

# Ein neues Präzisionsnivellement auf den Grossen St. Bernhard.

Von

J. HILFIKER.

---

Professor A. L. Pictet erwähnt in seinem Bericht über die Erstellung einer meteorologischen Station im Hospiz des Grossen St. Bernhard vom Jahre 1817, dass schon vor 1817 zuerst die Akademie in Turin, dann die Aargauische Gesellschaft für vaterländische Kultur den Impuls gegeben haben, meteorologische Beobachtungen durch die Mönche im Kloster des Grossen St. Bernhard anstellen zu lassen und dass auch die nötigen Instrumente abgegeben worden seien: Beobachtungen wurden ausgeführt, aber die Resultate wie auch die Instrumente sind aus unbekanntem Gründen verloren gegangen.<sup>1)</sup>

Tatsächlich hat um das Jahr 1750 herum die ökonomische Gesellschaft in Bern die Erstellung eines schweizerischen meteorologischen Beobachtungsnetzes angestrebt und es gelang ihr auch, durch Abgabe von Barometern, Thermometern und Regenschirmen an eine Anzahl von Stationen längere Beobachtungsreihen zu erhalten, indessen war es damals noch nicht möglich, die Mönche auf dem Grossen St. Bernhard zur Übernahme einer Station zu bewegen. Auch die schon erwähnte „Aargauische Gesellschaft für vaterländische Kultur“ hat sich um 1812 bemüht, ein ausgedehntes meteorologisches Beobachtungsnetz zu erstellen und durch Zusendung von Instrumenten und Instruktionen an einzelne Stationen korrespondierende Beobachtungen ins Leben zu rufen. Die Beobachtungen sollten sich erstrecken auf eine ausgedehnte Linie von Norden nach Süden: Kiel, Andermatt, St. Bernhard, Pisa, Turin, Neapel, und auf Stationen in einer von Westen nach Osten laufenden Linie: Glasgöw, Hanau, Prag, Lemberg, Charkow.<sup>2)</sup> Prak-

<sup>1)</sup> Bibl. Univ. Sciences et arts, VI Genève 1817, p. 109.

<sup>2)</sup> Rudolf Wolf, Geschichte der Vermessungen in der Schweiz, Zürich 1879, pag. 301.

tische Resultate hat dieses Projekt indessen keine gehabt, dagegen gelang es Pictet einige Jahre später für die Genferbeobachtungen, die auf 1774 zurückreichen und in der *Bibl. Univ.* publiziert vorliegen, auf dem Grossen St. Bernhard eine Parallelstation zu errichten, von der er bei einer Vergleichung mit der Sternwarte Genf sagt: <sup>1)</sup>

„Elle est située sous un parallèle peu distant, sous un méridien „d'un degré seulement plus à l'est, au centre de la haute chaîne des „Alpes; où trouver dans notre Europe une habitation de toute l'année, „voisine de la limite des neiges perpétuelles? Où trouver des hommes „assez dévoués pour y vivre et assez instruits pour apprécier l'utilité „de ces observations et pour les faire avec la régularité et la précision „requis? Toutes ces conditions sont heureusement réunies dans l'hospice célèbre, connu sous le nom de couvent du Grand St-Bernard.“

Professor Pictet hat in Genf bei Mechaniker Gourdon die nötigen Instrumente nach spezieller, der Höhenstation angepasster Vorschrift bestellt, nämlich ein Quecksilberbarometer, ein Quecksilberthermometer und ein Harhygrometer. Mit diesen Instrumenten ist er am 13. September 1817 von Genf abgereist, am 14. abends im Hospiz angekommen und hat am gleichen Abend noch die Aufstellungsverhältnisse für die meteorologischen Instrumente rekognosziert, so dass am 15. früh die Instrumente an Ort und Stelle waren und die Beobachtungen mit dem 16. September 1817 beginnen konnten.

Diese Reise ist den Mönchen des Grossen St. Bernhard in vielfacher Weise zu gute gekommen und wir wollen nicht unterlassen auf folgende Stelle im Nekrolog aufmerksam zu machen, den P. Vaucher im 29. Bande der *Bibl. Univ. S. et A.* über Pictet veröffentlicht hat, die den liebenswürdigen Charakter des Genfer Gelehrten besonders beleuchtet:

„Ce fut après avoir visité ces pieux cénobites, que, frappé des „rigueurs de leur long hiver et des maladies qui en étaient la suite, „il fit un appel à la générosité de l'Europe, et il réussit si bien à „dépeindre les privations et les souffrances de ces hommes respectables, qu'il leur procura des sommes suffisantes non seulement pour „établir des poëls et des tuyaux de chaleur, mais encore pour réparer „et agrandir leur hospice.“ <sup>2)</sup>

Eine nutzbringende Vergleichung und Auswertung der meteorologischen Beobachtungsreihen in Genf und dem Grossen St. Bernhard

<sup>1)</sup> *Bibl. Univ. S. A.* 1817, pag. 109.

<sup>2)</sup> Vergl. auch Rud. Wolf, *Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz*, III. pag. 387, Zürich 1860.

konnte erst erreicht werden, wenn es gelang, den Höhenunterschied der beiden Stationen mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln. Bald nach der Erstellung der meteorologischen Station im Kloster unternahm es Alexandre Roget von Nyon, trigonometrisch die Höhe des Montblanc und anderer Bergspitzen, wie die der Dent de Morcles über dem Genfersee, resp. Pierre du Niton abzuleiten und späterhin die Höhe des Klosters auf dem Grossen St. Bernhard zu bestimmen, indem er zunächst in der Nähe des Klosters sorgfältig mit Stäben eine Basis abmass, aus derselben trigonometrisch die Höhen über dem Kloster von einigen der umgebenden Punkte, von denen aus der Montblanc und die Dent de Morcles sichtbar sind, bestimmte, woraus er dann mit Hülfe der auf diesen Zwischenstationen angestellten Winkelmessungen die Barometerhöhe des Klosters aus den für Montblanc und Dent de Morcles gefundenen Höhen ableiten konnte. Er fand so für die Höhe

des Montblanc	über Pierre du Niton	4435,5 m
der Dent de Morcles	" " " "	2594,3 "

und daraus für die Barometerhöhe des Klosters:

aus dem Montblanc	2101,78 m	über Pierre du Niton
" der Dent de Morcles	2103,54 "	" " " " " " 1)

