



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305473

MAGAZIN

der neuesten

MATHEMATISCHEN INSTRUMENTE

des

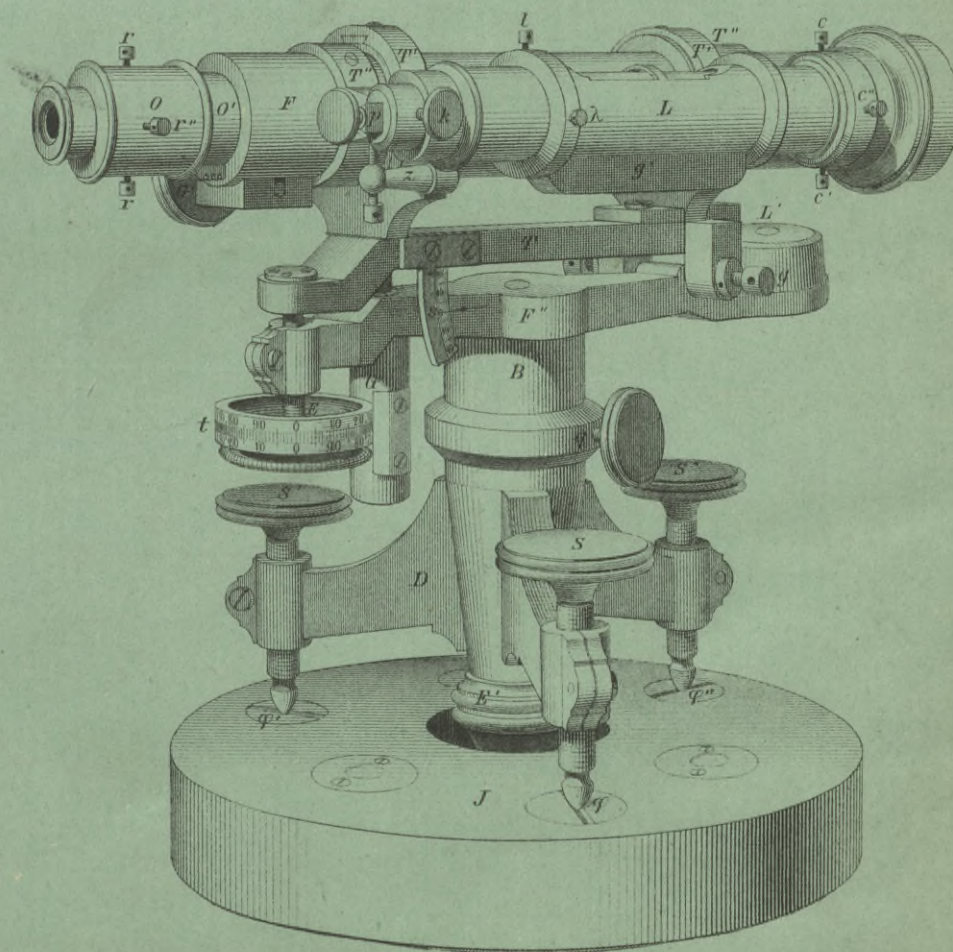
MATHEMATISCH - MECHANISCHEN - INSTITUTES

VON

E. W. BREITHAUP T & SOHN

IN CASSEL.

V. Heft mit 11 lithograph. Tafeln.



CASSEL 1871.

Im Selbstverlag des Breithaupt'schen Institutes und bei Th. Kay, Königliche Hof-Kunst- & Buchhandlung.

Lith. Anstalt von Gebrüder Obpacher, München.

Die
Nivellir-Instrumente

des
mathematisch-mechanischen Institutes

von

F. W. BREITHAUP T & SOHN

in

CASSEL,

ihre

Beschreibung, Prüfung und Berichtigung, sowie Anwendung.

Von

Dr. Otto Börsch,

Lehrer der Geodäsie an der Königlichen Gewerbe-Akademie in Berlin.

MIT 11 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

Journal sub Litt. D. I. No. 377.

CASSEL 1871.

Im Selbstverlag und bei THEODOR KAY, Königl. Hof-Kunsthändler.



III 17893



Akc. Nr. 4960/51

Vorrede.

Das im Jahre 1760 gegründete mathematisch-mechanische Institut von **F. W. Breithaupt & Sohn** in Cassel hat sich während der 111 Jahre seines Bestehens bei den Männern von Fach ein solches Zutrauen erworben, dass gegenwärtig seine mathematischen Instrumente in allen fünf Welttheilen bekannt und gesucht sind. Diesen Ruf hat sich das Institut dadurch verschafft, dass es den fortschreitenden Anforderungen der Wissenschaft und der Technik stets Rechnung trägt, und bei einem soliden Bau seiner Instrumente nicht mit starrem Künstler-Eigensinne an Constructionen festhält, die veraltet sind, oder sich in der Praxis nicht bewährt haben, sondern durch neue bessere ersetzt, und auch anerkannte eigenthümliche Constructionen anderer Fachmänner, ohne denselben ihr künstlerisches Eigenthum vorzuenthalten, zu passender Anwendung bringt.

Als ein besonderes Verdienst ist aber ferner zu erwähnen, dass das Institut von Zeit zu Zeit durch literarische Veröffentlichung seiner neuen Instrumente, deren Construction und Anwendung, nicht allein den Technikern Gelegenheit giebt, sich über dieselben und den Fortschritt des Instrumentenbaues im Allgemeinen zu instruiren, sondern auch dadurch einen anerkanntenswerthen Beitrag zu der Geschichte namentlich der geodätischen Instrumente liefert.

Bis jetzt sind unter dem Titel „Magazin von mathematischen Instrumenten etc.“ vier Hefte erschienen, und zwar behandelt

das erste Heft (1827) einen neuen Compensations-Theodolit, verbunden mit Bussolen-Nivellir- und Messtisch-Apparat,

das zweite Heft (1835) einen Reichenbach'schen, von Breithaupt neu construirten Wiederholungskreis, den Gauss'schen Heliotropen und den Stierlin'schen Hülsheliotropen,

das dritte Heft (1846) einen neu construirten Repetitions-Theodolit, den Transporteur von Gattermann, einen Dosensextanten und zwei Nivellir-Instrumente,

das vierte Heft (1860) den Gruben-Theodolit mit seinen Hilfsapparaten.

Auf den Wunsch des derzeitigen Inhabers des Institutes, Herrn Georg Breithaupt, und bei dessen Ueberhäufung mit Geschäften und der daraus folgenden Unmöglichkeit eigener weiterer literarischer Thätigkeit, hat es der Unterzeichnete übernommen, zu den bis jetzt erschienenen vier Heften des Magazins von mathematischen Instrumenten eine Fortsetzung zu liefern, da dieses bei den fortschreitenden Verbesserungen und der Beseitigung alter Constructionen zur Nothwendigkeit geworden ist, und wird in dem vorliegenden fünften Hefte als zeitgemäss die Nivellir-Instrumente, jedoch nur die mit Fernrohr und Libelle behandeln. Durch seine praktischen und wissenschaft-

lichen Arbeiten bei der topographischen Landesaufnahme von Kurhessen, durch seine neuerdings ausgeführten Präcisions-Nivellements für die Europäische Gradmessung, sowie durch seine Stellung als Lehrer der Geodäsie und seine 25jährigen fortwährenden geschäftlichen Beziehungen zu dem Breithaupt'schen Institute hat der Verfasser die günstigste Gelegenheit gehabt, sich die mannichfaltigsten Erfahrungen zu sammeln, und darf sich wohl als kompetenter Beurtheiler von mathematischen Instrumenten, deren Construction und Anwendung betrachten.

In den nachfolgenden mit Liebe bearbeiteten Blättern soll nun vorzugsweise dem praktischen Fachmann ein Bild der verschiedenartigen Nivellir-Instrumente des Breithaupt'schen Institutes vorgeführt und ihm ein Rathgeber in der Auswahl von Instrumenten und deren Behandlung und Anwendung an die Hand gegeben werden.

Da das Magazin mathematischer Instrumente kein Lehrbuch eines Zweiges der Geodäsie sein soll, so darf auch an dasselbe nicht der Massstab eines geodätischen Lehrbuches gelegt werden. Es könnte z. B. von einem einseitigen Beurtheiler dem Verfasser bei der Behandlung seines Gegenstandes einestheils allzugrosse Weitläufigkeit in der Beschreibung der Instrumente u. dgl., anderentheils wieder Oberflächlichkeit, ja sogar vollständige Uebergelungen z. B. der physikalischen und mathematischen Gesetze und ihrer Entwicklung, und nur eine Aufzählung von wenigen Formeln zum Vorwurfe gemacht werden, beachtet man aber, dass gegenwärtige Schrift für Techniker der verschiedensten Berufszweige bestimmt ist, so wird man das eingehaltene Verfahren billigen.

Die ganze Abhandlung zerfällt in drei Abschnitte, nämlich **die Beschreibung**, **die Prüfung** und **Berichtigung**, sowie **die Anwendung** der Nivellir-Instrumente, und hat sich der Verfasser erlaubt, auch seine eigenen Ansichten und Erfahrungen mit einfließen zu lassen.

Ferner muss angeführt werden, dass nur die hier beschriebenen als s. g. Breithaupt'sche Nivellir-Instrumente gelten können, dass dagegen andere, mitunter in Lehrbüchern unter diesem Titel genannte, jedoch nur in speciellm Auftrage ohne Garantie für die Zweckmässigkeit der Construction von dem Institute gebauten Instrumente, als solche nicht anerkannt werden.

Auf die perspectivischen und alles Wesentliche klar und genau darstellenden Zeichnungen der Instrumente und ihre Lithographirungen ist eine besondere Sorgfalt verwendet worden. Als die Uebersicht erleichternd darf dabei wohl erwähnt werden, dass fast durchgängig bei allen 12 Instrumenten für dieselben Theile auch dieselben Buchstaben eingeführt sind.

In einem sechsten Hefte des Magazins beabsichtigt im Einvernehmen mit dem Breithaupt'schen Institute der Verfasser die Theodoliten einer näheren Betrachtung zu unterwerfen.

Cassel, im Februar 1871.

B ö r s c h.

Inhalts-Verzeichniß.

Beschreibung der Nivellir-Instrumente.

Erste Gruppe.

Fernrohrträger, Fernrohr und Libelle sind unter sich unabänderlich verbunden.

	Seite		Seite
§. 1. Das kleine Nivellir-Instrument mit Nussbewegung	1	§. 4. Das grosse Nivellir-Instrument mit einfachem Höhenbogen	5
§. 2. Das Nivellir-Instrumente mit constanter Instrumentenhöhe	3	§. 5. Das Taschen-Niveau	6
§. 3. Das einfache Nivellir-Instrument auf Dreifuss	3	§. 6. Das Nivellir-Diopter nach Stampfer	6

Zweite Gruppe.

Nivellir-Instrumente mit Fernrohr und Libelle zum Umlegen bzw. zum Drehen um ihre Längensachsen.

§. 7. Das Nivellir-Instrument mit cylindrischen Fernrohrslagern	7	1. Lange Verticalaxen, Bauart	17
§. 8. Das Nivellir-Instrument mit Lagern aus Stahlplatten und Fernrohr auf Stahlprismen	9	2. Terrestrische Fernrohre	—
§. 9. Das Nivellir-Instrument nach Ertel'schem Systeme mit einfachem Höhenbogen	10	3. Glaskreuze	—
§. 10. Das grosse Nivellir-Instrument mit doppeltem Höhenbogen und Horizontalkreis	10	4. Distanzmesser	—
§. 11. Das Compensations-Niveau mit Tangentialschraube	12	5. Empfindlichkeit der Libellen	18
§. 12. Das Nivellir-Instrument mit Elevationsschraube nach Stampfer	13	6. Lage der Libelle unter dem Fernrohre	—
§. 13. Die Nivellirlatten	14	7. Spiegel an der Libelle	—
§. 14. Allgemeine Bemerkungen zu den vorbeschriebenen Nivellir-Instrumenten:		8. Fussplatte mit mikrometrischer Verstellung	—
		9. Transport des Instrumentes zwischen den Stationen, Steckhülse	19
		10. Bestimmung der Instrumentenhöhe	—
		11. Verschiebung der Stativbeine	20
		12. Zweckmässigkeit der Construction	—
		13. Reinigen der Gläser	—

Prüfung und Berichtigung der Nivellir-Instrumente.

§. 15. Allgemeine Vorbedingung	21
--	----

Erste Gruppe.

§. 16. Prüfung und Berichtigung der Nivellirlatte	22	3. Richtiges Verhältniss zwischen der Leistungsfähigkeit des Fernrohres und der Empfindlichkeit der Libelle	—
§. 17. Prüfung u. Berichtigung der Nivellir-Instrumente	23	4. Rechtwinklige Lage der Axe der Libelle L gegen die Verticalaxe	25
1. Richtige Stellung des Glaskreuzes gegen das Ocular	23	5. Horizontale Lage des Querstriches des Glaskreuzes bei horizontal stehendem Instrumente	—
2. Zusammenfallen der Ebene des Glaskreuzes und der Bildebene des Objectives	24		

	Seite
6. Richtige Führung des Auszugrohres d. h. Unveränderlichkeit in der Lage der Visirlinie beim Verstellen des Auszugrohres durch den Getriebekopf	26
7. Parallelismus der Visirlinie des Fernrohres und der Libellenaxe	—
8. Bewegung der Visirlinie in einer Verticalebene bei dem Kippen des Fernrohres	31
9. Richtige Centrirung und Theilung des Höhenbogens und seines Nonius	—

	Seite
10. Richtige Theilung des Limbus und der Nonien des Horizontalkreises	32
11. Concentricität der Alhidade und des Fernrohres	—
12. Richtiger Abstand der horizontalen Parallelstriche des Glasnetzes unter sich zum Zwecke der Distanzmessung	33
13. Empfindlichkeit der Libelle	—
14. Vergrößerung des Fernrohres	—

Zweite Gruppe.

§. 18. Prüfung und Berichtigung der Nivellir-Instrumente dieser Gruppe:

1. Parallelismus der Libellenaxe mit der durch die Lagerpunkte der Libelle gelegten ebenen oder cylindrischen Flächen	34
2. Parallelismus der Libellenaxe und der mechanischen Axe des Fernrohres	35
3. Rechtwinklige Lage der Libellenaxe gegen die Verticalaxe	36
4. Richtige Stellung des Glaskreuzes im Fernrohre gegen das Ocular	37
5. Zusammenfallen der Ebene des Glaskreuzes und der Bildebene des Objectives	—
6. Horizontale Lage des Querstriches des Glaskreuzes bei horizontal stehendem Instrumente	—
7. Richtiges Verhältniss zwischen der Leistungsfähigkeit des Instrumentes und der Empfindlichkeit der Libelle	—
8. Richtige Führung des Auszugrohres des Fernrohres d. h. Unveränderlichkeit in der Lage	

der Visirlinie beim Verstellen des Auszugrohres durch den Getriebekopf	38
9. Parallelismus der Visirlinie des Fernrohres und der Libellenaxe	—
10. Bewegung der Visirlinie in einer Verticalebene bei dem Kippen des Fernrohres	39
11. Richtige Centrirung und Theilung des Höhenbogens und seines Nonius	40
12. Richtige Theilung des Limbus und der Nonien des Horizontalkreises	—
13. Concentricität der Alhidade des Horizontalkreises und des Fernrohres	—
14. Richtiger Abstand der horizontalen Parallelstriche des Glasnetzes unter sich zum Zwecke der Distanzmessung	—
15. Empfindlichkeit der Libelle	—
16. Vergrößerung des Fernrohres	—
17. Der gleichmässige Schnitt des Gewindes der Tangential- bzw. Stampfer'schen Elevations-schraube	—

Anwendung der Nivellir-Instrumente.

§. 19. Einleitende Betrachtungen 42

Das geometrische Nivelliren.

§. 20. Vorbedingung für gute Beobachtung 44

§. 21. Das Nivelliren aus den Endpunkten 45

§. 22. Das Nivelliren aus der Mitte 47

§. 23. Das Nivelliren aus der Mitte mit gleichzeitigem Control-Nivellement 48

§. 24. Das Nivelliren mit Anwendung der Schiebelatte 49

Das trigonometrische Nivelliren.

§. 25. Das trigonometrische Nivelliren mit Anwendung einer Elevations-schraube 50

§. 26. Das trigonometrische Nivelliren und Distanzmessen mittelst der Tangential- und der Stampfer'schen Schraube 51

§. 27. Das trigonometrische Nivelliren mit Anwendung des Höhenbogens 54

§. 28. Einfluss der Erdkrümmung und Strahlenbrechung auf Verticalwinkel 56

§. 29. Horizontalwinkelmessungen 57

Beschreibung der Nivellir-Instrumente.

Erste Gruppe.

Fernrohrträger, Fernrohr und Libelle sind unter sich unabänderlich verbunden.

§. 1.

1. Das kleine Nivellir-Instrument mit Nussbewegung.

Fig. 1, 1^a, 1^b, 1^c.

Auf ein Zapfenstativ **Z** passt die Hülse **H**, welche mittelst eines flachen conischen Schraubengewindes hinlänglich fest aufgedreht werden kann; dieselbe dient zur Aufnahme der Nuss **N** und hat zu diesem Zwecke nach Oben eine halbkugelförmige Erweiterung. Durch die ringförmige Verstärkung **V** der Hülse gehen zwei um 90° von einander abstehende Stellschrauben **S**, **S'**, und diesen gegenüber, um 135° von denselben abstehend und durch das Gehäuse **G** gehalten, befindet sich eine Spiralfeder **f** mit vorliegendem Köpfchen **p**. Die Schrauben und die Spiralfeder halten die fünfseitige prismatische Verlängerung **P** der Nuss in ihrer gegebenen Stellung. Die Kappe **K** schliesst die Hülse und hält so, jedoch bewegbar, die Nuss **N**; diese hat eine durch die Kappe herausstehende conische, nach Unten aber die bereits erwähnte prismatische Verlängerung und dient so als Buchse für die einfach conische Verticalaxe **A**, welche durch die Schraubenmutter **m** in ersterer gehalten wird. Die Schrauben **S**, **S'** und die Spiralfeder **f** drücken gegen die Seitenflächen des, im Querschnitte ein Quadrat mit einer normal zu der Diagonale abgestumpften Ecke zeigenden, Prismas **P** und gestatten auf diese Weise eine genaue senkrechte Einstellung der Verticalaxe **A**.

Fig 1^a

Diese Construction wurde zuerst von dem Breithaupt'schen Institute, als ihm eigentümlich, statt der vier ohne Federung auf einander wirkenden und daher der Beschädigung und raschen Abnutzung leicht unterworfenen, Stellschrauben eingeführt, sie eignet sich jedoch nur für leichte Instrumente, die nicht zu Horizontal-Messungen benutzt werden, da durch die Schrauben nicht nur die gewünschte Verstellung des Prismas in vertikalem Sinne, sondern auch eine kleine seitliche Drehung gleichzeitig bewirkt wird.

Fig. 1. Rechtwinklig auf der Axe A und mit ihr aus einem Gusse, sitzt die Trägerplatte T, auf derselben ist die Libelle L mittelst zweier Arme a, a' durch die Schrauben l, l' befestigt; in der Trägerplatte unter dem Arme a liegt eine gegenwirkende Spiralfeder, so dass die Schraube l zugleich als Correctionsschraube dient. Auf die Glasröhre der Libelle ist eine Scala eingerissen, oder die richtige Stellung der Luftblase wird nach zwei Stegen an der Libellenfassung bestimmt. Ueber der Libelle, zugleich zum grösseren Schutze derselben, befindet sich, durch die ringförmigen Träger T' gehalten, das 2 Decimeter lange astronomische Fernrohr F; das Objectiv desselben ist achromatisch, zusammengesetzt aus einer biconvexen Kronglas- und einer concaven Flintglaslinse, die zusammen eine convexe Doppellinse bilden, oder aus einer biconcaven Flintglaslinse zwischen zwei biconvexen Kronglaslinsen, hat 25 Millimeter (11 par. L.) Oeffnung und ist beim Nichtgebrauche des Instrumentes durch eine Kapsel geschützt. Der Ocularkopf O ist ein

Fig. 1^b u. 1^c. Huyghens'scher, d. h. er enthält eine planconvexe Collectivlinse c und ein ebenfalls planconvexes Augenglas a, in constantem Abstände gegen einander und ihre Convexitäten dem Objective zugekehrt. Das Collectiv dient zur Verkürzung der Bildweite, ausserdem zur Erweiterung des Gesichtsfeldes und Vermehrung der Helligkeit, das Augenglas dagegen wirkt als einfache Lupe; die Bildebene liegt demnach zwischen beiden Linsen, und ebendasselbst befindet sich auch, streng in den Ocularkopf passend, der Ring R mit der Blendung b, auf welche ein feines Glasplättchen mit Kreuzstrichen, statt des früher aus Spinnenfaden dargestellten Fadenkreuzes, gekittet ist. Die Druckschrauben r, r' gehen durch erweiterte Oeffnungen in der Wandung des Ocularkopfes, haben ihre Muttern in dem Ringe R und drücken gegen die Blendung b, so dass nicht allein eine Verschiebung des Glaskreuzes in vertikalem Sinne, sondern auch vermöge der erweiterten Oeffnungen eine Verstellung desselben in der Richtung der Längsaxe des Fernrohres und um dieselbe möglich ist.

Fig. 1. An den Ocularkopf ist das Auszugrohr O' geschraubt, das seine Führung in dem Objectivrohre durch einen Steg erhält. Die Verstellung des Ocularkopfes gegen das Objectiv geschieht entweder aus freier Hand, oder durch eine Zahnstange mit Getriebe, mittelst des an der Seite des Objectivrohres hervorstehenden Getriebekopfes G'. Das Fernrohr hat eine 18malige Vergrösserung, die Leistungsfähigkeit beträgt 100 Meter und innerhalb dieser Grenze eignet sich das Instrument wegen seiner compendiösen Form und leichten Handhabung vorzugs-

weise zu hinlänglich genauen und schnell auszuführenden Nivellements, welches sich auch längst durch die allgemeine Einführung in Norddeutschland bethätigt hat.

§. 2.

2. Das Nivellir-Instrument mit constanter Instrumentenhöhe.

Fig. 2, 2^a, 2^b.

Das §. 1 und Fig. 1 beschriebene kleine Nivellir-Instrument mit Nussbewegung ist mittelst der verlängerten Hülse H, so in einen runden Stab hineingeschoben, dass durch Drehung des Ringes R' eine mikrometrische Verstellung in vertikalem Sinne hervorgebracht und dieselbe durch die Scala s und den Index i gemessen werden kann. Der Stab geht durch den Stativkopf und wird durch die Klemmschraube K' in demselben festgehalten, nachdem das Stativ, wie in der Figur ersichtlich, über dem Pflöck oder Fixpunkte aufgestellt ist.

Fig. 2^a.

Fig. 2^b.

Die hierzu gehörige Nivellirlatte hat nur eine grobe Theilung, während der Ueberschuss über den letzten ganzen Theil, nach Zurückstellung des Horizontalstriches des Kreuzes auf den nächstvorhergehenden Theilstrich der Latte durch Drehen des Ringes R', an der Scala s abgelesen wird. Die Instrumentenhöhe ist innerhalb der Grenzen constant, innerhalb welcher man den Stab senkrecht zu stellen vermag, also jedenfalls der Leistungsfähigkeit des Fernrohres und der Libelle entsprechend genau. Durch die constante Instrumentenhöhe eignet sich dieses kleine Nivellir-Instrument vorzugsweise zu schnellen und genauen Nivellements aus den Endpunkten.

§. 3.

3. Das einfache Nivellir-Instrument auf Dreifuss.

Fig. 3^a, 3^b, 3^c.

