

**Zeitschrift:** Die Eisenbahn = Le chemin de fer  
**Band:** 6/7 (1877)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Das schweizerische Präzisionsnivellement  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-5770>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 19.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

INHALT. — Das schweizerische Präcisionsnivellement, von Alb. v. Steiger. Mit einer Tafel als Beilage. — Étude sur le chemin de fer Nord-Est-Suisse, par Jules Coutin. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. — Literatur. Die Rigibahnen und das Zahnrad-System, von Roman Abt. — Kleinere Mittheilungen. — Eisenpreise in England, mitgetheilt von Herrn Ernst Arbenz. — Verschiedene Preise des Metallmarktes loco London. — Stellenvermittlung ehemaliger Studirender des Eidgen. Polytechnikums in Zürich.

TECHNISCHE BEILAGE. — Das schweizerische Präcisionsnivellement, von Alb. von Steiger. Nivellirlatte und Nivellirinstrument, Masstab: 1:4.

**Das schweizerische Präcisionsnivellement\*).**

(Mit einer Tafel als Beilage.)

*Operationsmethode auf dem Terrain, Reglement, Beobachtungsformulare.*

Da solche Arbeiten, abgesehen von den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern, vielen zufälligen Fehlern, wie Ablesungs-, Schreib- oder Rechnungsfehlern unterworfen sind, welche zu vermeiden besondere Vorsichtsmassregeln nothwendig machen, so werden für das Präcisionsnivellement Beobachtung und Berechnung ganz getrennt ausgeführt.

Die Beobachtungen oder Terrinaufnahmen werden während der günstigsten Jahreszeit von den Ingenieuren der geodätischen Commission nach besonderen Vorschriften ausgeführt, und sowohl Originale als collationirte Copien der Aufnahmen werden regelmässig an die Sternwarten von Neuenburg und Genf eingesandt, wo während des Winters die Reduction und Berechnung doppelt ausgeführt wird.

Wie wir später sehen werden, bewegt sich zwar der Beobachtungsfehler für eine einzelne Ablesung zwischen sehr engen Grenzen, doch ist, wie die Erfahrung gezeigt hat, die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass der Beobachter trotz aller Gewissenhaftigkeit, sei es beim Ablesen, sei es beim Aufschreiben Fehler von Centimetern, Decimetern oder sogar ganzen Metern macht.

Zwar soll zwischen den Ablesungen der drei Horizontalfäden immer eine gewisse Uebereinstimmung stattfinden, wenn sich aber der Ingenieur nicht sofort überzeugt hat, ob die Differenzen derselben annähernd gleich sind, so kann er bei einem allfälligen Fehler nicht wissen, welche Zahl er in der Berechnung als die richtige anzunehmen hat. Es ist daher, soll man sich über die Genauigkeit des Nivellements einer Strecke Rechenschaft geben können, irgend eine Controlle durchaus nothwendig.

Das Einfachste und Natürlichste wäre wohl, alle Strecken doppelt und zwar zu verschiedenen Zeiten durch verschiedene Beobachter mit verschiedenen Instrumenten nivelliren zu lassen. Da jedoch dadurch die Arbeit zu langwierig und auch zu kostspielig würde, so werden, wenn immer möglich, die zu nivellirenden Strecken so gewählt, dass sie ein geschlossenes Polygon bilden. In einem solchen Polygone werden sich die immer wiederkehrenden unvermeidlichen kleinen Beobachtungsfehler gegenseitig aufheben, schliesst sich aber dasselbe nicht genügend, so kann man auf einen grössern zufälligen Fehler schliessen, und die zweifelhafte Strecke durch ein zweites Nivellement controlliren lassen. Strecken, die nicht zugleich Polygonseiten sind, müssen natürlich doppelt nivellirt werden.

Ist  $k$  der Umfang eines Polygons in Kilometern ausgedrückt, oder die doppelte Länge einer zweimal nivellirten Strecke, so soll für ersteres der Schliessungsfehler oder für letztere der Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Nivellement die Grenze von  $3 \frac{m}{m} \times \sqrt{k}$  nicht überschreiten.

Für die Aufnahmen auf dem Terrain haben nun die Ingenieure nach folgenden Vorschriften zu verfahren:

1. Es soll soviel möglich aus der Mitte nivellirt werden, d. h. der Beobachter hat darauf zu sehen, dass die Latte in jeder Station des Instrumentes nach rückwärts und nach vorwärts gleich weit von diesem entfernt ist, zu diesem Zwecke soll der Lattenträger gewissenhaft die Schritte zählen. Der Unterschied der Distanz nach rückwärts und nach vorwärts soll  $10 \frac{m}{m}$  nicht überschreiten.

