmesserstationen vergleichende Mittelwasserstände der Ostsee ausführen lässt. Die Bearbeitung des bisher vorliegenden Beobachtungsmaterials ergibt, dass von Kiel bis Memel, d. h. längs der ganzen preussischen Küste der Ostsee das Mittelwasser auf einige Centimeter genau einer Niveaufläche des Erdsphäroids angehört.¹⁾

Im Folgenden teilen wir die Endresultate mit, welche Prof. Westphal in seiner Arbeit²⁾ abgeleitet hat (pag. 138/139).

Station	Höhenlage des Mittelmeeres über N. N.	Mittlerer Fehler eines Jahresmittels	Mittlerer Fehler des Gesamtmittels
	m	mm	mm
Travemünde . .	— 0,1202	± 30,2	± 7,6
Marienleuchte . .	— 0,1264	20,8	5,2
Wismar . . .	— 0,1252	27,3	6,8
Warnemünde . .	— 0,1116	25,1	6,3
Arkona . . .	— 0,0470	26,1	6,5
Swinemünde . .	— 0,0674	23,8	6,0

Die Anzahl der einzelnen Beobachtungen während 16 Jahren ist eine so grosse, dass man, abgesehen von konstanten Fehlern, die nach

1) Baeyer, Nivellementsarbeiten im preussischen Staate und die Darstellung ihrer Resultate in richtigen Meereshöhen, Berlin 1881.

W. Seibt, Das Mittelwasser der Ostsee bei Travemünde, Berlin 1885.

„ „ Das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde, zweite Mitteilung, Berlin 1890.

2) A. Westphal, Das Mittelwasser der Ostsee bei Travemünde, Marienleuchte, Wismar, Warnemünde, Arkona und Swinemünde in den Jahren 1882—1897, Berlin 1900.

Möglichkeit sorgfältig berücksichtigt worden sind, die zufälligen Fehler der Beobachtung und die zufälligen Fehler der Apparate vernachlässigen kann. Zu den obigen Fehlern treten noch die Nivellementsfehler hinzu, die aber in engen Grenzen liegen, da das ausschliesslich benützte in den Jahren 1896/1898 von der preussischen Landaufnahme ausgeführte Küstennivellement als gesamten mittleren Nivellementsfehler pro Kilometer nur $\pm 0,7$ mm ermittelt, also ausserordentlich sorgfältig durchgeführt worden ist.¹⁾

Die obigen Mittelwerte des Mittelwassers zeigen ein leichtes Gefälle von Osten nach Westen. Um nun zu untersuchen ob dieses scheinbare

1898	Vorherrschende Winde	Höhenlage der Mittelwasser über Normal-Null							
		Travemünde	Marienleuchte	Wismar	Warnemünde	Arkona	Swinemünde	Pillau	Memel
		m	m	m	m	m	m	m	m
Januar	W	- 0,118	- 0,131	- 0,111	- 0,101	- 0,003	- 0,007	+ 0,175	+ 0,262
Februar	W	+ 0,090	+ 0,070	0,092	+ 0,102	+ 0,210	+ 0,202	+ 0,290	+ 0,362
März	O	+ 0,062	+ 0,002	+ 0,034	+ 0,017	+ 0,052	+ 0,013	- 0,018	+ 0,029
April		- 0,063	- 0,117	- 0,089	- 0,100	- 0,066	- 0,077	- 0,087	- 0,032
Mai		- 0,113	- 0,150	- 0,128	- 0,134	- 0,118	- 0,128	- 0,121	- 0,100
Juni		- 0,111	- 0,133	- 0,106	- 0,106	- 0,067	- 0,055	+ 0,009	+ 0,030
Juli	W	+ 0,032	+ 0,009	+ 0,063	+ 0,069	+ 0,131	+ 0,148	+ 0,274	+ 0,323
August	W	- 0,032	- 0,055	- 0,038	- 0,032	+ 0,032	+ 0,018	+ 0,120	+ 0,142
September	W	+ 0,030	+ 0,011	+ 0,037	+ 0,037	+ 0,090	+ 0,088	+ 0,208	+ 0,210
Oktober	O	- 0,025	- 0,050	- 0,070	- 0,084	- 0,018	- 0,117	- 0,087	- 0,069
November		- 0,155	- 0,179	- 0,183	- 0,172	- 0,083	- 0,147	- 0,023	+ 0,025
Dezember	W	- 0,159	- 0,138	- 0,123	- 0,097	+ 0,091	+ 0,049	+ 0,341	+ 0,485

Gefälle sich durch das Vorherrschen der Westwinde erklären lässt, hat Prof. Westphal die monatlichen Mittelwasserstände des Jahres 1898, in welchem Jahre die Stationen Pillau und Memel hinzugekommen sind, zusammengestellt. — Wenn nun das Gefälle von Osten nach Westen in den obigen Zahlen wirklich dem Vorherrschen von Westwinden zugeschrieben werden kann, so muss umgekehrt bei östlichen Winden der Wasserstand im Westen höher sein als im Osten. Das bestätigt sich auch, wie dies aus der obenstehenden Tabelle ersichtlich ist. In den Monaten Januar, Februar, Juli, August, September und Dezember des Jahres 1898

¹⁾ von Schmidt, I. E. Verh. 1898, Stuttgart, pag. 395.

wehten anhaltende, zum Teil stürmische Westwinde und in diesen Monaten stehen die Mittelwasser im Osten höher als im Westen. Umgekehrt sind in den Monaten März und Oktober, während welchen starke Oststürme andauernd herrschten, die Monatsmittelwasser im Osten niedriger als im Westen (pag. 141).

In Memel beeinflussen ausserdem Störungen in dem langgestreckten Kurischen Haff das Resultat der Mittelwassermessungen.

Da an der Ostküste Schwedens nach Prof. Rosén bedeutende Hebungen stattfinden sollen (für den nördlichen Teil des Bottnischen Busens bis zur Breite von $62^{\circ}22'$ wird eine jährliche Hebung von 11mm angegeben,¹⁾ so hat Westphal in seiner vorzüglichen Arbeit auch die Frage der Hebung oder Senkung der deutschen Ostseeküste untersucht und stellt zu dem Zwecke die Mittelwasser an denjenigen Stationen, für welche längere Beobachtungen vorliegen, in Perioden von 18 Jahren zusammen, entsprechend der Periode, in welcher der Mond alle seine Stellungen zur Sonne und zu den Knoten seiner Bahn durchlaufen hat; ausserdem trennt er noch diese Perioden von 18 Jahren in solche von 9 Jahren. Die Resultate fallen durchaus negativ aus, indem die Mittel keine Veränderlichkeit der Höhenlage des Mittelwassers gegenüber der Küste verraten. Am ehesten wäre eine Möglichkeit der Veränderlichkeit für Travemünde herauszulesen, aber diese Station zeigt auch die grössten Abweichungen der jährlichen Mittelwasserstände vom Gesamtmittel. Westphal kommt zu dem Schlusse, dass, wenn überhaupt von einer Hebung oder Senkung der deutschen Ostseeküste gesprochen werden kann, das Verhalten der Wasserstände an den einzelnen Stationen zeigt, dass diese Hebung oder Senkung wenigstens gegenwärtig an der ganzen Küste gleichmässig erfolgt. Auch muss aus dem Umstande, dass Perioden höheren und niedern Mittelwassers miteinander abwechseln, geschlossen werden, dass dieser Wechsel zum grossen Teile meteorologischen Einflüssen zuzuschreiben ist.

Für die französischen Küsten hat Lallemand schon im Jahre 1890 Schlussfolgerungen gezogen, die dahingehen, dass, von einigen Störungen lokaler Natur abgesehen, die Mittelwasser für den gesamten Littoral Frankreichs nahezu derselben Niveaufläche des Erdsphäroids angehören.²⁾ Die neuesten Bearbeitungen der Mittelwasseraufzeichnungen der zahlreichen Flutwasserstationen längs der französischen Küste bestätigen dies Resultat, wie die folgende Zusammenstellung zeigt, in

1) Rosén, I. E. Verh. 1900, erster Teil, Paris, Beilage A XVIII pag. 279.

2) Lallemand, I. E. Verh. 1890 Freiburg, Beilage C II pag. 181.

welcher Lallemand die Mittelwasserstände ausschliesslich aus den Medimaremeterbeobachtungen, bezogen auf das Medimaremeter des mareographischen Observatoriums in Marseille (Anse Calvo) ableitet. Mit Abschluss vom 1. Januar 1901 kommt als Höhe des Mittelwassers im Hafen von Marseille: ¹⁾

1. Aus den Aufzeichnungen des Marégraphe totalisateur Reitz + 1 cm bezogen auf Zéro normal du nivellement général.
2. Aus den Aufzeichnungen des Medimaremeter in demselben Schacht — 2 Centimeter, bezogen auf Zéro normal du nivellement général.

Die Medimaremeterbeobachtungen allein ergeben dann für die französischen Küsten die folgenden Resultate, wobei zu bemerken ist, dass unter „*Altitudes rationnelles*“ diejenigen auf „Zéro normal“ bezogenen Quoten verstanden sind, die Lallemand aus der Verbindung des Nivellementsnetzes erster Ordnung mit demjenigen zweiter Ordnung abgeleitet hat.

Meer	Stationen	Altitudes rationnelles	Beobachtungsdauer in Jahren
Kanal	Cherbourg.	cm	
		— 10	10
Atlantischer Ocean	Camaret	— 2	11
	Quiberon	+ 1	9
	Les Sables-d'Olonne	— 5	7
	La Pallice.	+ 9	10
	Biarritz	+ 20	11
	St-Jean-de-Luz	+ 15	11
Mitteländisches Meer	Port-Vendres	— 1	13
	Cette	— 3	13
	Port-de-Bouc	— 3	7
	Martignes	0	7
	Marseille (Port Vieux)	0	11
	Marseille (Anse Calvo).	0	15
	La Ciotat	+ 4	7
	Nice.	— 6	13

¹⁾ Lallemand, I. E. Verh. 1900 I. Teil, pag. 197/198.

Bezüglich Italien haben wir bereits pag. 16 bemerkt, dass das militärgeographische Institut in Florenz bei der nivellitischen Verbindung der Meere, welche Italien umspühlen, zu dem Resultate gekommen ist, dass die Widersprüche zwischen den Mittelwasserhöhen der Stationen, in denen Mareographen funktionieren, geringer sind als die Beträge der wahrscheinlichen Fehler der diese Stationen verbindenden Nivellementszüge. Es kann also mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass die Mittelwasser der Italien umspühlenden Meere einer und derselben Niveaufläche des Erdsphäroids angehören.¹⁾

Für die direkte Vergleichung der Mittelwasser entfernter Meere sind wir auf die Ausgleichung von Prof. Börsch (s. pag. 36) angewiesen, die sich auf ein Gebiet erstreckt, das im Osten durch die Linie Swinemünde-Triest, im Norden durch die Küstenlinie der Ost- und Nordsee und des Kanals, im Westen durch den Atlantischen Ocean und im Süden durch die Pyrenäen, das Mittelländische Meer, die Linie Livorno-Ancona und das Adriatische Meer begrenzt ist.²⁾ Als Nullpunkt der Höhen der verschiedenen Mittelwasser hat Prof. Börsch das Mittelwasser zu Amsterdam gewählt, weil erstens für Amsterdam die längste und auch abgeschlossene Reihe von Pegelbeobachtungen vorliegt und da zweitens dieser Punkt wegen seiner Lage sehr geeignet erschien, die aus den verschiedenen Ausgleichungssystemen folgenden Mittelwasserhöhen in Zusammenhang zu bringen. Die allgemeinen Resultate der Ausgleichung ergeben nun für die einzelnen Meere folgende Höhen über dem Mittelwasser zu Amsterdam,

Meer	Höhe über dem Mittelwasser zu Amsterdam			
	Ausgleichung I Gesamtgebiet	Ausgleichung II Oestliche Polygone ohne die französischen	Ausgleichung III Französische Polygone	Nach Lallemand J. E. 1890 p. 183
	cm	cm	cm	cm
Ostsee	+ 5,3	— 0,4	—	— 2,0
Nordsee	— 0,4	— 1,2	—	— 1,7
Zuidersee	+ 6,3	+ 6,3	—	+ 6,2
Kanal	— 0,9	—	+ 11,4	+ 5,0
Atlantischer Ocean .	— 8,7	—	+ 8,7	+ 3,0
Mittelmeer	— 13,8	— 26,2	+ 5,5	+ 0,9
Adriatisches Meer .	— 12,3	— 23,5	—	— 0,8

1) G. Celoria, I. E. Verh. 1900, Paris, 1. Teil, pag. 264.

2) Vergl. Uebersichtskarte am Schluss dieser Abhandlung.

wenn die für 42 Küstenpunkte gerechneten Mittelwasserstände zu Mitteln entsprechend den verschiedenen Meeren vereinigt und die Stationen Ostende und Pesaro als zu unsicher weggelassen werden.

Die in I. E. 1890 pag. 183 von Lallemand mitgeteilten Mittelwasserhöhen sind von Börsch um $+ 3$ cm korrigiert worden, um sie mit dem neuen System vergleichbar zu machen.

Die Resultate der Gesamtausgleichung scheinen zu ergeben, dass die Mittelwasser im Mittelländischen und Adriatischen Meere um ca. 13 cm tiefer liegen als in der Ostsee, Nordsee und im Kanal, aber Unterschiede von dieser Ordnung kommen auch längs der Küsten vor. Wenn nun auch ein Teil dieser Unterschiede von Punkten derselben Küste auf Realität beruhen wird, so kann für Stationspunkte, die durch sehr grosse Distanzen von einander getrennt sind, nichts sicheres nachgewiesen werden, denn der mittlere Fehler der nivellierten Höhenunterschiede zweier Stationspunkte, die in kürzester Distanz ca. um 1500 km auseinanderliegen, erreicht den beträchtlichen Betrag von ± 18 cm und reduziert sich durch die Ausgleichung auf ± 9 cm; das will heissen: Die aus der Ausgleichung berechneten Höhenunterschiede der Mittelwasser zwischen Punkten der Nordküste einerseits und der Südküste andererseits können nicht als reell angenommen werden und dieser Schluss bleibt bestehen, auch wenn man nur nach dem mittleren Fehler des durchschnittlichen Unterschiedes der Meere an der Nord- und Südküste Europas fragt. Bildet man die Mittelwerte für die nördlichen und südlichen Meere, so erhält man als

Höhe der nördlichen Meere über den südlichen Meeren
(Börsch, pag. 89.)

Nach Ausgleichung	I	$+ 13.4$ cm
„	„	II $+ 26.5$ „
„	„	III $+ 4.6$ „
„	Lallemand	$+ 2.0$ „

In der folgenden Tabelle hat Prof. Börsch für Stationen in sehr grossen Entfernungen eine Gesamtübersicht der Resultate gegeben, indem auch die orthometrischen Beträge sowie die mittleren Fehler nach den drei Ausgleichungen mit aufgenommen sind.

Vom Mittelwasser zu	Bis zum Mittelwasser zu	Entfernung km	Beobachteter Höhenunterschied	Orthometrische Reduktion	Definitiver Höhenunterschied					
					Ausgleichung I	Mittl. Fehler	Ausgleichung II	Mittl. Fehler	Ausgleichung III	Mittl. Fehler
			m	mm	m	mm	m	mm	m	mm
Swinemünde	Triest	1587	-0,407	+ 153	-0,194	± 85	-0,237	± 75	—	—
Cuxhaven	Genua	1736	-0,543	+ 206	-0,228	± 85	-0,313	± 81	—	—
Amsterdam	Genua	1408	-0,545	+ 227	-0,155	± 82	-0,292	± 87	—	—
Amsterdam	Marseille	1696	-0,015	+ 102	-0,168	± 90	—	—	+ 0,069	± 85
Brest	PortVendres	1082	-0,124	+ 27	-0,062	± 105	—	—	-0,019	± 68

Direktor Helmert macht in seiner Diskussion der Ausgleichungsergebnisse auf die grosse Differenz von 36 cm aufmerksam, welche man für eine Strecke von ca 1500 km je nach der Gruppierung nach Ausgleichung II und III erhält und schliesst, dass auch die einstige Bearbeitung des gesamten Nivellementsmaterials mit den ca. 250 möglichen Polygonen infolge der grossen systematischen Nivellementsfehler keine erheblich grössere Genauigkeit in der Ableitung der Mittelwasserhöhen entfernter Meere erhoffen lasse.