Die Construction und Verbindung des Fernrohres F und der Libelle L mit der Trägerplatte T und dieser mit der angeschraubten conischen oder doppelconischen stählernen Vertikalaxe A ist, nur in grösseren Dimensionen, dieselbe wie bei den vorhergehenden Instrumenten §. 1 und §. 2; die Buchse B ist dagegen in einen Dreifuss D eingeschraubt, so dass ihr, eine Schraube bildendes, Ende unter letzterem heraussteht. An den Enden der Dreifussarme befinden sich die Stellschrauben S, S', S'', deren Gang in ihren Muttern durch die Klemmschrauben σ , σ' , σ'' geregelt werden kann, sie endigen in conische Spitzen, welchen in den Stativkopf eingesenkte Messingeylinder φ , φ' , φ'' entsprechen. Die Befestigung des Instrumentes auf dem Kopfe J des Statives geschieht durch die Schraubenstange E', welche an die Buchse angeschraubt wird und durch die Oeffnung des Stativkopfes geht; unterhalb dieses ist um die Stange eine Spiralfeder F' gelegt, welche,

Fig. 3^a.

Fig. 3^c.

durch die Mutter **M** gehalten, vermittelt einer zwischenliegenden Metallplatte **P** und den Kugelabschnitt **k** gegen die untere Fläche des Kopfes drückt; hierdurch erlangt man einen festen Stand des Instrumentes auf dem Stative und hinlängliche Federung für das Einstellen durch die Stellschrauben. Die Scheibe **M'** dient als Handhabe der Schraubenstange, welche letztere mitunter noch in einen Pendelhaken **P'** endigt. In dem oberen hohlen Theile der Schraubenstange ist bei grösseren Fernrohren und somit schwereren Obertheilen eine Spiralfeder **F''** enthalten, welche gegen das untere Ende der Vertikalaxe drückt, dadurch das Gewicht des beweglichen Theiles des Instrumentes balancirt, und diesem eine leichte gleichmässige Bewegung verschafft. Das Fernrohr hat einen Huyghens'schen, mit einfachem oder doppeltem Augenglase versehenen, Ocularkopf, dessen Verstellung in dem Objectivrohre durch den Getriebekopf **G'** bewirkt wird, und besitzt bei einer Objectivöffnung von 27 Millimeter (12 par. L.) und 24maliger Vergrösserung eine Leistungsfähigkeit von 150 Meter, oder bei einer Objectivöffnung von 34 Millimeter (15 par. L.) und 30maliger Vergrösserung eine Leistungsfähigkeit von 200 Meter, im letzten Falle hat das Instrument, seinen grösseren Dimensionen entsprechend, eine doppelteonische stählerne Vertikalaxe.

Fig. 3^b u. 3^c

Werden an das Nivellir-Instrument, in Bezug auf seine Leistungsfähigkeit, grössere Anforderungen gestellt, so erhält dasselbe einen geschweiften Dreifuss **D**, mit doppelteonischer Verticalaxe **A** und eine Ringklemme **q** zur Fixirung in horizontalem Sinne jedoch ohne Feinstellung. Die in Kugeln auslaufenden Enden der Stellschrauben **S, S', S''** werden in entsprechenden Vertiefungen der auf dem Stativkopfe freiliegenden Fussplatten $\varphi, \varphi', \varphi''$ gehalten, ohne jedoch die Schrauben selbst in ihren Drehungen zu hindern, auch haben die Klemmschrauben $\sigma, \sigma', \sigma''$ grosse Köpfe, um sie leicht aus freier Hand benutzen zu können. Ferner erhält das Instrument ein Fernrohr mit neu construirtem Objective, welches bei kürzerer Brennweite eine stärkere Vergrösserung verträgt, und ein orthoscopisches Ocular, wodurch also bei kürzerem Fernrohre eine stärkere Vergrösserung, ein grösseres Gesichtsfeld und grössere Helligkeit erzielt wird. Das orthoscopische Ocular ist eine achromatische Linsenverbindung, besteht aus einer biconvexen, dem Objective zunächstliegenden Linse und aus einem achromatischen Augenglase, nämlich einer biconvexen Kron Glaslinse und einer, dieselbe genau berührenden, planconcaven Flintglaslinse; diese Doppellinse hat von der ersteren einen constanten Abstand, beide dienen, wie das Ramsden'sche Ocular, als Doppellupe, so dass die Bildebene des Objectives, also auch das Glaskreuz, zwischen dem Objective und der Doppellupe und zwar dicht vor letzterer liegt. Das Ocular kann nach dem Auge des Beobachters in dem Ocularkopfe aus freier Hand verstellt werden, wodurch eine Verstellung des Glaskreuzes im Sinne der Längenaxe des Fernrohres überflüssig wird. Diese Fernröhre haben bei 34 und 41 Millimeter (15 u. 18 par. L.) Objectivöffnung eine 36- und 50malige Vergrösserung und eine Leistungsfähigkeit von 250 und 380 Meter.

§. 4.

4. Das grosse Nivellir-Instrument mit einfachem Höhenbogen, mit und ohne Horizontalkreis. Fig. 4.

Der geschweifte, durch die Schraubenstange E' auf dem Stativkopfe I befestigte Dreifuss D mit Stellschrauben S, S', S'' und an ihre kugelförmigen Enden anschliessenden Fussplatten q, q', q'' enthält die Buchse, in welcher die doppelteonische Vertikalaxe durch eine Mutter am Herausheben gehindert, und durch eine Ringklemme mit grober Einstellung nach Bedürfniss in ihrer Drehung gehemmt wird. Eine Feinstellung der Nivellir-Instrumente im horizontalen Sinne ist hingegen durchaus unnöthig. Mit der Vertikalaxe ist, wenn kein Horizontalkreis vorhanden, durch eine Flansche der geschweifte Träger T verbunden, der in seiner Mitte die Dosenlibelle L' , an seinem einen Ende einen Nonius N mit $15''$ Angabe für den Höhenbogen H und eine Klemmvorrichtung K' mit Micrometerschraube M' trägt, nach der anderen Seite aber in einen geschweiften Rahmen T'' endigt, in welchem durch die Spitzen der Schrauben g, g' das Fernrohr F mittelst des Fernrohrträgers T' gehalten und in vertikalem Sinne gedreht werden kann. An der Ocularseite des Fernrohres befindet sich unterhalb, den Schraubenspitzen g, g' als Rotationsaxe und dem Nonius N entsprechend, der in $\frac{1}{4}$ Grade getheilte Höhenbogen H von 18 Centimeter Radius, der durch die Klemmvorrichtung K' an dem Arme T befestigt und so das Fernrohr in einer bestimmten Lage gehalten werden kann. Unter dem Fernrohre und um l' drehbar befindet sich die Röhrenlibelle L mit 10 Secunden Angabe; die Muttern m' und m'' dienen zur Berichtigung; auch kann durch dieselben die Libellenaxe unter einem vorgeschriebenen kleinen Winkel gegen die optische Axe des Fernrohres verstellt und so nach Procenten nivellirt werden.

Das astronomische Fernrohr hat ein Objectiv von 36 Millimeter (16 par. L.) Oeffnung, ein orthoscopisches Ocular, 45malige Vergrösserung und eine Leistungsfähigkeit von 300 Meter.

Mit dem Dreifusse kann, wie in der Figur ein Horizontalkreis h mit versilbertem, in $\frac{1}{2}$ Grade getheilten, Limbus von 13 Centimeter Durchmesser, mit der Vertikalaxe unter dem Arme T eine dem Kreise h entsprechende Alhidade a mit 2 Nonien von 1 Minute Angabe und der nöthigen Klemmvorrichtung v mit Mikrometerschraube d verbunden sein. Die Ablesungen an den Nonien geschehen durch eine Handlupe.

Bei grösseren Anforderungen an das Instrument erhält das Fernrohr ein Objectiv von 41 Millimeter (18 par. L.) Oeffnung, und ein orthoscopisches Ocular, es hat eine 50malige Vergrösserung und eine Leistungsfähigkeit von 380 Meter. Der Höhenbogen hat einen Radius von 24 Centimeter, ist in $\frac{1}{12}$ Grade getheilt, sein Nonius giebt 10 Secunden. Ist mit dem Instru-

mente ein Horizontalkreis verbunden, so hat derselbe einen silbernen Limbus von 14 Centimeter Durchmesser, ist in $\frac{1}{3}$ Grade getheilt, die Nonien geben 30 Secunden. Die Ablesungen geschehen durch Armlupen.

Dieses Instrument eignet sich zu grösseren Nivellements, kann aber auch zu trigonometrischen Höhenbestimmungen benutzt werden, was namentlich dann von Vortheil ist, wenn ein auszuführendes geometrisches Nivellement mit unzugänglichen Punkten (z. B. Kirchthurmknöpfen), oder mit weitabliegenden, durch ungünstiges Terrain getrennten, also durch geometrisches Nivellement nur schwierig und mit grossem Zeitaufwande zu erreichenden Höhenpunkten in Verbindung zu bringen ist; der Horizontalkreis giebt die nöthigen Winkel für die Berechnungen der Entfernungen.

§. 5.

5. Das Taschen-Niveau.

Fig. 5.

In der auf ein Stockstativ aufgeschraubten, oder wie bei §. 1 Fig. 1 in einer Nussvorrichtung befindlichen, Buchse dreht sich die Vertikalaxe mit der Trägerplatte T. An ihrem einen Ende, an welchem man auch noch eine kleine Dosenlibelle anbringen kann, hält die Trägerplatte zwischen den Spitzen der Schrauben g, den Träger T' mit der Libelle L und dem Fernrohre F, während beide am andern Ende durch die Feder F' gehoben, und durch die Elevationschraube E (Zugschraube) in die richtige horizontale Lage gebracht werden können. Da die Libelle durch die Schrauben l, l' gegen die Visirlinie verstellbar ist, so bedarf das Glasnetz des Fernrohrs keine besondere Correctionsvorrichtung. Das Fernrohr hat eine 5- bis 6malige Vergrösserung. Zur Vervollständigung des kleinen Apparates gehört das weiter hinten beschriebene Nivellirband.

Dieses kleine Niveau kann, in einem Etui verschlossen, in der Rocktasche oder an leichtem Riemen zum Umhängen getragen, das Stativ als Stock benutzt werden, und ist solchergestalt zu nivellitischen Recognoscirungen des Terrains sehr brauchbar.

§. 6.

6. Das Nivellir - Diopter nach Stampfer.

Fig. 6.

Die Axe, Nuss und Hülse H mit den beiden Stellschrauben S, S' und der gegenwirkenden Spiralfeder ist, nur in kleineren Dimensionen, wie bei dem in §. 1 beschriebenen kleinen Nivellir-Instrumente, das Uebrige, mit Ausnahme der inneren Einrichtung des Fern-

röhrens, dem Taschenniveau §. 5 nachgebildet. Die Hülse wird entweder auf dem Zapfen eines Stockstatives, oder vermittelt einer Baumschraube auf einen jeden Stock befestigt. Die beiden Linsen des Fernrohres sind vollständig gleich, so dass jede als Objectiv oder Ocular benutzt werden kann; bei ihren kurzen Brennweiten, etwa 34 Millimeter, wird bei einem gegenseitigen Abstände der Gläser um ihre beiden Brennweiten, selbst für ziemlich nahe Objecte, die Bildebene nahezu in die Mitte zwischen beide Gläser zu liegen kommen, wo sich auch das Glasnetz befindet. Da hierbei die Vergrößerung = 1, so kann eigentlich von einer Leistungsfähigkeit eines Fernrohres, ja überhaupt von einem Fernrohre nicht die Rede sein, es wird aber mehr als mit dem besten Diopter erreicht, indem durch das Zusammenfallen des Glaskreuzes, welches die Stelle des Diopterobjectives vertritt, mit dem Objecte, genauer dessen Bilde, die Deutlichkeit des Sehens erhöht, und in Folge der Gleichheit beider Gläser ein Vor- und Rückwärtsvisiren ohne Drehung des Rohres um seine Vertikalaxe ermöglicht wird. Die Erreichung dieser Vortheile bei möglichster Kleinheit (Taschenformat), leichter Handhabung und Transportirbarkeit hatte auch Professor Stampfer bei der Construction dieses Instrumentes nur im Auge. Da eine Vergrößerung nicht stattfindet, so kann als Nivellirlatte nur eine Schiebelatte (siehe weiter hinten) angewendet werden.

Breithaupt hat den Bau des ursprünglichen Stampfer'schen Nivellir-Diopters dahin abgeändert, dass er die Röhrenlibelle statt zur Seite des Rohres unterhalb desselben gelegt, und statt der Nuss mit 4 Stellschrauben die in §. 1 beschriebene angewendet hat. Für dieses kleine Instrument ist übrigens die Stellschraubennuss und ein dreibeiniges Stativ ebensowenig Bedingung wie bei dem vorbeschriebenen Taschenniveau.

Das Nivellirdiopter eignet sich vorzugsweise zu Nivellements für landwirthschaftliche Zwecke, also für Wiesenbauer, Traineure etc., für Hochbauten u. dgl. m.

Zweite Gruppe.

Nivellir-Instrumente mit Fernrohr und Libelle zum Umlegen beziehungsweise zum Drehen um ihre Längsaxen.

§. 7.

7. Das Nivellir-Instrument mit cylindrischen Fernrohrlagern.

Fig. 7.

Der Dreifuss D mit Stellschrauben S, S', S'', Ringklemme q, Schraubenstange E' und doppelconischer Vertikalaxe mit Flansche F'', auf welcher hier zur vorläufigen Horizontalstellung eine

Dosenlibelle L' sitzt, ist wie §. 4, Fig. 4. Die auf einer kleinen cylinderförmigen Erhöhung der Flansche ruhende Trägerplatte T wird durch die Zugschrauben t gehalten, und durch letztere eine kleine Verstellung gegen die Vertikalaxe ermöglicht; neben jede Zugschraube kann auch noch eine kleine Druckschraube angebracht werden. An beiden Enden der Trägerplatte sitzen die gabelförmigen Fernrohrträger T' mit nach Unten theilweise ausgefeilten cylindrischen Lagern; in diese passen die beiden, um die Objectivröhre des Fernrohrs gelegten, Ringe R' von genau gleichen Durchmessern, so dass das Fernrohr F nicht allein in seinen Lagern versetzt, d. h. umgelegt, sondern auch um seine Längenaxe gedreht werden kann. Zwei kleine Zapfen z und z' mit Stellschrauben auf der Oberfläche der Trägerplatte entsprechen zwei Kopfschrauben k als Anschläge des Fernrohrs und können hierdurch die halben Umdrehungen des letzteren um seine Längenaxe geregelt werden. Die Verstellung des Oculars und die Anordnung der Linsen und des Glaskreuzes mit oder ohne Distanzmesser ist dieselbe wie bei dem §. 3, Fig. 3^a und ^b beschriebenen Fernrohre, nur sind zur Verstellung des Glaskreuzes sowohl in vertikalem als auch horizontalem Sinne 4 Correctionsschrauben r, r', r'', r''' erforderlich. Die Füße der 10 Secunden angehenden Libelle L sind wie die Lager cylindrisch und passen auf die Ringe R' des Fernrohrs, so dass die Libelle in beiden Lagen aufgesetzt werden kann. Die Fassung der Libelle hat in zwei ringförmigen Verdickungen je 2 um 90° von einander abstehende Schrauben l, l' und λ, λ' und diesen gegenüber, um 135° abstehend, an der inneren Wandung eine gegenwirkende zweiarmige Feder, so dass der Glaseylinder an zweimal drei Punkten gehalten, und seine Lage durch die Schrauben l und λ in vertikalem und horizontalem Sinne geregelt werden kann; um eine Verschiebung desselben im Sinne seiner Längenaxe zu verhindern, sind an seinen Enden Gummiplatten als Puffer eingelegt. Vermittelt der an den Füßen angebrachten Stifte s' und der Bügel β wird die Libelle und mit ihr das Fernrohr in den Trägern gehalten.

Das Fernrohr hat ein Objectiv von 27 Millimeter (12 par. L.) Oeffnung und ein Huyghens'sches Ocular, eine 24malige Vergrößerung und eine Leistungsfähigkeit von 150 Meter, oder ein Objectiv neuerer Construction von 34, 41 und 47 Millimeter (15, 18 und 21 par. L.) Oeffnung, und ein orthoscopisches Ocular, eine 36- 50- und 60malige Vergrößerung und eine Leistungsfähigkeit von 250, 380 und 630 Meter.

Das zugehörige Stativ kann mit und ohne verschiebbare Beine eingerichtet werden.

Dieses Nivellir-Instrument bietet dadurch, dass das Fernrohr um seine Längenaxe gedreht und auch ebenso wie die Libelle in den Lagern umgesetzt werden kann, grosse Bequemlichkeiten in der Prüfung, Berichtigung und in dem Gebrauche, und gestattet selbst ohne vorherige Correction doch die Möglichkeit der Erzielung richtiger Resultate. Nur ein Fehler, der, wenn auch ursprünglich nicht vorhanden, doch nach längerem Gebrauche durch Abschleifen der Ringe R'

und ihrer Lager meistens auftreten dürfte, kann zwar erkannt, aber nicht von dem Ingenieur, sondern nur von dem Mechaniker berichtigt werden, nämlich die ungleiche Dicke und die nicht kreisförmige Gestalt der Ringe; diesem Uebelstande ist durch das folgende Nivellir-Instrument abgeholfen.

§. 8.

8. Das Nivellir-Instrument mit Lagern aus Stahlplatten und Fernrohr auf Stahlprismen. Fig. 8.

Die Construction stimmt bis auf die Lagerung des Fernrohres und der Libelle mit dem vorhergehenden Instrumente überein, statt der cylindrischen Lager sind aber auf der Trägerplatte T zwei Platten p von gehärtetem Stahle und in der Mitte ein kleiner Zapfen z aufgeschraubt. Den Stahlplatten entsprechend sitzen diametral gegenüber an dem Fernrohre, ebenfalls aus gehärtetem Stahle, zwei Prismen k mit horizontalliegender Seitenkante und zwei Kopfschrauben k', so dass bei der Umlegung des Fernrohres um 180° im Sinne der Längsaxe das einmal ein Prisma und ein Schraubenkopf, das anderemal ein Schraubenkopf und ein Prisma auf denselben Platten aufliegen, der Zapfen z aber jedesmal in eine erweiterte Oeffnung der Objectivröhre passt. Die Libelle L mit 10 Secunden Angabe hat an den unteren Seiten ihrer verkürzten Flüsse ebenfalls Stahlplatten p', welche auf ein Prisma und einen Schraubenkopf des Fernrohres zu liegen kommen. Gegen die seitliche Abweichung der Libelle dienen an derselben die Schrauben l'', gegen die gleitende der in eine der erweiterten Oeffnungen der Objectivröhre eingreifende Zapfen z'. Durch den, an den Angriffspunkten verwendeten, gehärteten Stahl wird der Abnutzung möglichst vorgebeugt. Fernrohr und Libelle werden in den Gabeln durch die Bügel β gehalten, an welche noch ein besonderer Federdruck f'' angebracht werden kann.

Das Fernrohr hat ein Objectiv von 36, 41 und 48 Millimeter (16, 18 und 21 par. L.) Oeffnung, ein orthoscopisches Ocular, eine 45-, 50- und 60malige Vergrößerung und eine Leistungsfähigkeit von 300, 380 und 630 Meter.

Zwei Instrumente dieser Construction wurden zu Präcisions-Nivellements für die Europäische Gradmessung benutzt; die Resultate sind der Art, dass sie an Genauigkeit die Grenze des Erreichbaren liefern, die Instrumente mithin den Besten anderer renommirter Institute mindestens gleichzustellen, in Bezug auf solide Bauart aber jedenfalls vorzuziehen sind. Vergleiche die Berichte des Verfassers in den General-Berichten über die Europäische Gradmessung für das Jahr 1867, 1868 und 1869, beziehungsweise pag. 61—62, 38—40 und 54—55, im Verlag bei G. Reimer in Berlin.

§. 9.

Fig. 9. 9. Das Nivellir-Instrument nach Ertel'schem Systeme mit einfachem Höhenbogen, mit und ohne Horizontalkreis.

Dreifuss mit Ringklemme und Axe, Fernrohr und Libelle, sowie deren cylindrische Lagerung und Verschluss sind wie bei dem Instrumente §. 7. Auf die Flansche der Vertikalaxe ist die Säule s' mittelst dreier Zugschrauben t, t', t'' und einer Druckschraube δ wie Fig. 10 (in der Zeichnung Fig. 9 nicht gut darstellbar), und die Dosenlibelle L' , beide justirbar, aufgeschraubt; die Säule endigt in die cylindrischen Lager der horizontalen Axe A' des halbcylindrischen Trägers T mit den beiden gabelförmigen Verlängerungen T' und den cylindrischen Fernrohrlagern. Die Horizontalaxe A' , durch einen Verschluss in ihren Lagern gehalten, trägt an dem einen überstehenden conischen Ende einen aufgedrehten und durch eine Mutter angeklebten halbkreisförmigen Höhenbogen H , um das andere verdickte Ende der Axe aber legt sich die, abwärts in einen Arm q' auslaufende, Ringklemme Q mit Mikrometerschraube m' und Federdruck; der Nonius N des Höhenbogens befindet sich am unteren Theile der Säule. Damit die halben Drehungen des Fernrohrs um seine Längensaxe geregelt werden, ist unter jeder Gabel T' ein verschiebbarer Anschlag z angebracht, der durch Zurückziehen ausser Thätigkeit tritt, ihm entsprechend aber ist an die Objectivröhre ein Ring mit den 2 Correctionsschrauben k geschraubt.

Vervollständigt kann dieses Instrument werden durch eine Röhrenlibelle zum Aufsetzen auf die Axe A' , ferner durch einen auf den Dreifuss festgeschraubten Horizontalkreis h von 13 bis 18 Centimeter Durchmesser und einer Theilung in $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ Grade, und diesen entsprechend eine auf die Flansche der Vertikalaxe geschraubte Alhidade a mit zwei Nonien von 1 bis $\frac{1}{3}$ Minute Angabe, mit oder ohne Glasverdeckung. Zur Verbindung der Alhidade mit dem Horizontalkreise dient die Klemmvorrichtung v und zur Feinstellung die Mikrometerschraube d . Die Ablesung an den Nonien geschieht entweder durch eine Handlupe oder durch Armlupen.

Das Fernrohr hat ein Objectiv von 34 und 41 Millimeter (15 und 18 par. L.) Oeffnung, ein orthoscopisches Ocular, eine 36- und 50malige Vergrößerung und eine Leistungsfähigkeit von 250 und 380 Meter.

§. 10.

Fig. 10. 10. Das grosse Nivellir-Instrument mit doppeltem Höhenbogen und Horizontalkreis.