Dieses Resultat hat Professor E. Plantamour in Genf im Verein mit Oberst Burnier in Morges und den Ingenieuren Chappex und Torcapel 1855 durch eine neue Operation von Genf aus, in der die Methode des geometrischen Nivellements zur Anwendung gekommen ist, geprüft und für die meteorologische Station auf dem Grossen St. Bernhard die bis heute als definitiv angenommene Höhe über Pierre du Niton bestimmt.<sup>2)</sup>

Der Ausgangspunkt der neuen Höhenmessung ist der kleinere Pierre du Niton im Hafen von Genf, in dessen Scheitelpunkt General H. Dufour im Jahre 1820 eine Bronzeplatte hat einzementieren lassen, die später von der schweizerischen geodätischen Kommission als Nullpunkt des 1865 begonnenen Präzisionsnivellements der Schweiz gewählt worden ist. An diesen Punkt wurde einerseits das Barometer der Sternwarte in Genf, andererseits das Barometer der meteorologischen Station im Kloster des Grossen St. Bernhard angeschlossen. Den Anschluss der Sternwarte in Genf hat Plantamour mittelst

<sup>1)</sup> Roger, *Élévation du Montblanc sur le lac de Genève*, Bibl. Univ. S. et A. 1828.

" *Opérations trigon. au Grand St-Bernard*, " " " " " 1858.

Rud. Wolf, *Geschichte der Vermessungen in der Schweiz*, pag. 113.

<sup>2)</sup> F. Burnier et E. Plantamour, *Nivellement du Grand St-Bernard*, Bibl. Univ. S. et A. 1855, p. 99.

eines Doppelnivellements durchgeführt, das nachstehende Resultate ergeben hat:

Pierre du Niton bis Punkt am Boden			
vor Barometer	1855	26 VII	+ 30,527 m
		22 VIII	+ 30,586 „
		Mittel	+ 30,557 m
Cuvette des Barometers über diesem Punkt			0,803 „

Pierre du Niton bis Sternwarte Genf, Cuvette des Barom. + 31,360 m

Der Anschluss des Klosters auf dem Grossen St. Bernhard an Pierre du Niton zerfällt sowohl nach der in Anwendung gekommenen Methode der Beobachtung, als auch was das Personal und die Instrumente betrifft, in folgende vier Sektionen:

1. Pierre du Niton bis Bouveret,
2. Bouveret bis Martigny,
3. Martigny bis Bourg St-Pierre,
4. Bourg St-Pierre bis Hospiz Grosser St. Bernhard.

In der ersten Sektion Pierre du Niton-Bouveret hat Plantamour den glücklichen Gedanken verwirklicht, den Höhenunterschied mittelst Beobachtung und Vergleichung des Seespiegels in Genf und Bouveret zu ermitteln. In Bouveret diente als Ausgangspunkt für die zweite Sektion eine Höhenmarke auf der Mauer des linken Widerlagers der Brücke über die Bouverette, nahe bei der Mündung des Baches in den See und dieser Repère war gleichzeitig mit Pierre du Niton in Genf an das Niveau des Sees anzuschliessen. Plantamour schreibt hierüber: <sup>1)</sup>

„Pour nous mettre à l'abri des causes d'erreurs pouvant résulter de l'altération locale et momentanée de la surface du niveau du lac, qui se présente assez fréquemment et qui est connue sous le nom de seiche, la hauteur du lac a été mesurée non seulement au limnimètre de Genève, mais aussi aux limnimètres établis dans plusieurs ports du canton de Vaud, au même instant où M. Torcapel mesurait au Bouveret la hauteur du repère de la Bouverette au-dessus du lac. Les limnimètres des ports vaudois, établis et comparés par les soins de M. Burnier, ont été reliés à celui de Genève et au repère de la Pierre du Niton par une très nombreuse série d'observations, en sorte que leurs indications peuvent fournir à un moment donné la hauteur des eaux dans chacun de ces ports au-dessous du repère de la Pierre du Niton.“

Die Simultanbeobachtungen vom 16. Mai haben dann folgende Resultate ergeben:

<sup>1)</sup> Bibl. Univ. S. et A. 1855, p. 101.

Limnimeter von	Höhe von Pierre du Niton über dem See
Genève . . . . .	+ 1,91 m
Morges . . . . .	1,88 „
Ouchy . . . . .	1,85 „
Vevey . . . . .	1,89 „
	<hr/>
	Mittel 1,88 m
Gleichzeitig gemessene Höhe der Höhenmarke der Bouverette über dem See . . . . .	2,08 „
Pierre du Niton bis Höhenmarke Bouverette . . . . .	+ 0,20 m

Das Nivellement der zweiten Sektion, Le Bouveret bis Martigny, ist 1854 von einem Walliser Ingenieur Chappex<sup>1)</sup> als Doppelnivellement zu Eisenbahnzwecken ausgeführt worden. Alle Strecken, die bei zwei aufeinanderfolgenden Höhepunkten zwischen der ersten und zweiten Operation eine Differenz von 1 cm oder mehr ergaben, sind ein drittes Mal nivelliert worden. Als Endpunkt in Martigny resp. als Ausgangspunkt der dritten Sektion wurde der Scheitelpunkt des Obelisk auf dem grossen Platze benützt und es ist dankenswert von der geodätischen Kommission, dass sie diesen Punkt im Jahre 1872 an N. F. 78 an der Pfarrkirche, resp. an das zwei Jahre früher von Ingenieur Benz zwischen Lausanne und Brig ausgeführte Präzisionsnivellement hat anschliessen lassen.<sup>2)</sup> Als Resultat des Doppelnivellements Chappex wird angegeben:

Bouveret, Repère Bouverette bis Martigny, obélisque + 97,87 m.

Von Martigny bis Bourg St-Pierre hat Ingenieur Torcapel im Auftrag von Plantamour und Burnier ein Doppelnivellement in der Zeit von Ende April und Anfang Mai 1855 ausgeführt. Einige Strecken sind ein drittes Mal nivelliert worden, indem das Nivellement wiederholt worden ist, wenn die Differenz aus den zwei ersten Operationen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Höhenpunkten 4 oder 5 cm überschreitet. Torcapel hat sein Nivellement beim Eingang ins Dorf Bourg St-Pierre auf der Türschwelle der zweiten Scheune links, des Schnees wegen, der noch auf der Strasse lag, abrechnen müssen. Als Resultate seines Doppelnivellements wird angegeben:

Martigny-Bourg St-Pierre: Nivellement aufwärts	1149,14 m
„	abwärts 1148,92 „
	<hr/>
	Mittel 1149,03 m

Übertragen wir diese Höhendifferenz mit dem Nivellement Plantamour auf Türschwelle Kirche, Nordfassade, welcher Punkt zwar

<sup>1)</sup> Später Staatsrat des Kantons Wallis und Ständerat.