Die Schweiz.

Da die Schweiz an kein Meer angrenzt, so sind wir für die Einführung von absoluten oder Meereshöhen auf unsere Nachbarn angewiesen, zumal auf Frankreich, das uns auf kürzestem Wege mit dem Meere verbindet und das ein Höhennetz nach den genauen Methoden des Präzisionsnivellements schon zu einer Zeit vollendet hatte, in der noch in keinem andern Staate zu Landesvermessungszwecken mit ähnlich genauen Nivellements begonnen wurde. Frankreich gebührt das grosse Verdienst, zuerst das trigonometrische Nivellement durch das einer viel grösseren Genauigkeit fähigen geometrische Nivellement mittelst des Nivellierinstrumentes ersetzt zu haben, indem Ingenieur Bourdaloue im Auftrage der französischen Regierung in den Jahren 1857 bis 1864 in Frankreich ein Nivellement von über 10000 km Länge ausführte und für jene Zeit eine staunenswerte Genauigkeit erreichte, indem nach

Ausschluss der systematischen Fehler der zufällige wahrscheinliche Fehler 2 bis 3 mm pro Kilometer nicht übersteigt. ¹⁾ Für bauliche und allgemein technische Zwecke wurde das Nivellierinstrument zwar schon früher verwendet, weist doch Hagen schon 1837 auf die grosse Genauigkeit hin, die man für Höhenmessungen mittelst des Nivellierinstrumentes erreichen kann ²⁾, auch finden wir in einem Briefe Eschmanns an General Dufour vom 12. November 1846 bezüglich der Schwierigkeiten, die beim trigonometrischen Höhenmessen unvermeidlich sind, die Bemerkung ³⁾:

„Wir hätten in zwei Monaten das gleiche Resultat mit noch „grösserer Sicherheit erhalten können, wenn wir das gewöhnliche „Nivellierinstrument angewendet hätten. Dies beweisen uns viele „Beispiele. Das zutreffendste ist das direkte Nivellement, welches „Wild für den Bahnbau Baden-Zürich gemacht hat und wobei auf „eine Strecke von 5 Stunden durch doppelte Operation eine Differenz „von bloss 2 Linien erhalten wurde. Schon die ersten Versuche von „Zürich her ergaben nur 3 Linien Differenz. Dies entspricht für die „Distanz vom Meer bis nach Genf einer Höhendifferenz von 6 Fuss, „bei doppeltem Nivellement aber bloss die Hälfte, also 3 Fuss = 1 Meter.“

Etwas später (Sommer 1855) haben E. Plantamour und F. Burnier mit Hilfe der Ingenieure Chappex und Forcapel ein geometrisches Nivellement von Genf aus nach Martigny und hinauf zur meteorologischen Station im Hospiz des grossen St. Bernhard ausgeführt und für den Nullpunkt des Barometers von Pierre du Niton aus einen Höhenunterschied von 2101,70 m abgeleitet. ⁴⁾

Das französische Ministerium der öffentlichen Arbeiten hatte Bourdaloue vorgeschrieben, sein Nivellement auch den grossen Flussläufen entlang zu führen und an passenden Stellen Fixpunkte zu erstellen, deren Quoten alle auf einen und denselben Horizont bezogen werden sollten. Durch Ministerialbeschluss vom 13. Januar 1860 wurde das Mittelwasser des Mittelländischen Meeres im Hafen zu Marseille als Nullpunkt des neuen Höhennetzes bestimmt. Als nun Bourdaloue im Rhonenivellement bis Genf vorrückte, ergab sich mit der Publikation

¹⁾ Ch. Lallemand, Nivellement de haute précision, Paris 1898, pag. 4.

²⁾ G. Hagen, Grundzüge der Wahrscheinlichkeitsrechnung 1837. (Siehe auch zweite umgearbeitete Ausgabe, Berlin 1867, pag. 134.)

³⁾ Eidgenössisches topographisches Bureau, Die Schweizerische Landesvermessung 1852—1864, Bern 1896, pag. 102.

⁴⁾ F. Burnier et E. Plantamour, Nivellement du Grand St. Bernhard, Bibl. univ. 1855.

R. Wolf, Gesch. der Verm. pag. 113.

seiner Ergebnisse zum ersten Male für die Schweiz ein durch geometrisches Nivellement erhaltenes direktes Ausschlussresultat mit dem Meere.¹⁾ Dieses Resultat ist

Repère Pierre du Niton = 374,052 m

Die älteren schweizerischen Höhenbestimmungen reichen auf die Zeit von J. J. Scheuchzer (1672—1733) zurück, der auf seinen Schweizerreisen mittelst der 1644 durch die Erfindung des Barometers vielfach üblich gewordenen aber ungenauen Methode der barometrischen Höhenmessung die Meereshöhen von Bergspitzen mit Hülfe der von Cassini und Mariotte aufgestellten Tafeln ableitete, so 1705 und 1706 auf dem Gotthard, der Furka und dem Joch. Sein Reisebarometer ist ein Gefässbarometer, das jeweilen an Ort und Stelle gefüllt wurde und dessen Angaben er vor und nach der Reise mit demjenigen eines in Zürich verbleibenden Standbarometers verglich. Die terrestrische Strahlenbrechung ist ihm bekannt, sagt er doch 1707:

„Dass die Sonnen- oder Lichtstrahlen, welche von denen Spitzen
„der Bergen in die Thäler fallen und bisher von denen Geometris
„oder Feldmessern angesehen worden vor gerade Linien, aus unzählich
„viel graden gebrochenen oder krummen Linien bestehen.“²⁾

Die ersten grösseren trigonometrischen Höhenbestimmungen in der Schweiz rühren wohl von Tralles her, der 1788 in der Nähe von Thun mit einer Ramsden'schen Stahlkette von 100 Fuss Länge unter Berücksichtigung der Temperatur und der Unebenheiten des Terrains zwei Grundlinien mass, an dieselben ein Dreiecksnetz anschloss und die Höhen der bedeutendsten Spitzen der Berner Hochalpen durch Anvisieren bestimmte. Er ist auch der erste, der in der Schweiz auf Alpengipfeln mit grösseren Instrumenten Beobachtungen anstellte, bestieg er doch mit seinem Theodoliten den Hohgant und Niesen, das Stockhorn und Morgenberghorn. Von ihm sind in den Jahren 1793 bis 1804 besondere trigonometrische Beobachtungen angestellt worden, um die Wirkung der terrestrischen Strahlenbrechung zu studieren, welche denn auch das 1835 von Baeyer bestätigte und erweiterte Resultat ergaben, dass die terrestrische Refraction eine tägliche Periode hat, indem sie des

¹⁾ Nivellement général de la France, resultats des opérations, 3 Vol, Bourges 1864.

²⁾ J. J. Scheuchzer, Beschreibung der Naturgeschichten des Schweizerlandes, 1707.

R. Wolf, Geschichte der Vermessungen in der Schweiz, Zürich 1879 pag. 50.

Morgens und Abends am grössten ist und den Tag über nach Massgabe der Wärme und der Trockenheit der Luft kleiner wird. ¹⁾

Die Ausgangshöhen der schweizerischen Landesvermessung sind an die Namen Eschmann und Dufour geknüpft, indem ersterer im Einverständnis mit General Dufour als Ausgangspunkt der Höhen in seinen „Ergebnissen“ den Chasseral mit der absoluten Höhe von

1609,57 m

mit folgender Begründung einführt: (Ergebnisse pag. 91)

„Die absolute Höhe des Chasseral ist in der „Nouvelle description géométrique de la France“ zu 1610,54 m und 1608,60 m, „im Mittel zu 1609,57 m angegeben. Obwohl, wie die Verschiedenheit „der beiden Zahlen vermuten lässt, ihre Genauigkeit nicht verbürgt „werden kann, so schien es doch das Geeignetste, denjenigen Punkt „des Dreiecknetzes, der auf dem nächsten Wege mit der See in „Verbindung steht, als Grundlage zu den schweizerischen Höhen- „bestimmungen zu benützen.“

Nun beruht die Zahl 1610,54 m auf einer barometrischen Bestimmung der Meereshöhe von Strassburg und hat sich noch bei Lebzeiten Eschmanns als das weniger genaue Resultat erwiesen, während die kleinere Zahl 1608,60 m als ein Mittel aus Übertragungen der französischen Triangulation ab Brest und von der Ile de Noirmoutier erhalten worden war. ²⁾ Ein Fehler in der Ausgangshöhe muss sich aber auf alle Höhen des hypsometrischen Netzes übertragen, somit sind die von Eschmann eingeführten Höhen um 0,97 m zu gross. — Wie stellt sich nun die Vergleichung der Eschmann'schen Höhen mit dem Anschlussresultat nach Bourdaloue in Genf?

Eschmann fand als Höhe des Genfersees vom Chasseral her 374,6 m (Ergebnisse pag. 231); den Metallfixpunkt auf Pierre du Niton hat er nicht eingemessen; dagegen giebt der französische Ingenieur-Geograph Filhon 1833 in einem Briefe an General Dufour

Pierre du Niton la plus basse, sommet = 376,668 m. ³⁾

Dieses Resultat, das auch in die „Nouvelle description géométrique de la France“, I Volume 1833 übergegangen ist, schliesst sich an die

¹⁾ J. Eschmann, Ergebnisse der trigon. Vermessungen in der Schweiz, Zürich 1840, pag. 215.

J. J. Baeyer, Nivellement zwischen Swinemünde und Berlin, Berlin 1840.

²⁾ R. Wolf, Gesch. der Verm. pag. 258.

³⁾ Bibl. univ. L II. 1833, pag. 212.

französische Triangulation von Corabœuf an und ist somit auf den Atlantischen Ocean bei Noirmoutier bezogen.¹⁾ Nun bemerkt General Dufour bezüglich des kleinen Pierre du Niton:

„Sur cette pierre est une plaque de cuivre, située à 0,03 m au-dessous du sommet et qui sert de repère à l'échelle graduée, qu'on y a fixée.“²⁾

Verbinden wir diese Angabe mit der oben angeführten Höhe für den Scheitelpunkt des Pierre du Niton, so wird

Repère Pierre du Niton = 376,64 m.

Das ist die von General Dufour adoptierte Quote für seinen Repère auf Pierre du Niton; sie ist um 2,59 m grösser als die neue von Bourdaloue von Marseille aus durch geometrisches Nivellement abgeleitete Höhe, oder mit andern Worten, um diesen Betrag müsste man die Höhen der Dufourkarte verringern, um dieselben auf den Ausgangshorizont des Nivellement Bourdaloue zu beziehen,

Aehnliche Widersprüche mit den schweizerischen offiziellen Quoten hatten Eisenbahnnivellements, die in Basel einmünden, ergeben, indem auch hier beim Anschluss an den Nullpunkt des Pegels bei der Birsig-mündung in den Rhein eine Herabsetzung der Quote der Eschmann'schen „Ergebnisse“ und zwar im Mittel aus vier Anschlüssen um 2,11 m als notwendig erschien.³⁾

Um in diese Verhältnisse Klarheit zu bringen, wandte sich Prof. Ch. Dufour von Morges in seiner Eigenschaft als Präsident der schweiz. hydrometrischen Kommission, d. d. 25. XI. 1863, mit dem Gesuche an das eidgen. Departement des Innern, das Studium der schweizerischen Höhenfrage in den Bereich seiner Arbeiten zu ziehen und eine Kommission zu ernennen, die sich mit dem Anschluss des schweiz. Höhennetzes an das mittlere Meeresniveau des Mittelländischen Meeres zu Marseille zu befassen habe.

Das eidgen. Departement des Innern zeigte sich nicht abgeneigt, diese Frage näher prüfen zu lassen und erbat sich zunächst eine Meinungsäusserung hierüber von General Dufour, Ingenieur Denzler und Prof. Mousson. In seinem Gutachten schlägt General Dufour vor, alle schweizerischen Nivellements auf den Bronzerepère auf Pierre du Niton zu beziehen, dem letzteren die Meereshöhe von 374 m beizulegen und

1) Bibl. univ. L. I. 1832, pag. 222 und Filhon, Note sur quelques différences de niveau, Paris 1833.

2) Bibl. univ. L. I. 1832, pag. 219.

3) Denzler, Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft Bern, 1864.

dementsprechend sämtliche Quoten der Generalstabskarte um 2 Meter herabzusetzen. Die Höhenkorrektur mit einem Bruchtheile vom Meter durchzuführen, hält er nicht für notwendig, da die Genauigkeit des Anschlussresultates von Bourdaloue nicht soweit verbürgt werden könne.¹⁾

Ingenieur Denzler findet, dass Chasseral sich wenig als Ausgangspunkt der Höhen eignet und dass für den hydrometrischen Dienst ein Höhennullpunkt in mehr centraler Lage des Landes besser passen würde. Auch hält er dafür, dass der Ableitung der absoluten Höhe dieses Nullpunktes nur ein wissenschaftliches Interesse zukommt und dass es sich empfiehlt, damit noch zuzuwarten, um in die Neubestimmung nicht neue Fehler einzuführen. Er glaubt nicht, dass dem Nivellement Bourdaloue ohne weiteres eine so grosse Genauigkeit zugemessen werden könnte, dass man im stande wäre, aus demselben für unser Höhenetz eine Basis abzuleiten, die für eine grosse Zeitdauer keiner Abänderung mehr bedarf.

Professor Mousson endlich glaubt betonen zu sollen, dass kein anderes Land in den wichtigsten geodätischen Arbeiten so viele nachträgliche Berichtigungen hat anbringen müssen wie gerade Frankreich. Er ist der Meinung, dass die Diskussion der Frage der Einführung eines einheitlichen Meereshorizontes als Ausgangspunkt der Höhen einem internationalen Geometerkongresse überwiesen werden solle und findet im übrigen, dass die Wahl von Marseille als Ausgangspunkt der Höhen im Interesse der Schweiz liege, da wir nun direkt mit dem Mittelländischen Meer nivellitisch verbunden sind.

Das eidgen. Departement des Innern überwies hierauf das weitere Studium der Höhenfrage an die im Jahre 1861 von der schweiz. naturforschenden Gesellschaft während ihrer Sitzung in Lausanne niedergesetzten *geodätischen Kommission*, welche dann am 24. April 1864 in dieser Sache ein ausführliches Referat von Prof. A. Hirsch entgegen nahm. In demselben zieht Hirsch zum Vergleiche eine Studie von E. Plantamour heran²⁾ in welcher letzterer einen Fehler in der absoluten Höhe des Chasseral von 3 Meter als möglich zugiebt und zur Erklärung desselben auf die Ungenauigkeit der französischen Triangulation hinweist, welche als Höhenübertragung gedient hat. Plantamour schätzt bei Höhenbestimmungen aus Winkelmessungen den Fehler entsprechend einer Distanz von 20 km auf 1 Decimeter und da dieser Fehler proportional

1) Archiv des eidgen. topographischen Bureaus; siehe auch Hirsch, rapport sur la question des hauteurs suisses, 1864.

2) E. Plantamour, de la hauteur du lac de Genève, Bibl. univ. 1864.

der Quadratwurzel aus der Anzahl der Zwischenstationen anwächst, so würden sich hieraus bereits 2 Meter Anschlussfehler erklären lassen. Bezüglich des neuen Nivellements von Bourdaloue hebt er hervor, dass nach einer „Notice complémentaire de la commission chargée de la direction du nivellement général de la France“ der Schlussfehler eines Polygons durch $0,001 \sqrt{\text{km}}$ dargestellt werde, so dass auf 400 km Distanz nur ein Fehler von 0,02 m zu erwarten ist. Er hält denn auch dafür, dass keine der erhaltenen Höhen mit einem Fehler behaftet ist, der 3 cm übersteigt, während Denzler im Gegenteil auch dem besten Nivellement auf diese grosse Distanz einen zehnmal grösseren Fehler, also einen solchen von 0,3 m zuschreibt.