In den Dreifuss D mit aufgeschraubtem Horizontalkreise h von 13 bis 20 Centimeter Durchmesser ist eine aufrechtstehende doppelconische Axe fest eingedreht, und über diese, so dass sie

theilweise noch durch den Kreis in den Dreifuss eindringt, die Buchse **B** gesetzt. An der Buchse, etwa in ihrer Mitte, sitzt die Alhidade **a** mit Glasverdeckung und zwei Nonien von 1' oder 10'' Angabe bei einer entsprechenden Kreistheilung auf Silber in $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{6}$ Grade. Die Ablesung geschieht durch Armlupen, die Klemmung und Feinstellung durch die Klemmvorrichtung **v** mit Mikrometerschraube. Auf die nach Oben in eine Flansche **f'** sich erweiternde Buchse ist mit drei Zugschrauben **t**, **t'**, und die in der Zeichnung nicht sichtbare **t''**, der gabelförmige, unterhalb über den Schrauben **t'** u. **t''** mit einem cylinderförmigen Ansatz versehene, Aufsatz **s'** aufgeschraubt. Die Zugschraube **t** geht frei durch eine Druckschraube **δ** im Sinne ihrer Längensaxe, beide dienen zusammen als Correctionsschrauben. Der Aufsatz endigt in die verschliessbaren cylindrischen Lager für die stählerne Horizontalaxe **A'** der Trägerplatte **T**, in deren Gabeln **T'** in cylindrischen Lagern wie Fig. 7, oder auf Stahlplatten wie Fig. 8 oder Fig. 10 das Fernrohr **F** mit der Libelle **L** ruht und durch die Bügel **β** gehalten wird. Auf der einen Seite der Horizontalaxe **A'** befindet sich, an den Träger **T** geschraubt, der doppelte Höhenbogen **H** von 20 bis 30 Centimeter Durchmesser und einer Eintheilung auf Silber in $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{12}$ Grad; ihm gegenüber sitzt an dem einen Ständer des Aufsatzes **s'** der Doppelarm **a**, mit zwei, zwischen Schraubenspitzen beweglichen, Nonien von 10 bis 4 Secunden Angabe. Zwei Lupen an einem Doppelarm dienen zur Ablesung. Um das andere erweiterte Ende der Axe **A'** liegt wie bei Fig. 9 eine Ringklemme mit Mikrometerschraube und Federbüchse. Zur genauen Horizontalstellung des ganzen Instrumentes, und zur leichteren Prüfung der normalen Lage der Axe **A'** gegen die Vertikalaxe, dient die Röhrenlibelle **L''**, welche auf die Axe **A'** gesetzt wird. Der Druck des ganzen Oberbaues auf die Vertikalaxe wird durch die Feder **F'** zum grössten Theile aufgehoben, und dadurch eine leichte Horizontalrotation bewirkt.

Sind die beiden Höhenbogen so nummerirt, dass in der Mitte 0°, nach beiden Enden zunehmende Gradzahlen stehen, so gehören dazu Doppelnonien, und man misst Höhen- und Tiefenwinkel. Beginnt jedoch die Nummerirung des einen Bogens gegenüber Nonius **I** an dem unteren, des anderen Bogens an dem oberen Ende, so dass 90° in der Mitte jedes Bogens steht, so sind die Nonien einfache, und man misst Zenithdistanzen.

Für ein Instrument von solchen Dimensionen wählt man selbstverständlich nur Objective neuerer Construction von 36, 41 und 48 Millimeter (16, 18 und 21 par. L.) Oeffnung mit orthoscopischen Ocularen, einer 45-, 50- und 60maligen Vergrösserung und einer Leistungsfähigkeit von 300, 380 und 630 Meter.

Statt des einfachen Horizontalkreises kann auch ein Kreis zum Repetiren eingeführt werden.

Das Instrument eignet sich vorzugsweise zu sehr genauen geometrischen und trigonometrischen Nivellements, sowie zu Horizontaltriangulirungen, kann also als Theodolit ja als Universal-Instrument dienen.

§. 11.

Fig. 11.

11. Das Compensations-Niveau mit Tangentialschraube.

Dieses mit Originalität construirte Nivellir-Instrument besteht aus einem Dreifuss **D** mit Stellschrauben **S**, **S'**, **S''**, Buchse **B** mit Ringklemme **q**, wie bei den Instrumenten Fig. 7 und Fig. 8. Die Flansche **F''** der Verticalaxe läuft in zwei Arme aus, am Ende des einen sitzt die Dosenlibelle **L'** und die, nach Unten in eine Gabel endigende und zwischen Schraubenspitzen **g** drehbare, Trägerplatte **T**, durch das Ende des anderen Armes geht die mit einer eingetheilten Trommel **t** versehene, fein geschnittene Schraube **E** aus gehärtetem Stahle; dieselbe wirkt auf die verticale Winkelbewegung der Trägerplatte **T**, in welche an der Angriffsstelle ein mit einer Rinne versehenes gehärtetes Stahlstück eingesetzt ist, im Sinne der Tangente, weshalb sie auch die Benennung Tangentialschraube führt. Die in dem Gehäuse **G** befindliche Spiralfeder drückt die Trägerplatte **T** auf die Schraube **E** und regelt dadurch die Bewegung. Die vollen Umdrehungen der Tangentialschraube werden an der Scala **s**, die Theile der Umdrehung an der Trommel **t** abgelesen. Der Nullpunkt der Scala **s** liegt in ihrer Mitte, die Graduirung oberhalb desselben entspricht einer Elevation des Fernrohres und giebt positive, unterhalb desselben einer Depression und giebt negative Umdrehungszahlen; in gleichem Sinne entspricht die obere Bezifferung der Trommel dem oberen, die untere dem unteren Theile der Scala. Auch kann die Scala den Nullpunkt am unteren Ende haben und nach Oben zunehmend, sowie diesem entsprechend, auch die Trommel nur in einem Sinne nummerirt werden. Auf der Trägerplatte **T** sitzen die beiden Fernrohrträger **T'** mit cylindrischen Lagern, welchen zwei genau gleichdicke Ringe am Fernrohre **F** entsprechen, so dass sich letzteres im Sinne seiner Längenaxe drehen lässt. In jedem der beiden verschliessbaren Lager sitzen als Angriffsstellen drei Elfenbeinplättchen, welche bei Abnutzung durch neue leicht ersetzt werden können. Zwei an dem Fernrohre befestigte Arme **T''** halten zwischen stählernen Spitzen die Libelle **L**, deren mehr oder weniger leichte Drehung um ihre Längenaxe durch das verschiebbare, in eine der Spitzen endigende, Prisma **p** und die Klemmschraube **K** bewirkt wird, während die Schrauben **e**, **e'**, **e''** zur Berichtigung der Libellenfassung, die Schrauben **l** und **λ** zur Berichtigung des Glascylinders in der Fassung dienen. Die beiden, an den Trägern **T'** angeschraubten, Zapfen **z** (nur einer in der Zeichnung sichtbar) mit ihren Regulirungsschrauben dienen als Anschläge bei den halben Umdrehungen des Fernrohres mit der Libelle, deren Scala dabei durch das Gewicht **g'** stets nach Oben gehalten wird. Das Fernrohr ist mit einem Objective neuerer Construction von 27, 31 und 35 Millimeter (12, 14 und 16 par. L.) Oeffnung und einem orthoscopischen Oculare versehen, hat eine 24-, 30- und 45malige Vergrößerung und eine Leistungsfähigkeit von 150, 200 und 300 Meter.

Bei Instrumenten von grösseren Dimensionen ist der Arm, welcher die Schraube E hält, sowie die Trägerplatte T nicht gebrochen sondern gerade, und dem entsprechend auch die Drehaxe der Letzteren höher gelegt.

Die Construction des Compensations-Niveaus gestattet, sogar ohne vorhergegangene Prüfung und Berichtigung, selbst bei Nivellements aus den Endpunkten, auf das Einfachste richtige Resultate zu erzielen, da auch ungleiche Durchmesser der um das Fernrohr befestigten und in den Lagern T' ruhenden Ringe keinen nachtheiligen Einfluss ausüben; ferner kann die Schraube E sowohl als einfache Elevationsschraube, als auch zum Distanzmessen und zum Nivelliren ähnlich der s. g. Stampfer'schen Methode benutzt werden. Dieses sind Vortheile, die nicht zu unterschätzen sind, und dem Compensations-Niveau die grösste Verbreitung zusichern.

Ueber dieses und ein ähnliches, von Amsler-Laffon in Schaffhausen construirtes, Instrument siehe Dingler's polytechnisches Journal Bd. 153 pag. 401. St. CIII. und Bd. 154 pag. 401 St. LXXXIV. Bei dem Amsler-Laffon'schen Instrumente ist es condicio sine qua non, dass die innere Wandung des Libellencylinders der Oberfläche eines Rotationskörpers genau entspricht, da die Blase in beiden Lagen des Fernrohres, also an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen der Glasröhre, einspielen muss. Die Lösung dieser Aufgabe gehört aber nach unseren bisherigen Erfahrungen zu den schwierigsten und rein zufälligen; wenn also Amsler-Laffon behauptet, dass in seinem Institute derartige Libellen mit einer Genauigkeit angefertigt würden, welche die praktischen Anforderungen (sehr dehnbarer Begriff) bei Weitem übersteigt, so darf wohl dagegen so lange ein bescheidener Zweifel gehegt werden, als nicht der vollständige Gegenbeweis geliefert wird.

§. 12.

12. Das Nivellir-Instrument mit Elevationsschraube nach Stampfer, mit und ohne Horizontalkreis.

Fig. 12.

Der Dreifuss D mit oder ohne Horizontalkreis h, sowie die Vertikalaxe mit oder ohne Alhidade a und dem geschweiften Arme T, der an seinem einen Ende eine Dosenlibelle L' trägt, sind wie bei Fig. 4 construirte. Die beiden durch einen Steg verbundenen Fernrohrträger T' halten in cylindrischen Lagern und durch die Verschlüsse β das Fernrohr F, dessen halbe Umdrehungen um seine Längsaxe durch Anschläge regulirt werden, und die mit den bekannten Correctionschrauben l und λ versehene Libelle L wie bei Fig. 7; das Ganze ist zwischen den Spitzen zweier Schrauben g, welche durch den einen Träger T' gehen und in das Ende des geschweiften Armes T eingreifen, in vertikalem Sinne drehbar. In den anderen Fernrohrträger T' ist unterhalb eine Schraubenspindel f mit ihrem Kopfe so eingesetzt, dass sie etwas bewegt, aber nicht gedreht werden kann, dieselbe ist von einer Spiralfeder umgeben, geht durch das an dem geschweiften

Fig. 12^a

Fig. 12^b.

Arme T sitzende Gehäuse G, und wird unterhalb desselben durch die, mit einer eingetheilten Trommel t versehene, Schraubenmutter E gehalten, während die Spiralfeder den nöthigen Gegen-
druck ausübt. Die vollen Umdrehungen der Schraubenmutter E werden an der Scala s durch den Index i, die Unterabtheilungen an der eingetheilten Trommel t durch den Index i' bestimmt. Der Nullpunkt der Scala s ist 'am unteren Ende derselben, die Zahlen wachsen mithin nach Oben, und diesem entsprechend geht auch die Nummerirung der Trommel, vom Centrum aus gesehen, von Links nach Rechts. Um dem ganzen weithinabreichenden Elevationsapparate, nach seinem Erfinder als Stampfer'sche Schraube bekannt, nicht hinderlich zu sein, sind die Köpfe der drei Stellschrauben S, S', S'' unterhalb der Dreifussarme angebracht.

§. 13.

Die Nivellirlatten.

Zu jedem Nivellir-Instrument gehören eine bis zwei Nivellirlatten; man unterscheidet zwei Arten derselben: 1) die neuere, jetzt am meisten angewendete, Art, die s. g. Scalenlatte, ist mit einer zweckmässigen Eintheilung und Nummerirung versehen, die Zielhöhen werden von dem Beobachter durch das Fernrohr abgelesen; 2) die ältere Art, die s. g. Schiebelatte, mit einer oder zwei verschiebbaren Zieltafeln, die Ablesungen der Zielhöhen geschehen durch den Gehülfen (Lattenträger), der Beobachter ist daher von dessen Geschicklichkeit und Gewissenhaftigkeit abhängig. Da in der vorliegenden Beschreibung der Nivellir-Instrumente nur solche mit Fern-
röhren abgehandelt werden, die aus dem Breithaupt'schen Institute hervorgehenden aber durch-
gängig Fernröhre mit grosser Leistungsfähigkeit besitzen, so kommen hier hauptsächlich die Nivellirlatten der ersten Art in Betracht; nur in wenigen Fällen, nämlich bei dem in §. 6 beschriebenen Nivellirdiopter, und bei den Nivellir-Instrumenten Fig. 11 und 12, wenn nach Stampfer'scher Methode nivellirt werden soll, finden die Latten mit Zieltafeln noch ihre Anwendung.

1. Scalenlatten.

Fig. 13.

Die in Fig. 13 dargestellte Nivellirlatte mit Scala ist 4 bis 5 Meter lang, 1 Decimeter breit und 2 bis 3 Centimeter dick, aus trockenem Tannenholze angefertigt und mit weisser Oelfarbe angestrichen; gegen das Verziehen und zum Schutze der Eintheilung ist dieselbe an den Seiten mit etwas vorstehenden Leisten versehen, unten aber eine etwa 5 Millimeter dicke Eisenplatte F als Fuss senkrecht gegen die Längsaxe aufgeschraubt. Auf der Rückseite der Latte befindet sich ein einfacher oder auch zweiarmiger Handgriff H, und unter demselben auf Verlangen eine Dosenlibelle L in einer Höhe, dass sie von dem Lattenträger leicht beobachtet werden kann. Dieselbe ist mit einer Kautschuckunterlage auf einem Messingstühlchen durch 3 Zugschrauben

befestigt, welche zugleich als Correctionsschrauben dienen. Es hat sich als zweckmässiger erwiesen, eine Kautschuckplatte statt einer Metallfeder zu nehmen, indem durch die Erschütterungen, welche die Latte bei dem fortwährenden Transporte erleidet, bei Metallfedern die Schrauben sich leicht lockern. Von einem Senkel ist man abgekommen, da derselbe bei Wind nicht zu gebrauchen, ausserdem auch unbequem in der Handhabung ist. Eine besondere Sorgfalt erfordert die Eintheilung in Bezug auf ihre Genauigkeit und Zweckmässigkeit; dieselbe muss nämlich, wie bei den von Breithaupt schon lange eingeführten Scalen, leicht übersichtlich und in ihren grösseren und kleineren Abtheilungen so angeordnet sein, dass sie nicht monoton erscheint, oder mit einer zu viel ins Kleine getriebenen, das Auge angreifenden, und bei grösseren Entfernungen nicht aufzulösenden, Theilung versehen ist, durch beides sind leicht Irrthümer möglich; sie muss im Gegentheil auf das Auge einen beruhigenden Eindruck machen, wesshalb es auch gerathen ist, zur Theilung und Bezifferung nur zwei Farben, schwarz und weiss, zu verwenden. Die Fig. 13 giebt in ihrem unteren Abschnitte eine Theilung in $\frac{1}{2}$ Centimeter, in ihrem oberen in $\frac{1}{4}$ Centimeter; die Theilung auch auf Millimeter auszudehnen ist aus den angeführten Gründen nicht anzurathen, zumal da bei einiger Uebung bekanntlich kleine Theile sehr scharf geschätzt werden können. Da bei sämmtlichen Instrumenten astronomische Fernröhre angewendet, die Gegenstände also verkehrt gesehen werden, so ist die Latte von Unten nach Oben, von Null anfangend mit verkehrt stehenden Zahlen nummerirt, die mithin durch das Fernrohr aufrechtstehend und von Oben nach Unten wachsend erscheinen.

Damit die Latte dem Winde besser widersteht, ist vom Wasserbaumeister Heyken in Kassel die in Fig. 14 dargestellte durchbrochene Latte construirt. Fig. 14.

Die Fig. 15 giebt die s. g. Münchener Latte, sie hat auf der Rückseite gegen das Verziehen und Biegen eine Rippe, und ist aus drei Theilen zusammengesetzt, von denen die beiden ersten, je 2 Meter lang, durch ein Scharnier verbunden, beim Transporte zusammengeklappt, beim Gebrauche aber aufgeschlagen und durch einen Spannriegel S in dieser Lage gehalten werden können, während sich der dritte 1 Meter lange Theil aufstecken und abnehmen lässt. Fig. 15.

Fig. 16 giebt die Ansicht einer Latte zum Zusammenstecken. Fig. 16.

Um die Unbequemlichkeit beim Transporte zu beseitigen und die Latte selbst in einem Postwagen oder Eisenbahnwagen mitnehmen zu können, ist vom Vermessungsrevisor Wehn in Landeshut in Schlesien eine zerlegbare Latte construirt worden. In Fig. 17 sind für den Transport die je 1 Meter langen vier Stücke neben einander geschraubt und mit einer Handhabe versehen, während in Fig. 17^a die Art der Aneinanderfügung der Theile für den Gebrauch ersichtlich ist. Fig. 17.

Das **Nivellirband** ist eine mit weisser Oelfarbe angestrichene in der Länge, Breite und Eintheilung der Nivellirlatte Fig. 13 entsprechende Gurte, die beim Gebrauche an eine jede Stange

aufgehängt und befestigt, für den bequemen Transport aber aufgerollt werden kann, und eignet sich wegen dieser Eigenschaften vorzugsweise zur Verwendung bei nivellitischen Recognoscirungen, also zu dem Instrumente Fig. 5.

2. Schiebelatten.

Fig. 18. Die Schiebelatte Fig. 18 besteht aus zwei Theilen **a** und **b** von je ca. 3 Meter Länge, die nebeneinander durch die Zwingen **r** und **r'** gehalten werden, von denen die obere **r'** an beiden Latten **a** und **b** verstellbar ist, um den Zieltafeln auch für die in der Zeichnung von **r'** eingenommenen Stelle Raum geben zu können. Die Latte **a** mit der Eintheilung der drei ersten Meter in Centimeter trägt die quadratische, in zwei diagonal gegenüberstehende schwarze, ein rothes und ein weisses Feld getheilte Zieltafel **z**, welche durch eine Feder **f** ihre nöthige Friction erhält und durch eine Schraube **S** festgeklemmt wird. Der untere Rand der Zwinge **h** entspricht der Mitte der Zieltafel, die Ablesung der Centimeter geschieht danach unmittelbar an der Latte **a**, der Millimeter dagegen an der auf der Feder **f** angebrachten Millimeterscala. Bei dem Gebrauche dieser Zieltafel **z** liegen die unteren Enden beider Latten **a** und **b**, d. h. ihre Füsse, in einer Ebene. Uebersteigt die Visirhöhe 3 Meter, so kommt die zweite, zur Unterscheidung von der vorhergehenden, kreisförmige Zieltafel **z'**, welche auf 3 Meter der Latte **a** eingestellt wird, und die Centimeter-Theilung auf der Latte **b** nebst Millimeterscala **s** in Anwendung, indem **a** und **b** an einander hingeschoben werden und zur leichteren Fortbewegung auf Frictionsrollen laufen, welche innerhalb der Zwingen **r** und **r'** angebracht sind. Damit man bei dem tiefsten Stande der Zieltafel **z** auch die Intervalle von der Mitte der Tafel bis an ihren unteren Rand noch bestimmen kann, wird auf Verlangen zum directen Ablesen eine in Centimeter getheilte Scala, wie in der Figur ersichtlich, angebracht.

Fig. 19. Die in Fig. 19 dargestellte Schiebelatte unterscheidet sich von der Figur 18 dadurch, dass beide Zieltafeln fest sind und der sie tragende lange Stab, schwalbenschwanzförmig eingefügt, sich in der Latte hinschieben und feststellen lässt. An der einen Seite des Stabes ist die Latte in Centimeter und die kleine Scala in Millimeter, an der anderen Seite nur in Decimeter getheilt; der Zahlenlauf beginnt links unten und endigt rechts oben. Das Uebrige ergibt sich aus der Zeichnung Fig. 19 und der Beschreibung der Latte Fig. 18. Diese Latte kann zu Nivellements nach der Stampfer'schen Methode ihre Anwendung finden.

Fig. 20. Die Schiebelatte Fig. 20, von z. B. 4 Meter Höhe, gestattet mittelst verschiebbarer Zieltafel Ablesungen über 2 Meter und, indem sie auf den Kopf gestellt wird, Ablesungen unter 2 Meter. Die Feststellung der Zieltafel geschieht in beiden Fällen mit dem Klemmwerke **a**, welches ebenfalls für sich verschiebbar ist.

§. 14.

Allgemeine Bemerkungen zu den vorbeschriebenen Nivellir-Instrumenten.

1. Lange Verticalaxen. Bauart.

Die Breithaupt'schen Nivellir-Instrumente zeichnen sich durchgängig durch lange starke Verticalaxen und durch kräftige Bauart (viel Masse) vereint mit schöner Form aus, durch Ersteres wird eine grössere Sicherheit in der Bewegung, durch Letzteres eine seltener nöthige Berichtigung, eine grössere Dauerhaftigkeit und Stabilität erlangt, so dass die Instrumente von äusseren Einflüssen weniger zu leiden haben und namentlich gegen den Wind stehen.

2. Terrestrische Fernrohre.

Mitunter, namentlich in Oesterreich, wendet man bei Nivellir-Instrumenten terrestrische Fernrohre an; die ganz unwesentliche Erlangung eines aufrechtstehenden Bildes steht jedoch in keinem Verhältnisse zu den grossen Vortheilen, welche das astronomische Fernrohr gewährt.

3. Glaskreuze.

Die aus dem Breithaupt'schen Institute hervorgehenden Fernrohre und Mikroskope der geodätischen, astronomischen etc. Mess-Instrumente werden schon seit längerer Zeit durchweg statt der Kreuze und Netze aus Spinnenfaden mit Glaskreuzen, Glasnetzen, Glasmikrometern etc. versehen; das Nähere über dieselben und ihren Nutzen findet sich in: Astronomische Nachrichten Bd. 66 und 68 Nr. 1575 und 1611, ferner Dr. Ph. Carl's Repertorium etc. Bd. 1 u. 2, pag. 57 bezw. 34, München 1866.

4. Distanzmesser.

Bei Nivellements aus der Mitte und auch in manchen anderen Fällen bedarf man der Entfernung des Instrumentes von der Latte. Man richtet daher mit Vortheil das Fernrohr zum Distanzmessen ein, indem man statt des einfachen Glaskreuzes ein Glasnetz mit einem verticalen und drei gleichweit von einander entfernten horizontalen Strichen einsetzt. Während der mittlere Horizontalstrich zum Nivelliren dient, haben die beiden äusseren Horizontalstriche einen solchen Abstand von einander, dass die Anzahl der von ihnen an der Nivellirlatte abgegrenzten Hundertel (Centimeter) Längeneinheiten (Meter) der Anzahl der Längeneinheiten einer Entfernung entspricht, die in einem um die Brennweite f des Objectives vor demselben liegenden Punkte und in der Lattenaufstellung ihre beiden Endpunkte hat. Bezeichnet man daher den Abstand der Verticalaxe vom Objective = v und $f + v = c$, ferner mit o die Lattenablesung am oberen, mit u am unteren Horizontalstriche des Glasnetzes, mit e die Entfernung der Verticalaxe von der Latte, so ist:

$$e = 100 (o - u) + c.$$

Dieser Breithaupt'sche Distanzmesser hat vor dem zuerst von Reichenbach eingeführten, bestehend aus einem Fernrohre mit zwei über einander stehenden Ocularlinsen und gegen einander verstellbaren Horizontalfaden, sowie einer speciell für die Distanzmessung eingetheilten Latte, den Vortheil, dass er für jede Lattentheilung in Fussen oder Metern etc., also auch für die Nivellir-latte anwendbar und seine Richtigkeit durch die Unveränderlichkeit seiner auf Glas gezogenen Linien gesichert ist, auch jedes Fernrohr die Anbringung desselben leicht und ohne besondere Vorrichtung gestattet.

5. Empfindlichkeit der Libellen.

Eine Libelle mit feinerer Angabe als 10 Sec. auf einen Theil Ausschlag bei Instrumenten, die auf Stativen ruhen, und im Felde gebraucht werden, anzuwenden, ist nutzlos und führt zu keinen genaueren Resultaten, da eine solche Libelle unter diesen Umständen gar nicht zur Ruhe gebracht werden kann.

6. Lage der Libelle unter dem Fernrohre.

Durch die Stellung der Libelle unter das Fernrohr in den Figuren 1 bis 6 ist dieselbe für sich und ihre Berichtigung, sowie gegen die Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt, und hindert nicht das Aufsuchen der Latte bei dem vorläufigen Einvisiren über das Fernrohr.

