

Bisirlatte weiter bis die Tafel am höchsten an der Latte ab steht; es folgt ohne Weiteres, daß sie diese Höhe nur in dem Punct d erreichen kann, welches der tieffte des Abflaßs und der Berührungspunct desselben mit der Horizontalen kn unter der Bodenfläche ist. Die Abläufe geben den Fuß der Bergschraffirung an und werden ihrer Lage nach durch die gewöhnlichen Messungsverfahren aufgenommen.

Dieses Verfahren kann vortheilhaft benutzt werden, um die Linie des Rinnfals in der Mitte eines Thales zu finden, welches sehr sanfte Abhänge bilden.

Behntes Capitel.

Von den Höhenmessungen; Nivellements.

224. — Die Untersuchung um wie viel ein Punct über seinen Standort erhaben ist, nennt man Höhenmessen.

Erstreckt sich die Messung über zwei oder mehrere Puncte, eine Linie, eine Gegend, so daß man durch unmittelbares Messen den Höhenunterschied zweier oder mehrerer Derter auf der Erdoberfläche zu bestimmen sucht, d. i. um wieviel ein Ort mehr oder weniger von dem Mittelpunct der Erde entfernt ist als ein anderer, so nennt man die Operation Niveliren.

Diese Operationen sind, wenn sie auf größere Strecken ausgedehnt und durch eine Menge von Stationen verfolgt werden müssen, sehr mühsam und zeitraubend, und werden allenthalben da in Anwendung gebracht, wo Mühlen- und Canalbaue, Röhrenleitungen, Straßenanlagen, Flußregulirungen u. dergl. sehr genaue Abmessungen der Art nothwendig machen. Sie sind es mehr oder weniger, je nachdem die Nivelirungsinstrumente vollkommener sind, welche bei der Operation zu Gebote stehen.

225. — Im Allgemeinen sind die zum Niveliren bestimmten Instrumente so eingerichtet, daß man über einem beliebigen Punct A der Erdoberfläche, Fig. 249, eine mit der Horizontalebene AE dieses Punctes parallele Linie CD bezeichnen und den Punct D bemerken kann, wo sie die Höhenlinie eines Gegenstandes, eines Stabes trifft.

Diese Linie CD ist die scheinbare Horizontale, die von der wahren Horizontalen sehr verschieden ist; es wird daher vor Allem nöthig diesen Unterschied kennen zu lernen.

226. — Scheinbarer, wahrer Horizont. Die Richtung, welche ein freihängendes Senfblei annimmt, ist wie bekannt eine radiale nach dem Mittelpunct der Erde, und der Faden selbst stellt sich in eine Verticallinie. Jede Ebene, gegen welche eine solche Linie senkrecht ist, heißt eine scheinbare Horizontalebene, scheinbarer Horizont, und jede Linie auf ihr eine scheinbare Horizontale. Der wahre Horizont dagegen ist ein Stück der Kugelfläche unserer Erde, daher jeder Punct auf ihm gleichen Abstand von dem Mittelpunct der Erde hat.

Wenn nämlich AME , Fig. 250, ein Stück des Durchschnittes der Erdfugel, AM , EM Halbmesser, folglich die Richtung der Schwerkraft oder die Richtungen freifallender Körper in A und E (Lothe) sind; wenn ferner AD normal AM und BF normal BM ist, so ist AD eine durch den Punct A gezogene, und BF eine durch den Gipfel des Berges B gelegte scheinbare Horizontale. Daher ist eine durch AD gelegte Ebene, auf der AM senkrecht steht, so wie eine durch B gelegte Ebene, auf welcher BM senkrecht steht, eine scheinbare Horizontalebene.

Dagegen ist der Bogen AE als Stück eines größten Kreises der Erdfugel die wahre Horizontale des Punctes A , und das Stück der Kugelfläche, worin A liegt, die wahre Horizontalfläche dieses Punctes. Zwei Puncte, welche in derselben wahren Horizontalfläche liegen, haben zum Höhenunterschied Null. Der Visirstrahl eines durch Libelle oder Sezwage horizontal gestellten Instruments giebt die scheinbare Horizontallinie, die Fläche aber, auf welche man die Nivellements bezieht, ist die des wahren Horizonts.

227. — Wenn ein Winkelmesser in A horizontal gestellt ist und man visirt nach B , so heißt der Winkel DAB der scheinbare, EAB aber der wahre Höhenwinkel (Elevationswinkel); visirt man aber aus B nach A , so hat man in FBA den scheinbaren, in GBA den wahren Tiefenwinkel (Depressionswinkel), wenn man durch B den wahren Horizont GB denkt. Das

Stück ED des verlängerten Halbmessers zwischen dem wahren und dem scheinbaren Horizont des Punctes A heißt der Unterschied, oder die Erhöhung des scheinbaren Horizonts für die Distanz AE.

Jede Höhenmessung, wozu man die Lage der scheinbaren Horizontale eines Standpunctes benutzt hat, muß daher um die Erhöhung des scheinbaren Horizonts über den wahren berichtigt werden: man hat nämlich in gewissen Fällen zu addiren, in andern abzuziehen.

Da in dem rechtwinkligen Dreieck CAB', Fig. 251, CA den bekannten mittlern Radius der Erdfugel 3266293 Toisen = a und AB' die horizontale Entfernung je zweier Puncte = b vorstellt, so läßt sich für die letztere b die Erhöhung des scheinbaren Horizonts über den wahren stets angeben; sie ist nämlich $BD = CD - BC = \sqrt{(AC)^2 + (AB')^2} - BC = \sqrt{a^2 + b^2} - a$, d. i., wenn man den ersten Theil in eine unendliche Reihe auflöst, welche stets stark convergirt,

$$= \frac{b^2}{2a} - \frac{b^4}{2.4a^3} + \frac{1.3b^6}{2.4.6a^5} - \frac{1.3.5b^8}{2.4.6.8a^7} \dots$$

oder wenn man die $\frac{1}{10000}$ des Zolls außer Acht lassen kann, wenigstens für Entfernungen unter 1000 Toisen sofort $\frac{b^2}{2a}$, so ist die Erhöhung des scheinbaren Horizonts über den wahren nach älterem pariser Maß *):

*) Die Reduction auf Neues nach Metern geschieht leicht; es ist nämlich

$$1 \text{ Toise à 6 pariser Fuß} = 1,94899 \text{ Meter} = 6,21002 \text{ pr. Fuß.}$$

Stationenlänge = b.	Reduction auf den wahren Horizont. $\frac{b^2}{2a}$.	Stationenlänge = b.	Reduction auf den wahren Horizont. $\frac{b^2}{2a}$.	Stationenlänge = b.	Reduction auf den wahren Horizont. $\frac{b^2}{2a}$.	Stationenlänge = b.	Reduction auf den wahren Horizont. $\frac{b^2}{2a}$.
10	0,001	130	0,162	250	0,597	650	
20	0,004	140	0,187	260	0,646	700	
30	0,009	150	0,215	270	0,697	750	
40	0,016	160	0,245	280	0,749	800	
50	0,024	170	0,276	290	0,804	850	
60	0,034	180	0,310	300	0,860	900	
70	0,047	190	0,345	350	1,171	950	
80	0,061	200	0,382	400	1,529	1000	
90	0,077	210	0,422	450	1,936	1500	9,602
100	0,096	220	0,463	500	2,390	2000	
110	0,116	230	0,506	550	2,891	2500	
120	0,138	240	0,551	600	3,441	3000	38,407

Bei einer Stationslänge von 1 geographischen Meile beträgt $\frac{b^2}{2a} = 110,046$ Zoll.