<sup>2)</sup> Niv. de préc. suisse, p. 267.

nicht weiter bezeichnet ist, aber doch mit ca. 1—2 cm Unsicherheit heute wieder ermittelt werden kann, so erhalten wir als Resultat:

Martigny-Bourg St-Pierre . . . + 1158,16 m.

Die letzte Sektion endlich von Bourg St-Pierre bis Hospiz ist von Burnier und Plantamour zusammen in der Zeit vom 29. Juli bis 4. August nivelliert worden. Plantamour schreibt hierüber:

„Chacun de nous opérerait séparément avec un niveau à lunette, et une mire, et nous contrôlions au fur et à mesure les résultats, obtenus entre des points de repères communs pris de distance en distance. L'écart entre la valeur obtenue par chacun de nous pour la différence totale de niveau entre St-Pierre et l'hospice n'est que de 6 centimètres.“

Als Resultat wird angegeben:

Bourg St-Pierre, Kirche bis Hospiz, Barometergefäss + 845,47 m.

Wir erhalten so die folgende Zusammenstellung, wenn wir in derselben auch die Resultate des alten, sowie diejenigen eines neuen, 1905 und 1906 erstellten Präzisionsnivellements, von dem auf den folgenden Seiten die Rede sein wird, aufnehmen. Plantamour rundet seine Resultate auf Zentimeter ab; wir tun hier dasselbe für die Neunivellemente.

Punktbezeichnung	Nivellement Burnier, Plantamour, Chappex, Forenpeil	Neunivellement	Altes Niv. - Neuniv.
	m	m	m
Sternwarte Genf, Barometergefäss bis Pierre du Niton . . . . .	— 31,36	— 31,37 1905	+ 0,01
Pierre du Niton bis Bouveret, Brücke . . . . .	+ 0,20	} + 98,14 1870/82	— 0,07
Bouveret, Brücke bis Martigny, Obelisk . . . . .	+ 97,87		
Martigny, Obelisk bis Bourg St- Pierre, Kirche . . . . .	+ 1158,16	} + 2004,09 1905/06	— 0,46
Bourg St-Pierre, Kirche bis Hos- piz, Barometer . . . . .	+ 845,47		
Genf, Pierre du Niton bis Hospiz, Barometer . . . . .	+ 2101,70	+ 2102,23	— 0,53
Genf, Barometer, Sternwarte bis Hospiz, Barometer . . . . .	+ 2070,34	+ 2070,86	— 0,52

Für die richtige Würdigung der Schwierigkeiten, die im Nivellement Plantamour-Burnier auf der letzten Sektion Bourg St-Pierre-Hospiz zu überwinden waren, ist es notwendig, daran zu erinnern,

dass die jetzige Strasse ganz neuern Datums ist und dass früher der ganze Verkehr durch den schlechten, steilen Saumweg ging, der heute von Cantine de Proz an als Abkürzung für Fussgänger benutzt wird. Nach Vollendung der Kunststrasse auf italienischem Gebiet hat das Militär-Geographische Institut in Florenz 1904 ein Präzisionsnivellement bis zum Hospiz ausführen lassen, nachdem es bereits früher an die Abteilung für Landestopographie der Schweiz das Ansuchen hatte ergehen lassen, dass auch schweizerischerseits ein Nivellementsanschluss im Hospiz erstellt werde.<sup>1)</sup> Dieses Nivellement ist im Herbst 1905 nach Vollendung des Simplonnivellements von Martigny bis Orsières geführt, dann im Sommer 1906 vollendet worden, und hat ca. zwei Monate Zeit gebraucht, wobei bemerkt werden muss, dass das Nivellement auch auf italienisches Gebiet bis zur Cantine d'Aosta, d. h. auf eine Entfernung von 4 km vom Hospiz mit 260 m Gefälle geführt worden ist, um im Falle des Auftretens von systematischen Fehlern, wie sie von einer unsichern Kenntnis der wahren Lattenlängen bei einer stetigen Steigung bis zur Höhe des Hospizes hätten herrühren können, eine Kontrolle durch ein Nivellement mit starkem Gefälle zu erhalten. Glücklicherweise haben in diesem Bergnivellement, wie wir weiter unten sehen werden, die von den Lattenlängen abhängigen systematischen Fehler fast vollständig vermieden werden können, und ich erlaube mir, mit Erlaubnis der Direktion der schweizerischen Landestopographie, im Folgenden auf die Vorbereitungen zu diesem Nivellement und die hauptsächlichlichen Resultate desselben etwas einzugehen.

Zunächst hat die Abteilung für Landestopographie grosse Sorgfalt auf die Anlage der Höhenmarken verwendet und da es sich herausgestellt hat, dass hauptsächlich die mit wagrechter Achse in vertikale Mauerflächen mit aus dem Mauerwerk frei hervorragenden Kopf einzementierten Höhenpunkte der Beschädigung und Zerstörung ausgesetzt sind, so hat die Landestopographie auf dieser Linie zum erstenmal Bolzen mit Schutzkappen eingeführt.<sup>2)</sup> Der Kopf des Metallbolzens hat ein Bohrloch, auf dessen Zentrum sich die Höhenangabe bezieht. Über den Kopf des vollständig in den Stein eingelassenen Bolzens wird eine Schutzkappe sehr fest aufgeschraubt, so dass sie nur mittelst eines starken Schlüssels losgeschraubt werden

<sup>1)</sup> Prof. R. Gautier hat bereits 1901 in der Sitzung der schweiz. geod. Kommission die Anregung hiezu gegeben.