7. Spiegel an der Libelle.

Um auf moorigem oder sonst unsicherem Boden ohne Beihülfe nivelliren zu können, hat man mitunter über der auf dem Fernrohre sitzenden Libelle einen, zwischen Schraubenspitzen drehbaren, Spiegel angebracht, so dass man von dem Standpunkte vor dem Oculare auch den Stand der Libelle beobachten kann. Die verkehrte Lage des Spiegelbildes der Graduirung und Blase der Libelle ist jedoch unbequem und giebt häufig zu optischen Täuschungen Veranlassung, wesshalb das Breithaupt'sche Institut den Spiegel in der angegebenen Stellung an seinen Instrumenten schon lange beseitigt hat. Will man aber doch einen Spiegel benutzen, so ist, wie Untersuchungen gezeigt haben, die Stellung der Libelle unter dem Fernrohre sogar bequemer. Ein seitwärts, etwa an der linken Seite des Trägers angebrachter, beweglicher Spiegel giebt dann das Bild der Blase und Graduirung aufrecht und in nahezu gleicher Höhe mit dem Oculare, so dass dieselbe mit dem linken und gleichzeitig die Latte mit dem rechten Auge durch das Fernrohr beobachtet werden kann.

8. Fussplatte mit mikrometrischer Verstellung.

Gewöhnt man sich daran, beim Nivelliren einer Linie das Fernrohr immer über eine und dieselbe Stellschraube z. B. über S zu bringen, so kann man an die Fussplatte φ folgende Vor-

richtung anbringen: An der einen Seite der unteren Fläche der Fussplatte φ befindet sich eine cylinderförmige Erhöhung e , während ihr gegenüber durch die Platte eine Mikrometerschraube M geht, zwischen beiden befindet sich oberhalb das kugelförmige Ende der Stellschraube S ; die Fussplatte selbst ruht auf einer in den Stativkopf eingelassenen Stahlplatte p'' . Durch die Mikrometerschraube M wird das letzte feine Einstellen der Libelle sehr erleichtert, und eine Elevationschraube mehr als ersetzt, indem die Lage der Visirlinie gegen die Verticalaxe unveränderlich bleibt, was bei einer Elevationschraube nicht möglich ist.

Fig. 8*

9. Transport des Instrumentes zwischen den Stationen. Steckhülse.

Wenn man von einer Station zur anderen übergeht, muss das Instrument entweder vom Stative abgenommen und im Kasten transportirt, oder auf dem Stative gelassen und vorsichtig mit demselben getragen werden; Ersteres erfordert immer einen Zeitaufwand, Letzteres eine fortwährende Beaufsichtigung des Instrumententrägers. Grössere Instrumente dürfen aber überhaupt nicht eher auf das Stativ gesetzt werden, bis die Stativbeine fest eingetreten sind, indem die hierdurch hervorgerufene Erschütterung einen nachtheiligen Einfluss auf das Instrument ausüben würde. Manche Techniker ziehen daher folgende Einrichtung vor: Die Verticalaxe wird in eine besondere Steckhülse oder Buchse eingeschliffen, und in dieser durch die Mutter m gehalten; die Steckhülse passt aber in die Dreifusshülse B , welche nun nicht mehr Buchse ist, und wird darin durch die Ringklemme q befestigt. Der obere Theil, Träger mit Fernrohr und Libelle, die wesentlichsten Theile des Instrumentes, werden für den Transport nach Lüften der Ringklemme von dem Dreifusse abgenommen und in einem kleinen Tragkasten durch den Ingenieur selbst mitgeführt, der Dreifuss aber bleibt fortwährend auf dem Stative und wird nöthigenfalls durch eine Stülpe bedeckt.

10. Bestimmung der Instrumentenhöhe.

Zur bequemeren Bestimmung der Instrumentenhöhe (Abstand der horizontalen Visirlinie über dem Fixpunkte) kann man ein kleines Instrument benutzen, welches aus ineinandergeschobenen Messingröhren besteht, und ähnlich einem Auszugfernrohre, verlängert und verkürzt wird. An dem äusseren Rohre befindet sich ein Ring zum Aufhängen an den Pendelhaken P' der Schraubenslange E' , während die letzte innere Röhre in eine Spitze endigt, die auf den Fixpunkt zu stehen kommt. Die Masseintheilung ist so bestimmt, dass der Anfangspunkt in der Visirlinie liegt, und von der äusseren Röhre anfangend immer die zunächst folgende erst ganz ausgezogen werden muss.

Fig. 20^a

11. Verschiebung der Stativbeine.

Zur bequemeren Horizontalstellung des Stativkopfes, namentlich an Abhängen, kann eine sehr zu empfehlende Vorrichtung zur Verlängerung und Verkürzung des einen Stativbeines (auch der drei) ohne Nachtheil für die Stabilität des Statives angebracht werden. Dieser grosse Vortheil der Beinverschiebung wird von Allen richtig gewürdigt werden, welche in schwierigem Terrain, auf felsigem Boden und an schroffen Abstürzen zu nivelliren haben.

12. Zweckmässigkeit der Construction.

Jeder besondere Theil in der Construction eines Nivellir-Instrumentes muss auch seinen besonderen Zweck bei dem Nivellirungsgeschäfte haben, erfüllt er denselben nicht, so ist die Construction dieses Theiles falsch, wenn der fragliche Zweck zur Erlangung richtiger Resultate absolut nothwendig ist, ausserdem aber überflüssig, nutzlos und störend, ja mitunter sogar nachtheilig, jedenfalls aber für das Instrument nicht empfehlend. Eine solche Construction würde z. B. bei einem Nivellir-Instrumente sein, wenn man das Fernrohr, auf oder unter welchem die Libelle unabänderlich fest sitzt, zum Drehen in seinen Lagern einrichten wollte, während dasselbe doch nur in einer einzigen Lage gebraucht werden kann. Schon vor mehr als fünfzig Jahren hat Reichenbach in München diese schwache Stelle eines umlegbaren Fernrohres mit fester Libelle erkannt, und bei seinen derartigen Instrumenten die Libelle zum Aufsetzen auf die cylindrischen Ringe des Fernrohres eingerichtet. Hierdurch ist dem Beobachter das Mittel an die Hand gegeben, die Ringe auf ihre gleichen Durchmesser zu prüfen und erst, wenn die Gleichheit der Ringdurchmesser feststeht, nicht aber bei ungleichen Durchmessern, kann von einem Standpunkte aus die Libellenaxe der Visirlinie, welche mit der Längensex des Fernrohres zur Coincidenz zu bringen ist, parallel gestellt werden. Man wird bei der zuerst erwähnten mangelhaften Einrichtung auf der einen Seite die Vortheile des einfachen Nivellir-Instrumentes mit festem Fernrohre und fester Libelle, auf der anderen Seite bei seiner Unvollständigkeit des Umlegens die Sicherheit in den Resultaten und die Bequemlichkeit der Prüfung des Instrumentes entbehren. Man findet diese Construction viel bei englischen und französischen nur ausnahmsweise bei deutschen Instrumenten, sie widerstreitet unserem praktischen Gefühle.

13. Reinigen der Gläser.

Von Zeit zu Zeit sind die Gläser des Fernrohres mit einem weichen leinenen Tuche vorsichtig zu reinigen; nie aber dürfen dabei die achromatischen Linsen auseinander genommen, sondern müssen stets in ihrer Fassung gelassen werden.

Prüfung und Berichtigung der Nivellir-Instrumente.

§. 15.

Nur mit einem richtigen und leistungsfähigen Instrumente können gute Resultate erlangt werden. Ein gewissenhafter Beobachter wird daher nur mit solchen Instrumenten arbeiten, von denen er die Gewissheit hat, dass sie diesen Anforderungen entsprechen, d. h. er muss sich zu jeder Zeit und an jedem Orte selbst überzeugen können, ob sein Instrument leistungsfähig und in gutem Stande ist, und muss ferner die Mittel haben, vorhandene Unrichtigkeiten an demselben selbst zu beseitigen. Zu dem angeführten Zwecke sind die Correctionsschrauben angebracht; Instrumente ohne diese Vorrichtungen, oder in der Construction verfehlt, sind aus der Reihe der guten geodätischen Instrumente zu streichen. Ebenso muss aber auch der Beobachter mit dem Instrumente in allen seinen Theilen ganz speciell bekannt, in der Prüfung und Berichtigung desselben vollständig bewandert sein, ist dieses nicht der Fall, so gehört ihm kein Instrument in die Hände. Am gefährlichsten ist aber einem guten Instrumente ein Beobachter mit nur oberflächlichen Kenntnissen, er wird bei jeder Gelegenheit, wo sich ein Fehler zeigt, ohne zu prüfen, denselben sofort dem Instrumente, nie aber sich selbst Schuld geben, er wird entweder das Instrument von vornherein für unbrauchbar erklären, oder durch unrichtigen Gebrauch der Correctionsschrauben das Uebel nur noch grösser machen und das Instrument gründlich verderben.

Von einem guten, richtig construirten und berichtigten Nivellir-Instrumente verlangt man, dass das einfache rechtwinklige Glaskreuz, dessen Querstrich bei horizontalstehendem Instrumente auch genau horizontal sein muss, und das Bild des anvisirten Objectes gleichzeitig scharf sichtbar sind, dass die Visirlinie bei Verstellung des Auszuges in ihrer Richtung unverändert bleibt, in jeder Lage des Fernrohrs mit der Libellenaxe parallel und zu der Verticalaxe rechtwinklich ist, oder,

wenn eine Elevationsschraube vorhanden, doch rechtwinklig zu derselben gestellt werden kann. Je nach der verschiedenen Construction eines Instrumentes wird auch ein verschiedenes Verfahren in der Prüfung und Berichtigung einzuhalten sein; im Allgemeinen wird man aber nach den beiden Gruppen auch zwei Methoden zu behandeln haben.

Unter den Prüfungen sind nur der Vollständigkeit wegen auch solche aufgeführt, die ein gewissenhafter Beobachter zu seiner eigenen Beruhigung zwar vornehmen kann, die aber bei den Instrumenten des Breithaupt'schen-Institutes selbstverständlich zu keinen Differenzen führen werden.

Erste Gruppe.

§. 16.

Um für die sämtlichen Untersuchungen an dem Instrumente selbst von Vornherein Alles vorzubereiten, prüfe man

a. die Theilung der Nivellirlatte

mit Hülfe eines richtigen Massstabes, eines Stangenzirkels für die grossen und eines Hand- oder Federzirkels für die kleinen Theile auf allgemein bekannte Weise, hierauf

b. die Stellung der Dosenlibelle an der Nivellirlatte.

Dieses Letztere geschieht dadurch, dass man an einer möglichst glatten und senkrechten Mauerkante die eine, dann die andere schmale Seite, hierauf die vordere, dann die hintere Fläche der aufrechtstehenden Latte fest anlegt. Kommt hierbei die Libellenblase, ohne die Berührung der Mauerkante und Latte aufzuheben, in den vier Lagen zum Einspielen oder zu gleichen Ausschlägen in demselben Sinne, bezogen auf die Mauerkante, so ist die Stellung der Dosenlibelle, also auch ihrer Axe, gegen die Längenaxe der Latte richtig, d. h. beide Axen sind parallel. Spielt dagegen die Blase einmal ein, giebt aber in der entgegengesetzten Lage einen Ausschlag, oder ist der Ausschlag in beiden Lagen ungleich, so wird die Hälfte des Ausschlages, bezw. des Unterschiedes der Ausschläge, durch die unter der Dosenlibelle angebrachten drei Correctionsschrauben berichtigt, und die Untersuchung so lange wiederholt, bis sich kein Fehler mehr zeigt.

Hat man ein Instrument mit einem Fernrohre zum Kippen, so kann man die Prüfung und Berichtigung der Latte in folgender Weise ausführen: Man stelle die Latte so auf, dass sie (durch

Anlehnen an einen Gegenstand) in einer gegebenen Lage leicht und ohne Schwanken gehalten werden kann, und die Blase in der Richtung nach dem horizontal aufgestellten Instrumente einspielt, visire hierauf nach der Latte und lasse sie durch den Gehülfen so lange verstellen, bis die eine Kante oder ein ihr paralleler Strich der Vorderseite beim Kippen des Fernrohres von dem Verticalstriche des Glaskreuzes fortwährend gedeckt wird; zeigt die Dosenlibelle alsdann keinen Ausschlag der Blase, so ist die Libelle in der zur Visirlinie rechtwinkligen Horizontalinie richtig, ein Ausschlag aber wird in demselben Sinne durch die Correctionsschrauben beseitigt. Ebenso wird verfahren, indem man die schmale Seite der Latte gegen die Visirlinie bringt. Die Untersuchung wird wiederholt, bis sich kein Ausschlag mehr zeigt.

Hat man zwei Latten, die eine mit einer richtigen Libelle, so stelle man beide, mit ihren Vorderseiten zur Deckung gebracht, so auf, dass die Blase der richtigen Libelle einspielt, und prüfe und berichtige nun nach derselben auch die andere Libelle. Für die Folge darf man dann wohl annehmen, dass beide Libellen richtig sind, so lange sie bei einer solchen einfachen Prüfung übereinstimmen.

Als weitere Vorbereitung markire man auf geeignetem Boden in passenden aber gleichen, in einer Geraden genau abgemessenen, Abständen drei Punkte B, A, C ($BA = AC$) durch Pflöcke, stelle neben dem mittleren A das Instrument so auf, dass die eine Stellschraube z. B. S in der Linie BA, also bei dem Visiren nach B und C unter dem Fernrohre sich befindet (nicht anwendbar auf Instrument Fig. 5, welches keine Stellschrauben hat), und die Instrumentenhöhe vor dem Oculare über dem Pflöcke leicht gemessen werden kann; über den Pflöcken B und C aber stelle man nacheinander die Nivellirlatte auf. Hat das Instrument dagegen eine besondere Vorrichtung, etwa wie die unter 10. der allgemeinen Bemerkungen beschriebene, zum Messen der Instrumentenhöhe, so wird dasselbe über dem Pflöcke A aufgestellt.

Fig. 21.

§. 17.

Ein Nivellir-Instrument der ersten Gruppe ist auf folgende Eigenschaften zu prüfen und zu berichtigen, und werden in der hier aufgeführten Reihenfolge die vorhergehenden Untersuchungen bei den folgenden stets vorausgesetzt, wenn das Gegentheil nicht besonders bemerkt ist.

1. Richtige Stellung des Glaskreuzes gegen das Ocular.

Man visire mit dem Fernrohre in die freie Luft; erscheinen die Kreuzstriche scharf und intensiv schwarz, so hat das Glaskreuz die richtige Stellung gegen das Ocular, im anderen Falle wird dieses bei dem Huyghens'schen Ocularkopfe durch Vor- oder Rückwärtsschieben des zwischen dem Collective und dem Augenglase sitzenden Ringes R mittelst der Schraubenköpfe r und r',

bei dem orthoscopischen Ocularkopfe aber durch Verstellung des Doppeloculares bewirkt. Für das Nivellirdiopter Fig. 6 fällt diese Prüfung mit der folgenden zusammen.

2. Zusammenfallen der Ebene des Glaskreuzes und der Bildebene des Objectives.

Man stelle das Fernrohr auf ein gut beleuchtetes Object (Nivellirlatte) ein, und verstelle die Auszugröhre vermittelst des Getriebekopfes G' bis ein klares und deutliches Bild des Objectes erscheint. Dieses wird in den allermeisten Fällen genügen. Will man aber schärfer zu Werke gehen, so bewege man das Auge vor dem Oculare etwas auf- und abwärts; verändert dabei das Bild seine Lage gegen das Kreuz nicht, so liegen beide in einer Ebene, geht aber, das Kreuz als feststehend betrachtet, das Bild mit dem Auge, oder dem Auge entgegengesetzt, so liegt die Bildebene zwischen dem Glaskreuz und dem Objective, bezw. zwischen dem Glaskreuz und dem Augenglase, die Auszugröhre ist daher für den ersten Fall herein-, für den zweiten herauszuschrauben. Diese Veränderlichkeit in der Stellung des Bildes gegen das Kreuz nennt man die Parallaxe des Glaskreuzes.

Bei dem Nivellirdiopter Fig. 6, sind die beiden Gläser so zu verstellen, bis man durch jedes als Ocular sowohl das Kreuz als auch das Bild des Objectes scharf und deutlich zu sehen bekommt.

3. Richtiges Verhältniss zwischen der Leistungsfähigkeit des Fernrohres und der Empfindlichkeit der Libelle.

Da bei den folgenden Untersuchungen und überhaupt bei Beobachtungen die richtige Stellung der Visirlinie aus der richtigen Stellung der Libelle und umgekehrt abgeleitet wird, so muss man wissen, ob die vorstehende Bedingung 3. stattfindet. Man visire daher bei verschiedenen Stellungen der Libellenblase ein gut beleuchtetes Object, z. B. die Nivellirlatte, an, und untersuche, ob eine merkliche verticale Verstellung der Visirlinie auch eine merkliche entsprechende Verstellung der Blase bewirkt und umgekehrt; findet der erste und umgekehrte Fall statt, so besteht das richtige Verhältniss, im Gegentheile aber ist die Libelle nicht empfindlich genug bezw. das Fernrohr zu schwach. Auch kann man in folgender Weise prüfen: Liesst man Libelle und Visur ab, verstellt wiederholt die Visirlinie oder die Libelle, und erhält nach jedesmaliger Wiedereinstellung der einen die ursprüngliche Lage der anderen, so harmoniren Libelle und Fernrohr. Kommt endlich bei der Einstellung die Blase gar nicht zur Ruhe, oder zeigt bald diese bald jene Lage, so ist die Libelle wegen zu grosser Empfindlichkeit auch bei einem Fernrohr von der grössten zulässigen Leistungsfähigkeit gar nicht zu gebrauchen. Findet kein richtiges Verhältniss zwischen Libelle und Fernrohr statt, so muss der betreffende Instrumententheil durch einen zweckmässigeren ersetzt werden.

4. Rechtwinklige Lage der Axe der Libelle L gegen die Verticalaxe A.

Vor der weiteren Untersuchung ist an dem Stabe des Instrumentes Fig. 2, der Index *i* auf Null der Scala *s* durch Drehung des Ringes *R'*, bei dem Instrumente Fig. 4, der Nullpunkt des Höhenbogens *H* mit dem des Nonius *N* durch die Klemmvorrichtung *K'* und die Mikrometerschraube *M'* in Coincidenz zu bringen, bei den Instrumenten Fig. 5 und Fig. 6 aber die Elevationschraube *E* so zu stellen, dass die Schraubenspindel nach beiden Seiten hinlänglichen Spielraum hat.

Man stelle bei den Instrumenten Fig. 1, 2 und 6 das Fernrohr über die Stellschraube *S'*, bei den Instrumenten Fig. 3 und 4 parallel zu der Linie zwischen den Stellschrauben *S'* und *S''*, und bringe bei Fig. 1, 2, und 6 durch die Schraube *S'*, bei Fig. 3 und 4 durch die Schrauben *S'* und *S''*, welche man gleichzeitig in entgegengesetztem Sinne dreht, die Blase der Libelle *L* zum Einspielen. Hierauf mache man in horizontalem Sinne eine Vierteldrehung (90°) mit dem Fernrohre, so dass dasselbe über *S* zu stehen kommt, lasse in dieser Lage durch die Schraube *S* die Blase ebenfalls einspielen und wiederhole diese Untersuchung, bis sich in beiden Lagen kein Ausschlag mehr zeigt. Führt man nun mit dem Fernrohre eine halbe Drehung aus, so dass, wenn vorher das Objectivende über *S* gestanden hat, jetzt das Ocularende darüber zu stehen kommt, oder umgekehrt, und spielt auch in dieser Lage die Blase ein, so ist die Libellenaxe rechtwinklig gegen die Verticalaxe, ein Ausschlag der Blase aber wird zur Hälfte durch die Stellschraube *S*, zur anderen Hälfte durch die Correctionsschraube *l*, bei dem Instrumente Fig. 4 durch die Muttern *m'* und *m''* berichtigt. Selbstverständlich wird diese Prüfung und Berichtigung so lange wiederholt, dabei auch die Lage der Libelle bei den Vierteldrehungen jedoch nur durch die Schraube *S'* bzw. *S'* und *S''* corrigirt, bis die Blase bei der allmählichen vollen Drehung (360°) des Fernrohres um die Verticalaxe stets einspielt; ist dieses erreicht, so steht zugleich die Verticalaxe lothrecht und die Libellenaxe bewegt sich in einer horizontalen Ebene, d. h. das Instrument ist horizontal gestellt. Hat das Instrument auch eine Dosenlibelle *L'*, so wird ein Ausschlag ihrer Blase nunmehr durch die drei hierzu angebrachten Correctionsschrauben berichtigt.

Da das Instrument Fig. 5 keine Stellschrauben *S* hat, so kann bei demselben von einer genauen lothrechten Einstellung der Verticalaxe keine Rede sein, sondern nur von einer approximativen durch Eintreten der Stativbeine; man hat sich auf das Einstellen der Blase in der jedesmaligen Richtung der Visirlinie durch die Elevationschraube zu beschränken.

5. Horizontale Lage des Querstriches des Glaskrenzes bei horizontal stehendem Instrumente.

Man richte bei horizontal stehendem Instrumente das Fernrohr auf einen gut beleuchteten und durch bewirktes Zusammenfallen der Bild- und Glaskreuzebene scharf sichtbaren Punkt so ein, dass derselbe durch den Querstrich gedeckt wird, oder doch in dessen unmittelbarer Nähe sich

befindet; dreht man hierauf das Fernrohr in horizontalem Sinne allmählig etwas hin und her, und bleibt dabei der Punkt von dem Querstriche des Kreuzes fortwährend gedeckt, oder in demselben Abstände, so hat das Glaskreuz die richtige Stellung, weicht der Punkt aber ober- und unterhalb aus, oder ändert seinen Abstand, so wird die Abweichung entweder durch Drehen des Glaskreuzringes R mittelst der Schraubenköpfe r, r', oder durch Verstellung (Vor- oder Rückwärtsschrauben) des Ocularkopfes in dem Auszugrohre bewirkt. Da bei dem Instrumente Fig. 6 die Mittel zu dieser Correction fehlen, so ist für die richtige Stellung des Glaskreuzes von vornherein durch den Mechaniker zu sorgen.

6. Richtige Führung des Auszugrohres d. h. Unveränderlichkeit in der Lage der Visirlinie beim Verstellen des Auszugrohres durch den Getriebekopf G'.