228. — Von der Refraction. Wenn ein Lichtstrahl mehre Mittel von verschiedener Dichtigkeit schräg durchgeht, weicht er von seiner anfänglichen Richtung ab,

sich der Senkrechten nähernd, die man in dem Punkte errichtet, wo der Strahl in das dichteste Mittel tritt. Diese Erscheinung heißt Refraction (Strahlenbrechung).

Die Erde ist von einem elastischen und durchsichtigen Fluidum, der Luft, bis zu einer großen Höhe umgeben, welches nach und nach dünner wird, je höher man steigt; aber wegen der Zusammenpressbarkeit sind die untern Lagen um Vieles dichter als die obern. Aus diesem Umstande und der obenbemerkten Eigenschaft des Lichts folgt, daß ein die Atmosphäre schief durchsetzender Strahl sich in jedem Moment von seiner Richtung ablenkt und eine Curve beschreibt, deren Concavität der Erdoberfläche zugekehrt ist. Diese Wirkung findet nur in verticaler Richtung Statt, sie ist Null im Zenith.

Da wir nun Gegenstände immer in der Richtung der Strahlen voraussetzen, die von ihnen ausgehen, so wäñnen wir sie in der Tangente dieser Curve.

Die Refraction bewirkt also, daß uns die Gegenstände höher erscheinen, als sie wirklich sind; man muß daher die scheinbare Höhe um die Refraction vermindern, um die wahre Höhe des Objects zu finden.

Wenn man aus dem Punkte A (Fig. 251) einen entfernten irdischen Gegenstand B beobachtet, so wird der von ihm entsendete Strahl, der uns dessen Bild zubringt, einer Curve BEA folgen, und wir werden das Object in der Richtung der Tangente dieser Curve, nämlich in B' sehen, der Winkel BAB' mißt sonach die Wirkung der Refraction. Nimmt man durch A und B Verticale AC und BC an, die durch den Mittelpunkt der Erde gehen, so ist das Maß des Refractionswinkels BAB', der durch eine Sehne und eine Tangente gebildet wird, die Hälfte des Bogens AB.

Setzt man den Winkel ZAB' = δ , VAB' = δ' und die Refractionswinkel BAB' = θ , ABA' = θ' , so ergeben sich die wahren Winkel an dem Zenith

$$ZAB = \delta + \theta = D$$

$$VBA = \delta; + \theta' = D';$$

daher

$$ZAB + VBA = \delta + \delta' + \theta + \theta' + \dots 1.)$$

Desgleichen ist als äußerer Winkel

$$ZAB = C + ABC$$

$$VBA = C + BAC$$

daher $ZAB + VBA = 2R + C = D + D' \dots 2.)$
und aus 1.) und 2.)

$$\delta + \delta' + \theta + \theta' = 2R + C;$$

oder auch, weil θ ziemlich gleich θ' ist,

$$\theta = \frac{C}{2} - \frac{1}{2} (\delta + \delta' - 2R) \dots \dots 3.)$$

dividirt man durch C , und setzt den Quodienten $= n$

$$\frac{\theta}{C} = \frac{\frac{1}{2} C - \frac{1}{2} (\delta + \delta' - 2R)}{C} = n \dots 4.)$$

so ist

$$\theta = nC \text{ oder genau genug } \theta + \theta' = 2nC;$$

Aus der Gleichung 3.) folgt

$$ZAB = \delta + \theta = 1R + \frac{1}{2} C + \frac{1}{2} (\delta + \delta'),$$

$$VBA = \delta' + \theta = 1R + \frac{1}{2} C - \frac{1}{2} (\delta + \delta').$$

und dieses sind die Formeln, welche Puissant zu Berechnung des Refractionscoefficienten aufstellt.

Delambre bemerkt, daß in Frankreich der Coefficient n im Allgemeinen $= 0,07876$ oder kürzer $0,08$ ist. Jedoch kann er bei trüber Witterung auf $0,15$ steigen, doch nur im Winter; er verändert sich durchschnittlich im Sommer von $0,06$ bis $0,08$, im Winter von $0,08$ bis $0,10$.

Der Coefficient n kann bei Messungen der Art, wie sie uns vorliegen, nie einen bemerkbaren Fehler der Höhenmaße veranlassen und es genügt, $\frac{1}{1000}$ des beobachteten Winkels dafür zu nehmen. Es läßt sich stets die Größe in Meter unmittelbar finden.

Wegen der sehr kleinen Größe BAB' , BAD hat man (Fig. 252) ziemlich genau

$$DB : BN' = BAD : BAN';$$

setzt man h für DB und r für BN' , so ist

$$h : r = \frac{C}{2} : 0,08 C;$$

woraus folgt

$$r = 0,16 h;$$

es ist aber

$$h = \frac{L^2}{2R},$$

folglich

$$r = 0,16 \frac{L^2}{2R}.$$

Nach dem oben Bemerkten erhält man die Differenz des Niveau's ND zwischen den Punkten A und N:

$$ND = NB + BD - BN,$$

oder

$$ND = NB - (BD - BN).$$

Bezeichnen wir ND durch Σ , NB durch H und bemerken, daß $BN = r$, so finden wir als allgemeine Formel:

$$\Sigma = H - \left(\frac{L^1 - 0,16 L^2}{2R} \right) = H - \frac{0,84 L^2}{2R}$$

nach welcher nachstehende Tafel berechnet ist.

Tafel der Differenzen zwischen der Höhe des scheinbaren Horizonts über dem wahren, die Erhöhung durch Refraction inbegriffen.

Distanzen.		Differenzen.		Distanzen.		Differenzen.	
100	0,0007	19		1500	0,1484		
200	0,0026	33		2000	0,2639	155	
300	0,0059	47		2500	0,4123	1484	
400	0,0106	59		3000	0,5938	1815	
500	0,0165	72		3500	0,8082	2144	
600	0,0237	86		4000	1,0556	2474	
700	0,0323	99		4500	1,3360	2804	
800	0,0422	112		5000	1,6493	3133	
900	0,0534	126		5500	1,9957	3464	
1000	0,0660			6000	2,3750	3793	

Gebrauch der Tafel:

Es sei $L = 3417$ Meter, der beobachtete Winkel $CAN = 95^\circ 41' 10''$ (Fig. 252), so ist zuerst $NB = H =$

$$\text{Lg. } 3417 = 3,5337721$$

$$\text{tg. } 5^\circ 41' 10'' = 8,9981218$$

$$\text{Lg. } H = 2,5318939 \text{ und } H = 340,3200 \text{ Meter}$$

die Tafel giebt für 3000 Met. 0,5938 }
 Proportionaltheile für 417 Met. 0,1760 } — 0,7698 "

$$\Sigma \dots = 339,5502 "$$

$$+ \text{ der Höhe b. Instruments in A (§. 214) } = 1,42 "$$

Unterschied zwischen A und N = 340,9702 Meter.
 wofür 340,97 Met.