<sup>2)</sup> Von den 128 Metallbolzen, die Ing. H. Frey in den Jahren 1898—1900 auf der Simplonstrasse zwischen Brig und Iselle hat anbringen lassen, ist heute kaum ein einziger zu finden, der nicht Spuren von Beschädigungen trägt.

kann. Die Löcher zum Einsetzen der Schlüsselstifte werden mit Glaserkitt ausgefüllt. Der Nivellierstift, der ins Bohrloch eingeführt werden muss, trägt an seinem vordern Ende eine gratförmige Erhebung (Schneide), auf welche die Mire aufzusetzen ist. Diese Schneide entspricht genau dem Mittelpunkt des Bolzens und Stiftes und befindet sich somit in jeder Lage des Letztern in der Mitte des Bohrloches.

Der Ausgangspunkt des Neunivellements ist N. F. 78 an der Kirche in Martigny Ville und dessen Versicherungen, welche letztere 1897 erstellt, sich 1905 noch alle als intakt erwiesen haben. Das Präzisionsnivellement ist als vollständig unabhängiges Doppelnivellement durchgeführt worden, indem Ingenieur R. Gassmann die Messung talabwärts übernahm, während der Berichtersteller in der Richtung Martigny-Grosser St. Bernhard nivelliert hat. Die Strasse ist an vielen Stellen so schmal und der Wagenverkehr im untern Teile während der Weinlese so ausgedehnt, dass es ein Ding der Unmöglichkeit gewesen wäre, die beiden Latten gleichzeitig nebeneinander aufzustellen. Wir haben deshalb im Simplonnivellement und hier die pag. 27 des Nivellementsberichts 1893-1903 angegebene Nivellementsmethode<sup>1)</sup> unter Billigung von Seiten der Direktion der Landestopographie und nach einem sehr günstig ausgefallenen Versuche auf der Strecke Nyon-Genève insoweit abgeändert, dass, während Mire 1 auf den Ausgangspunkt gestellt wird, die andere Latte 2 gleichzeitig in gleicher Entfernung vom Instrument wie Nr. 1 in Richtung der fortschreitenden Arbeit zur Aufstellung kommt. Die Aufstellungspunkte werden zum voraus für Instrument und Latte mit einer Schmur möglichst scharf festgelegt, so dass beim Übergang vom Rückblick in den Vorblick der Auszug des Fernrohrs nicht verändert werden muss. Hat der Ingenieur das Instrument richtig gestellt, so wird bei einspielender Libelle zuerst Latte 1, dann Latte 2 abgelesen und hierauf die Ablesung in der gleichen Reihenfolge wiederholt, nachdem, wenn nötig, das Instrument inzwischen eine nochmalige Berichtigung erfahren hat. Alsdann kommt Latte 1 über Latte 2 hinaus in ihre nächste Station und das Instrument kommt wieder in die Mitte zwischen beide Miren. Auf diese Weise wird es möglich, eine allfällige Veränderung des Instrumentenstatifs zwischen Rück- und Vorblick zu kontrollieren; auch wird bei unsicherem Terrain das Einsinken der Lattenplatten geringer und nimmt nicht nahe


<sup>1)</sup> J. Hilfiker, Bericht der Abteilung für Landestopographie an die schweiz. geodätische Kommission über die Arbeiten am Präzisionsnivellement der Schweiz in den Jahren 1893-1903. Zürich 1905.



denselben Betrag für beide Miren an, wie das der Fall ist, wenn die zwei Lattenträger gleichzeitig hart nebeneinander zu stehen kommen.

Wir haben auch versucht, einen vielfach konstatierten Übelstand zu beseitigen, der mit der Unterlagsplatte der Miren zusammenhängt und der darin besteht, dass bei ungenügender Sorgfalt der Lattenträger beim Wenden der Mire die Unterlagsplatte verrückt werden kann. Um möglichst zu verhüten, dass die Unterlagsplatten der Miren zwischen dem Rück- und Vorblick eine Senkung erleiden, wird den Lattenträgern ein Scharreisen mitgegeben, mit dem sie den Strassenstaub und nach Niederschlägen die oberste Schicht der Strasse wegkratzen müssen, um so der Platte eine unveränderliche Lage zu sichern. Seit 1902 waren wir bestrebt, für die Latten ein Gestell zu konstruieren, das eine sichere Aufstellung der Latte und insbesondere das Einspielen der Dosenlibelle der Mire mit Schrauben ermöglicht und ein Drehen um die vertikale Achse der Latte in der Fussplatte gestattet. Ein erster Versuch schlug fehl infolge zu geringer Widerstandskraft des Gestelles gegen Wind, dagegen gelang es 1904, durch Anbringen von zwei Streben mittelst drehbaren Gelenken am oberen Ende der Latte das Problem zu lösen: Im schweizerischen Präzisionsnivellement ist die erste Latte mit Gestell im Sommer 1904 vom Berichterstatter auf der Strecke Saanen Montbovon-Freiburg verwendet worden. Bei diesem ersten Lattengestell wurden die Streben aus Bambusstäben verfertigt, die aber mit der Zeit durch das Gewicht der Metallteile des Schraubenapparates eine starke Verbiegung zeigten, die ein leichtes Drehen der Latte um ihre Achse störte. In neuerer Zeit verwendet Kern in Aarau leichte Messing- und Stahlröhren zu den Streben und es dürfte möglich werden, das Gewicht des Gestelles durch Verwenden von Holzstreben erheblich zu vermindern.

Das Längenprofil längs der Bergstrasse zeigt von N. F. 78 in Martigny bis zum Hospiz des Grossen St. Bernhard ein kontinuierliches Ansteigen im Betrage von nahe 2000 m. Es war deshalb notwendig, sorgfältige und häufige, wenn immer möglich tägliche Bestimmungen der Lattenlänge auszuführen, denn bei einer so grossen Erhebung des Endpunktes über dem Ausgangspunkte können auch kleine Fehler in der Annahme des Wertes für den Lattenmeter zu bedeutenden, den Dezimeter erreichenden systematischen Fehlern anwachsen. Bislang sind im schweizerischen Präzisionsnivellement für die Lattenvergleiche vom Jahre 1893 an Stahlstäbe von 1 m Länge verwendet worden, die als einzige Teilung auf einer abgeschrägten Kante die 0 und 1 Meter-Striche, sowie anschliessend eine