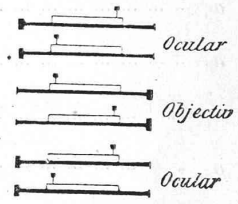
2. In ebenem Terrain soll im Mittel die Latte auf eine Entfernung von 30 bis 60  $\frac{m}{m}$  anvisirt werden, auf Bergstrassen ist die Entfernung der Latte vom Instrumente durch die Steigungsverhältnisse bedingt.
3. Die Nivellirlatte soll immer auf die zugehörige Eisenplatte gestellt und vom Gehülfen mit Hülfe der Dosenlibelle senkrecht gehalten werden. Letztere wird alle Tage mit Hülfe des Senkels verificirt.
4. Das Nivellirinstrument soll bei Sonnenschein im Schatten des Schirmes gehalten werden.
5. Der Ingenieur soll die drei Instrumentalfehler jeweilen beim Beginn und am Ende einer Serie von Beobachtungen bestimmen, d. h. wenn er das Instrument zusammengesetzt hat und bevor er es wieder einpackt. Jedenfalls sollen die Instrumentalfehler täglich wenigstens Ein Mal bestimmt werden.
6. Die drei Instrumentalfehler sind: die Collimation der optischen Axe, die Ungleichheit der Durchmesser der Fernrohrringe und der Libellenfehler.

a) Für die Bestimmung der Collimation der optischen Axe wird die Latte auf eine Entfernung von ungefähr 50  $\frac{m}{m}$  in ihrem Stativ festgestellt, dann wird am Nivellirinstrument die Ablesung in normaler Lage des Fernrohrs gemacht und aufgeschrieben, hierauf wird das Fernrohr um seine Axe um  $180^\circ$  gedreht und in dieser Lage die Ablesung auf der Latte notirt und schliesslich das Fernrohr in seine normale Lage zurück gedreht und nochmals die Ablesung gemacht.

Ist der Collimationsfehler grösser als fünf Bogensecunden, d. h. überschreitet für eine Entfernung von 100  $\frac{m}{m}$  der Unterschied der beiden Ablesungen  $5 \frac{m}{m}$ , so soll das Fadenkreuz centrirt werden.

b) Die Ungleichheit der Fernrohrringe wird bestimmt, indem das Fernrohr in seinen Lagern umgeschlagen und in dieser Lage die Libellenablesung gemacht wird. Zuerst wird die Libelle für die normale Lage des Fernrohres abgelesen, dann wird dieses sammt der Libelle in seinen Lagern umgelegt (ohne dass im Uebrigen Etwas am Instrument verändert wird), hier eine zweite Ablesung der Luftblase gemacht, und endlich dasselbe in der normalen Lage des Fernrohres wiederholt.

c) Der Fehler der Libelle wird Hand in Hand mit dem vorigen bestimmt, indem diese in jeder der eben erwähnten Lagen des Fernrohrs umgelegt wird. Auf diese Weise erhält man diesen Fehler dreimal und kann aus den drei Bestimmungen das Mittel nehmen. Ist der Libellenfehler grösser als zwei Theile der Theilung, so soll die Libelle corrigirt werden.



7. In jeder neuen Station des Instrumentes wird zuerst seine Drehaxe mittelst der Stellschrauben vertical gestellt, so dass das Fernrohr ohne grosse Ausschläge der Luftblase den Horizont durchlaufen kann; dann erst wird das Fernrohr mittelst der Elevationsschraube nahezu horizontal gestellt (die Libellen sind zu empfindlich, als dass man die Luftblase genau in die Mitte der Theilung bringen könnte). Während der Ablesung soll die Neigung des Fernrohres gewöhnlich nicht mehr betragen als drei Theile der Libelle (9 Sekunden) und darf nie grösser sein als fünf Theile.

8. Die Beobachtung geschieht in folgender Reihenfolge:

a) Wenn das Fernrohr horizontal gestellt, der Verticalfaden des Fadenkreuzes mit der Mittellinie der Latte zur Deckung gebracht und die Luftblase der Libelle zur Ruhe gekommen ist, wird die Stellung der Blase notirt und zwar so, dass zuerst in der Colonne links die Ablesung auf Seite des Oculars und in die Colonne rechts die Stellung des Blasen-Endes auf Seite des Objectivs aufgeschrieben wird; dabei werden die Zehntel der Theilung von Auge geschätzt.

b) Steht die Latte ruhig und vertical, so macht der Beobachter mit dem untersten beginnend die Ablesung der drei Horizontalfäden. Zuerst schreibt er die ganzen Centimeter, von denen jeder seine eigene Zahl trägt, ein, und dann schätzt er die Bruchtheile der Centimeter und Millimeter von Auge. Sind die 3 Ablesungen eingetragen, so überzeugt er sich von der Richtigkeit derselben, indem er ihre Differenzen bildet, welche sich annähernd gleich sein müssen.