Man sieht, daß die Correction wegen der Strahlenbrechung noch weit unbedeutender ist, als die Reduction

auf dem wahren Horizont; wo also die erste bedingt wird, ist die letztere noch weit mehr nöthig. Die Correction wegen der Refraction ist jedoch nur wieder in dem Falle erforderlich, wo das Niveau nur vom Ende einer Station aus ermittelt wird. Stellt man sich in der Mitte zweier Stationen auf, so compensiren sich die Correctionen nach beiden Endpuncten. Meistens pflegt man nicht auf so weite Entfernungen zu visiren, daß eine Correction wegen der Strahlenbrechung nöthig würde. Im Allgemeinen hat man zunächst Beobachtungen an solchen Tageszeiten zu vermeiden, wo der Wechsel in den Dichtigkeiten der Luftschichten am größten ist, nämlich bei Sonnenaufgang und Untergang, und zur Mittagsstunde.

229. — Von den Nivellirinstrumenten. Die Instrumente zerfallen nach der natürlichen Eintheilung in zwei Classen, die man

1) in statische und 2) hydrostatische Instrumente sondern kann.

Die statischen Instrumente gründen sich auf die Schwerkraft, nach welcher ein freifallender Körper die radiale Richtung nach dem Mittelpunct der Erde annimmt, daher jede Linie, auf welcher diese Richtung senkrecht ist, eine scheinbare Horizontale bildet.

Die hydrostatischen Instrumente sind auf den hydrostatischen Satz begründet, daß sich die Oberfläche einer gleichförmig schweren, in einem Gefäße oder in einem System von zusammenhängenden Gefäßen befindliche Flüssigkeit stets in wagerechten Stand setzt.

Diese wagerechte Oberfläche, welche, genau genommen, das Stück einer Kugelfläche und der wahren Horizontalsfläche in dem Standpuncte des Beobachters ist, wird in diesem Puncte stets tangirt durch die scheinbare Horizontalebene, in welcher die Visirlinie des Instrumentes liegt. Am häufigsten sind die dahin beziehlichen Nivellirinstrumente entweder auf den abgeleiteten Satz der communicirenden Röhren oder auf obengenannten Hauptsatz unmittelbar, als Libelle, basirt.

Zu der Classe 1.) gehören:

- a) die bekannte Sezwage in Verbindung mit der Seplatte (Nichtsheit) und den Stationsstäben.
- b) die Roth'sche Bergwage;
- c) die Picard'sche Wasserwage;

und einige andere. Außer der gemeinen Sezwage, die vorzüglich bei Bauten angewendet und nur für kurze Strecken gebraucht wird, sind dergleichen statische Instrumente im Allgemeinen außer Gebrauch gesetzt.

Zu der 2. Classe sind zu rechnen:

a) die Canalwage, welche, ursprünglich von de la Hire erfunden, in verbesserter Gestalt häufig angewendet wird, wo es sich nicht um zu große Genauigkeit handelt. Aus ihr ging hervor

b) die Kett'sche Quecksilberwage, die in mancher Beziehung der Canalwage a) vorzuziehen ist. Die vorzüglichsten Nivellirinstrumente aber sind diejenigen, bei denen die scheinbare Horizontale mittelst einer Röhrenlibelle erhalten und der Visirstrahl durch ein gutes Fernrohr mit Fadenkreuz erhalten wird. Zu sehr genauen Nivellements sind die letztgedachten Instrumente mehr complicirt, mit zwei Fernröhren, mehreren Libellen und dann auch zu hohen Preisen gebauet. Wir werden uns jedoch begnügen, hier nur die einfacheren, von den andern die gebräuchlicheren und zwar nur dem Wesentlicheren nach zu beschreiben, so weit es die Erläuterung der damit vorzunehmenden Operationen nöthig macht.

Bei feinem, z. B. astronomischen Instrumenten ist die Genauigkeit der Libelle von hohem Belang und deren Empfindlichkeit auf's äußerste zu reguliren. Bei gleichförmiger Krümmung der Röhre ist die Fortrückung der Blase dem Neigungswinkel der Libelle proportional. An der von Reichenbach und Ertel gefertigten Libelle am Königsberger Meridiankreise betrug die Verrückung der Luftblase um 1 paris. Linie 2,227 Sec. im Neigungswinkel. Der Krümmungshalbmesser der Röhre war sonach 643 paris. Fuß. Diese Krümmung fand sich gleichförmig, als die Blase stufenweis durch 4 Zoll fortgeführt wurde.

230. — Die Sezwage, wie sie zum Nivelliren gebraucht wird, besteht aus einem, aus hölzernen Leisten zusammengesetzten gleichschenkeligen Dreieck, aus dessen Spitze ein Loth herabhängt, welches auf einer Verticallinie einspielt, wenn der ungleiche Schenkel (die Grund-

linie) in der scheinbaren Horizontale liegt. Eine in dem Fußpuncte der Senkrechten gestellte Spitze dient, das genaue Einspielen des Lothes zu beobachten.

Um das Loth gegen Einwirkung des Windes zu schützen, befindet es sich in einem schmalen Glasgehäuse.

Das Richtscheit ist eine 4 — 5 Zoll hohe, genau geradlinig und parallel abgerichtete Latte von 1 bis $1\frac{1}{4}$ Zoll Dicke. Zwei Nivellementsstäbe (Sehlatten) von Mannshöhe, gegen $1\frac{1}{2}$ — 2 Zoll in's Gevierte und mit eisernem Schuh, sind mit einer verschiebbaren eisernen Hülse versehen, an welchen sich ein gekröpfter Haken befindet, in welchen das Richtscheit sicher eingelegt werden kann.

Die Latten selbst sind von der Bodenfläche aufwärts in ganze und Achtelzolle getheilt. Die Entfernung der Punkte kann nicht länger sein, als das Richtscheit zu langt.

Bei'm Abwägen schlägt man die Sehlatten bis an den Anfsatz an dem Schuh, der auf dem Nullpunct angebracht ist, in den Boden senkrecht ein, legt die Latte in die Hülse, stellt auf selbige die Sehwage und schiebt eine der Hülse auf und ab, bis die Wage einspielt. Mittelst Schrauben werden die Hülse festgestellt und abgelesen. Die Differenz der Maße giebt an, um wieviel der Fuß des einen Stabes höher oder tiefer steht, als der andere. Zur Prüfung dreht man die Sehwage um: spielt sie nicht genau ein, so ist es ein Zeichen, daß der Fußpunct des Lothes nicht richtig steht, welches durch Verschieben desselben leicht abzuändern ist.

231. — Die Canalwage ist eine aus mehreren Stücken zusammengeschaubte, etwa 3 bis 4 Fuß lange, 1 Zoll weite Röhre von Messing, an deren Enden zwei 9 Zoll lange hohle Glasylinder senkrecht wasserdicht eingekittet sind. Dieß Instrument wird auf die senkrechte Are eines Stativs gestellt, welche eine Drehung in horizontaler Ebene zuläßt. Wird nun die Röhre mit Wasser gefüllt, daß es noch einige Zoll unter den Enden der Glasylinder steht, so treten die Oberflächen desselben in die scheinbare Horizontallinie. Man bedient sich des bessern Visirens wegen eines gefärbten Wassers. Man hat darauf zu sehen, daß die Röhren einen möglichst großen Durchmesser, gleiche Weite haben und calibrirt sind.

Die gleiche Weite ist nöthig, damit die Attraction der Glaswände keine verschiedene sei.

Bei'm Visiren stellt man sich zwei bis drei Schritte ab; auch muß man verhüten, daß bei'm Wechsel der Stationen kein Wasser verschüttet werde, im Fall man nicht von der Mitte der Station aus nivellirt.

Die Oberfläche der Flüssigkeit ist keine Ebene, sondern in dem Verticalschnitte eine in der Mitte concave Curve. Man hat also statt einer Geraden in der Verticalprojection zwei weniger deutliche Ringe von ungefähr 2 Millimeter Dicke in Röhren von üblicher Weite.