Nonienteilung von 9 mm gleich 10 Teile des Nonius tragen. In einer Vertiefung in der Mitte des Stabes wird ein Quecksilberthermometer angebracht, das zur Bestimmung der Stablänge bei verschiedenen Temperaturen dienen soll. Die Vergleichung am Komparator in Bern geschieht im Mittel bei einer Temperatur von ca. 18° C., bei den Feldvergleichen dagegen treten Temperaturen von 5° bis ca. 30° auf, so dass für die Reduktion meist ein sehr beträchtliches Temperaturintervall in Frage kommt. Es ist aber gar nicht leicht, die wirkliche Temperatur eines Stahlstabes im Felde zu bestimmen, denn man ist nie sicher, ob die Thermometerablesungen nicht vielmehr die Temperatur der umgebenden Luft als diejenige des Stahlstabes anzeigen. Nun sind in den letzten Jahren hauptsächlich im Internationalen Meterbureau in Breteuil Versuche mit einer Legierung von Nickel und Stahl angestellt worden, die beweisen, dass bei einem bestimmten Prozentsatz und einer gegebenen Temperatur ein Metall (Invar) erhalten wird, das einen viel geringeren Ausdehnungskoeffizienten als Stahl aufweist<sup>1)</sup> und somit sich zu Vergleichsstäben eignet. Es hat deshalb die Abteilung für Landestopographie im November 1904 bei der „Société Genevoise pour la construction d'instruments de physique et de mécanique“ an Stelle des Stahlstabes einen Invarstab mit -förmigem Querschnitt bestellt, der den Stab möglichst gegen eine Durchbiegung schützt. An beiden Stabenden sind in ausgelochte Öffnungen Glaslamellen unverrückbar eingesetzt, auf deren Unterseite die vor- und rückwärtslaufenden Nonien auf 1 m Distanz eingraviert sind. Die Nonienablesung geschieht mittelst einer einfachen Lupe. Jeder der beiden Nivellementsingenieure erhielt einen solchen Invarstab zugeteilt und da die Unverrückbarkeit der Glaslamelle erst noch nachzuweisen war, wurden 1905 die bislang verwendeten Feldstäbe auch mitgeführt.

Der Ausdehnungskoeffizient des Invarstabes Nr. 1 hat sich aus Vergleichungen von Ingenieur R. Gassmann am Komparator der Landestopographie ergeben zu

0,0018 mm,

während für die Vergleichsstäbe aus Stahl im Mittel anzunehmen ist

0,012 mm,

so dass das Resultat für den Feldstab Invar Nr. 1 sich sieben mal günstiger stellt als für Stahl.

Die Längenvergleichen am Komparator haben ergeben:

1905 Frühlingsvergleich 1000,149 mm;

Herbstvergleich 1000,154 „

Im Winter 1905/06 sind die Stäbe in die Reparatur gekommen.

<sup>1)</sup> Vergl. Ch. Guillaume, Les applications des Aciers au Nickel, Paris 1904.

1906 aus 15 Beobachtungen in 4 Lagen Stablänge = 1000,044 mm  
 1907 Frühling 4 " " 4 " " = 1000,046 "  
 Eine Veränderung der Glaslamelle ist somit nicht nachweisbar.

Feldvergleichen mit 2 Stäben sind vom Referenten 1905 an 57 Tagen angestellt worden. Die Differenz der Lattenkoeffizienten, abgeleitet aus Invarstab 1 und Stahlstab 4, ist für beide Miren übereinstimmend im Mittel 0,011 mm und bestätigt somit das Resultat, das im „Nivellementsbericht 1893—1903“ pag. 15/16 angegeben wurde; der Maximalbetrag geht aber bis zu 0,042 mm, und zeigt somit, wo bei Gebirgsnivellements noch Quellen für systematische Fehler zu suchen und zu heben sind. Sicher spielt die Beleuchtung bei den Stabvergleichen eine grosse Rolle und dann muss versucht werden, die Lupe durch ein Ablesemikroskop mit beweglichem Doppelfaden zu ersetzen, so dass auf beiden Stabenden das Intervall Lattenstrich-Nullstrich des Stabes eventuell bei künstlichem Licht mit der Trommel gemessen werden kann. Diese wichtige Umformung ist für unsere Invarstäbe im Winter 1907 von Mechaniker Zulauf in Zürich nach Zeichnungen der Abteilung für Landestopographie durchgeführt worden. Die zwei Mikroskope können für die Vergleichen auf dem Stab festgeschraubt werden; für den Transport kommen sie in ein Etui. Eine Umdrehung der Messschraube entspricht 0,2504 mm.

1 Trommelteil = 2,504  $\mu$  = 0,0025 mm.

An Latten sind in Verwendung gekommen:

1. Von Herrn Gassmann im Jahre 1905 Mire Nr. 7 vom Typus des alten Präzisionsnivellements und eine neue Reversionsmire mit Gestell, 1906 zwei Reversionsmiren mit Gestell.

2. Vom Referenten zwei Kompensationsmiren Nr. 9 und 10 nach System Goulier, von denen No. 10 mit Lattengestell.

Die angewandte Beobachtungsmethode verlangt eine genügend scharfe Ableitung der Gleichung des Lattenpaares. Zu dem Zwecke werden beide Miren nacheinander auf denselben Fixpunkt gestellt; die Differenz der Ablesungen gibt alsdann die Gleichung der Miren. Für das Paar der Kompensationsmiren Nr. 9 und 10 wurde z. B. erhalten:

Meter	Mittel Differenz 9—10	Anzahl der Beobachtungen
0,535	+ 0,135 mm	11
1,517	+ 0,155 "	20
2,248	+ 0,168 "	6
Mittel	+ 0,153 $\pm$ 0,011	37

Bei den mit horizontaler Achse in vertikale Mauer- oder Steinflächen einzementierten Höhenmarken ist der aus dem Mauerwerk hervorragende Kopf fast nie völlig horizontal, sondern meist etwas nach oben geneigt, so dass in diesem Falle auf eine der vier Ecken des stählernen Lattenfusses gestellt werden muss. Es sind somit noch Konstanten aus dem Nivellement abzuleiten, welche die Reduktion auf Lattenmitte angeben. Für das obige Lattenpaar ist diese Reduktion:

Mire	Reduktion auf Mitte Lattenfuss			
	Vorn rechts	Vorn links	Hinten links	Hinten rechts
	mm	mm	mm	mm
9	— 0,07	0,00	— 0,21	— 0,01
10	— 0,04	0,00	— 0,07	+ 0,05

Die Kompensationsmiren haben den grossen Vorteil, dass die Kontrolle für die Lattenlänge sich mehrmals täglich wiederholen lässt, während man sich bei Stabvergleichen des grossen Zeitaufwandes wegen zufrieden geben muss, wenn überhaupt pro Tag eine Vergleichung erhalten werden kann. Nun zeigen aber die Kompensationsmiren infolge des Gewichtes der Metallstäbe immer Durchbiegungen, die sich bei der Vergleichung mit einem Meterstab trotz aller Vorsicht und Anwendung von Unterlagsklötzchen sehr störend bemerklich machen, indem hiebei die Lattenlänge meist zu kurz erhalten wird. Es ist deshalb notwendig, bei den grundlegenden Vergleichungen am Komparator die Ablesung der Kompensationsteilungen mehrfach zu wiederholen, daran anschliessend, eine Vergleichung mit dem Feldstab auszuführen und aus der Differenz der Lattenlänge am Komparator und Stabvergleichen Konstanten abzuleiten, welche an die Feldvergleichung anzubringen sind, um letztere auf den Komparator zu reduzieren.