\* Unter Benützung der im Verlage von H. Georg in Genf und Basel erschienenen 5 Lieferungen des: „Nivellement de précision de la Suisse“, exécuté par la Commission géodésique fédérale sous la direction de A. Hirsch et E. Plantamour.

- c) Endlich werden noch einmal die Enden der Luftblase auf  $\frac{1}{10}$  eines Theiles genau abgelesen und unter die erste Ablesung eingetragen.
9. Alle diese Beobachtungen werden in der Reihenfolge, in der sie gemacht werden, in die Beobachtungsformulare eingetragen. Die Stationen rückwärts werden mit  $a_1, a_2, a_3, \dots$  und die Stationen vorwärts mit  $b_1, b_2, b_3, \dots$  bezeichnet. Die erste der Stationen rückwärts und die letzte der Stationen vorwärts sind immer Fixpunkte, auf denen die Latte ohne Eisenplatte aufgestellt wird. Es ist den Ingenieuren förmlich untersagt nach Aufhebung der Latte oder des Instrumentes irgendwelche nachträgliche Correctionen an den Beobachtungen anzubringen.

*Bestimmung der Constanten der Instrumente. Aufstellung der Tafeln, Reductionsmethode und Berechnungsformulare.*

Wenn wir das bisher Gesagte zusammenfassen, so sehen wir, dass sich das schweizerische Präcisionsnivelllement von den gewöhnlichen, zu technischen Zwecken angewendeten, Nivellirmethoden hauptsächlich in Folgendem unterscheidet:

Die Empfindlichkeit der bei den Präcisionsinstrumenten nothwendigen Libellen gestattet nicht, ohne unverhältnissmässigen Zeitaufwand das Fernrohr genau horizontal zu stellen. Man begnügt sich daher, dieses nur annähernd in eine horizontale Lage zu bringen und berechnet aus der durch die Stellung der Luftblase angegebenen Neigung der Visirlinie und aus der

**Beobachtungsformular.**

*Stations en arrière.*

*Stations en avant.*

21 Juin. — Détermination des erreurs  $p, i$  et  $C.$

Station de la Mire	Lecture du Niveau		Lecture de la Mire			Station de la Mire	Lecture du Niveau		Lecture de la Mire		
	Ocul	Object	Fil inférieur	Fil de milieu	Fil supérieur		Ocul	Object	Fil inférieur	Fil de milieu	Fil supérieur
Position normale . . . . .	83	115				Position normale... . . . .	75	135	14906	14327	13740
	133	67					75	135			
Position inverse . . . . .	142	58				Position inverse ... . . . .	63	147	14908	14328	13744
	94	106					63	147			
Position normale . . . . .	103	100				Position normale... . . . .	100	113	14889	14314	13731
	141	62					130	113			
$a_1 = NF 25$ . . . . .	118	102	6332	6153	5971	$b_1$ . . . . .	128	90	15847	15674	15504
	120	100					128	90			
$a_2$ . . . . .	123	96	13769	13322	12856	$b_2$ . . . . .	67	153	15670	15215	14746
	123	96					57	163			
$a_3$ . . . . .	100	118	19244	18786	18317	$b_3$ . . . . .	132	84	10208	9739	9252
	97	119					132	84			
$a_4$ . . . . .	104	111	8604	8156	7699	$b_4$ . . . . .	123	93	21988	21530	21066
	104	111					121	95			
$a_5$ . . . . .	112	102	7064	6720	6361	$b_5$ . . . . .	110	102	16474	16172	15870
	111	103					108	104			
$a_6$ . . . . .	96	114	10542	10167	9790	$b_6$ vent . . . . .	123	86	12188	11754	11317
	97	113					128	83			
$a_7$ vent . . . . .	128	78	12404	12033	11657	$b_7$ " . . . . .	32	124	21818	21444	21056
	126	80					72	134			
$a_8$ " . . . . .	115	90	2188	1754	1327	$b_8$ " . . . . .	115	91	26628	26203	25774
	121	84					112	94			
$a_9$ " . . . . .	101	103	3868	3463	3050	$b_9 = NF 179$ . . . . .	110	96	15458	15060	14657
	103	101					107	99			