Im weitem begründet Professor Hirsch folgende Anträge, welche von der geodätischen Kommission zum Beschlusse erhoben werden:¹⁾

1. Der Ausgangshorizont für alle schweizerischen Nivellements ist der Bronzerepère auf Pierre du Niton im Hafen von Genf.
2. Da zur Zeit die Korrektion der schweizerischen Höhen noch nicht mit Sicherheit durchgeführt werden kann und die Wahl des Meeres, das als allgemeine Vergleichsebene dienen soll, im Interesse der Wissenschaft von einer internationalen geodätischen Kommission getroffen werden muss, so wird die Frage der absoluten Höhen vorläufig zurückgestellt.
3. Die Eidgenossenschaft lässt alle für die schweizerischen Eisenbahnen ausgeführten Nivellements sammeln, vergleichen und verifizieren.
4. Die Eidgenossenschaft lässt ein Präcisionsnivellement zwischen Genf, Basel, Luzern und Romanshorn ausführen. Längs dieser Linie werden Höhenfixpunkte ähnlich demjenigen auf Pierre du Niton errichtet werden und derjenige in Basel soll durch Präcisionsnivellement an einen Höhenpunkt des französischen, sowie an einen solchen des badischen Höhennetzes angeschlossen werden; in gleicher Weise ist ein Fixpunkt am Bodensee mit demjenigen der angrenzenden Staaten zu verbinden. Dann soll sobald wie möglich das Nivellement von Luzern aus in den Kanton Tessin weiter geführt und an das italienische Höhennetz angeschlossen werden. Die trigonometrischen Signale sind längs der Nivellementslinien an das Netz des Präcisionsnivellements anzuschliessen. Der alte Ausgangspunkt der Höhen, Chasseral, ist ebenfalls

¹⁾ Niv. préc. Suisse, pag. 6/7.

mit einzubeziehen und soll an einen Grenzfixpunkt des französischen Netzes angeschlossen werden.

Inzwischen hatte General Baeyer 1861 seinen Entwurf zu einer mitteleuropäischen Gradmessung aufgestellt und auf eine von der preussischen Regierung erfolgte Einladung beschloss der schweizerische Bundesrat unterm 18. März 1863, sich an der Gradmessung vertreten zu lassen. Die erste allgemeine Konferenz der Bevollmächtigten zur mitteleuropäischen Gradmessung wurde von General Baeyer im Namen der preussischen Regierung auf den 15. Oktober 1864 nach Berlin einberufen. Ein vorberatendes Komitee stellte ein Programm der Beratungsgegenstände und eine Geschäftsführung im Entwurfe fest. Die zur Verhandlung kommenden Gegenstände wurden in die drei Gruppen gebracht:

1. Organisationsfragen,
2. Astronomische und physikalische Fragen,
3. Geodätische Fragen

und als Punkt 4 der dritten Gruppe figurirt die *Regulierung der absoluten Höhen*.

Der schweizerische Bevollmächtigte Professor A. Hirsch hatte von der schweizerischen geodätischen Kommission den Auftrag erhalten, bei der Konferenz in Berlin zu beantragen, es möchte ein sich über ganz Centraleuropa erstreckendes, die verschiedenen Meere verbindendes Präzisionsnivelement angestrebt und auf dessen Grundlage ein allgemein gültiger Nullpunkt bestimmt werden und Prof. Hirsch hat die Anträge der schweizerischen geodätischen Kommission in der dritten Sitzung der geodätischen Sektion in der folgenden Weise formuliert:¹⁾

1. Es ist wünschenswert, dass in allen bei der mitteleuropäischen Gradmessung beteiligten Ländern neben den trigonometrischen Höhenbestimmungen Nivellements erster Ordnung ausgeführt werden, bei welchen das Nivellieren von der Mitte aus angewendet und die Kontrolle durch polygonalen Abschluss der Stationen hergestellt wird. Die Nivellementszüge werden am zweckmässigsten zunächst den Eisenbahnen, dann den Strassen und Kanälen folgen.
2. Das Nivellement jedes Landes ist auf einen einzigen solid versicherten Nullpunkt zu beziehen und alle diese Nullpunkte sollen durch Nivellements erster Ordnung mit einander verbunden werden.

¹⁾ I. E. Verh. 1864, Berlin, pag. 28/29.

3. Die mittlere Höhe der verschiedenen Meere soll in einer möglichst grossen Anzahl von Häfen und wo es angeht mittelst registrierender Apparate bestimmt werden; die Nullpunkte dieser Pegel sind in das Höhennetz erster Ordnung einzubeziehen.
4. Je nach dem Resultat dieser Messungen wird später der für ganz Europa gültige Nullpunkt der absoluten Höhen bestimmt werden. Alle diese Anträge sind von der Generalkonferenz einstimmig zum Beschlusse erhoben worden.

Die Feldarbeiten beim schweizerischen Präcisionsnivellement begannen im Jahre 1865 und zwar wurde von Pierre du Niton aus über Morges und Yverdon nach Neuchâtel nivelliert und Chasseral mittelst des Polygons Pierrabot-Chaumont-Chuffort-Chasseral-Pâquier-Dombreson-Pierrabot an Neuchâtel angeschlossen. Daran reihen sich die sechzehn Polygone mit 4354 km Umfang, welche im Laufe der Jahre im ganzen Lande, teils den Strassen und Eisenbahnen und den grossen Flussläufen folgend, aber auch über die Pässe des Hochgebirges führend, mit grossem Aufwand an Mühe, Zeit und Geld erstellt worden sind und von denen man die meisten zweimal in entgegengesetztem Sinne nivelliert hat. Wenn man nun bedenkt, dass unser Netz Höhenunterschiede von über 2000 Meter aufweist und dass die ausgedehnten Messungen mittelst eines Personals von nur zwei gleichzeitig thätigen Ingenieuren bewältigt worden sind, so wird man sich nicht wundern, dass die schweizerische geodätische Kommission erst in ihrer Sitzung vom Jahre 1883 den Abschluss der Feldarbeiten konstatieren konnte. Sämtliche Materialien des Nivellements nebst Studien und Resultaten sind in dem von uns schon vielfach citierten Werke: „Nivellement de précision de la Suisse“ niedergelegt, das von 1867 an von A. Hirsch und E. Plantamour redigiert, in zwanglosen Heften erschienen ist. Eine grosse Verzögerung hat die erst im Jahre 1891 erfolgte Herausgabe der zehnten Lieferung, welche den Höhenkatalog¹⁾ enthält, durch den Umstand erfahren, dass man von Jahr zu Jahr auf die von der internationalen Erdmessung in Aussicht gestellten Regelung der Frage eines einheitlichen, für alle Staaten verbindlichen Nullpunktes der absoluten Höhen gewartet hat, um schliesslich sich doch noch gezwungen zu sehen, die Höhen provisorisch auf Pierre du Niton zu beziehen. Nun ist ja richtig, dass für technische Arbeiten im Innern des Landes die Wahl des Höhennullpunktes von keinem Belang ist; der Ingenieur verlangt gut bestimmte Höhenunterschiede, ohne sich viel darum zu kümmern, welcher Horizont den Quoten zu Grunde liegt. Die Sache

¹⁾ Niv. préc. Suisse. Catalogue des hauteurs suisses. 1891.

wird aber anders, wenn es sich um kartographische Zwecke handelt oder um Wasserstandsmessungen von Gewässern, welche verschiedene Länder durchfliessen; da werden absolute, auf das Meeresniveau bezogene Höhen verlangt und es ist darum begreiflich, dass der schweizerische Bevollmächtigte bei der internationalen Erdmessung von seiner Regierung die Instruktion erhielt, in den Konferenzen möglichst auf baldige Einführung eines allgemeinen Höhenhorizontes hinzuwirken.¹⁾

Das eidgenössische Departement des Innern hatte bereits im Jahre 1878 unter Hinweis auf die bevorstehende Reorganisation des hydro-metrischen Dienstes in der Schweiz von der schweizerischen geodätischen Kommission verlangt, möglichst bald ausgeglichene Quoten zu publizieren und 1879 hat denn auch Oberst Siegfried, von 1865 bis 1879 Chef des eidgenössischen topographischen Bureaus, auf Grundlage einer von E. Plantamour ausgeführten provisorischen Ausgleichung eines Teiles des vorliegenden Materials, für die Bedürfnisse seiner Ingenieure und Topographen ein

« Registre des repères du nivellement de précision de la Suisse »

zusammenstellen und autographieren lassen, in welchem — angesichts des provisorischen Charakters dieser Zusammenstellung — die absolute Höhe von Chasseral unverändert nach Eschmann zu 1609,57 m beibehalten wurde. Unter Benützung des im « Nivellement de précision », pag. 156 für den Höhenunterschied Pierre du Niton—Chasseral mitgeteilten Wertes von 1232,71 m wurde als Meereshöhe von Pierre du Niton

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

abgeleitet. Das ist die allen neueren officiellen schweizerischen Kartenwerken zu Grunde liegende Meereshöhe von Pierre du Niton.

Versuche, einen internationalen Nullpunkt der Höhen einzuführen.

Die Gründe, welche ein so langes Verzögern einer definitiven Lösung der Frage eines internationalen Höhenhorizontes verursacht haben, liegen, abgesehen von der wichtigen Thatsache, dass grosse Staaten wie Deutschland, Frankreich und die Niederlande sich bereits ein einheitliches System geschaffen haben, das sie voraussichtlich nicht preisgeben werden, so

¹⁾ I. E. Verh. 1886, Berlin, pag. 44.

lange ihnen praktisch durch Annahme eines neuen Höhenullpunktes keine Vorteile erwachsen, im wesentlichen in den von uns bereits besprochenen Schwierigkeiten, welche das Studium und die Ableitung der Mittelwasser längs der Küsten mit sich bringen und in den systematischen Fehlern, welche hauptsächlich den älteren Nivellementsresultaten anhaften, in grossen Strecken sich anhäufen und die sichere Vergleichung der Mittelwasser unmöglich machen. Erst in neuerer Zeit sind Nivellements ausgeführt worden, bei denen das grösste Gewicht auf Beseitigung aller systematischen Fehlerquellen gelegt worden ist, wie im Küstennivellement der preussischen Landesaufnahme zwischen Swinemünde und Memel und im neuen französischen Nivellement und die Verbindung derselben mit den fortgesetzten Wasserstandsmessungen längs der Küsten scheint günstige Resultate zu ergeben.

Die Widersprüche, die sich früher in den Resultaten der Stationen der preussischen Ostseeküste ergeben haben, sind so gut wie verschwunden und von den starken Abweichungen, die nach dem früheren Nivellement in den Mittelwasserständen der französischen Häfen bestanden und die 1 Meter überschritten haben, sind heute nur noch Unterschiede von kleinen Beträgen vorhanden, die durch lokale Küstenverhältnisse eine ungezwungene Erklärung finden. Wenn aber diese Anomalien verschwinden und die Ansicht sich Bahn brechen kann, dass die verschiedenen Meere ein gleiches mittleres Niveau haben, sind dann noch zwingende Gründe vorhanden, einen für alle Länder gemeinsamen Ausgangspunkt der Höhen einzuführen? Diese Frage wird 1890 von Lallemand berührt und verneint. Da nach seiner vorläufigen Ausgleichung der Nivellements verschiedener Länder der Höchstbetrag der Mittelwasserdifferenzen — 2 dm — von der gleichen Ordnung ist, wie der Beobachtungsfehler des verbindenden Nivellements, so schliesst er, dass sehr wahrscheinlicher Weise das Meeresniveau überall auf einige Centimeter dasselbe ist und somit den geeignetsten Vergleichshorizont des europäischen Höhennetzes darstellt. « C'est une base, que chaque pays peut retrouver lui-même sur son littoral par des mesures directes, sans recourir aux nivellements des territoires voisins.

*« Les rares pays comme la Suisse et la Serbie, ne confinant à aucune mer, seraient, il est vrai, contraints, d'adopter le zéro d'un nivellement limitrophe; mais la dépendance, subie de la sorte, serait la même avec un zéro unique pour l'Europe ».*¹⁾

¹⁾ Ch. Lallemand, Note sur l'unification des altitudes européennes; I. E. Verh. 1890, Freiburg, pag. 187.

In ganz unabhängiger Weise kommt auch v. Kalmar nach Untersuchungen über den Betrag der sphäroidischen- und anderer Nivellements-korrekturen fast gleichzeitig mit Lallemand zu der Ueberzeugung; dass die Europa umspühlenden Meere ein und derselben Niveaufläche angehören und dass die noch bestehenden Unterschiede in den Mittelwasserständen teils durch Nivellementsfehler hervorgerufen werden, teils aber durch lokale Küstenverhältnisse und Aenderungen der normalen Schwere längs der Nivellementslinien entstehen, also auf die Form des Geoids zurückzuführen sind.¹⁾

Mit dieser Anschauung decken sich auch die Schlussfolgerungen und Anträge, die Direktor Helmert aus der Ausgleichung von Börsch ableitet und 1891 der Konferenz in Florenz unterbreitete. Die letztern lauten folgendermassen:²⁾

„Von der Wahl eines gemeinsamen Nullpunktes der Höhen in Europa wird abgesehen.

Für die wissenschaftlichen Zwecke der Geodäsie werden die Meereshöhen von Nivellements nach den benachbarten Küsten des Atlantischen Oceans, des Mittel- und Adriatischen Meeres und der Ostsee abgeleitet, wobei solche Stellen auszuwählen sind, an denen das Mittelwasser voraussichtlich aus theoretischen Gründen oder erfahrungsgemäss keine Anomalien darbietet.

Es ist andererseits eine fortdauernde Aufgabe des Centralbureaus, die Ergebnisse der einzelnen Länder zu sammeln, zu vergleichen und zu verknüpfen, sowie insbesondere die gegenseitige Lage der Specialnullpunkte festzulegen.“

Gegen eine derartige Lösung der Höhenfrage protestiert Prof. Hirsch. Ihm scheint es vor allem notwendig, dass die absoluten Höhenzahlen sich nicht um einen oder mehrere Meter ändern, sobald man eine Landesgrenze überschreitet, was für praktische und wissenschaftliche hydrometrische Fragen mit Übelständen verbunden sei; er erachtet auch die Diskussion von Helmert als nicht erschöpfend und wünscht deshalb vom Centralbureau zu Handen der nächsten Generalkonferenz (1892) die Bearbeitung der folgenden Programmpunkte:³⁾

1. Die Höhen der Normalfixpunkte, welche gegenwärtig in den verschiedenen Ländern gebräuchlich sind, sollen mit Angabe der

1) v. Kalmar, Bericht über das Präcisionsnivellement in Europa, I. E. Verh. 1890, Freiburg, pag. 102.

2) Helmert, Le zéro des altitudes, I. E. Verh. 1891 Florenz pag. 152.

3) I. E. Verh. 1891 Florenz pag. 94.

Genauigkeit, mit welcher sie sich auf das nächste mittlere Meeresniveau beziehen, zusammengestellt werden. Bei der Fehlerangabe ist zu unterscheiden, ob die Höhe durch direkten Nivellementsanschluss oder aus der Ausgleichung eines Netzes abgeleitet worden ist.

2. Es ist eine vergleichende Liste der mittleren Meereshöhen für alle Küstenpunkte aufzustellen, an denen Mareographen thätig sind und für jedes Instrument ist die Zeitdauer seiner Thätigkeit und die Genauigkeit der Resultate anzugeben. Sind die benachbarten Mareographen durch direktes Nivellement verbunden, so sind die so erhaltenen Niveaudifferenzen beizufügen.
3. Nach den erhaltenen Angaben ist die Frage zu erörtern, welches Meer und welche Küste zeigen nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse das stabilste und gleichmässigste Meeresniveau.

Die Bearbeitung dieser Programmpunkte 1—3, im Auftrage des Direktors des Centralbureaus von Prof. Börsch verfasst, wurde 1892 der allgemeinen Konferenz in Brüssel vorgelegt und lautet im wesentlichen folgendermassen: ¹⁾

Ad 1) In dem früheren Berichte fehlte nur der Nullpunkt für die Schweiz, weil sein Anschluss aus dem mitgeteilten Material nicht abgeleitet werden konnte. Da aber inzwischen der schweizerische «Catalogue des hauteurs» erschienen ist, so konnte Pierre du Niton an Nyon der Linie Basel-La Cluse angeschlossen werden. Die Zusammenstellung für die hauptsächlichsten Normalfixpunkte Europas wird alsdann, entsprechend den Ausgleichungen I. (Gesamtgebiet), II. (nach Ausschluss der französischen Polygone) und III. (nach Ausschluss der oestl. Polygone) die nachfolgende:

¹⁾ A. Börsch, Vergleichung der Mittelwasser und der Nullpunkte für die Höhen, I. E. Verh. 1892 Brüssel, pag. 547/552.