Feldvergleichen mit Stäben sind auch bei Kompensationsmiren nicht zu umgehen, um ein Kontrollmittel an der Hand zu haben, falls der Kompensationsmechanismus aus irgend einem Grunde versagen sollte. Vor allem dürfen Kompensationsmiren nicht fallen und es müssen Miren in Gestellen bei unruhigem böigem Wetter stets im Auge behalten werden.

Bekanntlich ist im Präzisionsnivellement der Wind ein sehr störendes Element, besonders wenn er in der Nivellementsrichtung bläst. Nun soll bei starkem Wind nicht nivelliert werden. Bei

mässigem Wind kann man mit Vorteil einen Windschirm verwenden, der aus einem mit Segeltuch bespannten zerlegbaren Rahmen besteht. Herr Ingenieur H. Frey hat sich bereits in seinem Simplonnivellement vom Jahre 1900 durch Einführung eines Windschirms zu helfen gesucht und da in Nivellementsrichtungen von Westen nach Osten und umgekehrt die Sonnenstrahlung ebenfalls äusserst störend einwirkt, der bei tiefstehender Sonne durch einen Sonnenschirm allein nicht beizukommen ist, hat Ingenieur R. Gassmann den Windschirm auch gegen die Sonne anwendbar gemacht, indem er im Schirme eine Öffnung hat anbringen lassen, durch welche die Ablesung im Fernrohr geschieht. Ist das Wetter ruhig, so gibt die Kombination des Sonnen- resp. Regenschirms mit dem Windschirm ein schätzbares Mittel, um in der Sonnenrichtung arbeiten zu können. Solche Windschirme werden seit 1904 beständig verwendet.

Als Nivellierinstrumente wurden benützt: Von Herrn Gassmann das im Winter 1901/02 bei F. W. Breithaupt bestellte Nivellierinstrument nach System Seibt, vom Referenten ein neues, 1905 bei Kern & Co. in Aarau bestelltes Instrument mit Zeissoptik. Beide Beobachter haben durchwegs mit einer vierzigfachen Vergrösserung gearbeitet.

In der Zusammenstellung pag. 378 bilden wir ab N. F. 78 Kirche Martigny-Ville die im Hin- und Rücknivellement zwischen den Fixpunkten erster Ordnung gefundenen Höhendifferenzen und aus dem Mittel derselben die Coten über Pierre du Niton.

Die nach bekannten Formeln durchgeführte Fehlerrechnung lässt für Miren, in welche die Millimeterstriche mit der Teilmaschine eingeritzt sind, in überraschender Weise den günstigen Einfluss von sehr kleinen Distanzen erkennen, wie sie im Gebirgsnivellement nicht zu vermeiden sind und durch welche die bei grossen Distanzen und unbewölktem Himmel sonst so störenden Anomalien der Refraktion fast gänzlich eliminiert erscheinen. Hierbei muss erwähnt werden, dass wir zu unseren Nivellements hauptsächlich die Frühstunden des Vormittags, sowie die Zeit von 4 Uhr nachmittags ab verwenden. In jedem Fall dürfen wir aus der Zusammenstellung pag. 378 den Schluss ziehen, dass unsere im Nivellementsbericht 1893–1903 pag. 33 aufgestellte Behauptung, der mittlere Einkilometerfehler werde sich auch im gebirgigen Lande auf 1 mm herabmindern lassen, zu Recht besteht, denn der für die 46 km lange Strecke Martigny-Hospiz des Grossen St. Bernhard gefundene Einkilometerfehler des Doppelnivellements von nur  $\pm 0,45$  mm deckt sich fast vollständig mit den Resultaten der Fehlerrechnung, welche sich aus dem 1905 von

denselben Beobachtern durchgeführten Neunivellement auf der Simplonstrasse zwischen Brig und Iselle ergeben haben. Damals wurde gefunden:

Strecke	Dist.	Höhen- unterschied Mittel	Differenz D Hiltner-Gassmann	Mittlerer 1 Km.-Fehler des Doppelnivellements	
				$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{[AA]}{n}}$	$\frac{D}{2 \sqrt{\text{Distanz}}}$
	km	m	mm	mm	mm
Brig Fixpunkt 100, Nordportal des Simplontunnels bis Fixp. 61 Pass- höhe . . . . .	24,56	+ 1322,5472	- 4,6	± 0,41	± 0,46
Passhöhe, Fixp. 61 bis Iselle, Fixp. 91 Südportal des Simplontunnels .	25,17	- 1374,8890	+ 2,2	± 0,52	± 0,22
Brig Fixpunkt 100, Nordportal des Simplontunnels bis Fixp. 91 Süd- portal des Tunnels . . . . .	49,73	- 52,3418	- 2,4	± 0,47	± 0,17

Im Folgenden geben wir die Hauptresultate im Neunivellement auf der Strecke Martigny-Grosser St. Bernhard und bemerken dazu, dass jeder Beobachter sein Nivellement selbst reduziert hat. Herr Gassmann besorgte dann eine erste Zusammenstellung der Resultate, während der Referent im Juli 1907 eine Revision derjenigen Sektionen unternahm, für welche der Unterschied der beiden Nivellementsresultate pro Kilometer 1,5 mm überschreitet. Es waren so 3 km nachzunivellieren auf die Gesamtlänge von 46 km, d. h. also 6,5 %.