10. Die Aufnahmen sollen während der günstigen Jahreszeit ununterbrochen fortgesetzt werden und die in einem Tage durchschnittlich nivellierte Strecke 2,5 bis 3 Kilometer betragen. An Regentagen, oder wenn heftiger Wind die Arbeit unmöglich macht, sollen die Originalbeobachtungen copirt und mit Hilfe des Lattenträgers collationirt werden; dann werden die Originalblätter an die Neuenburger Sternwarte und wenn diese deren Empfang angezeigt hat, die Copien an die Genfer Sternwarte eingesandt.
11. Jedesmal wenn die Arbeit abgebrochen werden soll, wird die Latte auf einen Felsen, Markstein, eine Coulisse oder irgend ein anderes gemauertes Object aufgestellt und dieses mit Oelfarbe bezeichnet. Die Lage der so erhaltenen Fixpunkte soll genau bezeichnet in die Beobachtungsbücher eingetragen werden.

In allen bedeutenderen, an der zu nivellirenden Strecke liegenden Ortschaften, oder an andern Punkten, wo es die Umstände günstig oder nothwendig erscheinen lassen (z. B. Passhöhen, trigonometrische Signale etc.), werden überdies Fixpunkte erster Ordnung gesetzt. Diese sind bronzene Cylinder von ungefähr 10  $\frac{1}{m}$  Länge und 3  $\frac{1}{m}$  Durchmesser, welche mit Cement, Schwefel oder Blei senkrecht in einen Felsen oder einen soliden Fundamentstein, Sockel, Treppenstufe, Gesimse etc. eines öffentlichen Gebäudes eingekittet werden. Oben trägt dieser Cylinder eine polirte Scheibe von 6  $\frac{1}{m}$  Durchmesser, welche mit der Bezeichnung N F (nivelllement fédéral) und der Ordnungsnummer des Fixpunktes versehen ist.

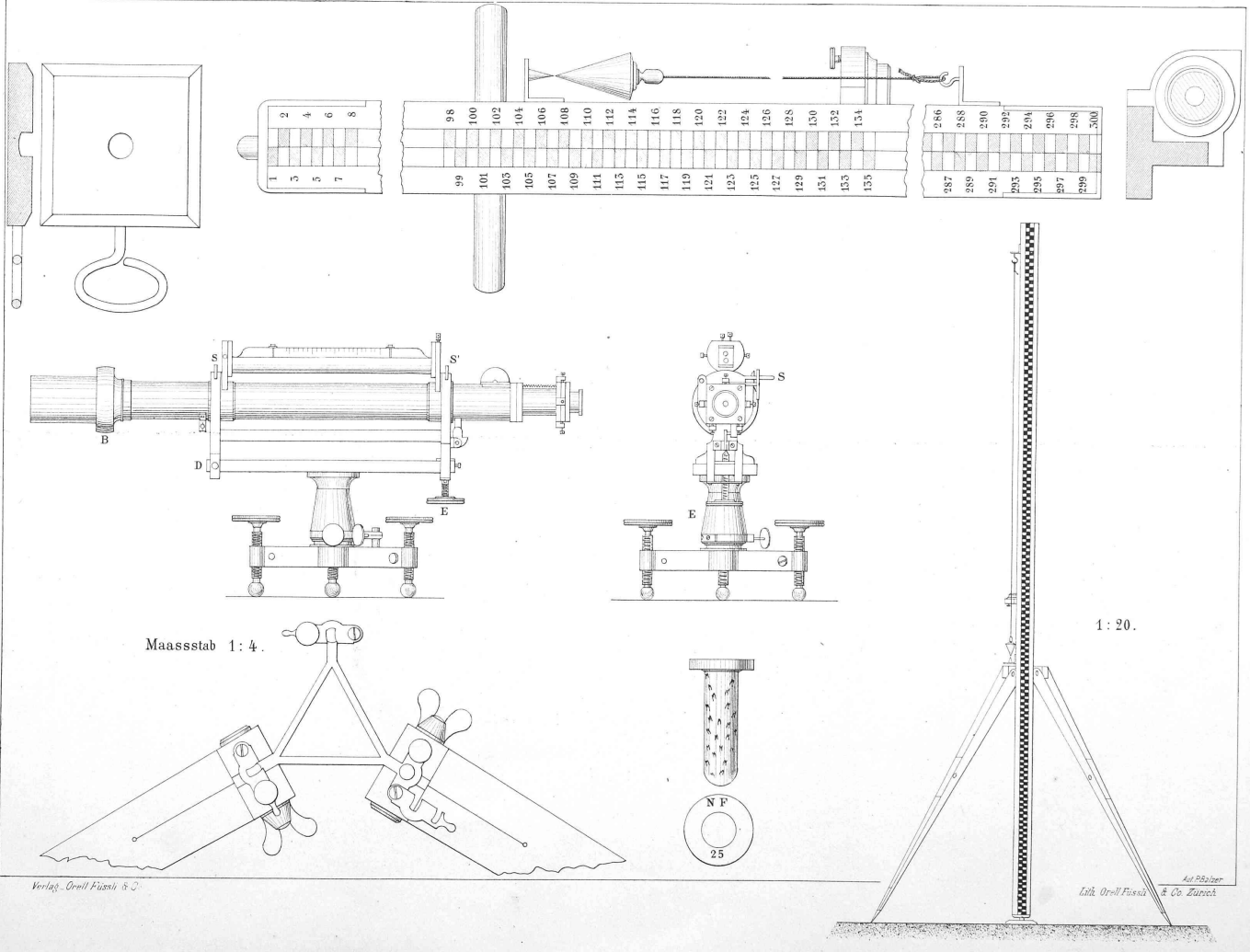
mittelst der Entfernung der Horizontalfäden bestimmten Distanz der Nivellirlatte die an der Ablesung anzubringende Correction, um die schiefe Visur in eine horizontale zu verwandeln. Im Uebrigen bieten drei Horizontalfäden eine grössere Sicherheit und Genauigkeit der Ablesung, als ein einziger und dann sind noch, wie wir gesehen, die Instrumente so construirt, dass der Einfluss ihrer Fehler durch Rechnung eliminirt werden kann. Schliesslich wird den Nivellirlatten eine ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt und ihre Länge durch wiederholte und verschiedenartige Messungen auf das Genaueste bestimmt.