Um Genauigkeit in die Operation zu bringen, visirt man an den Außenseiten der Röhren weg und legt den Strahl über die mittlere Oberfläche des Wassers. Man erleichtert sich das Visiren, wenn die Glasröhren zwei leicht auf- und ab verschiebbare federnde Hülfsen haben, die man in die Wasserflächen genau einstellen kann.

Bei dem Nivelliren bedient man sich einer, besser zweier Visirscheiben (Nivellirungslatten). Gewöhnlich bestehen diese aus einem doppelten Stabe zum Verschieben, der nach Centimetern getheilt ist; er ist ungefähr zwei Meter lang, kann aber mittelst des verschiebbaren Stabes auf gegen 4 Meter verlängert werden.

Die Visirscheibe ist beweglich nach der Höhe des Visirstrahls und von dem horizontalen Durchmesser ab, halb roth, halb weiß angestrichen. Die Höhen werden von dem Erdboden aus bis zu diesem Durchmesser gezählt.

Die Visirstangen zum Verschieben haben zwei Theilungen, die eine auf der dem Instrumente zugewendeten Seite des Stabes, die andere auf der Fluchtseite. Auf der erstern zählt man, wenn man die Verschiebung nicht benutzt, im Gegenfall liest man auf der andern ab. Zuweilen ist die Nivellementsplatte mit einem Bernier versehen, um die Millimeter ablesen zu können; einfacher ist das Messen von dem letzten Centimeter ab bis zur Scheibenmitte mittelst einer Schmiege. Benutzt man die Schiebvorrichtung, so muß vorher die Zielscheibe an das obere Ende des Verlängerungsstabes angesteckt werden. Das Verschieben kann mit Hülfe einer Schraube am unteren Ende bewirkt werden.

Zu dem Nivelliren selbst muß man einen Gehülfsen haben, der Kenntniß und Genauigkeit genug besitzt, die

Maße auf der Visirlatte, die er trägt, ablesen zu können; man stellt sich in irgend einem bequemen Punkte mit dem Niveau auf, von wo aus man die Visirtafel gut sehen kann; läßt die Tafel nach und nach in alle Punkte stellen, deren Höhe man beobachten will, richtet das Rohr der Canalwage auf sie und giebt dem Gehülfen mit der Hand Zeichen zum Auf- oder Herabschieben der Tafel. Wenn die Farbenlinie der Tafel genau in dem Visirstrahl liegt, zieht der Gehülfe die Schraube hinter der Tafel an und liest das Maß der Höhe ab.

Auf jeder Station werden wenigstens zwei Höhen anvisirt; die Höhe nach Rückwärts, die nach Vorwärts, von dem Ausgangspuncte nach dem Endpunct des Nivellements zu gerechnet. Die Nivellements zerfallen in einfache und zusammengesetzte. Bei den erstern wird die Operation mit einem Stande des Instruments beendet, wie von A (Fig. 253) aus, von wo die Höhenunterschiede von a, b, c, f bestimmt werden, ohne das Instrument zu verrücken. Man muß soviel als möglich sich auf das einfache Nivellement zu beschränken suchen, dabei jedoch die Grenzen nicht überschreiten, welche die Natur des Instruments setzt, es erspart Rechnungen und Unsicherheiten, die mit dem andern unvermeidlich sind. — Figur 254 zeigt ein zusammengesetztes Nivellement, wobei das Instrument nach einander in den Stationen A, B, C und D aufgestellt wird, um die Höhenunterschiede von a, b e zu erhalten.

Diese Nivellements erfordern stets zwei Visuren aus demselben Stationspuncte, nach Rückwärts und nach Vorwärts, ohne welche man keine Verbindung der Stationen unter sich erhalten kann. Die Canalwage gestattet nicht, Höhen auf lange Distanzen aus einer Station zu messen; 80 bis 100 Meter sind das Aeußerste.

232. — Bei dem Bau von Straßen bedient man sich zuweilen eines Instruments, um gegebene Neigungen abzustecken. Eine Regel, von bekannter Länge, die nicht zu gering sein darf, kann horizontal gestellt werden. Auf ihr stehen zwei Dioptern senkrecht, deren eines das Ocular, das andere einen Kreuzfaden trägt und in senkrechter Ebene verschiebbar ist. Dieses letztere wird nach der zu ordnenden Neigung eingestellt. Ist nun die Steigung etwa 4 auf 100, so ist auf dem verschiebbaren Diopter der Theilstrich angegeben, nach welchem der Kreuzfaden

gestellt werden muß. Man hat dann nur die Zieltafel oder einen Pfahl in die Richtung des Visirstrahls zu stellen.

Eben so kann umgekehrt mit diesem Instrumente das Gefälle gemessen werden; indem man nämlich die Länge der Regel und die Distanz zwischen dem anvisirten und dem Standpuncte kennt, so leitet man aus der Stellung des Diopters in dem Augenblicke der Beobachtung die Neigung des Terrains in Theilen der Länge ab, wozu eine Proportion hinreicht.

233. — Das Egault'sche Niveau. Dieses Niveau ist aus einer Röhrenlibelle mit Luftblase von einiger Länge und einem Perspectiv zusammengesetzt. Damit der Visirstrahl in der horizontalen Ebene liege, muß die optische Ase des Perspectivs genau mit der Ebene parallel liegen, welche die Röhrenlibelle angiebt. Die Unvollkommenheiten des Instruments liegen daher nur in dem Mangel an Parallelismus dieser beiden; und da es dem Verfertiger sehr schwer ist, diese Genauigkeit zu erreichen, so besitzt das Instrument selbst Correctionsvorrichtungen.

Zu diesem Behufe stellt man es auf, läßt die Libelle einspielen und stellt eine Zieltafel auf 300 bis 400 Meter von dem Standpuncte in die Richtung des Visirstrahls des Perspectivs. Hierauf läßt man das letztere eine halbe Aremumdrehung machen und beobachtet, ob der neue Visirstrahl den Zielpunct der Tafel wieder genau schneidet, wo nicht, so muß man die Kreuzfäden des Diaphragma mittelst der Correctionschraube danach stellen, indem man die Differenz halbirt, und diese Untersuchung bis zu völliger Genauigkeit wiederholt.

Man giebt sodann der Scheibe des Instruments eine halbe Aremdrehung und verwechselt die Lage des Perspectivs in den Gabeln, beziehlich seiner Enden; es muß auch nach dieser Veränderung der Visirstrahl den Zielpunct der Tafel auf das genaueste treffen, sonst ist es ein Zeichen, daß das Perspectiv nicht in paralleler Ebene mit der der Libelle liegt und man muß es dahin rectificiren, indem man das bewegliche Lager mittelst der Stellschraube auf- oder niederschraubt. Nach einigen Versuchen gelangt man dahin, daß die optische Ase mit der Libelle genauen Parallelismus hat; übrigens darf die Luftblase bei keiner Drehung ihre Stellung verändern.