Das Barometer Gourdon im Hospiz des Grossen St. Bernhard hängt noch an derselben Stelle wie zur Zeit, da Plantamour das Nivellement ausgeführt hat und ist auch im Oktober 1900, als infolge eines Neubaus die Thermometer und Hygrometer anderweitig plaziert werden mussten, nicht verändert worden.<sup>1)</sup> Auch auf der Sternwarte in Genf hat man nichts an der alten Aufstellung des Normalbarometers geändert. Nun ist bei Anlass des Neunivellements Nyon-Genève-Moillesulaz im Jahre 1905 die Sternwarte Genf miteinbezogen worden, so dass auch hier eine direkte Vergleichung möglich ist. Wir haben gefunden

Pierre du Niton bis ☉ 63 Sternwarte, Sockel der Meridianspalte:

<sup>1)</sup> R. Gautier, Résumé météorol. de l'année 1901 pour Genève et le Grand St-Bernard, Genève 1902 p. 22, 29, 37.

# Präzisionsnivellement Martigny-Grosser St. Bernhard 1905/06.

Nivellementsstrecke	Dist.	Höhenunterschied			Differenz $D = H - G$	Mittlerer 1 Kilometer-Fehler des				Fixpunkt	Höhe über Pierre du Niton	Differenz der Coten $H - G$	Erlaubte Differenz nach Fehlergesetz $1 \text{ mm } \sqrt{\text{Distanz}}$
		Hilfiker	Gassmann	Mittel		einfachen Niv.		Doppelnivellement					
						$\sqrt{\frac{[dd]}{2n}}$	$n$	$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{[dd]}{n}}$	$\frac{D}{2 \sqrt{\text{Distanz}}}$				
km	m	m	m	mm	mm		mm	mm		m	mm	mm	
Martigny, Fixp. 78 Kirche bis Bovernier, Fixp. 98 Brücke über Dranse . . . . .	8,10	+ 145,5791	+ 145,5763	+ 145,5777	+ 2,8	± 0,60	11	± 0,42	± 0,50	78 98	+ 99,9340 245,5117	0,0 + 2,8	± 0,0 2,9
Bovernier, Fixp. 98 Brücke bis Sembrancher, Fixp. 97, Ge- meindehaus . . . . .	4,70	+ 94,6066	+ 94,6034	+ 94,6050	+ 3,2	± 0,59	4	0,42	0,74	97	340,1167	+ 6,0	3,6
Sembrancher, Fixp. 97 bis Or- sières, Fixp. 96 Kirche . . . . .	6,35	+ 171,2023	+ 171,2015	+ 171,2019	+ 0,8	0,46	5	0,32	0,16	96	511,3186	+ 6,8	4,4
Orsières, Fixp. 96 Kirche bis Liddes, Fixp. 95 Gemeinde- haus . . . . .	7,93	+ 463,3995	+ 463,4006	+ 463,4000	- 1,1	0,69	8	0,49	0,28	95	974,7186	+ 5,7	5,2
Liddes, Fixp. 95 bis Bourg St-Pierre, Fixp. 94 Felsen . . . . .	6,05	+ 289,0436 <sub>5</sub>	+ 289,0460 <sub>5</sub>	+ 289,0449	- 2,4	0,66	6	0,47	0,49	94	1263,7635	+ 3,3	5,7
Bourg St-Pierre, Fixp. 94 bis Pas de Marengo, Fixp. 93 Felsen . . . . .	7,28	+ 341,7677 <sub>5</sub>	+ 341,7700	+ 341,7689	- 2,3	0,54	7	0,38	0,44	93	1605,5324	+ 1,0	6,3
Pas de Marengo, Fixp. 93 Fel- sen bis Gr. St. Bernhard, Fixp. 92 Hospiz . . . . .	5,59	+ 490,9932	+ 490,9905 <sub>5</sub>	+ 490,9919	+ 2,65	0,81	6	0,57	0,55	92	2096,5243	+ 3,7	6,7
Martigny, Fixp. 78 Kirche bis Gr. St. Bernhard, Fixp. 92 Hospiz . . . . .	46,00	+ 1996,5921	+ 1996,5884	+ 1996,5903	+ 3,7	± 0,63	47	± 0,45	± 0,27	92	2096,5243	+ 3,7	± 6,7
Hospiz, Fixp. 92 bis Landes- grenze, Fixp. D, Felsen . . . . .	0,41	- 19,7440 <sub>5</sub>	- 19,7446 <sub>5</sub>	- 19,7443	+ 0,6								
Landesgrenze, Fixp. D bis Cantiniera d'Aosta, Fixp. [---] 29 A . . . . .	3,63	- 240,5221 <sub>5</sub>	- 240,5247	- 240,5234	+ 2,5								
Hospiz, Fixp. 92 bis Cantiniera d'Aosta, Fixp. [---] 29 A Hospiz, Fixp. 92 bis Hospiz, Altes Barometer . . . . .	4,04	- 260,2662	- 260,2693 <sub>5</sub>	- 260,2677	+ 3,1					Altes Barom	2102,229		

J. Hilfiker.

1905	30 VI	Hilfiker	+ 31,7254 m
1905	8 VI	Gassmann	+ 31,7242 „
1905		Mittelwert	+ 31,7248 m
1903	⊕ 63	bis Boden vor Barometer	- 1,1614 „
		Pierre du Niton bis Boden vor Barometer	+ 30,5634 m
		Boden bis Cuvette Barometer	+ 0,803 „
		Pierre du Niton bis Cuvette Barometer	+ 31,366 m

statt + 31,360 m nach Plantamour, wobei aber zu bemerken ist, dass nach pag. 367 das Resultat Plantamour ein Mittel aus 2 Einzelwerten darstellt, die um 6 Zentimeter auseinander gehen. Es folgt somit in Verbindung mit den Ergebnissen pag. 369:

Barometer Sternwarte Genf bis Barometer Hospiz + 2070,86 m  
statt + 2070,34 m.

Für die übrige Vergleichung mit den Resultaten Plantamour, welch letztere pag. 381 zusammengestellt sind, ist der Umstand erschwerend, dass die Höhenmarken des alten Nivellements nicht dauernd bezeichnet und auch in der Beschreibung ungenügend festgelegt worden sind. Immerhin lässt sich zwischen Pierre du Niton und N. F. 78 in Martigny eine Vergleichung zwischen dem Nivellement Plantamour-Chappex und dem Präzisionsnivellement ausführen, wenn wir im ersten den Höhenpunkt Scheitel des Obelisk in Martigny nach den Angaben des Catalogue des hauteurs auf N. F. 78 übertragen. Wir erhalten alsdann die pag. 369 mitgeteilten Resultate.