7. Parallelismus der Visirlinie des Fernrohres und der Libellenaxe.

Fig. 21. Beide Untersuchungen 6. und 7. werden gleichzeitig vorgenommen. Man richte das Fernrohr des horizontal stehenden Instrumentes nach einander auf die Latten über B und C, erhalte bei genau einspielerender Libellenblase die Lattenablesungen l und λ, und durch direkte Messung die Instrumentenhöhe über A = i. Zu der genauen Bestimmung der Letzteren kann man sich mit Vorthheil des durch das Augenglas erzeugten Bildes von dem Objective bedienen, indem man dasselbe mit der vor dem Oculare aufgestellten Nivellirlatte auffängt. Die Höhe h des Punktes B über C ist alsdann:

$$h = \lambda - l.$$

Hierauf stelle man das Instrument über B und erhalte in gleicher Weise an den Latten über A und C die Ablesungen l' und λ', und die Instrumentenhöhe über B = i'. Ist nun

$$l + l' = i + i' \quad \text{und} \quad \lambda' = \lambda - l + i',$$

so ist die Libellenaxe parallel der Visirlinie, und die Führung des Auszugrohres richtig. Ist die erste, aber nicht die zweite Gleichung richtig, und umgekehrt, so ist für die erste, aber nicht für die zweite Stellung des Auszugrohres die Visirlinien der Libellenaxe parallel, und umgekehrt, d. h. die Führung des Auszugrohres ist falsch, und ist vor dem weiteren Gebrauche des Instrumentes zu berichtigen. Passen endlich beide Gleichungen nicht, so ist die Visirlinie der Libellenaxe überhaupt nicht parallel, sie giebt Zielhöhen l, l' und λ, welchen erst noch eine zu bestimmende Grösse x zu addiren ist, um horizontalen Visirlinien zu entsprechen. Aus der so geänderten Gleichung:

$$l + x + l' + x = i + i'$$

findet man aber:

$$x = \frac{i + i'}{2} - \frac{l + l'}{2}.$$

Corrigirt man daher bei den Instrumenten Fig. 1 bis 4. mittelst der Schrauben r und r' , bei dem Instrumente Fig. 5 aber mittelst der Elevationschraube E die Visirlinie nach der Latte über A auf die Lattenablesung $l + x = l'$, und bringt bei dem letzten Instrumente die Libellenblase durch die Correctionsschraube t wieder zum Einspielen, so ist die Libellenaxe der Visirlinie parallel, und letztere wird die Latte über C in

$$A' = l' + 2x = l - 1 + i'$$

treffen, oder nicht, je nachdem die Führung des Auszugrohres richtig ist, oder nicht. Eine kleine Differenz kann jedoch ihren Grund in der unvermeidlichen Ungenauigkeit der Einstellung und Berichtigung haben. Geht man nun zur Controle mit dem Instrumente zurück auf A , und bestimmt aufs Neue L , A und J über B , C und A , so ist entweder:

$$L + L' = J + i' \text{ und } A' = A - L + i',$$

also Libellenaxe und Visirlinie parallel, oder es ist noch ein kleiner Fehler vorhanden. Es ist alsdann

$$x' = \frac{J + i'}{2} - \frac{A + A'}{2}$$

zu setzen, und die Visirlinie auf die Ablesung $A + x'$ der Latte über B zu berichtigen; auch muss bei richtiger Führung des Auszuges

$$A' + 2x' = A - L + i'$$

sein. Geben aber die beiden letzten Gleichungen für A' kein richtiges Resultat, so ist in der Führung des Auszugrohres ein Fehler. Ein solcher Fehler an dem Instrumente kann nur durch den Mechaniker berichtigt werden.

Kennt man die richtige Führung des Auszugrohres bereits aus früheren Untersuchungen, so hat man für die Prüfung 7. nur die beiden Punkte A und B nöthig, und erhält dann

Fig. 21.

$$l + l' = i + i' \text{ oder } x = \frac{i + i'}{2} - \frac{l + l'}{2},$$

je nachdem die Visirlinie der Libellenaxe parallel ist, oder nicht. Im zweiten Falle geschieht die Berichtigung auf die schon bekannte Weise.

Wendet man diese letzte Prüfungsmethode mit zwei Punkten für verschiedene Abstände an, so kann sie auch zu einer Untersuchung über die richtige Führung des Auszugrohres dienen. Prüft und berichtigt man den Parallelismus der Visirlinie und Libellenaxe z. B. bei einer, der Leistungsfähigkeit des Fernrohres entsprechenden, grösstmöglichen Entfernung des Punctes A von B , so muss auch die Prüfung bei der kleinsten anwendbaren Strecke AB ohne Correction ein richtiges Resultat geben, wenn die Führung des Auszugrohres richtig ist.

Bei dem Nivellir-Instrumente Fig. 6 (Stamper'sches Nivellirdiopter) fällt die Prüfung 6. von vornherein weg, da die beiden Linsen die Stellung gegeneinander und gegen das Glaskreuz behalten, welche der Beobachter nach seinem Auge ein für allemal ermittelt hat; dagegen tritt noch die Bedingung hinzu, dass die optischen Mittelpunkte der beiden Linsen, von denen jede als Objectiv und als Ocular dienen kann, mit dem Querstriche des Glaskreuzes in einer, der Libellenaxe parallelen, Ebene liegen müssen.

Fig. 22. Man stelle, wie bei den vorhergehenden Prüfungen, das Instrument über A horizontal auf, bestimme die Instrumentenhöhe = i , und winke, sowohl durch die eine als auch die andere Linse als Ocular beobachtend, beidemale die Zieltafel der Schiebelatte ein, erhält man dieselben Zielhöhen, so ist die Linie zwischen den optischen Mittelpunkten beider Linsen parallel der Libellenaxe. Erhält man aber zwei verschiedene Zielhöhen z und z' , so stelle man die Tafel auf $\frac{z + z'}{2} = l$

Fig. 21. und die Visirlinie durch die Elevationssehraube E auf die berichtigte Tafel ein; die Blase bringe man aber darauf durch die Correctionssehraube der Libelle wieder zum Einspielen. Dieses wiederhole man so lange, bis man in beiden Lagen des Rohres dieselbe Zielhöhe l erhält. Hierauf bringe man das Instrument über B (Instrumentenhöhe = i'), die Latte über A; die beiden Zielhöhen werden jetzt dieselben, nämlich = l sein, ist nun auch

$$l + l' = i + i',$$

so ist die vorstehende Bedingung erfüllt, ist aber

$$x = \frac{i + i'}{2} - \frac{l + l'}{2},$$

so muss die Zieltafel auf die Höhe $l' + x$ eingestellt, und danach durch Verstellung des Glaskreuzes die Visirlinie berichtet werden. Dieselbe Zielhöhe wird man auch in der zweiten Lage des Rohres erhalten müssen. Da in der Regel keine Correctionssehrauben für das Glaskreuz vorhanden sind, so muss die richtige Stellung desselben dem Mechaniker überlassen bleiben; ist diese aber vorausgesetzt, so beruht die ganze Prüfung und Berichtigung einfach darin, dass man von einem Standpunkte aus in beiden Lagen des Rohres dieselbe Zielhöhe zu erhalten sucht.

Fig. 21. Mit dem Instrumente Fig. 2 und der Anwendung von drei Punkten A, B und C kann man auch ohne Kenntniss der, übrigens constanten, Instrumentenhöhen die Prüfung und Berichtigung vornehmen. Mit Beibehaltung der Bedeutungen der oben gebrauchten Buchstaben ist nämlich:

$$l - l' = 2 (\lambda - \lambda') \text{ oder } x = (\lambda - \lambda') - \frac{l - l'}{2}.$$

Im ersten Falle findet Parallelismus der Libellenaxe und der Visirlinie statt, im zweiten ist letztere an dem Instrumente über B durch die Schrauben r, r' auf die Ablesung $l' + x$ der Latte über A zu berichtigen, wobei die Ablesung $\lambda' + 2x$ an der Latte über C als Controle dient.

Es sei hier noch erwähnt, dass die Nivellirlatte zu dem Instrumente Fig. 2 nur eine grobe Theilung hat, die feine Theilung aber an der Scala *s* des Stabes abgelesen wird. Das Verfahren hierbei ist folgendes: Hat man das Instrument horizontal und den Index *i* am Stabe auf Null der Scala *s* gestellt, so lese man an der Latte den Endstrich des zunächst vorhergehenden groben Theiles ab, senke durch Drehung des Ringes *R'* das Instrument, bis der Querstrich des Glaskreuzes mit diesem Endstriche coincidirt, und lese nun auch die feine Theilung an der Scala *s* ab. Soll umgekehrt die Visirlinie auf eine gegebene Zielhöhe corrigirt werden, so senke man zuerst das Instrument um die Angabe der feinen Theilung mittelst des Ringes *R'*, berichtige hierauf die Visirlinie auf den Endstrich der übrig gebliebenen groben Theilung der Latte, und stelle nun wieder durch den Ring *R'* die Scala *s* auf Null.

Mit Anwendung von vier Punkten und unter Voraussetzung der richtigen Führung des Auszugrohres kann man auch an den übrigen Instrumenten die Prüfung und Berichtigung 7. ohne Kenntniss der Instrumentenhöhen vornehmen. Man bestimme die Abstände der in einer Linie liegenden Punkte im Felde so, dass vom ersten Punkte *B* anfangend $BA = AC$, und $BC = CD$ ist, stelle das Instrument in *A*, die Latte in *B* und *C* auf, und lese die Zielhöhen *l* und λ ab; die Höhe *h* des Punktes *B* über *C* ist alsdann $h = \lambda - l$. Hierauf bringe man das Instrument über *D*, und lese an der Latte über *B* und *C* die Zielhöhen *l'* und λ' ab. Besteht nun die Gleichung

Fig. 23.

$$l + l' = \lambda + \lambda',$$

so ist die Visirlinie parallel der Libellenaxe; ist die Gleichung aber falsch, so hat man

$$x = \frac{\lambda + \lambda'}{2} - \frac{l + l'}{2}$$

zu setzen, und dann an dem Instrumente über *D* die Visirlinie nach der Latte über *C* auf die Zielhöhe $\lambda' + 2x$ durch die Schrauben *r* und *r'* bzw. durch die Elevationsschraube *E* zu corrigiren. Bei Anwendung der Elevationsschraube *E* ist dann durch die Correctionsschraube *l* die Blase wieder zum Einspielen zu bringen. Als Controle muss die Visirlinie an der Latte über *B* die Zielhöhe $l' + 4x$ geben.

Bei den vorstehenden Prüfungen und Berichtigungen 1. bis 7. sind nur solche Methoden angegeben, welche mit dem Nivellir-Instrumente und der Latte allein, ohne Benutzung anderer Mittel, namentlich von Hilfsfernrohren, ausgeführt werden können. In den allerwenigsten Fällen wird aber auch der Beobachter im Besitze solcher Apparate sein, noch weniger, durch Zeit und Ort gehindert, sie mit Vortheil anwenden können. Der Einfluss der, mit diesen Hilfsmitteln erlangten, schärferen Berichtigung auf die Genauigkeit der Beobachtungen ist übrigens nicht so gross, als es den Anschein hat, ja er ist wohl innerhalb der Grenze der unvermeidlichen Fehler zu suchen. Denn das Nivellir-Instrument gehört in das Feld, und muss daselbst auch jeden

Augenblick geprüft und berichtigt werden können, es ist allen äusseren Einflüssen, namentlich der Veränderlichkeit in der Ausdehnung seiner Theile durch die Temperatur ausgesetzt, und würde schon nach kurzem Gebrauche, mit Hilfsfernrohren im Freien untersucht, wieder Differenzen geben. Diese kleinen Differenzen gehören daher richtiger unter die Rubrik der unvermeidlichen Fehler, und sind viel zweckmässiger durch die Anordnung der Beobachtungen, als durch fortwährende Berichtigungsversuche unschädlich zu machen. Um jedoch dem Techniker, abgesehen von der allenthalben möglichen Anwendbarkeit, diese unbedingt gute und scharfe Prüfungsmethode nicht vorzuenthalten, soll sie hier folgen, wobei zugleich bemerkt wird, dass dabei nicht der Parallelismus der Visirlinie mit der Libellenaxe, sondern die gegen die Verticalaxe rechtwinklige Lage der Visirlinie in Untersuchung kommt, woraus sich dann erst die Lage derselben gegen die Libellenaxe ergibt.

Alle Strahlen eines, im Brennpunkte einer Convexlinse befindlichen, leuchtenden Punktes werden nach ihrem Durchgange durch die Linse unter sich parallel sein, haben dann also die Eigenschaft von Strahlen eines unendlich weiten Punktes, die auch umgekehrt nach ihrem Durchgange durch eine Convexlinse sich in deren Brennpunkte vereinigen, wenn sie parallel der optischen Axe einfallen. Stellt man daher die Glaskreuze zweier geprüfter Fernrohre in die Brennpunkte ihrer Objective, was dadurch leicht zu bewerkstelligen ist, dass man einen Stern anvisirt (die Stellung des Auszugsrohres dabei kann man für spätere Prüfungen markiren), und dann die Fernrohre selbst mit ihren Objectiven gegen einander, so wird man durch gegenseitiges Einvisiren jedes Kreuz in die Visirlinie des gegenüberstehenden Fernrohres bringen, und beobachten können; die beiden Visirlinien fallen alsdann in eine Gerade, oder sind einander parallel. Bringt man nun zwischen beide Hilfsfernrohre das zu untersuchende Instrument (das Kreuz gleichfalls auf unendlich gestellt), und verstellt dasselbe allein so lange, bis sein Kreuz und das des einen Hilfsfernrohres bei den Beobachtungen durch die Oculare sich gegenseitig decken, so werden in diesen Lagen der Fernrohre die drei Visirlinien in eine Gerade fallen oder parallel sein. Dreht man nun das mittlere Fernrohr 180° um seine Verticalaxe gegen das Objectiv des zweiten Hilfsfernrohres, so muss die Visirlinie des mittleren Fernrohres, wenn ebenfalls Deckung beider Kreuze eintritt, rechtwinklig auf der Verticalaxe stehen. Eine Abweichung wird zur Hälfte durch die schon von Anfang an in die Richtung der beiden Hilfsfernrohre gebrachte Stellschraube, zur anderen Hälfte durch die Correctionsschrauben r , r' des Glaskreuzes, bezw. der Elevationschraube E , berichtigt, und der Versuch so lange wiederholt, bis in beiden Lagen vollständige Deckung stattfindet. Statt des einen Hilfsfernrohres kann man auch einen sehr entfernten, gut beleuchteten, Punkt wählen.

Für das Instrument Fig. 4, grosses Nivellir-Instrument mit einfachem Höhenbogen, bestehen noch folgende Bedingungen, deren Vorhandensein zwar geprüft, aber nur durch den Mechaniker berichtigt werden kann. Die Untersuchungen sind zwischen 5. und 6. einzuschalten.

8. Bewegung der Visirlinie in einer Verticalebene bei dem Kippen des Fernrohres.

Nachdem man ein Loth in passender Höhe so aufgehängt hat, dass das Gewicht zur Verminderung der störenden Schwingungen in einem Gefässe mit Wasser frei schwebt, bringe man nach Oeffnung der Klemme K' den Verticalstrich des Glaskreuzes mit dem Lothfaden in Coincidenz, indem man durch die Ringklemme q , bezw. die Klemmvorrichtung am Horizontalkreise, die Horizontal-drehung hemmt, und im letzten Falle durch die Mikrometerschraube fein einstellt, dagegen aber das Ocularende des Fernrohres in seiner Lage in verticalem Sinne nur durch die Hand unterstützt. Hebt und senkt, d. h. kippt man nun das Fernrohr, so muss der Verticalstrich des Glaskreuzes fortwährend den Lothfaden decken; findet eine Abweichung statt, so hat dieselbe ihren Grund entweder in der ungleichen Höhe der Schrauben g und g' , oder in der seitlichen Stellung des Verticalstriches des Kreuzes, oder auch in beiden Ursachen.

9. Richtige Centrirung und Theilung des Höhenbogens und seines Nonius.

Ist der Höhenbogen richtig centrirt, so muss bei dem Kippen des Fernrohres der innere Rand des Nonius den auf dem Höhenbogen eingerissenen Bogenlinien stets concentrisch bleiben.

Dem von der Mitte aus als Nullpunkt nach beiden Seiten zunehmend bezifferten Höhenbogen entspricht ein Doppelnonius. Stellt man nun allmählig fortschreitend nach der einen, dann nach der anderen Seite, den Nullstrich des Nonius auf einen Theilstrich des Bogens (Limbus) ein, und coincidiren alsdann auch die beiden Endstriche des Nonius mit den betreffenden Theilstrichen des Limbus, oder haben von Letzteren in demselben Sinne immer die gleichen Abstände, so sind die Theile des Limbus unter sich gleich, auch ist die ganze Länge des Nonius im ersten Falle der Limbustheilung entsprechend, im zweiten dagegen nicht. Letzteres kann jedoch durch Verstellung des Nonius in radialem Sinne gehoben werden. Findet man aber bald Coincidenz, bald Abweichung, oder nur ungleiche Abweichungen, so sind die Theile des Limbus ungleich, und der Bogen ist nicht zu gebrauchen. Die richtige Theilung des Nonius prüft man durch die Uebertheilung, indem bei Einstellung des ersten, zweiten u. s. w. Theilstriches derselben auf einen Strich des Limbus der vorletzte, zweitletzte u. s. w. Theilstrich des eigentlichen Nonius mit einem Striche des Limbus coincidiren muss. Die noch übrigen Theilstriche des Nonius aber prüft man dadurch, dass man dieselben mit Limbusstrichen in Coincidenz bringt, und untersucht, ob die Abweichungen der Striche in gleichen Abständen zu beiden Seiten von der Coincidenz gleich gross sind. Ein ungenauer Nonius muss beseitigt werden. Ferner muss untersucht werden, ob die Theilung des Höhenbogens dem Abstände der Drehaxe des Fernrohres entspricht. Man stelle zu dem Zwecke in einer von der Drehaxe des Fernrohres als Anfangspunct genau gemessenen Entfernung d eine Nivellirlatte senkrecht auf, stelle Null des Höhenbogens auf Null des Nonius, visire nach der Latte

und lese an derselben die Zielhöhe l ab, hierauf lese man bei verschiedenen Neigungen des Fernrohres die Zielhöhen l' , l'' u. s. w. und die denselben entsprechenden Höhenwinkel w' , w'' u. s. w. ab; berechnet man nun aus den Gleichungen:

$$\text{tang } v' = \frac{l' - l}{d}, \text{ tang } v'' = \frac{l'' - l}{d} \text{ u. s. w.}$$

die Winkel v' , v'' ..., und sind diese innerhalb annehmbarer Grenzen den beobachteten Winkeln w' , w'' .. bezw. gleich, so hat der Höhenbogen den richtigen Abstand von der Drehaxe.

Steht in der Mitte des Höhenbogens 90° statt 0° , und ist die Bezifferung durchlaufend von Oben nach Unten, so ist auch nur ein einfacher Nonius erforderlich, man misst alsdann Zenithdistanzen statt der Höhenwinkel.

Ist mit dem Instrumente ein Horizontalkreis verbunden, so bestehen noch nachfolgende Bedingungen:

10. Richtige Theilung des Limbus und der Nonien des Horizontalkreises.

Die Prüfung des Limbus geschieht mit Hilfe eines Nonius, die der Nonien mit Hilfe der Uebertheilung und der Abweichungen zu beiden Seiten der Coincidenz eines Noniusstriches mit einem Limbusstrich wie bei der Prüfung 9.

11. Concentricität der Alhidade und des Fernrohres.

Die geometrischen Axen der Alhidade und des Limbus müssen zusammenfallen; findet dieses nicht statt, so hat man eine Excentricität der Alhidade; dieselbe wird jedoch nicht berichtigt, sondern dadurch unschädlich gemacht, dass man bei jeder Richtungsbestimmung zu den durch den massgebenden Nonius gefundenen Grad den arithmetischen Mittel der Minuten und Secunden beider diametral gegenüberstehender Noniusangaben setzt.

Die geometrische Axe der Alhidade und die Visirlinie des Fernrohres müssen in einer Ebene liegen, im anderen Falle hat man eine Excentricität des Fernrohres. In der Regel wird der hieraus erwachsende Fehler dadurch unschädlich gemacht, dass man jede Richtung in den beiden Lagen des Fernrohres frei von dem Fehler der Excentricität der Alhidade bestimmt, und aus diesen Bestimmungen, mit Zugrundelegung der Grade des massgebenden Nonius, aus den Minuten und Secunden das arithmetische Mittel nimmt. Da aber bei dem Instrumente Fig. 4 das Fernrohr weder durchgeschlagen noch umgelegt werden kann, so muss man auf diese Art der Elimination des Fehlers verzichten, dagegen eine vorhandene Excentricität durch Verrückung des Fernrohres beseitigen. Die Prüfung geschieht in folgender Weise: Man bringe, wie bei 7. angegeben ist, die Visirlinie des Fernrohres zwischen ein Hilfsfernrohr und einen von diesem anvisirten, möglichst nahe liegenden, gut beleuchteten Punkt, so dass, wenn die Objective beider Fernrohre einander

zugekehrt sind, beide Visirlinien zusammenfallen oder doch parallel sind, und bestimme aus beiden Nonien die Richtung. Visirt man hierauf mit dem Fernrohre des zu prüfenden Instrumentes den leuchtenden Punkt an, und erhält, die richtige Theilung des Kreises und der Nonien vorausgesetzt, aus den Nonienablesungen eine um 180° von der vorigen verschiedene Richtung, so hat man Concentricität, im anderen Falle Excentricität des Fernrohres. Letztere kann durch Verstellung der Schrauben g , g' in horizontalem Sinne beseitigt werden.

12. Richtiger Abstand der horizontalen Parallelstriche des Glasnetzes unter sich zum Zwecke der Distanzmessung.

Ist das Fernrohr des Nivellir-Instrumentes auch zum Distanzmessen eingerichtet, so kann man eine Prüfung dadurch vornehmen, dass man dieselbe Strecke mit Messstangen oder der Messkette und auch mit dem Distanzmesser bestimmt. Liegt der Querstrich des Kreuzes von den beiden äusseren Strichen gleichweit ab, so kann man auch ausnahmsweise bei sehr grossen Entfernungen, oder wenn der obere oder untere Strich die Latte nicht trifft, aus der Lattenabgrenzung zwischen dem unteren oder oberen Striche und dem Querstriche des Kreuzes die Distanz dadurch finden, dass man das Resultat noch mit 2 multiplicirt.

Will man endlich den Grad der Empfindlichkeit der Libelle und die Vergrösserung des Fernrohres kennen lernen, so kann dieses, zugleich mit einer der vorhergehenden Prüfungen, einfach in folgender Weise geschehen:

13. Empfindlichkeit der Libelle.

Man lese bei horizontal stehendem Instrumente an einer in gemessener Distanz d aufgestellten Latte die Zielhöhe z ab, verstelle hierauf die Blase um n Theile, und lese nun die Zielhöhe z' ab. Die Empfindlichkeit e der Libelle, d. h. der Winkel in Secunden, um welchen die Axe der Libelle in verticalem Sinne verstellt werden muss, damit die Blase um einen Theil der Libellenscala aus ihrer vorhergehenden Lage weicht, ist alsdann:

$$e'' = \frac{z' - z}{n d \sin 1''} = 206264,8 \frac{z' - z}{n d}.$$

14. Vergrösserung des Fernrohres.

Man sehe mit dem einen Auge direct, mit dem andern Auge aber gleichzeitig durch das Fernrohr nach einer aufgestellten Latte. Werden m Theile der direct gesehenen Latte von n Theilen des daneben, aber durch das Fernrohr vergrössert, erscheinenden Lattenbildes abgegrenzt, so ist die Vergrösserung:

$$v = \frac{m}{n}.$$

Zweite Gruppe.

§. 18.

Die Instrumente dieser Gruppe gewähren den grossen Vortheil, dass die Prüfungen von einem Standpunkte aus vorgenommen werden können. Zu diesem Zwecke bestimme man im Felde drei Punkte A, B und C, so dass, wenn das Instrument über A, die Latten auf festen Punkten über B und C aufgestellt werden, letztere, von A aus durch das Fernrohr beobachtet, neben einander erscheinen, und AB ungefähr der kleinsten, AC der grössten, der Leistungsfähigkeit des Fernrohres entsprechenden, Distanz gleichkommt. Selbstverständlich muss hierbei die Atmosphäre in Betracht gezogen werden, indem man AC um so grösser annehmen kann, je ruhiger und klarer, namentlich bei bedecktem Himmel, die Luft ist. Anzurathen ist aber, den Punkt A, über welchem das Instrument so aufgestellt wird, dass die eine Stellschraube z. B. S in der Linie AB, also beim Visiren nach B und C unter dem Fernrohre liegt, im Schatten anzunehmen, die Punkte B und C aber so zu wählen, dass die Latten, deren Theilung und Dosenlibellen bereits nach §. 16 in der bei den Instrumenten der ersten Gruppe angegebenen Weise geprüft und berichtigt sind, in ihren senkrechten Stellungen einen möglichst sicheren Halt haben. Ferner stelle man bei den Instrumenten Fig. 9 und 10 mittelst der Klemm- und Mikrometervorrichtung den Nonius n auf 0° bzw. 90° des Höhenbogens H, bei den Instrumenten Fig. 11 und 12 mittelst der Elevationschrauben die Indices auf Null bzw. den mittleren Theilstrich der Scala s und auf Null der Trommel genau ein.