Man kann sich jedoch auch einer nicht justificirten Libelle bedienen. Angenommen, der erste Visirstrahl durch das Perspectiv sei AC (Fig. 255), und nach halber Um- drehung AB, indem die wagerechte Ebene Ax, BC in zwei gleiche Theile theilt, so ist der Winkel xAB = xAC; daher ist

$$R_x = \frac{RB + RC}{2}$$

Rehrt man jetzt die Enden des Perspectivs um und richtet sie auf die in R stehende Zieltafel, so erhält man erst Ab und dann, durch die Drehung, Ac, und die Nivellements- höhe wird nothwendig

$$R_x = \frac{RB + RC + Rb + Rc}{4}$$

Das Nivellementsverfahren mit dem Egault'schen Niveau ist dasselbe wie mit der Canalwage; hat man das Instrument aufgestellt, so läßt man die Zieltafel in jedem Puncte, dessen Höhenunterschied gefunden werden soll, einsetzen und nach gegebenen Zeichen auf- oder ab- schieben. Die Stationslängen können hier 300, selbst 400 Meter betragen, doch ist es dem genaueren Visiren wegen gerathener, sie nicht so lang zu nehmen, zumal auch dann Rechnung der Refraction und dem Unterschied des wahren und scheinbaren Horizonts getragen werden müßte.

Ist das Nivellement eines Tractus beendet, so ist es zu prüfen, indem man es rückwärts wiederholt; wobei man jedoch in Doppelstationen operiren kann, d. i. mit Ueberspringung je einer Station.

234. — Auf demselben Princip beruht die Keith'sche Quecksilberwage. Sie besteht aus einem $1\frac{1}{2}$ Fuß langen, $2\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll breiten und hohen Kästchen von feinem Holze, an dessen beiden Enden zwei quadratische Vertiefungen von 1 Zoll im \square , $1\frac{1}{2}$ Zoll tief eingelassen sind, die unten durch einen Canal in Verbindung stehen. Auf dem hineingegossenen Quecksilber schwimmen zwei elfenbeinerne Würfel, wovon der eine ein Ocular- diopter, der andere ein Diopter mit horizontalen Fäden trägt. Sowohl die Höhen von der Unterfläche der Würfel zur Visirlinie, wie auch die Gewichte der Diopter müssen auf das Vollkommenste gleich sein. Das In-

Instrument ist, wie die Canalwage, auf einem Stativ in horizontaler Ebene beweglich.

Beim Verändern der Station werden die Würfel jedesmal herausgenommen und die Oeffnungen durch eine besondere Vorrichtung gesperrt.

Der Gebrauch des Instruments stimmt mit dem der Canalwage vollkommen überein.

235. — Unmittelbare Höhenmessungen. Die Operationen der unmittelbaren Höhenmessungen erfordern einen Höhenkreis, wie solcher mit Nonialvorrichtung und Libelle an den Theodoliten angebracht ist. Sie sind im Ganzen genommen ziemlich einfach und können sich auf folgende Aufgaben beschränken.

Erste Aufgabe. Eine zugängige Höhe AB zu messen. Fig. 256. Man wähle eine Grundlinie in ziemlich ebener Lage, so daß die Höhenwinkel ungefähr 60° werden (§. 143); stelle in D den Winkelmesser, beobachte den Höhenwinkel HCB oder ECB und auch den Tiefenwinkel HCA (welcher zuweilen, wie Fig. 257 der Winkel ACE , Höhenwinkel wird).

Hierauf messe man die Grundlinie DA oder $DF = CE$. Nun ist in dem bei H oder E rechtwinkeligem Dreieck CHB oder CEB auch die Kathete CH oder CE nebst dem beobachteten Höhenwinkel bekannt, daher die andere Kathete HB oder EB leicht zu finden. Auf gleiche Weise läßt sich die Kathete HA oder AE bestimmen, welche in Fig. 256 zu der vorigen addirt, in Fig. 257 davon abgezogen werden muß.

Bei entfernteren Gegenständen muß die Strahlenbrechung (§. 228) berücksichtigt werden.

236. — **Zweite Aufgabe.** Bei einer unzugängigen Höhe zu bestimmen, um wie viel der Gipfel B derselben über dem Horizont des Standpunctes liegt.

Die Aufgabe kann in zwei Fälle eingreifen:

- 1) wenn die Standlinie CM mit dem zu messenden Höhenpuncte in einerlei Verticalebene liegt; Fig. 258;
- 2) wenn die Standlinie jede andere beliebige Lage hat; Fig. 259.

Erster Fall. Man stelle das Instrument über den einen Standpunct M und beobachte den Winkel x ; hierauf messe man aus dem zweiten Standpuncte D den

Winkel $BDE = y$, und nehme $2R - y$, wodurch sich der Winkel BDN ergibt.

Es kann nun in dem Dreieck DBN aus dem bekannten Winkel $2R - y$ und x und der gemessenen Grundlinie $CM = DN$ die Seite DB und dann in dem rechtwinkligen Dreieck EBD die Seite EB gefunden werden, wozu noch die Instrumenthöhe NM addirt werden muß, um die gesuchte Höhe zu erlangen.

Kann von C oder M aus nach dem Fußpunkte A visirt werden, so kann man aus dem Dreieck BED die Seite ED und sodann aus dem rechtwinkligen Dreieck ADE die Seite AE berechnen, wo dann $EB - AE = AB$.

Zweiter Fall. Man messe an den Endpunkten der gemessenen Standlinie CD den Azimuthwinkel m und n und in einem der Standpunkte, C , auch den Höhenwinkel o . Denkt man durch den Fußpunkt A , den Höhenpunkt B und die Standpunkte die Verticalebenen ABD , ABC gelegt, so läßt sich in dem Dreieck CDA die Seite CA und dann in dem rechtwinkligen Dreieck CAB die Seite AB berechnen; womit die Aufgabe gelöst ist.

237. — Höhenmessungen mit dem Barometer gehören nicht in die Grenzen dieser Schrift. Sie sind auf weite und hohe Entfernungen sehr nützlich und wohl auch mit geringer Mühe und Kostenaufwand auszuführen. Besonders kann durch sie die Höhe eines Punktes über die Meeresfläche ziemlich einfach bestimmt, lange Nivellements controlirt, Berghöhen verglichen zc. werden. Daß dabei so manche Factoren in Rechnung gebracht werden müssen, die unterschiedenen physikalischen Einfluß auf die Beobachtungen äußern, ist augenscheinlich und folgt daraus, daß durch dergleichen Messungen eine mathematische Genauigkeit nicht erlangt werden kann.

238. — Vergleichungspunkte; Correctionen des Höhenkreises. Wenn sich ein Nivellement auf eine Linie von großer Ausdehnung erstreckt, so ist es gut, Vergleichungspunkte (siehe Cap. 8) von 1000 zu 1000 oder 2000 zu 2000 Meter zu bestimmen, wozu man sich des Verfahrens S. 216 bedienen kann. Da aber bei diesen Operationen die Höhenmaße mit der größten Genauigkeit zu ermitteln sind, so ist es nützlich, die Vorsichtsmaßregeln kennen zu lernen, die bei Beobachtung der Zenithdistanzen zu nehmen sind.

Die größte Schwierigkeit ist die Linie ZN , Fig. 255, die aus dem Zenith durch den Mittelpunkt der Erde geht, oder die Horizontale HH' zu erhalten. Zwar giebt der Höhenkreis diese Linien, man muß sich jedoch versichern, daß er sie mit der Schärfe giebt, welche die Operation verlangt.