Nullpunkte der Höhen	Höhe über Mittelwasser in Amsterdam			Bemerkungen
	Ausgl. I	Ausgl. II	Ausgl. III	
	m	m	m	
Deutschland: Berlin, Normal Null	+ 0,165	+ 0,105	—	Gegen Mittelwasser Swinemünde, mittlerer Fehler: 1. Nach direktem Nivellement ± 70 mm 2. Nach Ausgleichung ± 35 mm
Swinemünde, Mittelwasser der Ostsee	+ 0,099	+ 0,040	—	
Niederlande: Amsterdam, Nullpunkt des Pegels .	+ 0,162	+ 0,162	+ 0,162	Ausgangsstation der Ausgleichung.
Belgien: Ostende, Mittelwasser der Nordsee .	— 0,224	— 0,146	— 0,146	
Spanien: Alicante, Mittelwasser des Mittelmeeres	+ 0,466	—	+ 0,666	
Frankreich: Marseille, „ „ „	— 0,168	— 0,245	+ 0,069	
Italien: Genua, „ „ „	— 0,155	— 0,292	+ 0,022	
Oesterreich-Ungarn: Triest, Mittelwasser der Adria	— 0,095	— 0,197	—	
Schweiz: Genf, Repère du Niton	+ 373,571	+ 373,538	+ 373,740	

Ad 2 und 3. Die gewünschten Tabellen sind erstellt worden. Die extremen Werte der angegebenen Unsicherheiten der Mittelwasser sind ± 4 mm (Marseille) und ± 18 mm (Pola).

Die Unterschiede der Mittelwasserhöhen erreichen für ein und dasselbe Meer dieselben Beträge wie die Unterschiede der verschiedenen Meere gegen einander; es kann also bei keinem Meere von einer Gleichmässigkeit in seinem Niveau die Rede sein. Auch lassen sich über die Stabilität der gegenseitigen Lage von Küste und Meer im allgemeinen noch keine sicheren Schlüsse ziehen und nur von Amsterdam und der preussischen Ostseeküste kann man behaupten, dass eine ziemliche Konstanz der Mittelwasserhöhen nachgewiesen ist.

Was nun den von Hirsch vorgebrachten Einwand betrifft, dass ohne Festlegung eines gemeinsamen Nullpunktes der Höhen beim Überschreiten der Landesgrenzen man Höhenzahlen vorfindet, die um mehrere Meter auseinander gehen können, so hält das Centralbureau dafür, dass zur Zeit Anschlussdifferenzen von höchstens einigen Decimetern vorkommen können, wenn jedes Land sein besonderes Mittelwasser als Horizont annimmt, vorausgesetzt, dass es in seinen Höhen den orthometrischen Reduktionen Rechnung trägt. Wenn man nun auch durch Zwangsausgleichungen an mehreren Stellen die Übereinstimmung in den Höhen gemeinsamer Punkte über einem allgemeinen Nullpunkte herstellen kann, so treten Differenzen bei allen andern Anschlusspunkten und bei Anschlüssen an andere Länder und im besondern bei jeder neuen nivellitischen Verbindung doch wieder auf und es würde, um das zu umgehen, nur übrig bleiben, das gesamte vorhandene oder in einer Anzahl von Jahren vollendete Höhennetz Europas zusammen auszugleichen und die Ergebnisse dieser Ausgleichung für immer, auch für alle späteren Neumessungen und Einschaltungen festzuhalten. Ein solches Verfahren ist aber mit dem Fortschreiten der Wissenschaft nicht vereinbar.

In Anbetracht dieser Verhältnisse ist denn auch Direktor Helmert nicht in der Lage, seine 1891 gestellten Vorschläge (pag. 51) abzuändern; im Gegenteil ist er in seiner Meinung nur bestärkt worden, *dass wegen der noch zu geringen Genauigkeit der Nivellements zur Zeit sich weder ein allgemeines Europäisches Mittelwasser bilden lasse, das nicht lediglich eine Rechnungsgrösse ohne reelle Grundlage sei, noch ein Nullpunkt fixiert werden könne, der sich nicht bloss von der allernächsten Umgebung aus mit hinreichender Genauigkeit erreichen lasse.*

In der allgemeinen Diskussion, welche dem ablehnenden Votum des Direktors des Centralbureaus folgt, hebt General Ferrero hervor, dass Helmert nur die mathematische Seite des vorliegenden Problems, d. h. die Genauigkeit, welche die gegenwärtigen Nivellements zu erreichen erlauben, hat behandeln lassen, dass aber keine Antwort auf die folgenden zwei Fragen gegeben worden ist:

1. Welches sind die Bedingungen, denen ein als Ausgangspunkt für die Höhen dienender Punkt genügen muss?
2. Gibt es in Europa ein oder mehrere Punkte, die diesen Bedingungen genügen können?

Dann findet Ferrero es nicht passend, dass die Konferenz ohne weiteres ablehnt, einem Verlangen Folge zu geben, welches von verschiedenen Staaten der internationalen Erdmessung ausgesprochen worden ist und schlägt deshalb vor, das ganze Problem und insbesondere die obigen Fragen 1 und 2 durch eine Specialkommission nochmals durchberaten zu lassen.

Professor Hirsch findet es bedauernswert, wenn ein wissenschaftliches Institut erklärt, seine Anschauungsweise die es zwanzig Jahre lang aufrecht erhalten hat, verlassen zu müssen, ohne durch unwiderlegliche Gründe oder neue Thatsachen dazu gezwungen zu sein. Er hebt im weiteren hervor, dass von der Zeit an, da er vor 26 Jahren der Gradmessung vorgeschlagen habe, die Ausführung von Präcisionsnivellements und die Bestimmung des mittleren Niveaus der Meere in das Arbeitsprogramm aufzunehmen, die Erdmessung zu wiederholten Malen und zuletzt im Jahre 1883 erklärt habe, dass es dringlich sei, die hypsometrischen Studien fortzusetzen und dahin zu gelangen, sie sämtlich auf ein und dasselbe Fundamentalniveau zu beziehen. Dann ist er der Meinung, dass die Wahl eines internationalen Nullpunktes der Höhen keineswegs einen obligatorischen Charakter für die Staaten haben würde, die aus Gründen, welche mit der Wissenschaft nichts gemein haben, darauf beharren sollten, ihr „Normal-Null“ etc. beizubehalten, da die internationale Erdmessung keine Befugnisse habe, die kontrahierenden Staaten zur Annahme irgend welcher Beschlüsse zu verhalten. Zum Schlusse erklärt sich Prof. Hirsch bereit, als Horizont der Höhen das mittlere Niveau aller Meere, welche die Küsten Europas bespühlen, einzuführen, da nur auf diese Weise die Eifersüchteleien der verschiedenen Staaten vermieden werden können. Dann sei es aber notwendig:

„Zuerst das mittlere Niveau der Häfen jeder Küste, wo Mareographen oder Limmimeter vorhanden sind, zu ermitteln, hierauf für einen centralen und passend gewählten Punkt in der Mitte des Kontinentes, wenn möglich in einem neutralen Lande, die Höhe auf die mittleren Niveaus aller dieser Meere aufzusuchen und endlich das hypsometrische Fundamentalniveau durch die Höhe dieses Centralpunktes, vermindert um das Mittel der Niveaudifferenzen, welche man zwischen diesem Punkte und den verschiedenen Meeren gefunden haben wird, zu definieren.“¹⁾

Direktor Helmert hebt den Herren Ferrero und Hirsch gegenüber hervor, dass die Vorlage des Centralbureaus über die Mittelwasser nicht nur die Genauigkeit der Nivellements behandelt, sondern auch eine Vergleichung aller Mittelwasser giebt, die überhaupt herbeigezogen werden konnten, somit könne man nur insoweit von Unvollständigkeit derselben sprechen, als darin die zur Anlage von Nullpunkten geeigneten Lokalitäten nicht erörtert sind; aber der Kernpunkt sei doch ohne Frage die Unzulänglichkeit der Nivellements. *Es würde doch auch für den internationalen geodätischen Verband nicht sehr angenehm sein, wenn ein von ihm empfohlener Nullpunkt unter dem Drucke der thatsächlichen Verhältnisse wieder aufgegeben werde und diese letzteren seien so zwingend, dass zur Zeit sich für die Wahl des allgemeinen Nullpunktes nur ein einziger Staat interessiere.*

Im Uebrigen hat Helmert gegen eine Ueberweisung der Nullpunktsfrage an eine Kommission nichts einzuwenden, denn denkbar sei es wohl, dass man mit fortschreitender Entwicklung des Nivellementsnetzes für einzelne Gebiete der Erdoberfläche, wie z. B. für das vom Centralbureau behandelte, zur Annahme gemeinsamer Nullpunkte gelangen werde.

Die Konferenz ernennt demgemäss eine Kommission von fünf Mitgliedern, bestehend aus den Herren van Diesen, Hirsch, v. Kalmar, Lallemand und v. Schmidt und überweist derselben die Untersuchung des Problems eines Fundamentalnullpunktes der Höhen und insbesondere die Beantwortung der pag. 60 mitgetheilten zwei Fragen Ferreros.

Die Specialkommission der Höhen versammelte sich am 14. September 1893 in Genf, um über die Fragen 1) und 2) des Generals Ferrero zu beraten.²⁾ Was Punkt 1) — die Bedingungen, denen der inter-

1) Hirsch, I. E. Verh. 1892, Brüssel, pag. 116.

2) I. E. Verh. 1893, Genf, pag. 132/134.

nationale Höhennullpunkt genügen muss — betrifft, so stellt v. Kalmar folgende Erfordernisse auf:

- a. Absolute Unveränderlichkeit in Raum und Zeit;
- b. Möglichst centrale Lage für Europa;
- c. Der Punkt muss mittelst Präzisionsnivellement an die Nullpunkte der verschiedenen Länder angeschlossen werden können.

Nun zeigt die Erfahrung, dass die Küsten der meisten Meere mit der Zeit Veränderungen unterworfen sind, deren Ursachen und Beträge man noch nicht genügend kennt. Es bestehen somit Gründe, welche gegen die Wahl des internationalen Nullpunktes an einer Küste sprechen. Andererseits ist es notwendig, dass man aus der Verbindung des Präzisionsnivellements mit den Angaben der Mareographen auf die möglichen säkulären Hebungen oder Senkungen des Bodens im Innern der Kontinente schliessen kann, was durch die Wiederholung von Nivellements zwischen geologisch wichtigen Punkten in Intervallen von etwa 10 Jahren wird geschehen können. Aber um säkuläre Veränderungen auf diese Weise erkennen zu können, darf der Höhennullpunkt an denselben nicht teilnehmen, so dass, von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, es nicht angeht, den internationalen Nullpunkt in das Innere der Kontinente zu verlegen. von Kalmar schliesst daraus, dass zur Zeit die Frage des internationalen Höhennullpunktes noch nicht spruchreif ist. Und wenn man auch durch Ausgleichung eines an die verschiedenen Meere Europas reichenden Nivellementsnetzes deren wahrscheinliche mittlere Niveaufläche ableitet und dieselbe als internationalen Höhenhorizont annimmt, so beruht die gewünschte Uebereinstimmung an den Grenzen doch nur für diejenigen Nivellementslinien, welche in der Ausgleichung benützt worden sind und nur für so lange, als in den interessierten Ländern an diesem System keine Veränderungen vorgenommen werden. Dem entsprechend kommt v. Kalmar zu folgenden Anträgen:

1. Die Höhennetze der europäischen Staaten sind an eine und dieselbe Vergleichsfläche anzuschliessen, nämlich an das Mittelwasser sämtlicher Meere, welche Europa umspühlen.
2. Die wissenschaftliche Bestimmung dieser Vergleichsfläche und deren Beziehungen zu den Höhennullpunkten der verschiedenen Staaten ist erst möglich, wenn die Nivellements, welche die Mareographen verbinden, sowie die Mittelwasserhöhen eine ausreichende Genauigkeit haben werden.

van Diesen ist der Ansicht, dass der internationale Nullpunkt der Höhen nicht unbedingt mit dem Mittelwasser eines Meeres zusammen-

fallen muss und hält dafür, dass statt einer einzigen Ausgangsmarke ein System gut bestimmter Fixpunkte, die leicht angeschlossen werden können und welche — wie in Holland — auf einem Terrain angebracht sind, das Hebungen und Senkungen nicht unterworfen ist, vorzuziehen wäre. Dem gegenüber bemerkt von Schmidt, dass ein solches System doch notwendiger Weise ausgeglichen werden müsste, wobei natürlich einer dieser Fixpunkte wieder als Ausgangspunkt anzunehmen ist. Dieser eine wäre dann der eigentliche Nullpunkt. Lallemand wiederholt zum Schlusse, was er bereits 1890 und 1891 vorgeschlagen hat (pag. 55), dass nämlich die verschiedenen Staaten am besten thun wenn sie ihr Höhennetz an das Mittelwasser eines Meeres anschliessen, an welches ihr Land angrenzt oder das ihm am nächsten liegt. Auf diese Weise würde die gesuchte internationale Vereinheitlichung der Höhen sich am natürlichsten vollziehen und von keiner willkürlichen Ausgleichung abhängen. Er ist überzeugt, dass die Uebertragung eines Nullpunktes in die verschiedenen vom Meer umspülten Länder mit ebensoviel, wenn nicht mit grösserer Genauigkeit durch das Meer selbst vollzogen wird, als dies durch die bestehenden Nivellements vermittelt werden kann¹⁾ und diese Ansicht scheint nun auch Helmert zu der seinigen gemacht zu haben, schliesst er doch eine Besprechung des letzten Berichtes von Bouquet de la Grye vom Jahre 1900 über die Mareographen mit den Worten:²⁾

„Der Bericht enthält die wichtige Erfahrung, dass die Höhen-
„unterschiede der Meere und ihrer einzelnen Teile an den Küsten
„nur wenige Decimeter und zwar infolge des Einflusses der herr-
„schenden Winde betragen. *Auf grosse Entfernungen nivelliert das*
„*Meer besser wie, zur Zeit wenigstens, das beste Instrument in den*
„*Händen des geschicktesten Ingenieurs.*“

1) I. E. Verh. 1891, Florenz, pag. 95.

2) Helmert, Die 13. allgem. Konferenz der intern. Erdmessung in Paris, 1900. — Zeitschr. f. Vm. 1901, pag. 191.

Vergleichung des schweizerischen Präzisionsnivelements mit denjenigen der Nachbarstaaten.

Die Specialkommission der Höhen hat sich mit der einen Sitzung vom 13. IX. 1893 begnügt und weder in den Generalkonferenzen noch in den Sitzungen der permanenten Kommission der Erdmessung ist bis 1900 die Höhenfrage weiter berührt worden, so dass wir zu der Annahme berechtigt sind, dass die Regulierung der absoluten Höhen durch Einführung eines für alle Länder Europas gemeinsamen Nullpunktes im Schosse der internationalen Erdmessungskommission nicht weiter behandelt werden wird. Für die Schweiz bestehen somit keine Gründe mehr, mit der Bereinigung der Nullpunktsfrage ihrer Höhen länger zu warten und das um so weniger, da neue kartographische Arbeiten eine Beseitigung der grossen Höhendifferenzen mit allen Nachbarländern fordern und die Einführung von absoluten, auf das Meeresniveau bezogenen Höhen dringend wünschbar machen.

Sehen wir also zu, wie sich die Vergleichung unseres Präzisionsnivelements mit denjenigen der Nachbarländer gestaltet und wie wir am rationellsten eine Verbindung mit dem mittleren Meereshorizont herstellen.

In der Ausgleichung des schweizerischen Präzisionsnivelements hat Prof. Hirsch die sphäroidische Reduktion nicht einführen lassen, während diese Korrektion im französischen, italienischen, österreichischen und bayerischen Netze vor der Ausgleichung berücksichtigt worden ist. Wir sind deshalb genötigt, diesem Elemente ebenfalls Rechnung zu tragen. Um nun nicht die gesamten Ausgleichungsrechnungen wiederholen zu müssen, bevor die noch im Gange befindlichen Kontroll- und Neunivellements abgeschlossen sein werden, hat man sich begnügt, die Rechnung vorläufig so durchzuführen, dass man die orthometrische Korrektion streng für das Umfangspolygon Morges-Neuchâtel-Biel-Delémont-Basel-Schaffhausen-Konstanz-Landquart-Reichenau-Oberalp-Hospenthal-Brig-Morges bestimmt und dann das Polygon wieder ausgeglichen hat. Von den Knotenpunkten dieses Polygons aus sind dann die Anschlüsse an die Nachbarstaaten unter weiterer Berücksichtigung der orthometrischen Korrektion gebildet worden.