Nach diesen Vorbereitungen geht man zu den einzelnen Untersuchungen an dem Instrumente selbst über.

1. Parallelismus der Libellenaxe mit der durch die Lagerpunkte der Libelle gelegten ebenen oder cylindrischen Fläche.

Man stelle das Fernrohr parallel zu den Stellschrauben S', S'', und bringe durch dieselben die Libellenblase zum Einspielen, mache hierauf eine Vierteldrehung, so dass das Fernrohr über S und in der Linie A B C steht, in welcher Stellung man es durch die Klemme q bzw. v fixiren kann, und lasse auch in dieser Lage des Fernrohres mittelst der Stellschraube S die Blase einspielen. Versetzt man hierauf vorsichtig die Libelle in ihren Lagern, deren Verschluss β man schon anfangs geöffnet hatte, und spielt die Blase nun ebenfalls ein, so hat die Libellenaxe die richtige Lage gegen ihre Lager; ein Ausschlag aber wird zur Hälfte durch die Stellschraube S oder, wenn vorhanden, durch die Mikrometerschraube ihrer Fussplatte φ , zur anderen Hälfte an der Libelle durch die Schraube l corrigirt, und die Untersuchung und Berichtigung so lange wiederholt, bis sich kein Ausschlag mehr zeigt.

Sind die Libellenlager Cylinder, so wird man, um den Parallelismus der Libellenaxe mit der cylindrischen Fläche vollständig zu untersuchen, das Fernrohr in den Trägern T' durch Unterschieben von Holzklötzchen und Einschieben von Holzkeilchen so weit heben und befestigen, dass auch eine theilweise Drehung der Libelle um die Cylinderfläche möglich ist. Bleibt bei dieser Drehung die Blase fortwährend in derselben Lage, so ist die Libelle auch in diesem Sinne richtig, d. h. ihre Axe ist der Cylinderfläche parallel. Tritt die Blase aber das Einmal auf der einen, das Anderemal auf der entgegengesetzten Seite aus, so wird der Fehler an der Libelle durch die Schraube λ beseitigt. Uebrigens wird eine kleine Ausweichung der Blase von keinen nachtheiligen Folgen für die Messungen selbst sein, wesshalb diese Untersuchung auch häufig unterbleibt. Auch könnte diese Ausweichung ihre Entstehung ganz oder theilweise in einer anderen Ursache, nämlich in den nicht kreisförmigen Querschnitten der beiden in den cylindrischen Lagern ruhenden Ringe, haben, wovon man sich dadurch leicht überzeugen kann, dass man das Fernrohr in seinen Lagern um seine mechanische Axe allmählig dreht, weicht dabei die Blase aus, so sind beide oder doch einer von beiden Ringen nicht richtig. Ein solcher Fehler ist jedoch bei den vorliegenden Instrumenten nicht zu befürchten.

Bei dem Instrumente Fig. 11 sitzt die Libellenhülse drehbar zwischen stählernen Spitzen; die Prüfung und Berichtigung geschieht dabei in folgender Weise. Nachdem man durch Anschlagen des Armes T'' an einen der beiden Zapfen z die Libelle in eine zum Fernrohre seitliche Stellung gebracht hat, bringt man, wie bereits angegeben, die Blase zuerst durch die Schrauben S', S'', dann durch S zum Einspielen, und zieht zugleich die Ringklemme q an, hierauf löst man an dem Arme T'' die Klemmschraube K, zieht vorsichtig das Prisma p zurück, legt die Libellenfassung in ihren Angriffspunkten um, und drückt das Prisma wieder ein. Die Blase muss auch in dieser Lage einspielen, ein Ausschlag aber wird zur Hälfte durch die Stellschraube S, zur anderen Hälfte an der Libelle durch die Schraube l corrigirt, und die Untersuchung so lange wiederholt, bis sich kein Ausschlag weiter zeigt, worauf auch die Schraube K wieder angezogen wird. Dreht man hierauf die Libellenfassung zwischen den Spitzen um ihre Axe hin und her, und ist ein Ausschlag durch die Schraube λ beseitigt, so fallen die Axen des Glas-cylinders und der Fassung zusammen, oder sind doch parallel.

2. Parallelismus der Libellenaxe und der mechanischen Axe des Fernrohres.

Dieser Parallelismus wird (nach Berichtigung 1.) stattfinden für die Instrumente Fig. 7, 9, 10 und 12 bei Gleichheit der Ringdurchmesser des auf cylindrischen Lagern liegenden Fernrohres, für die Instrumente Fig. 8, 9 und 10 bei gleichen Abständen der Oberflächen der beiden

Kopfschrauben k' von den diametral gegenüber stehenden horizontalen Seitenkanten der Prismen k des auf Stahlplatten ruhenden Fernrohres.

Spielt die Libellenblase ein, so hebe man das Fernrohr mit der darauf sitzenden Libelle vorsichtig heraus und setze es zugleich mit der Libelle in seinen Lagern um, so dass nun das Objectiv und das ihm zugekehrte Libellenende auf die Seite kommt, wo vorher das Ocular sich befand. Spielt auch in dieser Lage die Blase ein, so findet Parallelismus, bei einem Ausschlage aber Convergenz der Libellen- und mechanischen Fernrohraxe statt. Diese Convergenz kann man bei Fernrohren mit Ringen (ausgenommen Fig. 11) nur durch Abschleifen, oder Entfernung der vorhandenen und Einsetzung anderer Ringe, durch den Mechaniker beseitigen, oder durch Aufgeben anderer, durch die Construction erlangten, Vortheile, oder durch Rechnung, oder endlich durch die Anordnung der Beobachtungen unschädlich machen, und soll an geeignetem Orte noch einmal hierauf zurückgekommen werden. In diesem Falle liegen übrigens die Lagerpunkte der Libelle in keiner cylindrischen, sondern in einer conischen Fläche, was zur Vermeidung von Irrthümern in Bezug auf die erste Untersuchung hier noch bemerkt sein möge.

Bei den Fernrohren, die mit Prisma und Kopfschraube auf Stahlplatten ruhen, ist hingegen der Parallelismus der beiden Axen leicht herzustellen, indem man den Ausschlag der Libellenblase zur Hälfte durch die Stellschraube S , zur anderen Hälfte durch eine der Kopfschrauben k' , und zwar am zweckmässigsten durch die auf der Objectivseite sitzende, beseitigt, und die Prüfung und Berichtigung so lange wiederholt, bis kein Ausschlag der Blase mehr stattfindet.

Bei dem Compensations-Niveau Fig. 11 kann auch bei ungleichen Ringdurchmessern der Parallelismus der Libellen- und mechanischen Fernrohraxe hergestellt werden. Bringt man die Libelle, deren Blase einspielt, aus der in der Prüfung 1. angegebenen seitlichen Lage durch eine halbe Drehung des Fernrohres um seine Längensaxe (bis zum Anschlagen an den zweiten Zapfen z) auf die entgegengesetzte Seite desselben, so muss bei richtiger Lage der beiderseitigen Axen die Blase wieder einspielen. Ein Ausschlag aber wird zur Hälfte durch die Stellschraube S , zur anderen Hälfte durch die in dem Arme T'' sitzenden Correctionsschrauben e und e' berichtigt und die Untersuchung wiederholt, bis sich kein Ausschlag mehr zeigt. Macht man endlich mit dem Fernrohre noch eine Vierteldrehung, so dass die Libelle über demselben steht, und hat einen etwaigen Ausschlag der Blase durch die Schraube e'' beseitigt, so ist die Libellenaxe mit der mechanischen Fernrohraxe parallel.

3. Rechtwinklige Lage der Libellenaxe gegen die Verticalaxe.

Die Prüfung und Berichtigung ist analog der gleichen Untersuchung §. 17, 4. bei den Instrumenten der ersten Gruppe. Man löse nämlich nach den beiden ersten Untersuchungen die Klemmschraube q bzw. v , stelle zur Beseitigung kleiner, sich etwa jetzt zeigender, Abweichungen

das Fernrohr zuerst parallel den Stellschrauben S' und S'' , und mit beiden gleichzeitig, in entgegengesetztem Sinne drehend, die Libellenblase ein, mache hierauf eine Vierteldrehung mit dem Fernrohre um die Verticalaxe, so dass dasselbe über die Stellschraube S kommt, bringe auch hier durch S die Libellenblase zum Einspielen, und wiederhole dieses Verfahren, bis sich bei diesen Vierteldrehungen kein Ausschlag mehr zeigt. Macht man nun um die Verticalaxe eine halbe Drehung, so dass die Stellungen des Objectives und Oculares über S vertauscht werden, und spielt die Blase jetzt ebenfalls ein, so ist die Verticalaxe senkrecht zur Libellenaxe. Ein Ausschlag aber ist zur Hälfte durch die Stellschraube S , zur anderen Hälfte bei den Instrumenten Fig. 7 u. 8 durch die Zugschrauben t zwischen Flansche F'' und Trägerplatte T , bei Fig. 9 und 10 durch die Mikrometerschraube m' der Klemmvorrichtung des Höhenbogens, bei Fig. 11 durch die Schraube E , bei Fig. 12 durch die Schraubenmutter E zu berichtigen. Diese Prüfung und Berichtigung wird so lange fortgesetzt, dabei auch die Libelle mitunter bei einer Vierteldrehung untersucht, und durch die Schrauben S' und S'' der Stand der Blase corrigirt, bis diese bei der allmählichen vollen Drehung des Fernrohres um die Verticalaxe stets einspielt.

Die Verstellungen durch m' und E sind bei gutgebauten Instrumenten selbstverständlich so gering, dass bei dem Instrumente Fig. 10 den Nullpunkten der beiden Nonien am Höhenkreise durch die Schrauben, zwischen denen jeder Nonius sich bewegt, bei den Instrumenten Fig. 11 und 12 aber dem Indexe i' durch Drehung der Trommel für sich wieder leicht die richtige Stellung gegeben werden kann, während sich bei Fig. 11 und 12 zwischen der Scala s und ihrem Indexe kaum, keinesfalls aber eine nachtheilige Abweichung bemerklich machen wird.

Besitzt das Instrument zum vorläufigen Horizontalstellen auch eine Dosenlibelle L' , so muss ihre Blase nunmehr ebenfalls einspielen, ein Ausschlag wird aber durch die drei Correctionsschrauben dieser Libelle beseitigt.

4. Richtige Stellung des Glaskreuzes im Fernrohre gegen das Ocular.
5. Zusammenfallen der Ebene des Glaskreuzes und der Bildebene des Objectives.
6. Horizontale Lage des Querstriches des Glaskreuzes bei horizontal stehendem Instrumente.
7. Richtiges Verhältniss zwischen der Leistungsfähigkeit des Instrumentes und der Empfindlichkeit der Libelle.

Diese vier Prüfungen und Berichtigungen 4., 5., 6. und 7. sind dieselben wie §. 17, 1., 2., 5. und 3. der ersten Gruppe. Sind jedoch, wie bei den Instrumenten Fig. 7, 9, 11 und 12, für die halben Umdrehungen des Fernrohres um seine Längsaxe Zapfen z mit Regulierungsschrauben k als Anschläge an den Trägern bzw. dem Fernrohre angebracht, so geschieht die Berichtigung von 6. und die genaue halbe Drehung durch die Regulierungsschrauben an beiden Anschlägen.

8. Richtige Führung des Auszugsrohres des Fernrohres, d. h. Unveränderlichkeit in der Lage der Visirlinie beim Verstellen des Auszugsrohres durch den Getriebekopf.

9. Parallelismus der Visirlinie des Fernrohres und der Libellenaxe,

Die beiden Untersuchungen 8. und 9. werden auch hier wie bei der ersten Gruppe §. 17, 6. und 7. gleichzeitig, jedoch viel einfacher ausgeführt. Man richte das Fernrohr des horizontalstehenden Instrumentes auf die neben einander erscheinenden Latten über **B** und **C**, klemme durch **q** oder **v**, und erhalte nach richtigen Stellungen des Auszugsrohres die Lattenablesungen **b** und **c**; macht man nun mit dem Fernrohre eine halbe Drehung um seine Längensaxe, oder legt es, wenn dasselbe auf Prisma und Schraubenkopf ruht, in demselben Sinne um, und erhält dieselben Ablesungen **c** und **b**, so ist die Führung des Auszugsrohres richtig, das Fernrohr ist centrirt, d. h. die Visirlinie fällt mit der mechanischen Axe des Fernrohres zusammen, ist also der Libellenaxe parallel und liegt rechtwinklig zu der Verticalaxe. Erhält man aber von den ersten verschiedene Ablesungen **c'** und **b'**, so stelle man durch Anwendung der Correctionsschrauben **r**, **r'** und **r''**, **r'''** das Glaskreuz in horizontalem und verticalem Sinne auf $\frac{c+c'}{2}$ ein, wonach auch die Ablesung an der Latte über **B** $= \frac{b+b'}{2}$ sein muss; wenn nicht, so wiederhole man die Prüfung und Berichtigung so lange, bis man in beiden Lagen des Fernrohres je dieselben Ablesungen an den Latten über **B** und **C** erhält. Kann dieses aber nicht bewirkt werden, so liegt ein Fehler in der Führung des Auszugsrohres, der vor dem weiteren Gebrauche erst durch den Mechaniker zu beseitigen ist. Der Fehler könnte zwar auch, um keinen denkbaren Fall ausser Acht zu lassen, in den excentrischen Lagen des Objectivmittelpunktes und des Glaskreuzes seinen Grund haben, dieser Grund fällt aber fort, wenn man den Punkt **c** möglichst weit, etwa einen entfernten gutbeleuchteten Thurmknopf wählt, oder noch besser das Glaskreuz eines Hilfsfernrohres als unendlich weiten Punkt einführt.

Die vorstehende Prüfung und Berichtigung für den Parallelismus der Visirlinie und Libellenaxe ist selbstverständlich nur unter der Voraussetzung richtig, dass die Ringdurchmesser, oder die Abstände zwischen den Oberflächen der Kopfschrauben und den Seitenkanten der gegenüberliegenden Prismen gleich sind; das Letztere kann durch die Untersuchung 2. immer bewirkt werden. Sind jedoch die Ringdurchmesser des auf cylindrischen Lagern ruhenden Fernrohres nicht gleich, so wird die Libellenaxe nur mit der obersten Seite der durch die Ringe bestimmten conischen Fläche parallel sein, mit der Visirlinie dagegen einen Winkel $\pm w$ bilden, je nachdem der an der Objectivseite liegende Ring den kleineren oder grösseren Durchmesser hat, so dass also die Ablesung an der Latte zu gross oder zu klein wird. Hat man aber nach der Untersuchung §. 17, 13. für die erste Gruppe den Winkelwerth ϵ eines Scalatheiles der Libelle in Secunden ermittelt,

und beträgt beim Umsetzen des Fernrohres mit der Libelle, die in erster Lage einspielte, der Ausschlag der Blase = a Theile ($a = \frac{l - l'}{2}$, wenn l und l' die Ablesungen der beiden Blasenenden sind), so wird

$$w'' = \frac{1}{4} a e$$

sein. Ist nun die Distanz des Fernrohres von der Latte = d , so wird die Ablesung an letzterer um

$$\pm d \operatorname{tang} \frac{1}{4} a e = \pm d \operatorname{tang} w''$$

zu gross sein, d. h. zu der Ablesung muss, um ein richtiges Resultat zu erhalten,

$$\mp d \operatorname{tang} w''$$

addirt werden.

Ein anderes Verfahren zur Beseitigung des durch ungleiche Ringdurchmesser hervorgerufenen Fehlers besteht darin, dass man das Fernrohr nur in einer einzigen Lage benutzt, statt 8. und 9, eine der unter §. 17, 6. und 7. der ersten Gruppe angegebenen Methoden anwendet, und die Correctionen durch die Schrauben r und r' ausführt; man hat dann wenigstens den Vortheil, die Libelle umsetzen zu können. Auch kann man zuerst nach 8. und 9. das Fernrohr centriren, hierauf mit (früheren Orts auseinandergesetzten) Anwendung zweier Hilfsfernrohre und Correction zur Hälfte durch die Stellschraube S , zur anderen Hälfte durch die Schrauben t bzw. m' und E , die Visirlinie, und endlich nach 4. der ersten Gruppe die Axe der Libelle, aber nur in einer Lage, rechtwinklig zu der Verticalaxe stellen. Jetzt ist also die Libelle als festsetzend zu betrachten, dagegen kann man das Fernrohr in seinen Lagern drehen.

Man kann auch, unabhängig von 8., was als richtig vorausgesetzt wird, bei gleichen Ringdurchmessern, oder gleichen Abständen der Schraubenköpfe von den Seitenkanten der Prismen, das Verfahren mit zwei Hilfsfernrohren, oder eines Hilfsfernrohres und eines sehr entfernten gut beleuchteten Punktes, wie es unter 9. der ersten Gruppe angegeben wurde, zur Herstellung der rechtwinkligen Lage der Visirlinie gegen die Verticalaxe anwenden. Eine scharfe Controlle wird dann sein, dass die Visirlinie in beiden Lagen des um seine mechanische Axe gedrehten Fernrohres denselben Zielpunkt an der aufgestellten Latte geben muss.

10. Bewegung der Visirlinie in einer Verticalebene bei dem Kippen des Fernrohres.

Diese Untersuchung ist an den Instrumenten Fig. 9 und 10 ganz ähnlich wie §. 17, 8. auszuführen. Deckt der bei horizontaler Lage des Fernrohres auf den Lothfaden eingestellte Verticalstrich des Glaskreuzes auch beim Kippen fortwährend den Lothfaden, so sind die Verticalaxe A und die Visirlinie rechtwinklig zu der Drehaxe A' des Fernrohres; eine Abweichung hat ihren Grund in der schiefwinkligen Lage einer oder beider genannten Linien gegen die Axe A' .

Wird auf die Drehaxe A' des Fernrohres eine zweite Röhrenlibelle L'' gesetzt, und ist die Lage der Ersteren gegen die Verticalaxe durch das in der Zeichnung Fig. 10 dargestellte Schraubensystem (oder auch durch eine andere Vorrichtung) verstellbar, so kann die Prüfung und Berichtigung zuerst für die Libelle L'' selbst genau nach 1. ausgeführt werden, für die Rechtwinkligkeit der beiden Axen A und A' aber nach 3., indem man die Hälfte eines Ausschlages durch die betreffende Stellschraube, die andere Hälfte durch die Schraubenverbindung t und δ , oder eine gleichbedeutende Vorrichtung, beseitigt, und die Untersuchung wiederholt. Es wird übrigens sehr zweckmässig und zeitersparend sein, wenn man die Prüfung und Berichtigung der beiden Röhrenlibellen L und L'' selbst und ihrer Axen gegen die Verticalaxe gleichzeitig ausführt.

Zeigt sich nunmehr nach Einstellung des Glaskreuzes auf einen Lothfaden beim Kippen des Fernrohres eine Abweichung, so ist der Grund dazu allein in der schiefen Lage der Visirlinie gegen die Drehaxe A' des Fernrohres zu suchen, und demnach auch, wenn eine Correctionsvorrichtung dazu vorhanden ist, durch diese, ausserdem aber, wenn es überhaupt als nothwendig erscheint, durch den Mechaniker zu beseitigen.

Auch für die Instrumente Fig. 11 und 12 kann diese Untersuchung vorgenommen werden, indem man dabei die Schrauben E bzw. f ihren ganzen Spindellängen nach benutzt.

11. Richtige Centrirung und Theilung des Höhenbogens und seines Nonius.
12. Richtige Theilung des Limbus und der Nonien des Horizontalkreises.
13. Concentricität der Alhidade des Horizontalkreises und des Fernrohres.
14. Richtiger Abstand der horizontalen Parallelstriche des Glasnetzes unter sich zum Zwecke der Distanzmessung.
15. Empfindlichkeit der Libelle.
16. Vergrösserung des Fernrohres.

Die Untersuchungen 11. bis 16. sind in derselben Weise auszuführen, wie die in §. 17 unter 9. bis 14. in der ersten Gruppe.

Für die Instrumente Fig. 11 und 12 ist noch zu untersuchen:

17. Der gleichmässige Schnitt des Gewindes der Tangential- bzw. Stampfer'schen Elevationschraube.

Man stelle in passender Entfernung von dem horizontal stehenden Instrumente eine feingetheilte Scalenlatte senkrecht auf. Entsprechen nun bei dem Instrumente Fig. 11 und ursprünglich horizontaler Visirlinie gleichen Links- oder Rechtsdrehungen der Tangentialschraube gleiche Zu- oder Abnahmen in den Ablesungen der Visuren an der Latte, so ist die Schraube richtig geschnitten.

Kleine progressive Differenzen in den aufeinanderfolgenden Intervallen der Lattenablesungen bei gleichen Intervallen der Schraubenumdrehungen haben dagegen ihren Grund darin, dass die als Angriffsstelle der Schraube dienende Rinne des in den Träger T eingesetzten Stahlstückes in ihrer Verlängerung die Axe des Trägers nicht schneidet oder der Visirlinie nicht parallel ist. Dieser Fehler kann durch eine kleine Verstellung der Rinne mittelst der an dem Stahlstücke befindlichen Schraubchen beseitigt werden. Als Untersuchung wird hierfür genügen, wenn die Ablesungen an der Latte bei grösstmöglichen positiven und gleichgrossen negativen Umdrehungszahlen der Schraube nach beiden Seiten von der Lattenablesung bei horizontaler Visirlinie gleiche Abstände der Visuren geben. Für Herstellung des Parallelismus der Schraube E mit der Verticalaxe hat der Mechaniker die besten Mittel.

Da nach der vorstehenden Berichtigung und bei horizontaler Visirlinie der Index der Trommel nicht mehr Null zeigt, so wird die Trommel für sich durch Drehung um die Schraubenspindel in die richtige Stellung gebracht, auch kann nöthigenfalls die Scala etwas verschoben werden.

Für das Instrument Fig. 12 werden, ebenfalls eine horizontale Visirlinie als Anfangsrichtung vorausgesetzt, gleichen Rechts- und Linksdrehungen der Mutter der Elevationschraube gleiche Zu- und Abnahmen in den Ablesungen der Visuren entsprechen müssen; auch werden, wenn die Schraube richtig geschnitten ist, im Allgemeinen und für vorläufige Nivellements genügend genau, die Anzahlen der Umdrehungen den von der Visirlinie an der Latte durchlaufenen Strecken proportional sein. Bei genauerer Behandlung wird sich jedoch ergeben, dass bei gleichen aufeinanderfolgenden Zunahmen der Umdrehungen die Intervalle der Ablesungen an der Latte allmählig wachsen.

Anwendung der Nivellir-Instrumente.

§. 19.

Einleitende Betrachtungen.

Es ist keineswegs die Absicht, hier eine vollständige Abhandlung über das Nivelliren im Allgemeinen, oder im Besonderen über geometrisches und trigonometrisches, über einfaches und zusammengesetztes Nivelliren, über das Nivelliren von Linien und Ebenen, über Längen- und Querprofile etc. zu liefern, dieses gehört in die Lehrbücher der Geodäsie, welche diesen Gegenstand bald mehr bald weniger ausführlich, von mehr oder weniger praktischem Standpunkte aus behandeln. Es soll vielmehr hier nur bei dem geometrischen und, soweit es die beschriebenen Instrumente gestatten, in Kürze bei dem trigonometrischen Nivelliren das Verfahren angegeben werden, wie man mit übrigens guten Instrumenten und bei gewissenhaften Beobachtungen zu möglichst zuverlässigen Resultaten gelangt.