Hat man eine Röhrenlibelle, die auf das Perspectiv II' befestigt ist, so untersucht man, indem man die Zieltafel in beträchtlicher Distanz stellen läßt, ob, wenn die Luftblase o einspielt, die optische Axe des Instruments genau in die Horizontallinie HH' fällt und macht nöthigenfalls die erforderliche Correction durch Stellung des Perspectivs. In dieser Lage muß der Nullpunct des Limbus mit dem des Nonius in G zusammentreffen. Findet sich eine Differenz, so notirt man sie und wiederholt die Operation, wobei man die Zieltafel in einem andern Punkte aufstellen läßt: die gefundene Differenz notirt man abermals. Wenn man dieses in hinreichender Anzahl wiederholt und dann das arithmetische Mittel aller Differenzen nimmt, so findet man, wie viel das ZN des Instruments von dem wahren ZN differirt. Das Resultat wird sodann von jedem beobachteten Winkel abgezogen oder hinzugenommen.

Man hat Höhenkreise, wo der Limbus mittelst Gewindes in die Verticalebene gebracht werden kann, dann hat die Operation keine Schwierigkeit.

239. — Brouillon oder Register bei einem ausgedehntern Nivellement. Die Resultate des Terrains werden unmittelbar in einen Brouillon eingetragen, worin man nach dem Augenmaße die Unebenheiten oder Biegungen des Terrains eingezeichnet hat, oder auch nur in ein bereitgehaltenes Manual. Der Brouillon ist stets vorzuziehen, weil man in ihm Angaben machen kann, die oft in einem Manual nicht Platz finden, und man sich auch besser Rechenschaft über den Gang der Operation geben kann.

Wenn man den Brouillon anlegt, so ist es wichtig, zu bemerken, ob die Ebene, in der sich das Instrument bei einer Beobachtung befindet, über oder unter derjeni-

*) Die hier angegebenen Operationen beziehen sich insbesondere auf das Nivellement einer Straßenlinie, gelten aber auch für jeden andern ähnlichen Fall.

gen Horizontalebene der vorhergehenden Station liegt, damit man die Biegungen des Bodens richtig einzeichnen könne; man würde sonst in Gefahr kommen, ein Ansteigen statt ein Fallen und umgekehrt einzutragen. Hierin ist eine Täuschung nicht leicht möglich, wenn man Acht hat, daß, wenn die Maße nach vorn größer sind, als die nach hinten, die Bodenlinie nach der erstern Richtung hin sinkt; und daß, wenn die beiden Maße vor- und rückwärts von einem Punct *b* aus (Fig. 254) genommen sind und das Maß der ersten Station *A* nach vorn größer ist als das Maß der zweiten Station *B* rückwärts, dann das Instrument in dieser zweiten Station in einer tiefer liegenden Horizontalebene steht, als es in *A* stand: da der Punct *b* des Terrains keiner Veränderung unterliegt, so muß man also in dem Brouillon die Ebene *nm* tiefer als die *pl* legen. Das Gegentheil findet in *D* Statt: hier ist das Maß rückwärts von dieser Station aus in dem Puncte *d* größer als das Maß vorwärts, welches sich von *C* aus ergab, daher die Ebene *uv* höher als die Ebene *rs* zu liegen kommt. Dann ist das Maß nach vorwärts von *D* in *e* bestimmt, kleiner als das rückwärts von *d*; folglich liegt der Punct *e* höher als letzterer. Die Maße nach vorwärts schreibt man nach einerlei Richtung, die nach rückwärts in entgegengesetzter Richtung bei.

Die Distanzen zwischen den Puncten *a*, *b*, *c*, ... *c* werden entweder vor oder nach dem Nivellement gemessen. Es ist jedoch besser, die Messung nachher vorzunehmen, weil man während des Nivellements zuweilen veranlaßt wird, Zwischen- oder andere Puncte anzunehmen und von dem oder jenem früher bestimmten Puncte abzugehen. Alle nivellirten Puncte werden durch starke Pikets oder kurze Pfähle bezeichnet und mit Nummern beschrieben.

Der Brouillon des Nivellements von Seitenpuncten wird auf dasselbe Blatt und zu gleicher Zeit verzeichnet, wo das Nivellement der Straßenlinie eingetragen wird. Man sucht dabei das Instrument in einem Puncte *S* (Fig. 275) zum Beispiel aufzustellen, wo man die beiden Stationspuncte *a*, *b* und auch die Puncte *t*, *m*, *f* und *u* des Querschnitts, welches senkrecht der Axe durch den Punct *a* genommen werden soll, so wie auch *t*, *m*, *h'* und *v* auf der Senkrechten *b*, bequem sehen kann.

Man legt das Croqui so an, wie man in Fig. 254 und 260 sieht, indem man die Quersprofile unter die beziehlichen Punkte des Längenprofils zeichnet.

Man darf nicht vergessen, jedesmal vor Versetzung des Instruments ein Höhenmaß oder eine Rückvisur nach einem der schon bekannten Punkte der Are zu nehmen, damit man die vorgängige Beobachtung an die folgenden anknüpfen könne.

240. — Die schwarzen Maße*). Die Resultate des Terrains sind nicht unmittelbar die, von denen man bei der Construction der Profile oder bei Berechnung der Erdarbeiten Gebrauch machen kann. Sie geben bei einem zusammengesetzten Nivellement in der That nur den Höhenunterschied zweier benachbarten Punkte, während die Constructionen verlangen, daß die Distanzen immer von einerlei Ursprung ausgehen. Vergleicht man das Maß rückwärts nach dem Punkte *a* mit dem vorwärts nach *b*, so ist der Höhenunterschied $bl - ap = b1' = 2,64 - 1,32 = 1,32$ Met., wenn man *al'* parallel der Horizontalebene durch das Instrument *pl* legt. Wollte man aber wissen, um wie viel der Punkt *c* tiefer oder höher als *a* liegt, so bemerke man, daß, um das Maß in *c* auf die Ebene von *a* zu reduciren, *mo* oder *nl* diesem Maße zugesetzt werden muß; also, da $nl = bl - bn = 2,64 - 0,53 = 2,11$ Meter, muß 2,11 Met. zu *cm* addirt werden, welches $2,11 + 3,91 = 6,02$ Met. giebt, und wenn man dieses Resultat mit dem Maße von *a* vergleicht, so ergiebt sich $6,02 - 1,32 = 4,70$ Meter. Der Punkt *c* liegt sonach um 4,7 Met. tiefer als *a*, weil $oc > ap$.

Um nun die Höhe von *d* mit der von *a* zu vergleichen, muß man ebenfalls die Ebene des Instrumentes *rs* in *C* auf die Ebene *pl* oder *po* zurückführen. Man erhält folglich $dt = ds + st = ds + (co - cr)$ oder $1,20 + (6,02 - 2,84) = 4,38$ Meter. Eben so ist $ke = ev + vk = ev + (dt - du)$ oder $0,22 + (4,38 - 3,88) = 0,72$ Meter, und da *ap* = 1,32 Meter kleiner ist, als *ke*, so folgt, daß *e* höher liegt, als *a*, weil $ke < ap$.

Dieser Gang ist bei Vergleichung der verschiedenen Punkte eines Terrains unter sich zu beobachten. Wenn

*) Man sehe die Bedeutung dieser Bezeichnung in §. 242 nach.

man aber zum Auftragen der Profile zu dem Anfang der Distanzen die Ebene der ersten Station annimmt, so kann diese Ebene sehr oft tiefer liegen, als gewisse Punkte des Terrains. Man vermeidet die Verlegenheiten, die daraus entstehen können, wenn man zu der Vergleichungsebene eine Ebene annimmt, die wenigstens 1 Meter über dem höchsten Punkte des Terrains liegt. Im Allgemeinen, besonders wenn die Linien eine bedeutende Länge haben, legt man die Ebene auf 10 Meter über den Anfangspunct a (Fig. 254), mit Vorbehalt, noch 10 Meter entweder dieser oder einer andern des Längenprofils zuzusetzen, wenn sich Punkte finden, die mehr als 10 Meter über dem Anfangspuncte liegen. Diesem nach ist das Höhenmaß über a 10 Meter (Fig. 254 und 261); das in b wird $(10 - 1,32) + 2,64 = 11,32$ Met.; das in dem Punkte c $(11,32 - 0,53) + 3,91 = 14,7$ Met.; in d $(14,7 - 2,84) + 1,20 = 13,06$ Met.; endlich in dem Punkte e $(13,06 - 3,88) + 0,22 = 9,40$ Meter.