Daraus geht hervor, dass, bevor man zu der Ausrechnung der Beobachtungen schreiten kann, die Constanten der Instrumente bestimmt werden müssen; aus den für dieselben gefundenen Werthen werden sodann für die Reduction leicht handliche Tafeln aufgestellt.

Diese Constanten, welche für jedes Instrument andere sind und mit der Zeit innerhalb sehr engen Grenzen etwas variiren, werden in der Regel zwei Mal jährlich, d. h. vor Eröffnung der Campagne und nach Einstellung der Terrainarbeiten bestimmt und sind folgende:

1. Der Winkelwerth einer Einheit der Libellentheilung.
2. Die Entfernung respective der Winkel der beiden äussern Horizontalfäden.
3. Der Winkelwerth für die Reduction des arithmetischen Mittels der drei Fäden auf den Mittelfaden und
4. Die wahre Länge der Nivellirlatten.

Die Theilung der Libelle und der Werth einer Einheit derselben wird mit Hilfe des dreifüssigen Kreises am Meridian-



Maassstab 1: 4.

1: 20.

Verlag Orell Füssli & Co.

Lith. Orell Füssli & Co. Zürich

Seite / page

170

leer / vide /  
blank

instrumente der Neuenburger Sternwarte gemessen. Zu diesem Zwecke wird die Libelle mittelst einer hölzernen Fassung an einem der Radien des Kreises befestigt und dieser so gedreht, dass die Luftblase die ganze Theilung der Libelle Strich um Strich durchläuft.

Für jeden derselben wird an den Microscopen die Grösse der Drehung des Kreises abgelesen. Bei dieser Prüfung haben sich die Ertel'schen Libellen als vollkommen regelmässig gekrümmt erwiesen. Dann wird der Meridiankreis so bewegt, dass die Luftblase jedes Mal die ganze Theilung durchläuft und an beiden Microscopen die entsprechende Drehung des Kreises abgelesen. Auf diese Weise wurden beispielsweise 20 Libellentheile gemessen und für dieselben ein entsprechender Winkelwerth des Meridiankreises von ungefähr Einer Minute gefunden. Für die bis jetzt angewendeten Libellen bewegte sich der Werth einer Einheit der Theilung zwischen drei bis fünf Bogensekunden und wurde mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,01$  bis  $\pm 0,03$  Sekunden bestimmt.

Um die Entfernung der Horizontalfäden im Fadenkreuze zu bestimmen, wird die Nivellirlatte in gemessenen Entfernungen von 30, 40, 50 bis 110 <sup>m</sup> vom Instrumente in ihrem Stative aufgestellt, und in jeder dieser Stellungen die Ablesung der drei Horizontalfäden gemacht, ist man so bei 110 <sup>m</sup> angelangt, so kommt man mit der Latte successive von 10 zu 10 <sup>m</sup> wieder zurück und macht wiederholt so viel solcher Serien als für ein befriedigendes Resultat nothwendig werden.