Alle geodätischen Messungen sind mit s. g. unvermeidlichen Fehlern behaftet; dieselben sind theils in jedem, auch dem besten Instrumente, theils in der menschlichen Unvollkommenheit, theils in äusseren Einflüssen zu suchen, und können zum grössten Theile durch die Anordnung der Beobachtungen unschädlich, und durch Rechnung bis auf ein Minimum beseitigt werden. Nur eine Fehlerquelle bei geometrischen Nivellements, deren nachtheiligen Einflüssen bis jetzt noch lange nicht die gehörige Beachtung geworden ist, spottet unseren Bemühungen, da es noch nicht gelungen ist, dieselbe in ein Gesetz einzupassen, nämlich die terrestrische Strahlenbrechung. Für trigonometrische Höhenmessungen, wo meistens der Strahl eines leuchtenden Punktes von einer Höhe nach einer anderen in hinlänglichem Abstände über dem Boden hinget, so dass die Erdoberfläche keinen merklichen nachtheiligen Einfluss mehr ausübt, hat man nach bekannten physikalischen und geodätischen Gesetzen Formeln für die Berechnung der Strahlenbrechung in Verbindung mit der Erdkrümmung aufgestellt, und daraus eine Refractionconstante (Refractionscoefficienten) abgeleitet, der auch in der Regel und so lange genügt, als keine anderen

störenden Momente hinzukommen. Bei geometrischen Nivellements hingegen streicht der Strahl in der Regel dicht über den Boden, und ist dadurch rein örtlichen Einflüssen unterworfen, welche die bei trigonometrischen Höhenmessungen aufgestellten Gesetze über die Strahlenbrechung mit wenigen Ausnahmen ganz oder theilweise aufheben, ja sogar in das Gegentheil umkehren können. Es ist also klar, dass man Tabellen, welche man aus den durch trigonometrische Höhenmessungen gewonnenen Elementen für geometrische Nivellements in Bezug auf die Strahlenbrechung und Erdkrümmung berechnet, und die in den Lehrbüchern mitunter aufgeführt werden, nur mit grosser Vorsicht gebrauchen darf, und dass es gerathener erscheint, die Beobachtungen so anzuordnen, dass die constanten Ablenkungen sich aufheben, die abnormen aber erkannt und alsdenn in den meisten Fällen umgangen werden können.

Die genannten Tabellen beruhen auf dem Satze, dass wenn k ($= 0,13$) der Refractionscoefficient, r der Erdradius, und D der horizontale Abstand des Instrumentes von der Latte ist, die Grösse $D^2 \frac{1-k}{2r}$ als Reduction auf den wahren Horizont von der an der Latte abgelesenen Visur abzuziehen ist. Es folgt hier eine solche Tabelle für Metermass, worin die mit D bezeichneten Spalten die Abstände des Instrumentes von der Latte in Metern, die mit $D^2 \frac{1-k}{2r}$ bezeichneten Spalten aber die den D entsprechenden, und von den Lattenablesungen abzuziehenden Reductionsgrössen gleichfalls in Metern enthalten.

D	$D^2 \frac{1-k}{2r}$	D	$D^2 \frac{1-k}{2r}$	D	$D^2 \frac{1-k}{2r}$	D	$D^2 \frac{1-k}{2r}$
30	0,00006	140	0,00134	250	0,00427	360	0,00885
40	011	150	154	260	462	370	0935
50	017	160	175	270	498	380	0986
60	024	170	197	280	535	390	1039
70	033	180	221	290	574	400	1093
80	044	190	246	300	615	410	1148
90	055	200	273	310	656	420	1205
100	068	210	301	320	699	430	1263
110	083	220	330	330	744	440	1322
120	098	230	361	340	789	450	1383
130	0,00115	240	0,00393	350	0,00836	460	0,01445

Die vorstehenden Betrachtungen über unvermeidliche Fehler, Strahlenbrechung und Erdkrümmung können hier selbstverständlich nur auf Nivellements für wissenschaftliche und ausge-

dehnte, die grösste Genauigkeit beanspruchende, technische Arbeiten Bezug haben; für die gewöhnlichen technischen und industriellen Zwecke aber wird man auf einfacherem Wege, nämlich ohne Berücksichtigung der Strahlenbrechung und Erdkrümmung, in den meisten Fällen zu gewünschten Resultaten gelangen.

Das geometrische Nivelliren.

§. 20.

Vorbedingungen für gute Beobachtungen.

Um ein gutes Resultat bei Nivellements zu erhalten, können folgende Anhaltspunkte dienen.

In der Regel wird das Instrument, namentlich die Libelle, jeden Tag vor Beginn der Arbeit geprüft, was wenig Zeit erfordern wird, da nur selten eine kleine Nachberichtigung erforderlich ist, wenn von vornherein eine gründliche Prüfung und Berichtigung stattgefunden hat, und das Instrument vorsichtig behandelt wird.

Bei bedecktem Himmel aber reiner Luft, Windstille und mittlerer Temperatur erhält man die zuverlässigsten Beobachtungen, und kann bei den grossen Instrumenten mit Sicherheit noch Lattenabstände von 300 und mehr Meter nehmen. Die Stationen sind übrigens so viel als möglich unter einander gleich und so gross zu nehmen, als es die Umstände irgend erlauben. Bei Sonnenschein aber und hoher Temperatur ist die Strahlenbrechung sehr wandelbar, hervorgerufen durch die Terrainverhältnisse, durch Ausdünstung des Bodens, durch Rückstrahlung und dergleichen, auch hat, namentlich stillstehendes, Wasser neben oder in der Nivellementslinie den nachtheiligsten Einfluss. Man darf unter allen diesen Umständen nur Aufstellungen von kurzen Abständen nehmen. Ferner wirkt nachtheilig, wenn die Lattensecala das Einmal von der Sonne beschienen wird, also gegen die Sonne, das Anderemal aber vor der Sonne steht, also von derselben nicht beschienen wird; ebenso wenn dieselbe überhaupt abwechselnd in der Sonne und im Schatten steht, oder durch Wolken vorübergehend beschattet wird. Je unruhiger und wärmer die Luft wird, um so kürzer müssen die Stationen gewählt, und schliesslich die Beobachtungen eingestellt werden; das Letzte gilt auch bei Regen. Bei einer sehr hohen oder sehr niederen Temperatur gerathen alle Theile des Instrumentes in eine solche Spannung, dass dieses auch nachtheilig auf das Instrument selbst wirkt, und im ersten Falle, wenn die Libellenblase zu klein wird, ein Sprengen des Verschlusses, ja ein Zerspringen des Glascylinders herbeiführen kann; man wird alsdann das Instrument an einen kühlen, der Zugluft ausgesetzten, Ort zu bringen und, wenn man später wieder beginnt, dasselbe vorher zu prüfen haben. Ist durch Wärme oder Kälte die Libellenblase sehr klein oder sehr gross geworden, so leidet die Empfindlichkeit der Libelle und giebt dadurch das

Instrument keine sicheren Resultate. Auch bei Wind muss man die Beobachtungen meistens unterlassen, da wegen vibrierender Bewegungen weder die Libelle genau eingestellt und die Visur durch das Fernrohr abgelesen, noch die Latte ruhig gehalten werden kann. Nivellirt man auf dem Bahnkörper einer Eisenbahn, so wirkt bei Sonnenschein die Rückstrahlung von der Kiesbedeckung und den Schienen nachtheilig, wodurch die Strahlenbrechung wandelbar ja abnorm wird; auch zeigt sich diese Abnormität, wenn man von einem Damme in einen Einschnitt übergeht, wenn man unter einem Viaducte oder gar durch einen Tunnel zu nivelliren hat. Man darf in diesen Fällen nur kurze Stationen, und muss die Aufstellung unter dem Viaducte und in der Mitte des Tunnels nehmen, oder über, oder um denselben herum gehen. In der Nähe der Bahnhöfe sind auch nur kurze Stationen anzurathen.

Bietet ein Punkt an und für sich keine sichere Aufstellung für die Latte, so wird er in der Regel durch einen festeingeschlagenen Pfahl markirt, dessen Oberfläche eine Ebene, oder zweckmässiger mit einem Nagel versehen ist, welcher einen Kopf in Gestalt eines Kugelabschnittes hat, so dass mit dem Fusse der Latten nur Berührung in einem Punkte stattfindet. Auch kann man statt des Pfahles einen eisernen Bolzen mit zweckentsprechendem horizontalem oder kugelförmigem Ansatz, oder bei geeignetem Boden eine eiserne Platte mit Spitzen zum Eintreten und einer kugelförmigen Erhöhung auf der Oberfläche anwenden. Das Aufstellen der Latte auf den Schienen oder den Schwellen einer Eisenbahn ist mit Vorsicht anzuwenden, muss aber jedenfalls unterbleiben, wenn kurz zuvor oder gar während der Beobachtung ein Bahnzug vorübergefahren.

Zu einer guten, den strengsten Anforderungen entsprechenden, Beobachtung gehören wozüglich zwei Beobachter, der eine für die Einstellung der Libelle, der andere für die Ablesung durch das Fernrohr. Instrument und Stativ müssen durch einen Schirm vor Wind und Sonne, und namentlich die Libelle gegen äussere örtliche Einflüsse bewahrt werden.

Man hat, was die Stellung des Instrumentes gegen die Lattenaufstellungen betrifft, zwei Methoden des Nivellirens:

- 1) Das Nivelliren aus den Endpunkten.
- 2) Das Nivelliren aus der Mitte.

§. 21.

Das Nivelliren aus den Endpunkten.

Ueber dem einen Endpunkte B der Linie AB, dessen Höhe = h' , wird die Scalenlatte, über dem anderen A, dessen Höhe = h , das Instrument aufgestellt und seine Höhe (horizontale Visirlinie über h) = i auf das Schärfste bestimmt, und hierauf bei genau einspielender Libellen-

Fig. 21

blase, was bei den Instrumenten mit Elevationsschraube, oder Mikrometerschraube am Höhenbogen in den letzten Feinheiten durch diese bewirkt werden kann, die Visur l an der Latte abgelesen. Die richtige Haltung der Latte während der Beobachtung kann dadurch controlirt werden, dass man dieselbe um ihren Aufstellungspunkt, als Drehpunkt, allmählig vor- und rückwärts bewegen lässt, und dabei die Visuren beobachtet, entspricht die niedrigste Visur der Ablesung l , so war in diesem Sinne die Haltung richtig, während die seitliche Richtung der Latte mittelst des Verticalstriches des Glaskreuzes unmittelbar controlirt werden kann.

Die Höhe des Punktes B über A ist aber:

$$h' - h = i - (l + x) = i - l - x,$$

worin x eine durch die unvermeidlichen Fehler, die Strahlenbrechung und Erdkrümmung hervorgerufene Grösse ist.

Ist das Fernrohr zum Distanzmessen eingerichtet und nimmt man die Strahlenbrechung als normal an, so kann man durch Subtraction der der Distanz D in der vorstehenden Tabelle entsprechenden Grösse $D^2 \frac{1 - k}{2r}$ von der Lattenablesung l den Höhenunterschied $h' - h$ frei von dem Einflusse der Strahlenbrechung und Erdkrümmung erhalten.

Gehört ferner das Instrument der zweiten Gruppe an, so kann man, jedoch nur unter der Voraussetzung, dass die Ringdurchmesser, bezw. die Abstände der Schraubenköpfe von den Kanten der Prismen an dem Fernrohre gleich sind, durch Umsetzen der Libelle und durch Umwenden des Fernrohres um seine Längsaxe die Fehler der Libelle und der Visirlinie eliminiren, indem man statt des einmaligen l , das nunmehr aus den vier Ablesungen an der Latte erhaltene arithmetische Mittel einführt; ein Fehler in der Führung des Auszugrohres fällt hierbei mit dem Fehler der Visirlinie zusammen fort.

Kommt das Instrument Fig. 11 (Compensations-Niveau) in Anwendung, so bietet dieses den nicht hoch genug anzuschlagenden Vortheil, dass man durch das arithmetische Mittel der in beiden Lagen des Fernrohres (durch Drehen um seine Längsaxe) nach jedesmaliger Einstellung der Libellenblase gemachten Ablesungen ein von den Fehlern der Ringdurchmesser, der Libelle und der Visirlinie (einschliesslich Fehler des Auszugrohres) freies Resultat erhält; ja das Resultat wird sogar dasselbe sein, wenn das Instrument noch gar nicht berichtigt ist, was namentlich bei Eilfällen, wo man keine Zeit zum Prüfen und Berichtigen hat, von hohem Werthe ist.

Eine grössere Genauigkeit für den gesuchten Höhenunterschied kann man durch eine Aufstellung des Instrumentes nicht erlangen. Macht man aber noch eine zweite Beobachtung, indem man das Instrument über B die Latte über A aufstellt, so erhält man in gleicher Weise:

$$h' - h = l' + x - i,$$

und dann aus beiden Beobachtungen:

$$h' - h = \frac{i - i'}{2} + \frac{l - l'}{2},$$

d. h. ein Resultat für den Höhenunterschied zwischen A und B frei von den Fehlern des Instrumentes, und auch frei von dem Einflusse der Erdkrümmung und der Strahlenbrechung, wenn man annimmt, dass Letztere bei beiden Beobachtungen gleich gross war. Ein dem Resultate noch etwa anhaftender Fehler kann nur durch s. g. überschüssige Beobachtungen und Rechnung eliminirt werden.

Vergleicht man das hier eingeschlagene Beobachtungsverfahren mit der Prüfung und Berichtigung §. 17, 7., so leuchtet sofort ein, dass hiermit auch eine Berichtigung des Instrumentes verbunden werden kann.

§. 22.

Das Nivelliren aus der Mitte.

Die Methode des Nivellirens aus der Mitte ist der vorhergehenden Methode unbedingt vorzuziehen und für wissenschaftliche Zwecke nur allein anwendbar. In der zweiten allgemeinen Conferenz der europäischen Gradmessung (vide Generalbericht der E. G. für das Jahr 1867, herausgegeben vom Central-Bureau der E. G. Berlin 1868), der höchsten wissenschaftlichen internationalen Behörde in geodätischen Fragen, wurden die Bedingungen festgestellt, die für ein geometrisches Nivellement erster Ordnung massgebend, als: Bei Nivellements erster Ordnung (Präcisionsnivellements) wird die Operationsmethode aus der Mitte angewendet und die Controle durch polygonalen Abschluss der Stationen hergestellt, wobei die Polygone nicht zu gross anzunehmen sind und womöglich durch mehrfaches Nivelliren derselben Linie erzielt werden. Die bei dem geometrischen Nivellement erreichbare Genauigkeit ist so zu definiren, dass der wahrscheinliche Fehler der Höhendifferenz zweier um tausend Meter entfernter Punkte im Allgemeinen nicht 3 Millimeter und in keinem Falle 5 Millimeter überschreitet. Da man aber die wahrscheinlichen Fehler in den Höhen proportional den Quadratwurzeln aus den Längen der nivellirten Strecken setzen kann, so wird der wahrscheinliche Fehler der Höhendifferenz zweier Punkte, deren zwischenliegende nivellirte Linie s Meter beträgt, im Allgemeinen $3 \sqrt{\frac{s}{1000}}$ Millimeter nicht überschreiten dürfen, $5 \sqrt{\frac{s}{1000}}$ Millimeter aber als äusserste Fehlergrenze anzusehen sein.

Die Methode des Nivellirens aus der Mitte besteht darin, dass man das Instrument in die Mitte zwischen, oder doch gleichweit von den beiden Punkten R und V, deren Höhenunterschied ermittelt werden soll, über die Punkte selbst aber die Latten aufstellt, und die Visuren an den-

selben abliesst; dabei nennt man die Ablesung r an der Latte über dem Punkte R , von dem man auch ausgeht, den Rückblick, die Ablesung v an der Latte über dem Punkte V , dessen Höhe über dem vorhergehenden R man bestimmen will, den Vorblick.

Besitzt das Fernrohr eine Vorrichtung zum Distanzmessen, so wird man den Aufstellungspunkt des Instrumentes bezw. den Punkt V leicht bestimmen können, wobei noch bemerkt sein mag, dass es in den allermeisten Fällen genügt, wenn die Abstände des Instrumentes von den Punkten R und V annähernd, etwa auf 1 oder 2 Meter genau, gleich sind.

Da bei beiden Ablesungen r und v dieselben Instrumentenfehler und, so lange man keinen Beweis des Gegentheils hat, auch dieselben Ablenkungen der Visirstrahlen durch die Strahlenbrechung influiren, so wird man unter dieser Voraussetzung die Höhe von V über R , nämlich:

$$h' - h = r - v,$$

frei von den Instrumentenfehlern, und zugleich reducirt auf den wahren Horizont erhalten.

Führt man in einer Reihe von Punkten Nivellements in der Weise aus, dass man fortschreitend in der Mitte zwischen je 2 aufeinanderfolgenden Punkten das Instrument aufstellt, und die r und v bestimmt, so ist in diesem zusammengesetzten Nivellement die Höhe des letzten Punktes V_n über dem Anfangspunkte R gleich der Summe der r minus der Summe der v oder:

$$\begin{aligned} V_n - R &= (r + r_1 + r_2 \dots + r_n) - (v + v_1 + v_2 \dots + v_n) \\ &= \Sigma r - \Sigma v. \end{aligned}$$

Kommt man schliesslich in einem Polygone zu dem ersten Punkte zurück, so muss

$$\Sigma r - \Sigma v = 0$$

sein; eine Differenz ist der Fehler des polygonalen Abschlusses.

Die Richtigkeit eines solchen Nivellements beruht, abgesehen von den unvermeidlichen Fehlern, auf der Voraussetzung, dass die Ablenkungen durch die Strahlenbrechung bei den zusammengehörigen Paaren der r und v gleich sind, findet dieses aber nicht statt, so wird auch das Resultat ein falsches sein.

§. 23.

Das Nivelliren aus der Mitte mit gleichzeitigem Control-Nivellement.

Wählt man bei einem Nivellement aus der Mitte als Aufstellungen für die Latten die Punkte $A, B, C, D, E, F \dots$, als Stationspunkte für das Instrument aber die Punkte $S, S', S'' \dots$ so, dass S zwischen B und C , S' zwischen D und $E \dots$ liegt und $AS = SD = CS' = S'E \dots = d$, und ebenso $BS = SC = DS' = S'E \dots = d'$ ist, so dass man stets 2 Rückblicke und 2 Vorblicke erhält, und je ein naher Rückblick und Vorblick, sowie ein ferner Rückblick und Vorblick gleichen Abstand vom Instrumente haben, und der ferne Vorblick bei der folgenden Aufstellung der nahe Rückblick und umgekehrt ist, so hat man dadurch ein Mittel geschaffen,

Fig. 24.

nicht allein die normale oder abnormale Refraction zu erkennen, und dadurch ein möglichst scharfes, sondern auch gleichzeitig ein doppeltes Nivellement und vielleicht sogar für die Folge die Elemente zur Berechnung der Refraction zu erhalten. Bezeichnet man ferner die Rückblicke und Vorblicke mit r und v und dem Buchstaben des betreffenden Aufstellungspunktes der Latte als Index, die den Entfernungen d und d' entsprechenden Gesamtcorrectionen an den Visuren mit δ und δ' , so muss sein:

$$\left(v_c - \delta' \right) - \left(v_d - \delta \right) = \left(r_c - \delta \right) - \left(r_d - \delta' \right)$$

oder:

$$\left(r_c - r_d \right) - \left(v_c - v_d \right) = 2 \left(\delta - \delta' \right).$$

Bleiben demnach bei dem Nivellement die so gebildeten Differenzen (mit Berücksichtigung des mittleren Beobachtungsfehlers) sich gleich, so ist die Strahlenbrechung constant und übt keinen nachtheiligen Einfluss auf das Resultat, variiren sie aber, so ist die Strahlenbrechung auch variabel, und wirkt nachtheilig; die Stationen sind alsdann einander näher zu rücken, oder, wenn auch das nicht hilft, die Beobachtungen einzustellen.

Hat man ein gutes Instrument der zweiten Gruppe, etwa wie Fig. 8 oder Fig. 11, und die r und v durch die arithmetischen Mittel der Ablesungen in den verschiedenen Lagen der Libelle und des Fernrohres, also von den Fehlern des Instrumentes freie Resultate erhalten, so wirkt in der Differenz $2(\delta - \delta')$ nur noch die Strahlenbrechung. Ist z. B. $d = 300^m$, $d' = 200^m$, so wird nach der Tabelle

$$2(\delta - \delta') = 2(0,00615 - 0,00273) = 0,00684^m$$

sein müssen, wenn die Strahlenbrechung normal ist, was als Controle benutzt werden kann.

§. 24.

Das Nivelliren mit Anwendung der Schiebelatte.

Bis jetzt ist bei dem Nivelliren nur die Scalenlatte in Betracht gezogen worden, da die Schiebelatte für Nivellir-Instrumente mit Fernrohren fast ausser Gebrauch ist. Das Nivellirdiopter Fig. 6, wo die Schiebelatte angewendet werden muss, besitzt zwar eine fernrohrartige Zusammensetzung von zwei achromatischen Convexlinsen, die aber keine Vergrösserung bewirken. Die Anwendung der Schiebelatte besteht kurz darin, dass der Gehülfe dieselbe über dem betreffenden Punkte aufsetzt, nach vorher vereinbarten, von dem Beobachter zu gebenden, Zeichen die Zielscheibe so lange verschiebt, bis ihre markirte Mitte in die horizontale Visirlinie zu liegen kommt, hierauf die Scheibe fixirt, die Visirhöhe an der Latte abliesst und in sein Manual aufschreibt. Hat man zwei Schiebelatten und führt ein zusammengesetztes Nivellement aus der

Mitte aus, so kann der Beobachter, wenn er auf die folgende Station übergeht, und an der Latte des Vorblickes vorbeikommt, den Stand der Zielscheibe controliren und ebenso die zweite Latte, wenn der Gehülfe von dem rückwärts gelegenen Punkte mit dem Beobachter zusammentrifft.

Das trigonometrische Nivelliren.

§. 25.

Das trigonometrische Nivelliren mit Anwendung einer Elevationsschraube.

In bergigem und durchschnittenem Terrain, wo man bei rein geometrischen Nivellements nur Aufstellungen in kleinen Intervallen wählen kann, und dadurch die Arbeit sehr umfangreich werden würde, wendet man auch wohl innerhalb gewisser Grenzen, namentlich bei vorläufigen und schnell auszuführenden Arbeiten, wo eine grosse Genauigkeit nicht gefordert wird, mit Vortheil ein trigonometrisches Nivelliren, sowohl aus den Endpunkten, als auch aus der Mitte an, indem man mit Hülfe einer sehr genau geschnittenen Mikrometerschraube kleine Neigungen oder Hebungen des Fernrohres und seiner Visirlinie auf das Schärfste misst, und aus diesen Messungen mittelst vorausberechneter Tafeln die Höhenunterschiede sowie die Distanzen ableitet. Auf die Anwendung einer derartigen Mikrometerschraube hat Professor Stampfer, am k. k. Polytechnicum in Wien, eine, zuerst in dem 20. Bande der Jahrbücher des k. k. polytechnischen Institutes, Wien 1839, veröffentlichte, „neue Methode zu Nivelliren“ mit seinen „verbesserten Nivellir-Instrumenten“ im Gegensatze zu der „gewöhnlichen Methode“ gegründet. Es kann zwar nicht in Abrede gestellt werden, dass diese Methode des trigonometrischen Nivellirens in speciellen Fällen mit Nutzen statt des geometrischen angewendet werden kann, sie wird aber weder auf eine verbesserte Methode Anspruch machen können, noch eine allgemeine Verbreitung finden oder gar das rein geometrische Verfahren verdrängen. Wo es sich um einen höchsten Grad von Genauigkeit handelt, wird man stets das geometrische Nivelliren vorziehen. Eine kurze Betrachtung wird dieses darthun.