Die Hauptresultate unserer Zusammenstellung pag. 369 geben zu erkennen, dass in der relativ ebenen Strecke von Genf bis Martigny das Nivellement Plantamour-Burnier-Chappex nur um 6—7 cm vom Präzisionsnivellement der geodätischen Kommission abweicht, während dagegen in der 45 km langen Bergstrecke Martigny-Hospiz der Fehler im Nivellement Torcapel-Plantamour-Burnier auf 46 cm ansteigt, der zweifellos vorwiegend der Unsicherheit in der Lattenlänge im alten Nivellement zur Last fällt, denn Lattenvergleiche wurden zu jener Zeit gar keine ausgeführt; dazu treten dann noch die grossen Schwierigkeiten des Nivellements längs des Saumweges Bourg St-Pierre-Hospiz, wie wir sie weiter oben angedeutet haben.

Bilden wir in der Zusammenstellung pag. 378 für die Höhe über Pierre du Niton die Mittelwerte und rechnen wir ab N. F. 78 Martigny die orthometrische Reduktion nach der Formel

$$\gamma = - 0,0053 \sin 2\varphi \sum_A^B H m d\varphi$$



wo  $H_m$  den Mittelwert der absoluten Höhen von zwei aufeinanderfolgenden Punkten darstellt, und fügen wir zu  $\gamma$  die Konstante  $+ 9,4$  mm hinzu, um die orthometrische Reduktion ab Pierre du Niton zu erhalten,<sup>1)</sup> so ergeben sich die nachstehenden einfachen und orthometrischen Höhen über Pierre du Niton für die Höhenmarken auf dem Hospiz des Grossen St. Bernhard bis zur Cantine d'Aosta, die wir zum Zweck des Nivellementsanschlusses zwischen der Schweiz und Italien eingemessen haben. Durch Hinzufügen der Konstante 373,60 m gehen die Höhen über Pierre du Niton in absolute Höhen über:<sup>2)</sup>

Lage der Höhenmarken	Einfache Höhe über Pierre du Niton	Orthom. Reduktion		Orthometr. Höhe über Pierre du Niton
		ab N. F. 78 Marigny	ab Pierre du Niton Genève	
	m	mm	mm	m
Fixp. 92 Hospice, Maison neuve, angle Ouest . . . . .	+ 2096,5243	+ 29,0	+ 38,4	+ 2096,5627
Ital. Fixp. 34 Hospice, Maison neuve, angle Ouest . . . . .	2097,8411	+ 29,0	+ 38,4	2097,8795
Fixp. B Hospice, Maison neuve, façade Sud . . . . .	2096,0216	+ 29,0	+ 38,4	2096,0600
Fixp. C Hospice, Rocher de la Croix	2100,1058	+ 29,0	+ 38,4	2100,1442
Fixp. D Frontière, rocher, à 22 m du milieu du ponceau frontière . . .	2076,7800	+ 28,8	+ 38,2	2076,8182
Ital. Fixp. 33 Frontière, ponceau sur le ruisseau, qui marque la frontière .	2074,6415	+ 28,8	+ 38,2	2074,6797
Ital. Fixp. 29 A Cantine d'Aosta . .	1836,2566	+ 30,5	+ 39,9	1836,2965

<sup>1)</sup> J. Hilfiker, Höhenverhältnisse der Schweiz, pag. 67.

<sup>2)</sup> " " " " " " pag. 92.

# Resultate des Nivellements Plantamour-Burnier-Chappex-Torcapel,

Bibl. Univ., Genève, S. et A. 1855, pag. 103.

Numéro des repères	Cotes au dessus du niveau de la mer	Indication des repères	Bemerkungen des Verfassers dieser Mitteilung
	m		
1	376,64	Petite pierre du Niton	
2	376,84	Ponceau de la Bouverette, Bouveret	Brücke ist umgebaut.
3	417,38	St-Maurice, croix située à l'angle extérieur S. O. de la cour de l'hôpital	Nicht bezeichnet.
4	474,71	Martigny la Ville, sommet du socle de l'obélisque sur la grande place	Es ist dies ⊙ A im Cat. d. haut. p. 59.
5	603,86	Pont des Vallettes, culée droite, angle aval	Nicht bezeichnet.
6	622,55	Bovernier, Pont sur la Dranse, culée gauche, angle aval	Jetzt eine neue Brücke.
7	709,70	Sembrancher, pied de la croix devant la chapelle à l'entrée du village	Nicht bezeichnet.
8	890,27	Orsières, Hôtel des Alpes, seuil de la première porte	" "
9	1158,05	Fontaine, angle nord de la 2 <sup>me</sup> maison, pierre servant de coussinet	" "
10	1302,22	Liddes, Chapelle de St-Laurent, marche longeant la façade	" "
11	1378,34	Liddes, Chapelle de St-Laurent, première marche de l'escalier extérieur	" "
12	1623,74	Bourg St-Pierre, 2 <sup>me</sup> grange en entrant à gauche, seuil de la porte	" "
13	1632,87	Bourg St-Pierre, Eglise, face N., sur le seuil de la porte	" "
14	1802,32	Cantine de Proz, première marche du perron	" "
15	1915,58	Sommet du vallon de Proz, rocher près du pont	Herr Deléglise, prieur du St-Bernard, hat bei No. 15, 16, 17, 18
16	2099,75	Refuge, rocher devant le montant, en amont de la porte	u. 19 ein Kreuz in den Stein hauen
17	2189,90	Pont Hudry, pierre au milieu, en aval	lassen. Das Neunivellement folgt
18	2375,01	Pont sur la Dranse au bas de la Combe, pierre au milieu du dernier pont, en aval	der neuen Strasse.
19	2472,02	St-Bernard, sommet du col, sur une pierre au bas du perron du côté d'Aoste	Nicht bezeichnet.
20	2474,39	St-Bernard, porte d'entrée de l'hospice, sur le seuil, au haut du perron	Nicht bezeichnet.
21	2478,34	St-Bernard, cuvette du baromètre	Barom. hängt noch an ders. Stelle.

Ein neues Präzisionsnivellement auf den Grossen St. Bernhard.