In der folgenden Tabelle enthält Kolonne 5. die orthometrische Korrektion ab Pierre du Niton für die in der letzten Kolonne rechts bezeichneten Höhenmarken; sie sind mit ihrem Vorzeichen an die Quoten des „Catalogue des hauteurs“ anzubringen, um schweizerische orthometrische Quoten über Pierre du Niton zu erhalten.

Behandeln wir nun zunächst den

Anschluss mit Frankreich.

Die französischen Anschlusshöhen verdanken wir brieflichen Mitteilungen des Direktor Lallemand an das eidgen. topographische Bureau. Die Feldarbeiten für das Netz 1. Ordnung waren 1892 vollendet. Schon 1896 war das Hauptnetz ausgeglichen und die daraus resultierenden, auf den Nullpunkt des „Nivellement général“ bezogenen Quoten werden von Lallemand bezeichnet als „Altitudes officielles“. Nach Abschluss des Netzes 2. Ordnung im Jahre 1898 hat Lallemand eine weitere allgemeine Ausgleichung durchgeführt, in welcher er sämtliche 162 Polygone behandelt, die durch die Verbindung des Netzes erster Ordnung mit demjenigen zweiter Ordnung gebildet werden können. Aus dieser Bearbeitung sind die sogenannten „Altitudes rationelles“ entstanden, welche für den Anschluss des französischen Höhennetzes an die Höhennetze der Nachbarländer als die definitiven, auf „zéro normal du nivellement général“ bezogenen Quoten zu betrachten sind.¹⁾ Wir haben bereits pag. 17 bemerkt, dass mit Abschluss vom 1. Januar 1900 die Höhe des Mittelwassers in Marseille 11 mm über „zero normal“ liegt. Die Mirenänderungen während der Operationen im Felde sind strengere berücksichtigt, indem im neuen Nivellement général ausschliesslich die Kompensationsmire nach System Goulier und zwar immer paarweise in Anwendung gekommen ist.

Der Anschluss hat, vom nördlichsten Grenzpunkte ab gezählt, in folgenden 7 Stationen und zwar schweizerischerseits zu den angegebenen Zeiten stattgefunden:

1. In Boncourt und Delle	1896—1897;	Ausgangspunkt	N. F. 44 Delémont
2. „ Locle u. Col des Roches	1892;	„	N. F. 2 Neuchâtel
3. „ Les Verrières	1900;	„	N. F. 2 Neuchâtel
4. „ La Cure	1881 u. 1883;	„	N. F. 12 Nyon
5. „ Moillesulaz bei Genf	1898;	„	N. F. Pierre du Niton
6. „ St. Gingolph	1897;	„	⊙ 21 Roche
7. „ Châtelard	1900;	„	N. F. 78 Martigny

¹⁾ Lallemand, Rapport sur les travaux du service du nivellement général de la France en 1899—1900, I. E. Verh. 1900, Paris, I. Teil, pag. 186.

Nivellementsstrecke				Orthom. Korr.	Summe ab Morges	Ausgegl. orthom. Korr.		Dist. km	Di- stanz ab Morges km	Fixpunkte				
						ab Morges	ab Pierre du Niton							
				mm	mm	mm	mm							
Genève, Pierre du Niton bis Nyon	N. F.	12		— 6,0	—	—	— 6,0	23,3	—	N. F.	12	Nyon		
Nyon	N. F.	12	» La Cure	N. F.	13	— 5,6	—	—	—11,6	22,5	—	N. F.	13	La Cure
Nyon	N. F.	12	bis Morges	N. F.	15	— 4,7	—	—	—10,7	26,6	—	N. F.	15	Morges
Morges	N. F.	15	» Neuchâtel	N. F.	2	—20,9	—20,9	—24,7	—35,4	76,5	76,5	N. F.	2	Neuchâtel
Neuchâtel	N. F.	2	» Les Verrières	Rep.	86	+ 6,5	—14,4	—18,2	—28,9	42,7	—	Rep.	86	Les Verrières
Neuchâtel	N. F.	2	» Le Locle	N. F.	8	— 5,3	—26,2	—30,0	—40,7	42,5	—	N. F.	8	Le Locle
Le Locle	N. F.	8	» Col de France	Rep. See	9	+ 0,4	—25,8	—29,6	—40,3	0,5	—	Rep. See	9	Col de France
Neuchâtel	N. F.	2	bis Biel	⊙ 11		— 5,7	—26,6	—32,0	—42,7	30,9	107,4	⊙ 11	Biel	
Biel	⊙ 11		» Delémont	N. F.	44	—12,1	—38,7	—46,5	—57,2	48,5	155,9	N. F.	44	Delémont
Delémont	N. F.	44	» Boncourt	N. F.	338	— 6,2	—44,9	—52,7	—63,4	41,5	—	N. F.	338	Boncourt
Delémont	N. F.	44	bis Laufen	N. F.	45	— 1,9	—40,6	—49,3	—60,0	17,3	173,2	N. F.	45	Laufen
Laufen	N. F.	45	» Basel	N. F.	46	— 3,5	—44,1	—54,0	—64,7	23,2	196,4	N. F.	46	Basel, Centralbahnhof
Basel	N. F.	46	» Basel	N. F.	40	— 0,4	—	—	—65,1	3,2	—	N. F.	40	» Badischer Bahnhof
Basel	N. F.	46	» St. Ludwig	N. F.	41	— 0,6	—	—	—65,7	5,7	—	N. F.	41	St. Ludwig
Basel	N. F.	46	bis Rheinfelden	N. F.	38	— 0,2	—44,3	—54,5	—65,2	6,1	202,5	N. F.	38	Rheinfelden
Rheinfelden	N. F.	38	» Stein	N. F.	37	+ 0,4	—43,9	—54,7	—65,4	12,6	215,1	N. F.	37	Stein
Stein	N. F.	37	» Laufenburg	N. F.	178	— 0,5	—44,4	—55,7	—66,4	9,5	224,6	N. F.	178	Laufenburg
Laufenburg	N. F.	178	» Koblenz	N. F.	177	— 1,4	—45,8	—58,2	—68,9	17,3	241,9	N. F.	177	Koblenz
Koblenz	N. F.	177	» Schaffhausen	N. F.	173	— 3,5	—49,3	—63,9	—74,6	49,0	290,9	N. F.	173	Schaffhausen

Schaffhausen	N. F. 173	bis	Konstanz	N. F. 134	+ 1,5	-47,8	-64,8	-75,5	46,3	337,2	N. F. 134	Konstanz
Konstanz	N. F. 134	»	Rorschach	N. F. 139	+ 6,8	-41,0	-59,8	-70,5	37,0	374,2	N. F. 139	Rorschach
Rorschach	N. F. 139	»	Rheinegg	N. F. 140	+ 0,3	-40,7	-59,9	-70,6	8,0	382,2	N. F. 140	Rheinegg
Rheinegg	N. F. 140	»	Fussach	N. F. 141	- 0,7	—	—	-71,3	10,0	—	N. F. 141	Fussach
Fussach	N. F. 141	»	Bregenz	Rep. B	- 0,5	—	—	-71,8	10,3	—	Rep. B	Bregenz
Bregenz	Rep. B	»	Lindau	Rep. 565	- 1,5	—	—	-73,3	10,7	—	Rep. 565	Lindau
Fussach	N. F. 141	»	Höchst	Rep. 1191	+ 1,1	—	—	-70,2	4,8	—	Rep. 1191	Höchst
Rheinegg	N. F. 140	bis	Au	N. F. 142	+ 1,4	-39,3	-58,9	-69,6	8,0	390,2	N. F. 142	Au
Au	N. F. 142	»	Sargans	N. F. 147	+15,7	-23,6	-46,0	-56,7	54,6	444,8	N. F. 147	Sargans
Sargans	N. F. 147	»	Landquart	N. F. 208	+ 4,0	-19,6	-42,7	-53,4	14,8	459,6	N. F. 208	Landquart
Landquart	N. F. 208	»	Martinsbruck	[N. F. 240]	+12,2	- 7,4	-30,5	-41,2	108,8	—	[N. F. 240]	Martinsbruck
Landquart	N. F. 208	bis	Reichenau	N. F. 200	+ 7,5	-12,1	-36,5	-47,2	24,9	484,6	N. F. 200	Reichenau
Reichenau	N. F. 200	»	Chiavenna	Rep. 20	+50,6	+38,5	+ 14,1	+ 3,4	78,9	—	Rep. 20	Chiavenna
Reichenau	N. F. 200	bis	Hospenthal	N. F. 54	+21,8	+ 9,7	-19,1	-29,8	87,1	571,7	N. F. 54	Hospenthal
Hospenthal	N. F. 54	»	Chiasso	N. F. 196	+39,9	+49,6	+20,5	+ 9,8	119,0	—	N. F. 196	Chiasso
Hospenthal	N. F. 54	bis	Brig	N. F. 84	+36,9	+46,6	+14,2	+ 3,5	72,3	644,0	N. F. 84	Brig
Brig	N. F. 84	»	Domod'ossola	N. F. 90	+20,8	+67,4	+35,0	+24,3	63,3	—	N. F. 90	Domod'ossola
Brig	N. F. 84	bis	Martigny	N. F. 78	+10,0	+56,6	+20,1	+ 9,4	81,8	725,8	N. F. 78	Martigny
Martigny	N. F. 78	»	Châtelard	Rep. 56	+ 4,1	+60,7	+24,2	+13,5	20,1	—	Rep. 56	Châtelard
Martigny	N. F. 78	bis	Villeneuve	N. F. 74	-11,9	+44,7	+ 5,2	- 5,5	59,3	785,1	N. F. 74	Villeneuve
Villeneuve	N. F. 74	»	St. Gingolph	Rep. 98	+ 0,2	+44,9	+ 5,4	- 5,3	15,7	—	Rep. 98	St. Gingolph
Villeneuve	N. F. 74	bis	Morges	N. F. 15	- 3,9	+40,8	0,0	-10,7	26,4	811,5	N. F. 15	Morges

Ein Anschluss in Locle und Morteau ist schon im September 1865, also ganz zum Beginn der Feldarbeiten im schweiz. Präzisionsnivellement von Ingr. Benz ausgeführt worden; 1892 wurde die Strecke Chaux-defonds bis Locle mittelst eines Doppelnivellements von Ingr. O. Straub kontrolliert, indessen war erst in neuester Zeit die definitive Fertigstellung dieses Anschlusses möglich. In den Jahren 1899/1901 ist nämlich vom eidgen. topographischen Bureau ein Nivellement der jurassischen Polygone mit Anschluss derselben an N. F. 2 in Neuchâtel angeordnet worden. Die so erhaltenen Resultate sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

	Fixpunkte	Höhendifferenzen		
		vor Ausgleichung	nach Ausgleichung	nach C. d. h.
		Neunivellement 1899/1901		
		m	m	m
Neuchâtel, Bieme, Souchoz, St. Imier, Hauts-Genèveys, Neuchâtel	N. F. 2 — N. F. 21 . . .	— 41,134	— 41,139	— 41,094
	N. F. 21 — N. F. 22 . . .	+213,301	+213,298	+213,345
	N. F. 22 — N. F. 6 . . .	+158,375	+158,373	+158,476
	N. F. 6 — ⊙ 55 . . .	+176,571	+176,565	+176,503
	⊙ 55 — N. F. 2 . . .	— 507,095	— 507,097	— 507,230
	Schlussfehler	+ 0,018	0,000	0,000
St. Imier, Chaux-de-Fonds, Hauts-Genèveys, St. Imier	N. F. 6 — N. F. 7 . . .	+177,767	+177,768	+177,670
	N. F. 7 — ⊙ 55 . . .	— 1,204	— 1,203	— 1,167
	⊙ 55 — N. F. 6 . . .	— 176,571	— 176,565	— 176,503
	Schlussfehler	— 0,008	0,000	0,000

Mit dem Ausgangspunkt N. F. 2 Neuchâtel ergeben sich nun die neuen Quoten, denen wir in der folgenden Zusammenstellung der Vergleichung wegen die Quoten des „Catalogue des hauteurs“ gegenüberstellen:

Fixpunkte	Höhe über Pierre du Niton	
	Neunivellment	Catalogue des hauteurs
	m	m
Neuchâtel N. F. 2	+ 106,959	+ 106,959
Bienne N. F. 21	+ 65,820	+ 65,865
Sonceboz N. F. 22	+ 279,118	+ 279,210
St-Imier N. F. 6	+ 437,491	+ 437,686
Chaux-de-fonds N. F. 7 . . .	+ 615,259	+ 615,356
Hauts-Geneveys \odot 55 . . .	+ 614,056	+ 614,189
Le Locle N. F. 8	+ 548,819	+ 548,928
Col de France Rep. Sce 9 . .	+ 528,161	

Nach brieflicher Mitteilung des Herrn Lallemand an das eidgen. topographische Bureau schliesst das Polygon Moillesulaz-Morges-St. Gingolph-Châtelard-Moillesulaz unter Berücksichtigung der französischen „Altitudes rationelles“ und der schweizerischen orthometrischen Quoten auf -94 mm, von denen -30 mm auf das Polygon Moillesulaz-Morges-St. Gingolph-Moillesulaz mit einem Umfang von 150 km entfallen, während -64 mm als Schlussfehler des Polygons St. Gingolph-Moillesulaz-Châtelard-St. Gingolph auftreten, dessen Umfang circa 210 km beträgt. Der zulässige Fehler für dieses letztere Polygon ist $3 \sqrt{210} = 44$ mm.

Die folgende Zusammenstellung enthält die Resultate des französisch-schweizerischen Anschlusses:

Französisch-schweizerischer Anschluss.

Station	Bezeichnung der Fixpunkte	Frankreich			Schweiz		Höhe von Pierre du Niton üb. Mittelwasser in Marseille		
		Altitudes		Hauteur au-dessus du niveau moyen de la Méditerranée Marseille	Höhe über Pierre du Niton		Einzel- resultat	Stations- mittel	Ge- wicht
		officielles	rationelles		ohne orthom. Korrektion	mit orthom. Korrektion			
Boncourt — Delle . . .	N. F. 338	m 370,840	m 370,870	m 370,859	m — 2,696	m — 2,760	m 373,619	m 373,623	1
	Rep. P. L. M.	368,398	368,428	368,417	— 5,145	— 5,209	373,626		
	Rep. N. G.	368,192	368,222	368,211	— 5,350	— 5,414	373,625		
Loche — Col-de-France .	N. F. 8	922,401	922,435	922,424	+ 548,819	+ 548,778	373,646	373,648	1
	Rep. See 9	901,748	901,782	901,771	+ 528,161	+ 528,121	373,650		
Les Verrières	Rep. 86	925,598	925,626	925,615	+ 552,017	+ 551,988	373,627	373,627	1
	Rep. 86 I	926,288	926,316	926,305	+ 552,706	+ 552,677	373,628		
	Rep. 85	924,545	924,573	924,562	+ 550,964	+ 550,935	373,627		
	Rep. 84	919,122	919,150	919,139	+ 545,542	+ 545,513	373,626		

La Cure	N. F. 13	1160,501	1160,527	1160,516	+ 786,927	+ 786,915	373,601	373,604	1
	Rep.	1148,695	1148,721	1148,710	+ 775,115	+ 775,103	373,607		
Moillesulaz	Rep. J. S Φ	415,463	415,476	415,465	+ 41,843	+ 41,843	373,622	373,622	2
	Rep. J. S. Φ -I.	415,147	415,160	415,149	+ 41,527	+ 41,527	373,622		
St. Gingolph	Rep. 98	386,168	386,181	386,170	+ 12,527	+ 12,522	373,648	373,648	1
	Rep. 99	393,553	393,566	393,555	+ 19,913	+ 19,908	373,647		
	Rep. 100	392,379	392,392	392,381	+ 18,737	+ 18,732	373,649		
Châtelard	Rep. 56	1125,227	1125,235	1125,224	+ 751,499	+ 751,512	373,712	373,713	1/2
	Rep. 55 I.	1125,887	1125,895	1125,884	+ 752,159	+ 752,172	373,712		
	Rep. 55	1132,051	1132,059	1132,048	+ 758,321	+ 758,334	373,714		
Mittelwert nach Gewichten							373,633		
Einfaches Mittel							373,641		
Einfaches Mittel unter Ausschluss der Station Châtelard							373,629		
Grösste Differenz aus den Stationsmitteln							0,109		

Das einfache Mittel aus den 7 Stationen ist 373,641 m und, unter Weglassen der Station Châtelard, welche, wie wir pag. 69 gesehen haben, einen ungenügenden Polygonabschluss aufweist, 373,629 m. Erteilen wir dem Resultat aus dieser Station das Gewicht $\frac{1}{2}$; demjenigen aus Moillesulaz, welche Station nur um 6 km von Pierre du Niton abliegt und gegenüber letzterem nur einen geringen Höhenunterschied aufweist, das Gewicht 2 und den übrigen Werten je das Gewicht 1, so erhalten wir als wahrscheinlichstes Resultat:

Höhe von Pierre du Niton über Mittelwasser von Marseille
373,633 m.