Das Verfahren ist sonach wörtlich: von dem Höhenmaße des ersten Punctes, wo man ausgegangen ist, subtrahirt man das Rückmaß dieses Punctes und addirt das Vormmaß, so ergibt sich das Höhenmaß des zweiten Punctes. Von diesem subtrahirt das Rückmaß des zweiten Punctes und addirt dazu das Vormmaß, erhält man den dritten Punct, und so fort bis zu dem letzten.

Da man jedoch von dem Ausgangspuncte nach und nach alle Rückmaße abzieht und alle Vormmaße zusetzt, so folgt, daß man irgend eins der Höhenmaße erhalten kann, indem man von dem Höhenmaße des Ausgangspunctes alle Rückmaße, die dem zu ermittelnden Puncte vorhergehen, subtrahiren und alle Vormmaße zusammenaddiren kann. Wir wollen nach diesem Verfahren die Höhenlage des Punctes d bestimmen, in der Voraussetzung, daß die Höhe über a = 10 Meter angenommen sei; es ist dann

die Wisur rückwärts nach a,	1,32 M.	vorwärts	2,64 M.
" " b,	0,53 "	" "	3,91 "
" " c,	2,84 "	" "	1,20 "
	<u>Summe 4,69 M.</u>		<u>Summe 7,75 M.</u>

Höhe über dem Ausgang	10	Meter
Summe der Rückvisuren	— 4,69	"
	8,68	
Differenz	5,31	"
Summe der Rückvisuren	+ 7,75	"
	13,06	
Höhenmaß des Punctes d = 13,06 Meter.		

Da man hierbei immer eine gewisse Ordnung beobachten muß, so fertigt man eine Tabelle in nachstehender Form, worin man die Rückvisuren durch —, die Visuren vorwärts durch + bezeichnet.

Benennung der Puncte.	Berechnung. Meter.	Gefundene Höhen. Meter.	Bemerkungen.
a =	10,00	10,00	
	— 1,32		
	8,68		
b =	+ 2,64	11,32	
	— 0,53		
	10,79		
c =	+ 3,91	14,70	
	— 2,84		
	11,86		
d =	+ 1,20	13,06	
	— 3,88		
	9,18		
e =	+ 0,22	9,40	
	9,40		

Die einfachen Nivellements (§. 231) bedürfen, wie bereits erwähnt, dieser Rechnungen nicht, indem sich die Höhenvergleichung unmittelbar macht: alle Höhenmaße zählen von der Ebene ab, in welcher visirt wurde, daher die größten Höhen sofort die niedrigeren Höhen angeben.

Zuweilen knüpft sich ein einfaches Nivellement an das Zusammengesetzte. So läßt sich von der Station D (Fig. 254) aus die Höhe in g und g' nehmen, ohne daß dadurch die Rechnung verwickelter würde; denn ist $gh = 2,5$ und $g'h' = 1,16$ Meter, so hat man

das Höhenmaß von $E = (12,06 - 2,88) + 2,5 = 11,68$ Meter.
 und endlich $E' = (12,06 - 2,88) + 1,16 = 10,34$ „
 wie vorher. $e = (12,06 - 2,88) + 0,22 = 9,4$ „

Die Rechnungen werden etwas verändert, wenn man sich, anstatt einer Zeichnung nach dem Höhenmaße, eines Mannas bedient. Gewöhnlich trägt man dann die Beobachtungen in eine Tabelle von nachstehender Form ein (§. 239):

Mtr. der Eta- stationen.	Distanzen Mtr.	Mittellinien		Differenzen		Additionen und Subtrac- tionen.	Höhenmaße. Mtr.	Bemerkungen.
		rückwärts Mtr.	vornwärts Mtr.	positiv Mtr.	negativ Mtr.			
a	59	1,32		1,32	„	10,00 + 1,32	10,00	
b	52	0,53	2,64		„	11,32 + 3,38	11,32	
c	40	2,84	3,91	3,38	„	14,70 + 1,64	14,70	
d	112	3,88	1,20	„	1,64	13,06 - 3,66	13,06	
e		„	0,22	„	3,66	9,40	9,40	

Bei der Vergleichung dieser Tabelle mit Fig. 254 wird es deutlich werden, wie das Eintragen geschehen muß.

Um die Höhenmaße oder Endmaße zu erhalten, sucht man die Differenz zwischen der Rückvisur nach a und der Vorwärtsvisur nach dem Punkte b von dem Stationspunkte A aus, nämlich $2,64 - 1,32 = 1,32$ Meter; da das Maß vorwärts größer als das rückwärts ist, so zeigt sich ein Abhang nach b, folglich ist das Maß positiv und muß zu dem ersten Maße von a addirt werden. Die Operation geschieht in der Colonne „Addition und Subtraction“. Man erhält also für das Höhenmaß im Punkte b $10,00 + 1,32 = 11,32$ Meter, welches in die folgende Colonne „Endmaße“ eingetragen wird.

Eben so nimmt man die Differenz zwischen der Rückvisur nach b und der vorwärts nach c; da das Resultat 3,38 Meter aus demselben Grunde positiv ist, so kommt es zu dem Endmaße von b hinzu, und ist folglich die Höhe im Punct c $= 11,32 + 3,38 = 14,70$ Meter, welche in die nämliche Colonne kommt. Da die Vorvisur nach d in der Station C kleiner ist, als die Rückvisur nach c, so giebt die Subtraction ein negatives Resultat $= 1,64$ Meter, welches sonach von dem Endmaße des letzteren Punctes abzuziehen ist. Es ergibt sich daraus für d, $14,70 - 1,64 = 13,06$ Meter zc.

241. — Wir haben der Nivellements mit dem Höhenkreis (dem Esklimeter) nicht erwähnt, weil bereits die Grundsätze in §. 214 des 9. Capitels aufgestellt worden sind. Wir bemerken im Allgemeinen, daß Tafeln von Messias ausgearbeitet worden, welche die Tangenten oder die Höhenmaße für eine horizontale Distanz von 1000 Meter angeben. Es ist folglich nöthig, nachstehende Operation vorzunehmen, um jedes Nivellementsmaß zu erhalten.

Man setze $Mm = R$ dem Radius dieser Tafeln (Fig. 262), $mn = T$ der zukommenden Tangente in Bezug eines Winkels NMb auf dem Terrain, $Mb = D$ der horizontalen Entfernung zwischen der Station M und dem Punkte N, dessen Höhe $bN = C$ man sucht. Man erhält deren Maß durch den trigonometrischen Ansatz

$$R : T = D : C, \text{ also } C = \frac{D \cdot T}{R} = D \cdot T.$$

Die Tafeln von Paterrier können die von Mes-
sias (§. 105) vertreten; man hat das Resultat, welches
durch vorstehende Formel erhalten wird, stets zu ver-
doppeln.