Bezeichnet man mit *A* die Entfernung der Horizontalfäden, mit *c* die zwischen denselben auf der Nivellirlatte eingeschlossene Anzahl Centimeter und mit *D* die Entfernung der Nivellirlatte vom Instrumente, so ist:

$$\frac{c}{D} = \text{tg } A'' \text{ oder wenn } \text{tg } A'' = A \times \text{tg } 1''$$

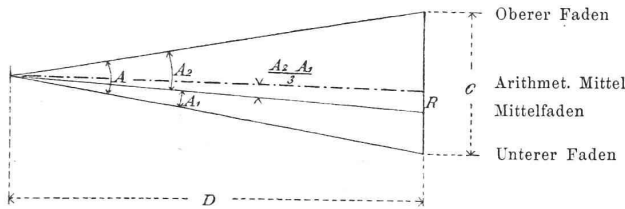
$$\frac{c}{D \times \text{tg } 1''} = A''$$

So wurde z. B. 1866 gefunden:

$$A_1 = \text{Unterer Faden} - \text{Mittelfaden} = 207'',3262$$

$$A_2 = \text{Mittelfaden} - \text{Oberer Faden} = 211'',3813$$

$$A = A_1 + A_2 = \text{Unterer Faden} - \text{Oberer Faden} = 418'',7075 \pm 0'',141$$



Aus denselben Werthen lässt sich auch die dritte zur Berechnung nothwendige Constante ableiten, nämlich der Winkelwerth zwischen dem Mittelfaden und dem arithmetischen Mittel der drei Fäden.

Dieses ist  $\frac{A_2 - A_1}{3}$  und da  $D = c \cotg A$ , so wird die am arithmetischen Mittel anzubringende Reduction

$$R = c \cotg A + \text{tg } \frac{A_2 - A_1}{3}$$

Wir haben oben schon erwähnt, dass im Anfange die Fernröhren mit einem einfachen Fadenkreuze und einem beweglichen Horizontalfaden versehen waren. Dieser wurde mittelst einer Micrometerschraube, welche unten eine in 100 Theile getheilte Trommel trägt, auf- und abwärts bewegt.

(Die Instrumente sind noch mit dieser Vorrichtung versehen, dieselbe wurde aber der Einfachheit wegen in der Zeichnung nicht angedeutet. Da in Folge derselben das Fernrohr am Ocular ziemlich beschwert wurde, so erklärt sich die Nothwendigkeit des beim Objectiv auf der Sonnenblende angebrachten Balancirringes B.)

Dieses Micrometer hatte zwei Zwecke, erstens den Winkel, unter welchem ein Centimeter der Lattentheilung auf verschiedene Entfernungen gesehen wurde, zu messen und so nach der Methode der Stadia diese Distanzen zu bestimmen und zweitens die Ablesung des festen Fadens auf der Latte mit grösserer Genauigkeit zu ermöglichen.

Zu diesem Zwecke wurde der bewegliche Faden zuerst auf dem untern Rande des Centimeters, dann auf den festen Faden und endlich auf den obern Rand des Centimeters eingestellt und in jedem dieser drei Fälle auf der Trommel der Micrometerschraube die Ablesung gemacht.

Der Werth eines Theiles der Trommel wurde ähnlich wie die Fadendistanzen bestimmt, indem nämlich die Ablesung in mehreren Serien auf der in gemessenen Distanzen aufgestellten Latte gemacht wurde, während man den beweglichen Faden eine gewisse Anzahl Centimeter durchlaufen liess. Die Erfahrung hat jedoch schon im ersten Jahre gelehrt, dass dieser bewegliche Faden mit Vortheil durch ein festes Fadenkreuz mit drei Horizontalfäden ersetzt werden kann, und zwar lässt sich mit diesem nicht nur rascher, sondern auch genauer arbeiten; auch braucht der Beobachter, wenn das Fernrohr einmal genau auf die Latte gerichtet und zugleich horizontal gestellt ist, das Instrument zum Zwecke der Ablesung nicht mehr zu berühren.

Bei einer auf beide Arten ausgeführten Bestimmung der Fadendistanzen, hat sich für den mittleren Fehler des Winkelwerthes derselben herausgestellt:

$$\text{Mittlerer Fehler einer Schätzung von Auge} = \pm 0'',838$$

$$\text{„ „ „ Messung mit dem Micrometer} = \pm 1'',112$$

Die Ersetzung des beweglichen Fadens durch drei feste Horizontalfäden ist demnach vollkommen gerechtfertigt.