Anschluss mit Italien.

Gemeinsame Höhenmarken haben die Schweiz und Italien in Domo d'Ossola, Chiasso und Chiavenna,¹⁾ indem eine Zweiglinie des schweizerischen Präcisionsnivellements von Brig aus über den Simplon geht, eine andere von Hospenthal aus über den Gotthard ins Tessin führt und eine dritte endlich eine Verbindung von Chur über den Splügen mit Chiavenna herstellt, wo auch die Zweiglinie aus dem Engadin einmündet. Wir sehen also, dass in diesen Anschlusslinien bedeutende Höhenunterschiede überwunden werden mussten, und da weder von den schweizerischen Ingenieuren noch italienischerseits bis 1892 Lattenvergleichungen im Felde angestellt worden sind, so müssen wir gewärtig sein, dass systematische Nivellementsfehler die Anschlussresultate stören. Die unten angegebenen italienischen Quoten sind einer brieflichen Mitteilung des „Istituto geografico militare“ in Florenz an das eidgen. topographische Bureau vom März 1901 entnommen; sie sind unter Berücksichtigung der orthometrischen Korrektion aus der Gesamtausgleichung des Netzes abgeleitet worden und beziehen sich auf den mittlern Stand der Meere, welche Italien umspülen.

¹⁾ Nachträglich ist italienischerseits auch N. F. 116 in Canobbio abgeschlossen worden.

Italienisch-schweizerischer Anschluss.

Station	Italien	Schweiz		Höhe von Pierre du Niton über dem Mittelwasser der italien. Meere
	Höhe über dem Mittelwasser der italien. Meere	Höhe über Pierre du Niton		
		Catalogue des hauteurs	Orthom. Quote	
Domo d'Ossola N. F. 90	m 277,037	m — 96,789	m — 96,765	m 373,802
Chiasso N. F. 196	233,369	— 140,443	— 140,433	373,802
Chiavenna Rep. 20	321,046	— 52,633	— 52,630	373,676
Mittel				373,760

In den Jahren 1899 und 1900 hat das eidgen. topographische Bureau die Linie Brig-Simplon-Iselle zum grössten Teil mit zwei Latten neu nivellieren lassen, wobei häufige Lattenvergleichen auf der Strecke ausgeführt worden sind. Hiebei ergab sich in Iselle für Rep. 61 eine Korrektion von 114 mm, um welchen Betrag Rep. 61 höher zu liegen kommt als im Catalogue des hauteurs angegeben ist. Berücksichtigen wir diese Korrektion in der Verteilung der Fehler im Polygon Brigue-Glacier du Rhône-Hospenthal-Bellinzona-Brigue, so erhalten wir die nachstehende Vergleichung.

Station	Italien	Schweiz	Höhe von Pierre du Niton über Meer
	Höhe ü. Meer	Höhe ü. Pierre du Niton Orthom. Quote	
Domo d'Ossola N. F. 90	m 277,037	m — 96,769	m 373,806
Chiasso N. F. 196	233,369	— 140,376	373,745
Chiavenna Rep. 20	321,046	— 52,631	373,677
Mittel			373,743

Die Ergebnisse des Kontrollnivellements haben noch keinen definitiven Charakter und da wir voraussichtlich durch Nivellements über den St. Gotthard und die Furka- und Splügenstrasse ähnlich abweichende Resultate für die drei Anschlusspunkte erhalten würden, die nicht durch ein geschlossenes Polygon kontrolliert sind, so ziehen wir vor, als Ergebnis des italienisch-schweizerischen Anschlusses das in der ersten Tabelle der vorigen Seite abgeleitete beizubehalten.

Anschluss mit Oesterreich.

Was nun diesen Anschluss betrifft, so ist zunächst auf den ungünstigen Umstand aufmerksam zu machen, dass die beiderseitigen Operationen zeitlich so weit von einander abliegen, dass die Vergleichsresultate für mehrere gemeinsame im untern St. Gallischen Rheintale befindliche Höhenmarken durch nachweisbare Bodenbewegungen gestört worden sind. Die österreichischen Feldarbeiten für den Nivellementsanschluss mit der Schweiz fallen in die Jahre 1883 und 1884, während die schweizerische geodätische Kommission ihr Nivellement schon im Jahre 1871 hat durchführen lassen.

Die Resultate des österreichischen Präcisionsnivellements liegen gedruckt vor,¹⁾ es wird aber die Ausgleichung des Netzes als eine provisorische bezeichnet, indem die definitive Bearbeitung der Nivellements für Erdmessungszwecke einem späteren Zeitpunkt vorbehalten bleiben soll. Die orthometrische Korrektion ist angebracht. Die Quoten sind als absolute Höhen über dem Mittelwasser des adriatischen Meeres in Triest gegeben. Untersuchungen über das Verhalten der Latten im Laufe der Feldarbeiten sind im österreichischen Präcisionsnivellement vor 1889 nicht ausgeführt worden.

In den Jahren 1894/95 hat das eidgen. topographische Bureau bei Anlass des Neunivellements der Strecke Sargans-Rheinegg ein Doppelnivellement über Hard-Fussach-Bregenz bis Lindau ausführen lassen und da im Jahre 1869 bayerischerseits ein Präcisionsnivellement von Lindau aus dem Bodensee entlang bis nach Rorschach erstellt worden ist, so haben wir von Lindau bis Fussach drei Nivellementszüge, die in fast gleichen Zeitintervallen von einander abstehen, so dass wir durch eine vergleichende Zusammenstellung der in den gemeinsamen Höhenmarken erlangten Resultate ein Bild der hier obwaltenden Bodenbewegungen gewinnen können. Nehmen wir den Rep. 565 am

¹⁾ Die astronomisch-geodätischen Arbeiten des militär-geographischen Institutes in Wien, 8. Band: Das Präcisionsnivellement in der österreichisch-ungarischen Monarchie, II. Westlicher Teil. Wien 1896.

Bahnhof Lindau als Ausgangspunkt an, so ergibt sich folgende Vergleichung, wenn wir auch im schweizerischen Nivellement die orthometrische Reduktion berücksichtigen:

Höhenmarke	Distanz ab Rep. 565 Lindau	1869	Verände-	1884	Verände-	1894 / 95	Totale Senkung 1869 / 1895
		Bayern Höhe über Rep. 565	rung 1869 bis 1884	Oester- reich Höhe über Rep. 565	rung 1884 bis 1894/95	Schweiz Höhe über Rep. 565	
	km	m	mm	m	mm	m	mm
Lindau, Bahnhof Rep. 565	0	0	0	0	0	0	0
„ Hafen Rep. 566	0,50	— 2,263	— 10	— 2,273	— 5	— 2,278	— 15
Bregenz, Bahnwärterhaus Rep. B. 15	14,07	+13,053	— 25	+13,028	— 16	+13,012	— 41
Hard, Brücke u. Birkengraben Rep. 584	18,50	— 0,927	— 18	— 0,945	— 28	— 0,973	— 46
Fussach, Hafendamm Rep. 585	20,26	— 2,346	— 19	— 2,365	— 38	— 2,403	— 57
„ „ Rep. 586	20,26	— 3,160	— 16	— 3,176	— 32	— 3,208	— 48

Die Zusammenstellung zeigt uns, daß für sämtliche Punkte derselben der Senkungsbetrag in der Zeit von 1869 bis 1895 zu bedeutend ist, um eine sichere Vergleichung zwischen dem schweizerischen und österreichischen Nivellement ableiten zu können. Für die Punkte in Fussach haben wir eine weitere Vergleichung in den schweizerischen Nivellements von 1871 und 1894, die folgende Resultate ergeben, wenn wir auch die 1893 neu bestimmte Quote von Ⓞ 58 Rheinegg zum Vergleiche herbeiziehen:

Höhenmarke	Schweizerisches Nivellement		Senkung 1871 bis 1893/94
	Höhe über Pierre du Niton		
	1871	1894	
Fussach, Hafendamm ¹⁾ N. F. 141	m + 23,301	m + 23,274	mm — 27
„ „ Rep. 585	+ 23,927	+ 23,900	— 29
„ „ Rep. 586	+ 23,122	+ 23,095	— 27
Rheinegg, Steinlibachbrücke Ⓞ 58	+ 28,392	+ 28,359	— 33

¹⁾ Die drei Fixpunkte in Fussach sind infolge Abtragung des Dammes zerstört worden.

Mit der Annahme einer für das Zeitintervall 1871 bis 1894 regelmässig erfolgten Bodenbewegung könnten wir das Mittel aus diesen Quoten zu einer Vergleichung mit den österreichischen Höhen verwenden und würden so jedenfalls richtigere Vergleichsresultate erhalten, als wenn wir eines der schweizerischen Nivellements für sich einführen würden; indessen ziehen wir vor, in der Herleitung der Anschlussresultate auf die Benützung von Punkten zu verzichten, für welche eine Änderung der Höhenlage in der Zeit zwischen den beiderseitigen Operationen konstatiert ist. Es verbleiben uns nun noch Anschlusspunkte mit Österreich erstens in St. Margarethen und Höchst, die schweizerischerseits 1894 bestimmt worden sind, zweitens in Au und Martinsbruck, indem die schweizerische geodätische Kommission im Jahre 1880 ein Doppelnivellement zwischen Süss und Martinsbruck hat ausführen lassen. Das Kontrollnivellement Sargans-Rheinegg von 1894 hat für die Höhenlage von N. F. 142 in Au keine Änderung angezeigt, dagegen ergibt das österreichisch-schweizerische Polygon, welches Martinsbruck mit Au verbindet, einen Schlussfehler von 0,104 m, d. h. beinahe das Doppelte des nach der Formel $3\sqrt{k}$ gestatteten Maximalfehlers. Die Höhendifferenzen welche in diesem Polygone auftreten, sind unter Berücksichtigung der orthometrischen Reduktion im schweizerischen Nivellement in der folgenden Tabelle zusammengestellt; sie erreichen sehr erhebliche Beträge und da in den beidseitigen Nivellements den Veränderungen des Lattenmeters nicht Rechnung getragen worden ist, so dürfte hierin der Grund des grossen Schlussfehlers zu suchen sein.

Höhenmarken			Höhen- unterschied	Distanz
	Schweiz. Bezeichnung	Oesterr. Bezeichnung		
Au, Kirche	N. F. 142	⊙ 1739	m	km
Bregenz, Wärterhaus . .	Rep. B. 15	⊙ 1697	+ 9,107	15,9
Landeck, Haus Nr. 2 . .	—	⊙ 1603	+ 380,857	116,0
Nauders, Mariahilferkirche . .	—	⊙ 1543	+ 570,873	43,0
Martinsbruck, Innbrücke	[N. F. 240] ¹⁾	⊙ 1557	— 333,698	8,2
Landquart, Stationsgebäude .	N. F. 208	—	— 507,294	108,8
Au, Kirche	N. F. 142	⊙ 1739	— 119,949	69,3
			— 0,104	361,2

¹⁾ Die Höhenmarke ist beim Umbau der Brücke versetzt worden.

Der österreichisch-schweizerische Anschluss bleibt somit auf folgende fünf Stationen beschränkt:

Oesterreichisch-schweizerischer Anschluss.

Station	Oesterreich	Schweiz		Höhe von Pierre du Niton über Mittelwasser der Adria in Triest	
	Höhe über der Adria	Höhe über Pierre du Niton			
		Catalogue des hauteurs	Orthom. Quote		
	m	m	m	m	m
Martinsbruck [N. F. 240]	1030,993	+ 657,386	+ 657,345	373,648	373,648
Au N. F. 142	403,855	+ 30,172	+ 30,102	373,753	373,753
St. Margarethen ⊙ 60	402,611	+ 28,939	+ 28,868	373,743	
„ „ ⊙ 64	401,663	+ 27,983	+ 27,912	373,751	373,747
Höchst Rep. 1731	402,332	+ 28,663	+ 28,592	373,740	
„ „ 1732	404,023	+ 30,355	+ 30,284	373,739	373,740
Rheinegg [N. F. 140] ¹⁾	400,140	+ 26,478	+ 26,407	373,733	
„ ⊙ 59	401,054	+ 27,379	+ 27,319	373,735	373,734
Mittelwert					373,724

Da Rheinegg, Höchst, St. Margarethen und Au örtlich nahe zusammenliegen und gegenüber Martinsbruck eigentlich eine einzige Gruppe bilden, so können wir als Mittelwert des österreichisch-schweizerischen Anschlusses auch einführen 373,695 m.

Anschluss mit Deutschland.

Hier haben wir in Betracht zu ziehen das Präcisionsnivellement im Königreich Bayern, das Gradmessungsnivellement des geodätischen Instituts von Swinemünde bis Konstanz, verbunden mit den Nivellements der badischen Hauptbahn und die Nivellements der trigonometrischen Abteilung der preussischen Landesaufnahme. Die Anschlüsse der letzteren an die Schweiz fanden 1881 statt in den Stationen St. Ludwig, Basel und Laufen und die Resultate sind 1883 publiciert worden.²⁾ — Wir haben

¹⁾ Die Höhenmarke ist beim Umbau der Brücke entfernt worden.

²⁾ Nivellements der trigon. Abteilung der Landesaufnahme, Band 5, Berlin 1883, pag. 97, 107, 108 und 139.

bereits erwähnt, dass die preussische Landesaufnahme seit 1878 tägliche Lattenvergleiche vorschreibt. Die Zielweite darf seit 1879 nicht über 50 m genommen werden, während bis zum Jahre 1874 eine solche von 75 m und von 1875 bis 1878 sogar eine solche von 100 m gestattet war. In besondern Fällen, z. B. bei Flussübergängen, ist es erlaubt, über 50 m Zielweite hinauszugehen, wogegen eine kleinere Zielweite auch in der Ebene sehr häufig geboten erscheint. Wegen des Zitterns der Bilder im Fernrohr wird zwischen 9 Uhr morgens und 4 Uhr nachmittags nur ausnahmsweise an besonders günstigen Tagen nivelliert. Die Nivellierinstrumente haben seit 1879 Stative von 7,75 kg Gewicht, statt wie früher von 5,70 kg, sowie statt der früher eingeführten Vier-Sekunden-Libelle eine Acht-Sekunden-Libelle erhalten. Zum bessern Schutze des Stativs und Instruments gegen Wind und Sonne ist ein zweiter Schirm eingeführt worden und statt der in die Erde einzuschlagenden eisernen Aufsatzpfähle werden seit 1881 eiserne Lattenplatten von etwa 5 kg Gewicht benützt, die auf ihrer obern Fläche einen abgerundeten Zapfen zum Aufstellen der Latten haben.¹⁾ Seit 1897 benützt die trigonometrische Abteilung mit sehr gutem Erfolg ausschliesslich Latten mit reiner Strichteilung.²⁾ — Da in den Nivellementsresultaten der preussischen Landesvermessung die orthometrische Reduktion nicht berücksichtigt ist, so müssen wir dieselbe für unsere Anschlusspunkte noch anbringen und benützen zu diesem Zwecke die von Prof. Börsch in seiner „Vergleichung der Mittelwasser etc.“ mitgeteilten Werte, nämlich:

Börsch, pag. 21 Normalhöhenpunkt Berlin bis Höhemarke Nr. 468 Magdeburg orthometrische Reduktion	$\gamma = + 1 \text{ mm}$
„ „ 34 Höhemarke Nr. 468 Magdeburg bis Höhemarke Nr. 89 Weissenfels	$\gamma = + 8 \text{ „}$
„ „ 35 Höhemarke Nr. 89 Weissenfels bis Höhemarke Nr. 6803 Dorndorf	$\gamma = + 7 \text{ „}$
„ „ 48 Höhemarke Nr. 6803 Dorndorf bis Höhemarke Nr. 224 Hanau	$\gamma = + 15 \text{ „}$
„ „ 49 Höhemarke Nr. 224 Hanau bis Höhemarke N. F. 46 Basel, Centralbahnhof	$\gamma = + 35 \text{ „}$
Normalhöhenpunkt Berlin, bis Basel N. F. 46 Centralbahnhof	$\gamma = + 66 \text{ mm}$

¹⁾ Nivellements der trigonometr. Abteilung der Landesaufnahme, Band 5 pag. 1/8.