242. — Das Auftragen der Profile. So-
bald man alle Abstände der Terrainunebenheiten von der
Vergleichungsebene (welche Abstände in §. 240 mit
„schwarze Maße“ benannt wurden, weil man sie in der
Profilzeichnung schwarz einschreibt) erhalten hat, kann
man zum Auftragen der Profile schreiten. Wir handeln
jetzt von dem Längenprofil der Straßenlinie.

Man nimmt gewöhnlich zweierlei Maßstäbe an: der
eine für die horizontalen Distanzen ist im Allgemeinen
0,005 Millimet. = 1 Meter oder 1 : 200; der andere
0,01 = 1 Meter oder 1 : 100 für die Höhenmaße.

Das preuß. Feldmessenreglement schreibt vor: Bei dem Ni-
vellement bleibt das Längenmaß die preuß. Ruthe und deren zehnthel-
theilige Eintheilung. Aber zu den Höhenmaßen wird der preuß.
Fuß gebraucht, welcher ein Zwölftheil dieser Ruthe ist, mit seiner
Duodecimaleintheilung in Zoll und Linien.

Der verjüngte Maßstab ist zu den Längen 25 Ruthen und zu
den Höhen 25 der vorerwähnten Fuß auf $\frac{1}{100}$ der preuß. Ruthe
(= 1 Decimalzoll), sofern nicht in einzelnen Fällen besondere Vor-
schriften ein anderes Maß ausdrücklich fordern.

Nach dem Straßenbau-Reglement werden 50 Ruthen für die
Längenmaße und 50 Duodec. Zoll auf einen Decimalzoll zum Maß-
stab der Höhen bestimmt.

Die Anwendung zweier Maßstäbe hat zum Zweck,
die Neigungen dem Auge auffälliger zu machen, indem
sich durch die Vergrößerung der Höhen der Neigungswinkel vergrößert.
Es ist klar, daß die Zeichnung den
Terrainverhältnissen dabei nicht ähnlich sein kann.

Man zieht eine unbestimmte Linie AB (Fig. 261),
trägt darauf alle horizontale Entfernungen $pl, nm, rs,$
 uv aus dem Brouillon (Fig. 254), also $a'b' = 59$ Met.,
 $b'c' = 52$ Met. *rc.*, fällt aus den Punkten $a', b', c' \dots$
Senkrechte, auf die man die Abstände der Punkte $a, b,$
 $c \dots$ des Bodens von der Vergleichungsebene trägt;
macht nämlich $a'a = 10$ Met., $b'b = 10,32$ Met.,
 $c', c = 14,7$ Met. *rc.* und verbindet noch die Punkte
 $a, b, c \dots$ durch Gerade, so ist das Längenprofil con-
struirt, wo man noch die Maße der Abstände mit schwarzer
Tinte beischreibt.

Die Construction der Querprofile ist etwas ab-
weichend. Zuerst bedient man sich desselben Maßstabes,

den von 0,01 für den Meter, für die horizontalen und verticalen Maße; dann nimmt man, zu Vermeidung der Ueberhöhung, die oft geschieht, wenn ihre Vergleichungsebene die des Längenprofils ist, so viel Vergleichungsebenen an, als Profile sind. Diese Ebenen legt man durch die Punkte, die auf der Are der Längenrichtung liegen oder durch jeden der Punkte *a, b, c...* (Fig. 254 und 260); folglich erleidet der Gang, den wir zu Auf- findung der schwarzen Maße angegeben haben, einige Abänderung.

Da die Vergleichungsebene durch den Punct *a* (Fig. 260) geht, werden natürlich alle Punkte des Terrains, die tiefer als *a* liegen, unter die Vergleichungsebene $\varphi\mu$ fallen, dagegen alle höher liegende über dieselbe. Da aber die größten Maße die niedrigsten Punkte anzeigen, so genügt es, jedes Höhenmaß mit dem auf der Arenlinie nacheinander zu vergleichen, um zu erkennen, welche Punkte unter oder über der gedachten Ebene aufzutragen sind. Da also das Maß *A* 1,5 Met. größer als das Maß in *a* ist, so muß der Punct des Terrains *a* unter die Ebene $\varphi\mu$ um die Größe $1,5 - 1,32 = 0,18$ Meter gesetzt werden. Dagegen ist das Maß *B* geringer als das in *a* um die Größe $1,32 - 0,84 = 0,48$ Meter, daher der Punct um 0,48 M. über dieselbe Ebene zu stehen kommt. Die Berechnungen reduciren sich sonach auf folgende Verfahren:

1) von dem Maße auf der Arenlinie des Längennivellements nach und nach alle geringeren Höhenmaße abzuziehen; in diesem Falle werden die correspondirenden Punkte über die Vergleichungsebene getragen;

2) von den Höhenmaßen, die größer als die auf der Are gefundenen sind, die letzteren abzuziehen; dann werden die Punkte unter die Ebene getragen.

Diese Berechnungen sind so einfach, daß es genügt, die Figur 263 mit 260 zu vergleichen und einige in der ersten beigefetzte Maße aufzusuchen, um selbst diese Rechnungen ausführen und die Quersprofile ohne Mühe construiren zu können.

Wenn die Längen- und Quersprofile construirt, die Linien des Terrains schwarz ausgezogen und alle Maße, die aus dem Nivellement hervorgehen, wie die Figuren 261 und 263 zeigen, beigeschrieben worden sind, so kann

man an die Berechnung der „rothen Maße“ *) oder derjenigen, die zu der Berechnung der Terrassirung dienen, gehen. Man nennt sie „rothe Maße“, weil sie auf den Profilen roth eingeschrieben werden.

Fünftes Capitel.

Das Abstecken und die Anlage der Kunststraßen.

243. — Die Anlage einer Straße begreift zwei besondere Arbeiten:

1) die Festsetzung der Punkte, durch welche die Straße gehen soll, in oberflächlicher Beziehung, ohne Verbindlichkeit, sich weiterhin gerade dieser Punkte bedienen zu müssen;

2) das wirkliche Abstecken der Straßenlinie oder die genauere Bestimmung dieser Punkte.

Diese kann nicht Statt haben, bevor das Nivellement beendigt und dessen Resultate eine Uebersicht des Terrains gewähren. Ferner muß ein Generalplan aufgenommen sein, um die Grundstücke kennen zu lernen, über welche die Straße führen wird. Aus ihm muß der Ackergehalt entnommen werden können von denjenigen Parcellen, welche durch den Straßenbau der Cultur entzogen werden; auf demselben werden die Eigenthümer und die Bonitrungsclassen der einzelnen Stücke angegeben.

Die Vermessung muß um so sorgfältiger geschehen, wenn der Bau Städte und Dörfer berührt; sie verbreitet sich zu beiden Seiten nur auf 50—100 Meter der Straßenlinie und erfolgt nach den bereits beschriebenen Operationen. In Betracht, daß diese Vermessung einen von zwei Parallelen begrenzten Raum begreift, genügt es, diese Parallelen durch Senkrechte rechts und links der Straßenlinie abzustecken und die Endpunkte derselben durch sicher stehende Jalons zu bezeichnen. Die Vermessungs-

*) Vor Beginn dieser Rechnungen ist es nöthig, daß das Straßenprofil bestimmt werde, d. i., daß die ihm zu gebende Form festgestellt sei. Diese Form ändert mit den Localitäten des Terrains, über welches die Straße führt; wir werden daher in dem folgenden Capitel auf diese Berechnungen zurückkommen.