Es ist für ein Präcisionsnivellement besonders in gebirgigen Gegenden von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit, dass der Massstab, mit welchem alle Höhenunterschiede gemessen werden, nämlich die Nivellirlatte, richtig, oder da diess nicht absolut möglich ist, wenigstens seine wahre Länge mit genügender Genauigkeit bekannt sei. Es wurde daher von den die Arbeit leitenden Mitgliedern der geodätischen Commission der Bestimmung der Gleichung und der wahren Länge der beiden Nivellirlatten ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt und um den Grad der Unveränderlichkeit dieser wichtigen Instrumente zu bestimmen, die Messung derselben alle Jahr zwei Mal vorgenommen.

Bis es möglich wurde, die absoluten Längen der Latten zu messen, wurde wenigstens ihre Gleichung zu bestimmen versucht und zwar geschah dies, wie zahlreiche spätere Messungen erwiesen haben, mit Erfolg auf folgende Weise:

Auf den Felsen vor der Sternwarte zu Neuenburg wurden in einem Höhenunterschied von ungefähr 290 <sup>m</sup> ein für alle Mal zwei bronzene Fixpunkte von oben beschriebener cylindrischer Form eingelassen und verkittet, das Instrument ebenfalls auf dem Felsen von beiden Punkten genau gleich weit (30 <sup>m</sup>) aufgestellt, um den Einfluss der Instrumentalfehler zu eliminiren, und dann die beiden Punkte erst mit der einen, dann mit der andern Nivellirlatte eine grosse Anzahl Male einnivellirt. Wird nun der Höhenunterschied der beiden Fixpunkte, in Einheiten der einen und der anderen Latte ausgedrückt, so lässt sich für die letztere leicht ihre Gleichung bestimmen.

So wurde als Höhenunterschied der Punkte gefunden:

$$\text{In Einheiten der Latte I} \quad h' = 2902,756 \pm 0''_{m},090$$

$$\text{„ „ „ „ II} \quad h'' = 2903,969 \pm 0''_{m},092$$

(Livre I. page 22—23.)

also die Gleichung für die Totallänge der Latten

$$I - II = - 1''_{m},255 \pm 0,128$$

um welchen Betrag also die Latte I länger wäre als Latte II. Ein so grosser Unterschied beider Latten machte es doppelt nothwendig, dieselben auf ihre absoluten Längen zu prüfen.

Sobald daher auf der eidgenössischen Aichstätte in Bern der Vergleichsapparat (ein 3 <sup>m</sup> langer Eisenstab, dessen Ausdehnungscoefficient und dessen Gleichung in Bezug auf das eidgenössische Meter-Prototyp, welches hinwiederum mit dem bisherigen „*mètre des archives*“ in Paris genau verglichen ist, von Professor Wild bestimmt wurde) aufgestellt und zum Gebrauch eingerichtet war, wurde von den Herren Professoren Hirsch und Plantamour die erste Messung der Latten vorgenommen.

Diese Vergleichung mit dem Normalmass geschieht mit Hülfe zweier Microscope von zwanzigfacher Vergrösserung und ergab unter Berücksichtigung der Correction des Stabes und der während der Beobachtung herrschenden Temperatur, dass beide Latten merklich zu lang sind, und zwar beträgt die

$$\text{Correction für Latte I} = 2''_{m},424$$

$$\text{„ „ „ II} = 1''_{m},212$$

$$I - II = - 1''_{m},212$$

d. h. auf  $\frac{4}{100} \text{ }^m_m$  genau das durch directe Vergleichung der beiden Latten erhaltene Resultat.

Diese Vergleichungen und Messungen sind nun während einer Reihe von mehr als 10 Jahren fortgesetzt worden und es hat sich dabei herausgestellt, dass die atmosphärischen Einwirkungen äusserst gering und die Länge der Latten ziemlich constant geblieben ist.

Durch Vergleichung der zahlreichen auf der Aichstätte in Bern und auf den beiden Fixpunkten der Neuenburger Sternwarte gemachten Beobachtungen, ist es möglich geworden, den wahren Höhenunterschied dieser Punkte mit grosser Genauigkeit anzugeben, nämlich

$$H = 2905 \text{ }^m_m, 230 \pm 0,019$$

und die Länge einer Einheit der Latten in absoluten Längen auszudrücken. Es ist demnach mit sehr geringen Schwankungen von Jahr zu Jahr als Mittel der eilfjährigen Messungen und Vergleichungen gefunden:

$$1 \text{ }^m_m \text{ der Latte I} = 1 \text{ }^m_m, 000697 \pm 0 \text{ }^m_m, 031$$

$$1 \text{ }^m_m \text{ " " II} = 1 \text{ }^m_m, 000317 \pm 9 \text{ }^m_m, 032$$

(Livre V. page 292.)