²⁾ I. E. Verh. 1900 Paris, 1. Teil, pag. 261.

Von N. F. 46 aus finden wir durch Rechnung die orthometrische Reduktion ab Berlin für alle Anschlusspunkte längs der deutsch-schweizerischen Grenze. Die folgende Zusammenstellung gibt die Anschlussresultate zwischen dem Präcisionsnivellement der Schweiz und demjenigen der preussischen Landesaufnahme:

Anschluss der preussischen Landesaufnahme an das schweizerische Präcisionsnivellement.

Station	Preussen Höhe ü. N. N. Orthom. Quote	Schweiz Höhe über P. d. N. Orthom. Quote	Höhe von P. d. N. über Normal-Null
	m	m	m
St. Ludwig N. F. 41	253,988	— 119,346	373,334
Laufen N. F. 45	355,859	— 17,479	373,338
Basel N. F. 46	279,097	— 94,235	373,332
Mittelwert	373,335

Im Vorwort zu den Nivellements der trigonometrischen Abteilung der preussischen Landesaufnahme wird angegeben, dass sämtliche in Metern angegebene Resultate um 1:74850 zu vergrössern sind, um dieselben in internationale Meter zu verwandeln. Darnach ist der Unterschied zwischen dem Meter der trigonometrischen Abteilung und dem internationalen Meter nur 0,013 mm und kann somit vernachlässigt werden.

Das erste Präcisionsnivellement auf der Strecke Basel-Konstanz ist 10 Jahre früher erstellt worden, indem 1871 der Präsident des preussischen geodätischen Instituts, General Baeyer, ein Präcisionsnivellement längs der badischen Haupteisenbahn von Friedrichsfeld bis Konstanz durch Prof. Börsch auf preussische Kosten ausführen liess.¹⁾ Als dann 1873 die grossherzogliche Generaldirektion der Eisenbahnen ein Präcisionsnivellement ihrer sämtlichen Bahnen in der Ausdehnung von

¹⁾ Publiziert in den Arbeiten des geodätischen Instituts, Das Präcisionsnivellement, erster Band, Berlin 1876.

1100 km ausführen liess und eine Vergleichung der hierbei erlangten Resultate mit denen des geodätischen Instituts zahlreiche Differenzen ergab, so liess General Baeyer von Dr. W. Seibt die badische Hauptbahn im Anschluss an das Gradmessungsnivellement von Swinemünde aus nochmals nivellieren und zwar im Jahre 1878 in der Richtung Konstanz-Friedrichsfeld und 1880—1881 in umgekehrter Richtung. Die Resultate liegen publiziert vor.¹⁾

Das preussische geodätische Institut hat bis 1878 Lattenvergleichen je vor Beginn und am Schlusse der jährlichen Feldarbeiten ausführen lassen; von 1879 ab sind auch während der Feldarbeiten meist in Intervallen von einem Monat Vergleichungen mit einem Stahlmeter ausgeführt worden, der mit dem Berner Meter verglichen worden war. Auch die badischen Latten Nr. 1 und 2, welche bei dem Bahn-nivellement der grossherzoglichen Generaldirektion gedient haben, sind in Bern verglichen worden, doch fanden Vergleichungen während der Nivellements nicht statt.

Alle seit 1876 vom geodätischen Institut ausgeführten Nivellements sind durch Einstellen des Fadenkreuzes auf die Mitte eines 4 mm breiten Feldes der Lattenteilung bei gleichzeitiger Ablesung des Libellenstandes ausgeführt worden. Die Abweichung der Visierlinie von der Horizontalen wurde aus dem Ausschlage der Libellenblase ermittelt und in Rechnung gezogen. Die Zielweite betrug in der Regel 100 Meter. Als durchschnittlichen mittleren Fehler des definitiven Nivellementsresultates pro 1 km auf der Linie Swinemünde-Konstanz und deren Abzweigungen findet Dr. Seibt

$$\pm 1,77 \text{ mm}$$

und da im Durchschnitt ein 3,4faches Nivellement zu Grunde liegt, so wird der mittlere Fehler des einfachen Nivellements pro 1 km

$$= 1,77 \sqrt{3,4} = \pm 3,28 \text{ mm}^2)$$

Die publizierten Quoten sind absolute Höhen, bezogen auf das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde.

Von Basel bis Säckingen wurde schweizerischerseits nivelliert in den Jahren 1867 und 1879; zwischen Stein (Frickthal) und Steckborn im Jahre 1875 und endlich zwischen Steckborn und Konstanz in den

1) W. Seibt, Gradmessungsnivellement zwischen Swinemünde und Konstanz, Berlin 1882.

2) Ebendasselbst, pag. 24/26; vergl. auch Jordan, die grossh. badischen Hauptnivellements, Karlsruhe 1885, pag. 23.

Jahren 1874 und 1875. Es bestehen längs des Rheins und am Bodensee gemeinsame Höhenmarken in Basel, Säckingen, Waldshut, Schaffhausen und Konstanz, für welche wir folgende Anschlussresultate erhalten, wenn wir die Rechnung getrennt ohne und mit der orthometrischen Reduktion ausführen:

Anschluss des Gradmessungsnivellements Swinemünde-Konstanz an das Schweizerische Präcisionsnivellement.

Station	Deutschland		Schweiz		Höhe von Pierre du Niton über Ostsee	
	Höhe über Mittelwasser der Ostsee		Höhe über Pierre du Niton			
	Ohne orthom. Korrektion		Ohne orthom. Korrektion		Ohne orthom. Korrektion	Mit orthom. Korrektion
		m	m	m	m	
Basel	N. F. 40	256,794	— 116,600	373,394	373,525	
	⊙ 5	254,708	— 118,685	393	524	
Säckingen	Rep. 361	293,378	— 79,982	360	492	
Albbruck	Rep. 367	326,316	— 47,028	344	477	
	Rep. 60	324,778	— 48,568	346	479	
Waldshut	Rep. 371	341,978	— 31,360	338	471	
	Rep. 372	342,148	— 31,190	338	471	
Schaffhausen	N. F. 173	403,392	+ 30,131	261	397	
Konstanz	Rep. 431	399,990	+ 26,749	241	379	
	N. F. 134	404,807	+ 31,557	250	388	
	38	397,475	+ 24,237	238	376	
Mittelwert				373,318	373,453	

Wir bemerken zunächst, dass die Resultate des Anschlusses um die Konstante 0,056 m höher liegen als wie im „Niv. de préc. de la Suisse“ pag. 651 angegeben wird und im weitem konstatieren wir die auffallende Thatsache, dass die Anschlussresultate von Basel bis Konstanz mit einiger Regelmässigkeit um den grossen Betrag von 0,15 m abnehmen. Diese merkwürdige Erscheinung lässt auf starke systematische Fehler in den Nivellements schliessen und legt die Frage nahe, ob nicht in den angewandten Lattenlängen eine grosse Unsicherheit liegt;

indessen beträgt zwischen Basel und Konstanz der grösste beobachtete Höhenunterschied nur 150 Meter, so dass die Unsicherheit in der Bestimmung des Lattenmeters auf einen ganzen Millimeter anzuschlagen wäre. Nach pag. 5/6 des „Gradmessungsnivellement“ hat das geodätische Institut die absolute Länge seiner Latten behufs Reduktion der mit ihnen gemessenen Höhenunterschiede auf das Berner Meter bezogen. Nun ist dies letztere 1886 mit dem internationalen Meter in Breteuil verglichen worden und es hat sich ergeben, dass

$$1 \text{ m der neuen Bestimmung} = 1 \text{ m der alten Bestimmung durch Prof. Wild} \\ - 0,039 \text{ mm} + 0,0017 (t - 14^0 7) \text{ mm}^1$$

Diese Reduktion ist noch an die Höhen des Gradmessungsnivellements anzubringen. Setzen wir voraus, dass die Vergleichung in Bern bei ca. 15⁰ stattgefunden habe, so werden die deutschen Höhen im Mittel um 13 mm kleiner; die Abnahme der Anschlussresultate von Basel bis Konstanz wird hiedurch aber noch um 6 mm verstärkt und somit müssen andere systematische Fehler zur Erklärung dieser Anomalie herangezogen werden. Im Jahre 1896 hat das eidgen. topographische Bureau unter strenger Berücksichtigung der Lattenänderungen während der Feldoperationen ein Neunivellement von Basel bis Koblenz bei Waldshut ausführen lassen, so dass wir durch die Vergleichung der hiebei erlangten Resultate mit den Höhen des Catalogue des hauteurs ein Urteil auf die Genauigkeit der letztern bilden können. Diese Vergleichung lässt nun den Schluss zu, dass in dem alten schweizerischen Nivellement auf der Strecke Basel-Stein-Koblenz keine so grossen systematischen Fehler enthalten sind, welche die starken Differenzen in den Anschlussresultaten erklären könnten.

Station	Distanz ab Basel	Höhe über Pierre du Niton		Differenz Catal. des hauteurs — 1896	Erlaubter Fehler ± 3 √ k
		Catal. des hauteurs	Niv. 1896		
	km	m	m	mm	mm
Basel, badischer Bahnhof . . N. F. 40	0,0	—116,600	—116,600	0	0
Rheinfelden, Kirche . . N. F. 38	17,0	—100,258	—100,274	+ 16	12,4
Stein N. F. 37	29,7	— 76,557	— 76,571	+ 14	16,3
Laufenburg N. F. 178	39,2	— 54,961	— 54,971	+ 10	18,8
Koblenz N. F. 177	56,5	— 45,778	— 45,781	+ 3	22,5

¹⁾ Niv. préc. Suisse, pag. 583.

Nun ist nach Catalogue des hauteurs

N. F. 40 Basel bis Rep. 372 Waldshut, Bahnhof . . . + 85,410 m
 und nach Seibt, Gradmessungsnivellement + 85,354 m

Somit auf eine Distanz von 57 km eine Differenz zwischen Catalogue des hauteurs und Seibt von 0,056 m, gestattet 0,023 m.

Das gesamte badische Nivellementsmaterial zwischen Basel und Konstanz hat Prof. Jordan in seiner Bearbeitung der grossh. badischen Hauptnivellements behandelt,¹⁾ und zwar ist neben den Nivellements vom Jahre 1878 (= A) und 1880—1881 (= B) des geodätischen Institutes auch das 1875 von Höpfinger im Auftrage der Generaldirektion der badischen Eisenbahnen durchgeführte Nivellement (= I) benützt worden. Da A und B im allgemeinen nicht gleichwertig sind, hat Dr. Seibt ein Mittel nach Massgabe von Gewichten p und q in der

Form von $\frac{p A + q B}{p + q} = II$ gerechnet und Prof. Jordan nimmt nun

als Gesamtmittel

$$III = \frac{I + 4 II}{5}$$

Da das geodätische Institut als Normalmass für seine Nivellements das Berner Normalmeter angenommen hat, so war es nötig, die Gleichung zwischen dem Berner Meter und dem von der kais. Normal-Aichungskommission angegebenen Stahlmeter No. 1098, welches, dem grossh. Polytechnikum gehörig, zu den Lattenvergleichen mitbenützt worden ist, festzustellen. Das geschah im Herbst 1880 mittelst einer Vergleichung am Komparator in Bern, wobei sich ergab, dass das Berner Meter um 0,01 mm kleiner ist als das Berliner Stahlmeter, so dass alle vom geodätischen Institut und im badischen Bahnnivellement ausgeführten Lattenvergleichen als auf die gleiche Einheit bezogen betrachtet werden.²⁾ Der Reduktion des Berner Komparators auf das internationale Meter vom Jahre 1886 ist also nicht weiter Rechnung getragen worden.

Im Jahre 1881 hatte die preussische Landesaufnahme grössere Nivellements im Elsass ausführen und behufs Übertragung ihres Horizontes vom Elsass durch Baden bis Württemberg die Linien Germersheim-Bretten und Strassburg-Alexanderschanze je vierfach nivellieren lassen.

¹⁾ Jordan, Die grossh. badischen Hauptnivellements mit den Anschlüssen an die Nachbarstaaten, Karlsruhe 1885.

²⁾ Jordan, Die grossh. badischen Hauptnivellements etc. pag. 9.

Im Anschluss hieran wurde badischerseits beschlossen, die Höhen auf den Normalhorizont der preussischen Landesaufnahme zu beziehen und die Ausgleichung und definitive Bearbeitung des Netzes Prof. Jordan zu übertragen.

Um nun zu untersuchen, wie sich die Anschlussverhältnisse gestalten, wenn wir diese Bearbeitung mitberücksichtigen, bilden wir für die gemeinsamen Punkte auf der Strecke Basel-Konstanz, ausgehend von N. F. 40 am badischen Bahnhof in Basel Quoten über Pierre du Niton und zwar

1. aus dem schweizerischen Nivellement, indem wir auch die neueren Messungen berücksichtigen.
2. nach dem Gradmessungsnivellement Seibt und
3. nach der Bearbeitung von Jordan.

Da es nun vorkommt, dass schweizerischerseits an den Bahnhöfen nur der eingemeisselte Strich annivelliert worden ist, während Jordan in seinem Höhenverzeichnis lediglich die Marken mit Bohrloch anführt, so bilden wir die nötigen Übertragungen mit Hilfe der Höhendifferenzen nach Seibt und erhalten so die nachfolgende Tabelle, wenn wir die Stationen Säcking, Murg und Klein-Laufenburg, in denen nachweisbar Aenderungen vorgekommen sind, weglassen:

Station	Nivellierte Distanz ab Basel	Höhe über Pierre du Niton			Differenz	
		Schweiz Nivellement de précision	Seibt Gradmessungs- nivellement	Jordan Grossh. Bad. Hauptnivellem.	Schweiz — Seibt	Schweiz — Jordan
		km	m	m	m	mm
Basel, badischer Bahnhof N. F. 40	0	— 116,600	— 116,600	— 116,600	0	0
„ „ „ Rep. 348	0	— 114,992	— 114,993	— 114,993	+ 1	+ 1
Rheinfelden „ „ Rep. 355	16	— 91,741	— 91,765	— 91,757	+ 24	+ 16
Beuggen, Stationsgebäude Rep. 357	19	— 85,894	— 85,927	— 85,917	+ 33	+ 23
Niederschwörstadt, „ Rep. 358	24	— 85,759	— 85,796	— 85,782	+ 37	+ 23
Brennet, „ Rep. 360	28	— 78,197	— 78,244	— 78,226	+ 47	+ 29
Albbruck, „ Rep. 367	49	— 47,028	— 47,078	— 47,052	+ 50	+ 24
Waldshut „ Rep. 372	57	— 31,190	— 31,246	— 31,214	+ 56	+ 24
Schaffhausen „ Rep. 388	96	+ 31,927	+ 31,792	+ 31,851	+ 135	+ 76
Neuhausen, Stationsgebäude Rep. 385	99	+ 68,656	+ 68,520	+ 68,579	+ 136	+ 77
Beringen, „ Rep. 383	103	+ 68,782	+ 68,635	+ 68,693	+ 147	+ 89
Neunkirch, „ Rep. 382	107	+ 55,028	+ 54,887	+ 54,941	+ 141	+ 87
Konstanz, Stationsgebäude Rep. 431	147	+ 26,749	+ 26,596	+ 26,672	+ 153	+ 77

Anschluss mit Deutschland.