Die Resultate des Nivellements müssen daher, um in absolutem Masse ausgedrückt zu sein, je nachdem die betreffende Strecke mit Latte I oder II nivellirt wurde, mit einem der obigen Factoren multiplicirt werden.

Wenn das Unternehmen des Präcisionsnivellements für die Schweiz beendigt sein wird und man für das gesammte Netz die Ausgleichung machen und die absoluten Höhen berechnen kann, so werden alle bis dahin gemachten Messungen der Nivellir-latten zusammengestellt, daraus ihre definitiven Werthe bestimmt und mit denselben nochmals die Reductionen aller mit diesen Latten ausgeführten Nivellements vorgenommen.

Sind nun die Constanten der Instrumente auf die angeführte Weise alle bestimmt, so construirt man sich, bevor man zu der eigentlichen Berechnung schreitet, die nöthigen Tafeln. Wir unterscheiden deren vier, und wollen, um lange Erklärungen zu vermeiden, deren Einrichtung an der Hand der im Sommer 1876 für Instrument Nr. I und Latte Nr. I gültigen Werthe mit Zahlenbeispielen erläutern.

Gefundene Werthe der Constanten:

$$A = 414'' , 05 \pm 0', 48 \text{ Fadendistanz}$$

$$\frac{A_2 - A_1}{3} = + 1'' , 04 \pm 0,076 \text{ Reduction auf Mittelfaden}$$

$$1'' = 3'' , 05 \pm 0,018 \text{ Werth einer Einheit der Libellentheilung}$$

$$1 \text{ }^m_m \text{ der Latte Nr. I} = 1 \text{ }^m_m, 000697$$

Daraus berechnet man:

I. Tafel der Distanzen nach

$$D = c \times \cotg A = c \times 4 \text{ }^m_m, 9816$$

II. Tafel für Reduction auf den Mittelfaden nach

$$R = c \cotg A \text{ tg } \frac{A_2 - A_1}{3} \text{ } A_1 = + c \times 0,2512$$

III. Tafel der Correctionen für Fernrohrneigungen nach

$$z = D \times \text{tg } I$$

wo  $D$  die Entfernung der Latte und  $I$  die Neigung der Visirlinie in Libellentheilen ausgedrückt.

$$*) D = c \cotg A \text{ und } I = n \times p \text{ wo}$$

$n$  = der Werth in Secunden eines Theiles der Libelle

$p$  = die Anzahl dieser die Neigung ausdrückenden Libellentheile.

Also  $z = c \cotg A \times \text{tg } (p \times n)$

$$\text{tg } (p \times n)'' = p n \text{ tg } 1''$$

$$z = c \cotg A \times p \times n \text{ tg } 1''$$

$$z = c p (\cotg A n \text{ tg } 1'')$$

$$z = c p 0,73663$$

IV. Tafel zur Reduction der in Einheiten der Latte ausgedrückten Höhenunterschiede, nach:

$$h = h' \times 1 \text{ }^m_m, 000697$$

Tafel I gibt die Distanzen in Metern.

Tafel II und III ihre Werthe in Hundertstel Centimeter au.

Wir sehen, dass bei Tafel I und II nur Ein Argument nämlich  $c$  in Betracht kommt, während bei Tafel III 2 Variable nämlich  $c$  und  $n$ , d. h. die Entfernung der Latte und die Stellung der Luftblase während der Ablesung auftreten. Diese Tafel ist daher so eingerichtet, dass seitlich das Argument  $c$  von  $c = 1 \text{ }^m_m$  bis  $c = 30 \text{ }^m_m$ , oben das Argument  $n$  von Halbzehtel zu Halbzehtel eines Libellentheiles d. h.  $n = 0p, .05$  bis  $n = 10p, .0$  angegeben ist. Diese gleiche Tafel gibt, wie wir weiter unten sehen werden, die wegen den Instrumentenfehlern anzubringenden Correctionen.

\*)  $c$  bedeutet die auf der Nivellirlatte von den äussern Fäden eingeschlossene Anzahl Centimeter.

1876

Tafel Nr. III.

$$X = c p \times 0,73663$$

	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Schluss folgt.)