(siehe pag. 88)

Station	Deutsch- land	Schweiz	Höhe von Pierre du Niton über N. N.	Mittel nach den Nivellementssystemen	
	Höhe über N. N. Orthom.Quoten	Höhe über Pierre du Niton Orthom. Quoten			
	m	m	m	m	
St. Ludwig, Kirche N. F. 41	253,988	— 119,346	373,334		
Basel, Centralbahnhof N. F. 46	279,097	— 94,235	373,332		
Laufen, Schulhaus N. F. 45	355,859	— 17,479	373,338	373,335	Direkter Anschluss der preussischen Landesaufnahme.
Basel, St. Klarakirche ⊙ 5	254,588	— 118,750	373,338		
„ Badischer Bahnhof N. F. 40	256,674	— 116,665	373,339		
„ „ „ Rep. 348	258,281	— 115,057	373,338		
Rheinfelden, Badischer Bahnhof Rep. 355	281,517	— 91,806	373,323		
Beuggen „ „ Rep. 357	287,357	— 85,959	373,316		
Niederschwörstadt „ „ Rep. 358	287,492	— 85,824	373,316		
Brennet „ „ Rep. 360	295,048	— 78,263	373,311		

Albrück, Badischer Bahnhof . . . Rep.	367	326,222	— 47,095	373,317		
„ „ „ . . . ⊙	60	324,684	— 48,635	373,319		
Waldshut „ „ . . . Rep.	372	342,058	— 31,259	373,317		
„ „ „ . . . Rep.	371	341,888	— 31,429	373,318		
Schaffhausen, Bahnhof . . . Rep.	388	405,120	+ 31,852	373,268		
„ „ . . . N. F.	173	403,326	+ 30,056	373,270		
Konstanz, Bahnhof . . . Rep.	431	399,942	+ 26,673	373,269		
„ Hafen ⊙	38	397,427	+ 24,161	373,266		
„ Münster N. F.	134	404,759	+ 31,481	373,278	373,309	Gradmessungsniv. Seibt u. grossh. Hauptbahn im System Jordan.
Rorschach, Hafen ⊙	E	393,673	+ 20,438	373,235		
Fussach, Hafendamm Rep.	585	397,086	+ 23,855	373,231		
„ „ Rep.	586	396,278	+ 23,050	373,228		
Rheinegg, Bahnbrücke Rep.	584	399,648	+ 26,417	373,231	373,232	Königr. Bayern.
Einfaches Mittel aus den drei Nivellementssystemen					373,292	

Die Stationen Neuhausen, Beringen und Neunkirch sind vom eidgenössischen topographischen Bureau in den Jahren 1895—1896 von Schaffhausen aus bei Anlass des Anschlusses der meteorologischen Station in Unterhallau einnivelliert worden.

Man sieht, dass die Resultate der Ausgleichung von Jordan sich den schweizerischen Quoten erheblich besser anschliessen, als dies mit den aus dem Gradmessungsnivellement abgeleiteten Höhen der Fall ist: In Waldshut ist die Differenz 24 mm statt 56 mm; in Schaffhausen 76 mm statt 135 mm und in Konstanz 77 mm statt 153 mm, so dass die pag. 81 besprochene Anomalie der Abnahme im Gesamtbetrage von 0,15 m in den Anschlussresultaten zwischen Basel und Konstanz durch die Benützung der Jordanschen Höhen auf die Hälfte dieses Betrages reduziert wird.

Da auch die Höhen des *bayerischen Präcisionsnivellements* auf Berliner Normal-Null bezogen sind, so schliessen wir hier die Ableitung der diesbezüglichen Anschlussresultate an. Die Resultate des bayerischen Präcisionsnivellements liegen gedruckt vor.¹⁾ Wie schon erwähnt, fallen die Anschlussoperationen bayerischerseits in das Jahr 1869, während die bezüglichen schweizerischen Nivellements 1871 ausgeführt worden sind. Lattenvergleichen haben im Felde nicht stattgefunden, die orthometrische Reduktion ist berücksichtigt. Für den Anschluss berücksichtigen wir nur das ältere schweizerische Nivellement vom Jahre 1871, da die neuern Messungen von 1894 zeitlich zu weit von der bayerischen Operation abliegen und die gemeinsamen Höhenmarken fataler Weise auf wenig stabilem Boden angebracht worden sind.

Die vorstehende Tabelle enthält nun die Anschlussresultate für die gesamte deutsche Grenze von Basel bis Rorschach und Rheinegg, bezogen auf Berliner Normal-Null. Die bereits pag. 70 mitgeteilten Resultate der preussischen Landesaufnahme sind der Vergleichung halber hier wiederholt. (Siehe Tabelle auf Seite 86 und 87.)

Die Abnahme in den Anschlussresultaten geht also gegen Osten zu über Konstanz hinaus und erreicht von Basel bis Rheinegg im Systeme der Landesaufnahme den Gesamtbetrag von einem Decimeter. Diese Anomalie kann nur durch Neunivellements zum Verschwinden gebracht werden und wir zweifeln auch nicht daran, dass über kurz oder lang nach dem Beispiele Frankreichs die älteren ungenauen Nivellements durch Neumessungen ersetzt werden, in denen systematische Fehler sich

1) M. von Bauernfeld und C. Oertel, Das Präcisionsnivellement in Bayern rechts des Rheins. München 1893.

nicht in so grossen Beträgen anhäufen können, wie das bis anhin der Fall gewesen ist.

Wenn nun auch unter Benützung der Resultate der Jordan'schen Ausgleichung nach pag. 86 und 87 unsere Anschlussresultate mit Deutschland zwischen Basel und Konstanz geringere systematische Störungen zeigen, als dies durch die alleinige Vergleichung mit dem Gradmessungsnivellement von W. Seibt (s. pag. 81) der Fall ist, so leiten wir gleichwohl den deutsch-schweizerischen Anschluss ausschliesslich aus den von Seibt in seiner Publikation niedergelegten Resultaten, verbunden mit den Anschlussresultaten der preussischen Landesaufnahme ab. Diese letzteren ergaben (pag. 86):

Pierre du Niton über Berliner N. N.	373,335 m
Nun ist nach der Landesaufnahme N. N. über Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde	0,066 m
Somit ergibt die Landesaufnahme für die Höhe von P. d. N. über Mittelwasser der Ostsee in Swinemünde	373,401 m
Das Gradmessungsnivellement des geodätischen Instituts hat ergeben (pag. 81)	373,453 m
Somit ergeben die deutschen Anschlüsse als Höhe von P. d. N. über Mittelwasser der Ostsee in Swinemünde durch Mittelbildung aus beiden Resultaten	373,427 m

Höhe von Pierre du Niton über dem Mittelwasser der Meere.

Nach den vorstehenden Entwicklungen erhalten wir die folgende Zusammenstellung für die Höhe von Pierre du Niton über dem Mittelwasser der in Frage kommenden Meere:

Anschluss mit Frankreich :		
Höhe von P. d. N. über Mittelwasser in Marseille	373,633 m	Gewicht 2,8
Anschluss mit Italien :		
Höhe von P. d. N. über Mittelwasser der ital. Meere	373,760 m	Gewicht 1,0
Anschluss mit Oesterreich :		
Höhe von P. d. N. über Mittelwasser in Triest	373,724 m	Gewicht 0,7
Anschluss mit Deutschland :		
Höhe von P. d. N. über Mittelwasser in Swinemünde	373,427 m	Gewicht 2,6
Höhe von Pierre du Niton über Mittelwasser		
der Meere	373,585 m	$\pm 0,074$ m

Die beigefügten Gewichtszahlen haben nur den Charakter einer Annäherung und sind aus mittleren Fehlern abgeleitet, die sich an die Ergebnisse der Ausgleichung von Dr. Börsch anschliessen. Im „Niv. de préc. de la Suisse“, pag. 636/639 sind die mittleren Fehler der Höhe über Pierre du Niton einiger Anschlussstationen mitgeteilt, die Ingenieur Scheiblauer bei Anlass der schweizerischen Netzausgleichung berechnet hat; führen wir eine ähnliche Rechnung für alle andern in Frage tretenden Stationen durch, so ergibt sich im Durchschnitt:

± 41 mm	als mittlerer Fehler der Höhen über P. d. N. längs der französischen Grenze
± 73 mm	„ „ „ „ „ „ „ „ „ italienischen „
± 60 mm	„ „ „ „ „ „ „ „ „ österreichisch. „
± 52 mm	„ „ „ „ „ „ „ „ „ deutschen „

Nun ist nach Lallemand der wahrscheinliche Fehler der mitgeteilten französischen Höhen längs der ganzen schweizerischen Grenze nahe ± 30 mm, somit der mittlere Fehler ± 45 mm; für die italienischen und deutschen Höhen wird im Anschlusse an die Ergebnisse der Ausgleichung von Dr. Börsch der mittlere Fehler an der Schweizergrenze circa ± 70 mm betragen und für Oesterreich erhalten wir ab

Triest im Mittel für Martinsbruck, Fussach und Bregenz ± 104 mm. Darnach ergeben sich mit Ausserachtlassung der Anzahl der Anschlussstationen und unter Berücksichtigung des Umstandes, dass zwischen Swinemünde und Basel zwei von einander vollständig unabhängige Nivellements bestehen, die oben angenommenen Gewichtszahlen. Das einfache Mittel aus den vier Anschlüssen würde ergeben:

Höhe von P. d. N. über dem Mittelwasser der Meere $373,636$ m $\pm 0,075$ m

Selbstverständlich spiegelt sich in den Resultaten die Unsicherheit der verbindenden Nivellements wieder und es dürfte aus dem Vorgehenden überzeugend hervorgehen, dass nur durch Neunivellement bessere Anschlüsse erhalten werden können. Die österreichischen Anschlüsse gehören alle demselben Polygon an, das einen zu grossen Schlussfehler übrig lässt und von den gemeinsamen Höhenmarken im St. Gallischen Rheinthal lässt sich nur für N. F. 142 an der Kirche in Au die Unveränderlichkeit der Höhenlage in dem grossen Zeitintervall, welches zwischen den beidseitigen Nivellements liegt, wirklich verbürgen, während alle anderen Anschlussmarken sich auf Objekten angebracht finden, welche durch Bodenbewegungen mehr oder weniger verändert worden sind. Im deutschen Anschluss haben wir bereits auf die Notwendigkeit von Neunivellements hingewiesen.

Im französischen Anschluss liegen die Verhältnisse glücklicherweise etwas günstiger. Zwar weisen auch hier die extremen Stationsresultate eine Differenz von $0,109$ m auf, aber es handelt sich da nicht um einen systematischen Fehler, der sich auf die ganze Anschlusslinie verteilt, sondern es ist einzig das Polygon St. Gingolph-Moillesulaz-Châtelard-St. Gingolph, das mit seiner etwas hochgelegenen Station Châtelard einen Schlussfehler enthält, der die übliche Toleranzgrenze überschreitet. Auch stimmt das Mittel sämtlicher Stationen recht gut mit dem Einzelresultat aus Moillesulaz, welche Station von Pierre du Niton nur um 6 km abliegt und mit letzterem nur einen Höhenunterschied von 42 m aufweist, so dass der schweizerischerseits begangene Nivellementsfehler 5 mm sicher nicht übersteigt. Rechnen wir hiezu den Nivellementsfehler Marseille-Moillesulaz nach Lallemand zu ± 45 mm, so kommt als mittlerer Fehler der Höhenbestimmung von Pierre du Niton über Mittelwasser in Marseille $\sqrt{5^2 + 45^2} = \pm 45$ mm und im Durchschnitt für eine der sieben Anschlussstationen ± 60 mm. Wären somit die Stationsresultate unabhängig von einander, so würde die Unsicherheit des Mittels dargestellt durch $\pm \frac{60}{\sqrt{6}} = \pm 25$ mm und wir werden nicht stark

fehlgehen, wenn wir dem Mittel einen mittleren Fehler von circa 4 Centimeter beilegen.

In Anbetracht nun der Thatsache, dass das französische neue „Nivellement général“ vollständig fertig vorliegt und die Specialuntersuchungen, welche Direktor Lallemand über systematische und zufällige Fehler angestellt hat, dessen grosse Genauigkeit zu verbürgen scheinen¹⁾ und in Würdigung des Umstandes, dass im schweizerischen Nivellement die Anschlussresultate der Stationen längs der französischen Grenze verhältnismässig wenig unter der Unsicherheit der Bestimmung des Lattenmeters leiden, indem mit Ausnahme von La Cure und Locle-Col des Roches im Nivellement der Anschlusslinien den Veränderungen der Lattenlänge im Felde Rechnung getragen worden ist, ergibt sich als natürliche Schlussfolgerung, dass unter den obwaltenden Verhältnissen die Ableitung der Meereshöhe von Pierre du Niton durch Anschluss an das französische Präcisionsnivellement zu geschehen hat. Da nun das schweizerische Netz noch weiter ausgebaut wird und die Neubestimmung der Linie Luzern-St. Gotthard-Chiasso nur eine Frage der Zeit sein kann und da andererseits der definitiven Ausgleichung die strenge Einführung der orthometrischen Reduktion vorausgehen muss, so wird bei der endgültigen Bestimmung der absoluten Höhe von Pierre du Niton eine Verschiebung des jetzigen Resultates um einige Centimeter unvermeidlich sein und es würde somit wenig nützen, jetzt schon diese Höhe auf Millimeter genau fixieren zu wollen. Dagegen können wir mit aller Sicherheit behaupten, dass der einstige definitive Anschluss mit Frankreich den Decimeter unserer heutigen Bestimmung nicht abändern wird und da für die Aufgaben der Kartographie diese Genauigkeit ausreicht, so schlagen wir vor:

Als Ausgangshorizont 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.²⁾ Demgemäss wird die absolute Höhe von Pierre du Niton auf

373,6 m

festgesetzt.

1) I. E. Verh. 1900, Paris, erster Teil, pag. 199 u. f.

2) Briefliche Mitt. des Herrn Lallemand an das eidgen. topographische Bureau vom 15. III. 1901.

Durch Anbringen der neuen Ausgangshöhe von Pierre du Niton an die Höhenzahlen des „Catalogue des hauteurs“ gehen dieselben in absolute Höhen über. Da aber die Ausgleichung des schweizerischen Präcisionsnivellements ausgeführt worden ist, ohne dass man die orthometrische Reduktion eingeführt hat, so werden zwischen den schweizerischen Meereshöhen und den französischen „hauteurs au-dessus de la Méditerranée“ Differenzen bestehen, welche in der folgenden Tabelle angegeben sind. Die Tabelle enthält ausserdem die Differenzen mit den Höhenangaben längs der Grenze von Italien, Oesterreich und Deutschland.

Frankreich	Schweizerische absolute Höhe minus französische absolute Höhe		
	Altitudes officielles	Altitudes rationnelles	Hauteur au-dessus de la Médit.
	m	m	m
Boncourt-Delle	+ 0,06	+ 0,03	+ 0,04
Loele-Col des roches	+ 0,02	— 0,02	— 0,01
Les Verrières	+ 0,02	— 0,01	0,00
La Cure	+ 0,02	0,00	+ 0,01
Moillesulaz	— 0,02	— 0,03	— 0,02
St. Gingolph	— 0,04	— 0,05	— 0,05
Châtelard	— 0,13	— 0,14	— 0,13
Italien	Schweizerische absolute Höhe minus italienische absolute Höhe		
	m		
Domo d'Ossola	— 0,23		
Chiasso	— 0,21		
Chiavenna	— 0,08		
Oesterreich	Schweizerische absolute Höhe minus österreichische absolute Höhe		
	m		
Martinsbruck	— 0,01		
Au	— 0,08		
St. Margarethen	— 0,08		
Höchst	— 0,07		
Rheinegg	— 0,07		
Fussach	— 0,05		
Bregenz	— 0,05		

Deutschland		Schweizerische absolute Höhe minus	
		Höhe über N. N.	Höhe über Mittelwasser Swinemünde (Gradmessungsniv.)
		m	m
Bayern	Rheinegg	+ 0,44	
	Fussach	+ 0,44	
	Rorschach	+ 0,44	
Baden	Konstanz	+ 0,47	+ 0,36
	Schaffhausen	+ 0,47	+ 0,34
	Waldshut	+ 0,42	+ 0,26
	Albbruck	+ 0,42	+ 0,25
	Brennet	+ 0,42	+ 0,25
	Niederschwörstadt	+ 0,42	+ 0,24
	Beuggen	+ 0,42	+ 0,24
	Rheinfelden	+ 0,41	+ 0,23
	Basel	+ 0,39	+ 0,21
	Elsass	Laufen	+ 0,39
St. Ludwig		+ 0,40	



DIE HAUPTSÄCHLICHSTEN NIVELLEMENTSVERBINDUNGEN ZWISCHEN DER SCHWEIZ UND DEN MEEREN.



Abteilung für Landestopographie
des schweiz. Militärdepartements. 1902.

Zeichenerklärung

- Nivellementslinien der Börsch'schen Ausgleichung.
- Mareographen.
- ⬭ Polygone, welche bei der Börsch'schen Ausgleichung
- - - Umfangspolygon des schweiz. Präzisionsnivellements.

Lith. R. Armbruster & Söhne, Bern.