Je mehr Elemente zur Erlangung eines einfachen, nicht durch überschüssige Beobachtungen erhaltenen, Beobachtungsergebnisses nothwendig sind, um so mehr Fehlerquellen bieten sich dar, d. h. um so grösser ist der wahrscheinliche Fehler. Bei dem geometrischen Nivelliren besteht eine Beobachtung in dem Einstellen der Libellenblase, und dem Ablesen der Visur an der Latte durch das Fernrohr. Nach der Stampfer'schen Methode dagegen besteht die Operation aus dem Einstellen der Libellenblase, dem Einvisiren der ersten und dann der zweiten Zieltafel durch das Fernrohr, und jedesmaliges (im Ganzen dreimaliges) Ablesen der Anzahl der dabei gemachten Schraubenumdrehungen an der Scala und der Trommel; mit den so erhaltenen Elementen wird

das einfache Beobachtungsergebnis durch Rechnung gefunden. Da aber bei der Operation die Richtung der Schraube veränderlich ist, so werden auch die zur Berechnung verwendeten Formeln keine linearen, sondern höheren Grades sein. Bezeichnet man für ein bestimmtes Instrument die wahrscheinlichen Fehler der Einstellung der Libellenblase, der Einstellung des Fernrohres auf die Zieltafel, der Ablesung der Visur an der Latte, der Ablesung der Schraubenumdrehungen an der Trommel und der Höhe eines Schraubenganges, bzw. mit l , z , v , t und s , so ist bei sonst gleichen Voraussetzungen der wahrscheinliche Fehler einer Beobachtung für das geometrische Nivellement:

$$w = \sqrt{l^2 + v^2},$$

für das trigonometrische Nivellement:

$$w' = \sqrt{l^2 + 2z^2 + 3t^2 + 3s^2}.$$

Hat man wegen ungünstigen Terrains zum geometrischen Nivelliren einer gegebenen Strecke 2, 3 und mehr Aufstellungen, dagegen zum Nivelliren derselben Strecke nach der vorstehenden trigonometrischen Methode nur eine Aufstellung nöthig, so wird die Genauigkeit des Endresultates nach der geometrischen Methode im Gegensatze zu der nach der trigonometrischen mit der Anzahl der Aufstellungen abnehmen, da die Genauigkeit des Endresultates einer nivellirten Strecke der Anzahl der Aufstellungen und der Quadratwurzel der nivellirten Strecke umgekehrt proportional ist; es wird also auch der Fall eintreten können, wo das trigonometrische Nivelliren mit Anwendung der Elevationsschraube, ganz abgesehen von der Zeitersparniss, grössere Genauigkeit in seinen Resultaten erzielt als das geometrische, und dann ist das Ertere an seinem Platze. Bei günstigem Terrain aber, wo sich die Anzahl der Aufstellungen nach beiden Methoden nahezu gleich bleibt, verdient das geometrische Nivelliren, nicht allein was Genauigkeit, sondern auch was Zeitersparniss betrifft, unbedingt den Vorzug, zumal man mit den in neuerer Zeit bei den Nivellir-Instrumenten verwendeten Fernrohren von sehr grosser Leistungsfähigkeit auf dieselbe Entfernung die Scalenlatte genau ablesen, auf welche man eine Zieltafel scharf einstellen kann.

Nach diesen rein theoretischen Betrachtungen soll zu der Anwendung der Instrumente mit mikrometrischer Elevationsschraube übergegangen werden.

§. 26.

Das trigonometrische Nivelliren und Distanzmessen mittelst der Tangential- und der Stampfer'schen Schraube.

Die zu dieser Art trigonometrischen Nivellirens verwendete Latte hat in der Regel zwei Zieltafeln, denen man einen constanten Abstand gegeben hat. Auch kann man, je nachdem man

die Tafeln möglichst hoch oder tief haben will, die Latte aufrecht oder auf den Kopf stellen, oder die in unveränderlichem Abstände bleibenden Tafeln zum Verschieben einrichten. Wenn man aber nach der Beschaffenheit des Terrains bald trigonometrisch bald geometrisch nivelliren will, so kann man entweder an der Rückseite einer Scalenlatte zwei Zieltafeln in constantem Abstände anbringen, oder zwei Haupttheilstriche auf der Scala der Latte noch besonders auffallend markiren. Nur wenn der horizontale Visirstrahl über oder unter der Latte hergeht, wird man trigonometrisch, ausserdem geometrisch nivelliren.

Es sei die Latte senkrecht über B, das Instrument horizontal über A so aufgestellt, dass die Visirlinie in der durch AB bestimmten Verticalalebene liegt. Setzt man nun die Anzahl der Schraubenumdrehungen proportional den dabei von der Visirlinie an der Latte oder ihrer Verlängerung durchlaufenen verticalen Strecken, was bei der Tangentialschraube genau, bei der Stampfer'schen Schraube nur annähernd richtig ist, führt ferner, um denen, welche diese Methode noch weiter speciell studiren wollen, die Sache zu erleichtern, dieselben Bezeichnungen ein, wie sie von Stampfer gebraucht wurden, nämlich Stand der Scala s und Trommel t bei horizontaler Visirlinie = h (bei Instrument Fig. 11 ist in der Regel h = 0), bei der Visur nach der oberen Zieltafel = o, nach der unteren = u, Abstand der unteren Tafel von dem Fusse der Latte = l, constanter Abstand beider Zieltafeln unter sich = d, Länge der Horizontalprojection der Linie AB = D, Höhe der horizontalen Visirlinie, abgesehen von der Strahlenbrechung und Erkrümmung, über der unteren Zieltafel = H, über dem Fusse der Latte = H', so hat man:

$$H' = l + H = l + d \frac{h - u}{o - u}.$$

Geht der horizontale Visirstrahl über oder unter der unteren Zieltafel her, so ist H positiv bzw. negativ, wie sich schon aus den positiven oder negativen Differenzen h — u und o — u ergibt.

Für die Bestimmung der Entfernung D hat man die Gleichung

$$D = \frac{d c}{o - u},$$

worin c eine Constante ist, die sich aus der Gleichung

$$c = \frac{D' (o' - u')}{d}$$

berechnen lässt, wenn D', die zwischen der Drehaxe des Fernrohres und der Latte auf das Schärfste direct gemessene horizontale Entfernung, o' und u' die Ablesungen an der Scala und Trommel beim Anvisiren der oberen und unteren Zieltafel für die Entfernung D' sind. Selbstverständlich wird man c nicht aus einer sondern aus mehreren Beobachtungen bei verschiedenen

D' bestimmen. Berechnet man nun die Werthe von $\frac{c}{o - u}$, indem man die Differenz $o - u$, in Intervallen von 0,01 wachsen lässt, so kann man eine Tabelle zusammenstellen, die in erster Spalte als Argument $o - u$, in zweiter Spalte die zugehörige Grösse $\frac{c}{o - u}$ als gesuchte Entfernung D, ausgedrückt in d als Masseinheit (bei $d = 1$ Meter also in Metern) giebt.

Mit Benutzung der Entfernung D kann man aus der Refractionstabelle die Correction $D^2 \frac{1 - k}{2r} = s$ entnehmen, und hat dann die verbesserte Höhe:

$$H' = 1 + d \frac{h - u}{o - u} - D^2 \frac{1 - k}{2r} = 1 + H - s.$$

Wie man diese H' zu Nivellements aus den Endpunkten oder der Mitte zu verwenden hat, zeigen dann die §§. 21 und 22.

Gebraucht man eine Scalenlatte, so kann man mit Anwendung der Tangential- und auch der Stampfer'schen Schraube ganz einfach in folgender Weise trigonometrisch nivelliren. Geht die horizontale Visirlinie unter der Latte her, ist die Anzahl der Schraubenumdrehungen, bis die Visirlinie das untere Ende der Latte trifft, = a, und liest man an der Scala der Latte bei 2 a Umdrehungen die Visur v ab, so liegt die horizontale Visirlinie = v unter Null der Latte. Geht die horizontale Visirlinie dagegen über die Latte, deren Länge = L ist, weg, beträgt die Anzahl der Schraubenumdrehungen, bis die Visirlinie das obere Ende der Latte berührt, = a', und liest man an der Latte bei 2 a' Umdrehungen die Visur v' ab, so liegt, die Grössen a' und v' absolut genommen, die horizontale Visirlinie = L - v' über dem oberen Ende oder 2 L - v' über Null der Latte. An diese Bestimmungen sind dann noch, wenn erforderlich, die Correctionen wegen Erdkrümmung und Strahlenbrechung anzubringen.

Die in diesem Paragraphen gegebenen Formeln sind für das Instrument Fig. 11 mathematisch genau, und darin liegt der grosse Vortheil der Tangentialschraube, während dieselben Formeln für die Stampfer'sche Schraube nur Näherungswerthe geben. Will man dagegen mit dieser Schraube, Instrument Fig. 12, genauere Resultate erzielen, so bedürfen die vorstehenden einfachen Gleichungen durch Einführung neuer Grössen einer ziemlich complicirten für den Gebrauch eben nicht bequemen Umformung. Da aber die Entwicklung dieser schärferen Formeln zu weit führen, und dadurch das diesem Werkchen gesteckte Ziel überschritten würde, so mag für den, welcher sich weiter instruiren will, auf die angeführte Abhandlung in dem k. k. polytechnischem Journale, oder auf „Theoretische und praktische Anleitung zum Nivelliren v. S. Stampfer, 4te Auflage. Wien 1858“ verwiesen werden.

§. 27.

Das trigonometrische Nivelliren mit Anwendung des Höhenbogens.

Dieses trigonometrische Nivelliren wird meistens da angewendet, wo die Entfernung D gross, die Strecke selbst Schwierigkeiten darbietet, und der Visirpunkt für ein geometrisches Nivelliren ungeeignet liegt, wo man mit geringeren Kosten und weniger Zeitaufwand durch derartige Höhenbestimmungen ein Resultat erzielen kann, welches den gestellten Anforderungen der Genauigkeit genügt. Sehr zweckmässig lässt sich ein trigonometrisches Nivellement mit der Horizontaltriangulirung einer Gegend verbinden, und dasselbe ist geradezu geboten, wenn diese Arbeiten als Grundlagen topographischer Aufnahmen dienen sollen.

Um auf trigonometrischem Wege den Höhenunterschied zweier Punkte A und B zu erhalten, wird man aus der bereits bekannten Horizontalprojection D des directen Abstandes des Punktes A von B als Kathete und dem anliegenden Winkel w , den die Visirlinie von dem Punkte A nach B mit der D in der Verticalebene bildet, ein rechtwinkliges Dreieck zusammenstellen und durch Rechnung die andere Kathete H als Höhenunterschied zwischen den Punkten A und B erhalten, es ist nämlich:

$$H = D \text{ tang } w.$$

Die Seite D ist dabei entweder direkt gemessen, oder einer Horizontaltriangulirung entnommen, wozu in vielen Fällen der den Nivellir-Instrumenten beigegebene Horizontalkreis mit Nutzen angewendet werden kann.

Den Winkel w wird man dadurch erhalten, dass man das Instrument über A centrisch und horizontal aufstellt, die Klemmschraube für den Höhenbogen löst, das Fernrohr auf den Punkt B richtet, die Klemmschraube wieder anzieht und mittelst der Mikrometerschraube fein einstellt. Die Ablesung am Höhenbogen mittelst des Nonius, oder bei zwei Nonien das arithmetische Mittel beider Ablesungen, liefert den gesuchten Winkel w , wenn bei einspielender Blase der auf oder unter dem Fernrohre sitzenden Libelle die Nullpunkte des Nonius und des Höhenbogens coincidiren, findet dieses aber nicht statt, d. h. ist ein Collimationsfehler des Höhenbogens vorhanden, so wird die Abweichung an dem Winkel w im entsprechenden Sinne berichtigt.

Je nachdem B oder A der höher gelegene Punkt ist, wird der Winkel an A und ebenso der Höhenunterschied zwischen A und B positiv oder negativ sein.

Gehört das Instrument der zweiten Gruppe an, so wird man in den verschiedenen Lagen des Fernrohres und der Libelle den Winkel messen und aus dem arithmetischen Mittel dieser n Beobachtungen einen Winkel w erhalten, dessen Genauigkeit zu dem einfachen Winkel sich verhält wie $\sqrt{n} : 1$.

Bisher wurde vorausgesetzt, dass der Punkt A in der Drehaxe des Fernrohres liegt, und das anvisirte Object der Punkt B selbst ist; meistens ist dieses jedoch nicht der Fall, sondern man hat für A eine Instrumentenhöhe i , für B eine Höhe v des Visirpunktes zu berücksichtigen. Die hierdurch nöthige Verbesserung wird entweder vor der Berechnung an dem Winkel w , oder nach der Berechnung an der Höhe h angebracht. Ist der verbesserte Winkel W , die verbesserte Höhe H , so hat man:

$$W = w + \frac{i - v}{D \sin 1''},$$

$$H = D \operatorname{tang} \left(w + \frac{i - v}{D \sin 1''} \right) = D \operatorname{tang} W,$$

oder:

$$H = D \operatorname{tang} w + i - v = h + i - v.$$

Ist, B als der höhere Punkt vorausgesetzt, auch der Winkel $-w'$ auf B nach A gemessen, so folgt in gleicher Weise:

$$-W' = -w' + \frac{i' - v'}{D \sin 1''},$$

$$H' = D \operatorname{tang} \left(-w' + \frac{i' - v'}{D \sin 1''} \right) = -D \operatorname{tang} W',$$

oder:

$$H' = D \operatorname{tang} (-w') + i' - v' = -D \operatorname{tang} w' + i' - v' = -h' + i' - v'.$$

Aus dem arithmetischen Mittel der absoluten Werthe beider Höhenunterschiede erhält man eine genauere Angabe H'' des Höhenunterschiedes zwischen A und B.

Verzichtet man auf eine Vergleichung der beiden Resultate H und H' , so kann man auch H'' unmittelbar berechnen, nämlich:

$$H'' = D \operatorname{tang} \frac{1}{2} (W + W').$$

Ist der Höhenbogen so nummerirt, dass bei einspielender Libellenblase der Nonius nicht 0° sondern 90° am Höhenbogen giebt (vid. §. 10), so misst man statt der Höhen- oder Tiefenwinkel Zenithdistanzen z , d. h. man misst den Winkel, welchen die Visirlinie mit der Lothlinie des Ortes bildet, den Bogen zwischen dem Zenith und dem Visirpunkte; man hat alsdann statt der vorhergehenden Formeln die folgenden für Station A:

$$H = D \cot z,$$

$$Z = z - \frac{i - v}{D \sin 1''},$$

$$H = D \cot \left(z - \frac{i - v}{D \sin 1''} \right) = D \cot Z,$$

$$H = D \cot z + i - v = h + i - v.$$

Für Station B:

$$Z' = z' - \frac{i' - v'}{D \sin 1''},$$

$$H' = D \cot \left(z' - \frac{i' - v'}{D \sin 1''} \right) = D \cot Z',$$

$$H' = D \cot z' + i' - v' = -h' + i' - v'.$$

Endlich:

$$H'' = D \tan \frac{1}{2} (Z' - Z).$$

§. 28.

Einfluss der Erdkrümmung und Strahlenbrechung auf Verticalwinkel.

In den vorhergehenden Betrachtungen war stillschweigend vorausgesetzt, dass D eine gerade horizontale Linie kein Erdbogen sei, und weder die Refraction noch die Erdkrümmung auf die Grösse des gemessenen Winkels w oder z einen Einfluss übe. Fällt aber diese Voraussetzung fort, so hat man zur Erlangung richtiger Resultate in folgender Weise zu verfahren.

Man beobachte gleichzeitig von A und B aus die Winkel w und $-w'$ oder z und z' , und berichtige sie in Bezug auf Instrumentenhöhe und Höhe des Visirpunktes nach der vorhergehenden Bezeichnungsweise in W und $-W'$ oder Z und Z' , wobei der Depressionswinkel W' stets negativ und sein absoluter Werth grösser als der von W ist, während W positiv, aber auch bei sehr geringer Höhendifferenz zwischen A und B, indem die Erdkrümmung überwiegend einwirkt, negativ sein kann. Nimmt man nun an, dass an beiden Punkten A und B in denselben Zeitmomenten die Refraction gleich gross ist, so erhält man ein von der Refraction und Erdkrümmung freies Resultat in dem Ausdrücke:

$$H'' = D \tan \frac{1}{2} [W - (-W')] = D \tan \frac{1}{2} (W + W'),$$

oder:

$$H'' = D \tan \frac{1}{2} (Z' - Z).$$

Zugleich findet man den schon §. 19 erwähnten Refractionscoefficienten k durch folgende Formeln:

$$k = 1 + [W + (-W')] \frac{r \sin 1''}{D} = 1 + (W - W') \frac{r \sin 1''}{D},$$

oder:

$$k = 1 - (Z + Z' - 180) \frac{r \sin 1''}{D}.$$

Hat man eine einseitige Beobachtung $\pm w$ oder z, so wird man mit Benutzung des auf andere Weise schon bekannten Refractionscoefficienten k folgende Formeln anzuwenden haben, wobei $D \frac{1 - k}{2r \sin 1''}$ in Secunden ausgedrückt ist.

$$H = D \operatorname{tang} \left(\pm w + D \frac{1 - k}{2r \sin 1''} \right) + i - v = D \operatorname{tang} \left(\pm W + D \frac{1 - k}{2r \sin 1''} \right),$$

oder:

$$H = D \operatorname{cot} \left(z - D \frac{1 - k}{2r \sin 1''} \right) + i - v = D \operatorname{cot} \left(Z - D \frac{1 - k}{2r \sin 1''} \right).$$

Wird hierbei das Meter als Längeneinheit zu Grunde gelegt, so kann hinlänglich genau

$$\frac{1 - k}{2r \sin 1''} = 0,013988 \text{ oder } \log \frac{1 - k}{2r \sin 1''} = 8,14564 - 10$$

gesetzt werden.

Sind an beiden Stationen A und B aber nicht gleichzeitig Beobachtungen w und $-w'$ oder z und z' gemacht, so kann der Höhenunterschied H'' durch das arithmetische Mittel der absoluten Werthe von H und H' ebenfalls erhalten werden, nämlich:

$$H'' = \frac{1}{2} (H + H') = \frac{1}{2} \left[D \operatorname{tang} \left(W + D \frac{1 - k}{2r \sin 1''} \right) + D \operatorname{tang} \left(W' - D \frac{1 - k}{2r \sin 1''} \right) \right],$$

oder:

$$H'' = \frac{1}{2} (H + H') = \frac{1}{2} \left[D \operatorname{cot} \left(Z - D \frac{1 - k}{2r \sin 1''} \right) - D \operatorname{cot} \left(Z' - D \frac{1 - k}{2r \sin 1''} \right) \right]$$

Verzichtet man auf die Vergleichung von H und H' , so wird man auch durch folgende einfache Ausdrücke dasselbe Resultat erhalten:

$$H'' = D \operatorname{tang} (W + W'),$$

oder:

$$H'' = D \operatorname{tang} (Z' - Z).$$

§. 29.

Horizontalwinkelmessungen.

Die Anwendung des den Nivellir-Instrumenten mitunter noch beigegebenen Horizontalkreises ist hier nicht ausgeführt, sondern als bekannt vorausgesetzt; dieselbe gehört in den Abschnitt der Instrumente zu Horizontalwinkelmessungen, und wird voraussichtlich in einem sechsten Hefte, welches die Theodoliten behandelt, ausführlich besprochen werden.



Hof- und Waisenhaus - Buchdruckerei in Cassel.

S. 61

Breithaupt's Nivellir - Instrumente
auf Nussbewegung.

Fig. 1.

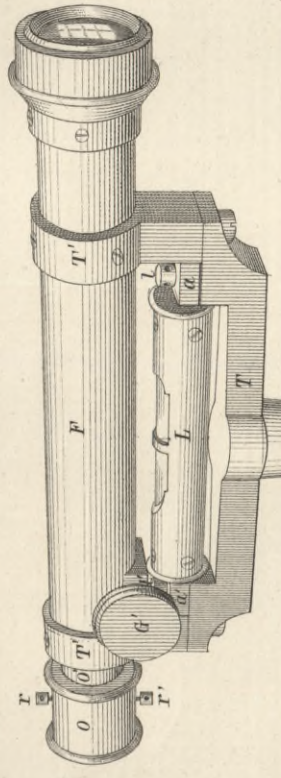


Fig. 2.

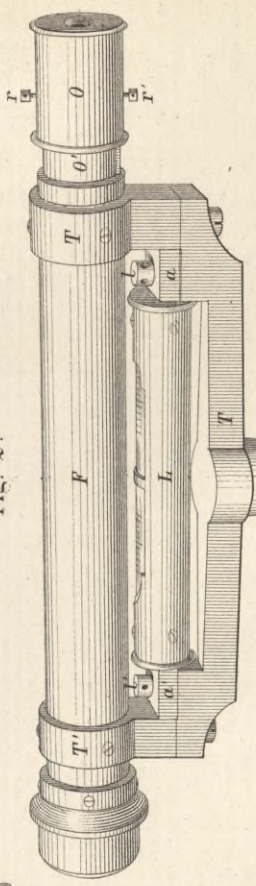


Fig. 2 b.

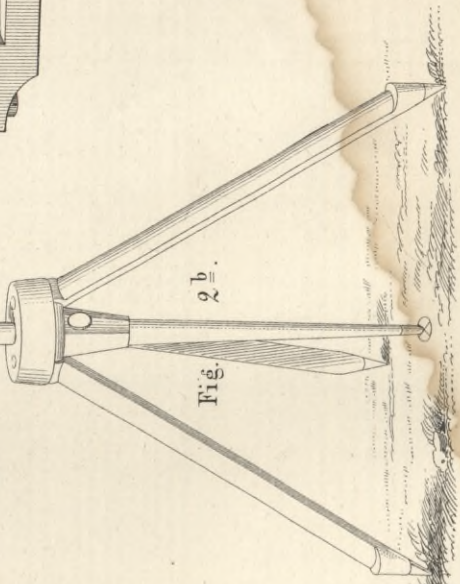


Fig. 1 b.

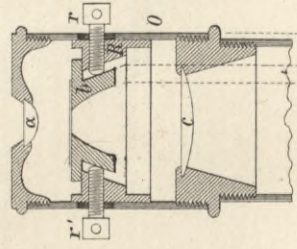


Fig. 1 c.

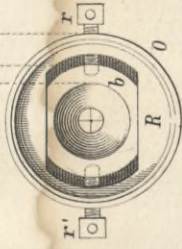


Fig. 1 a.

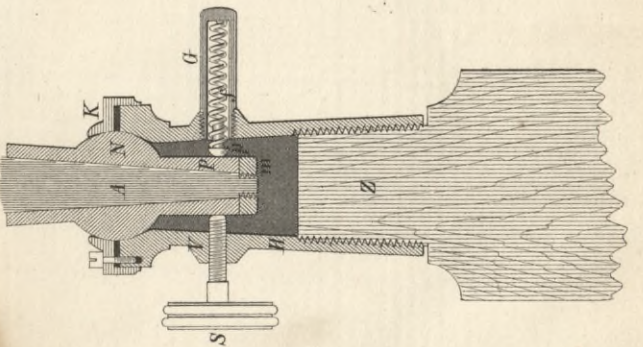
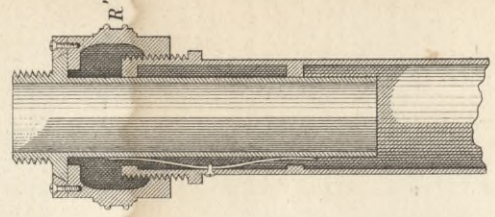
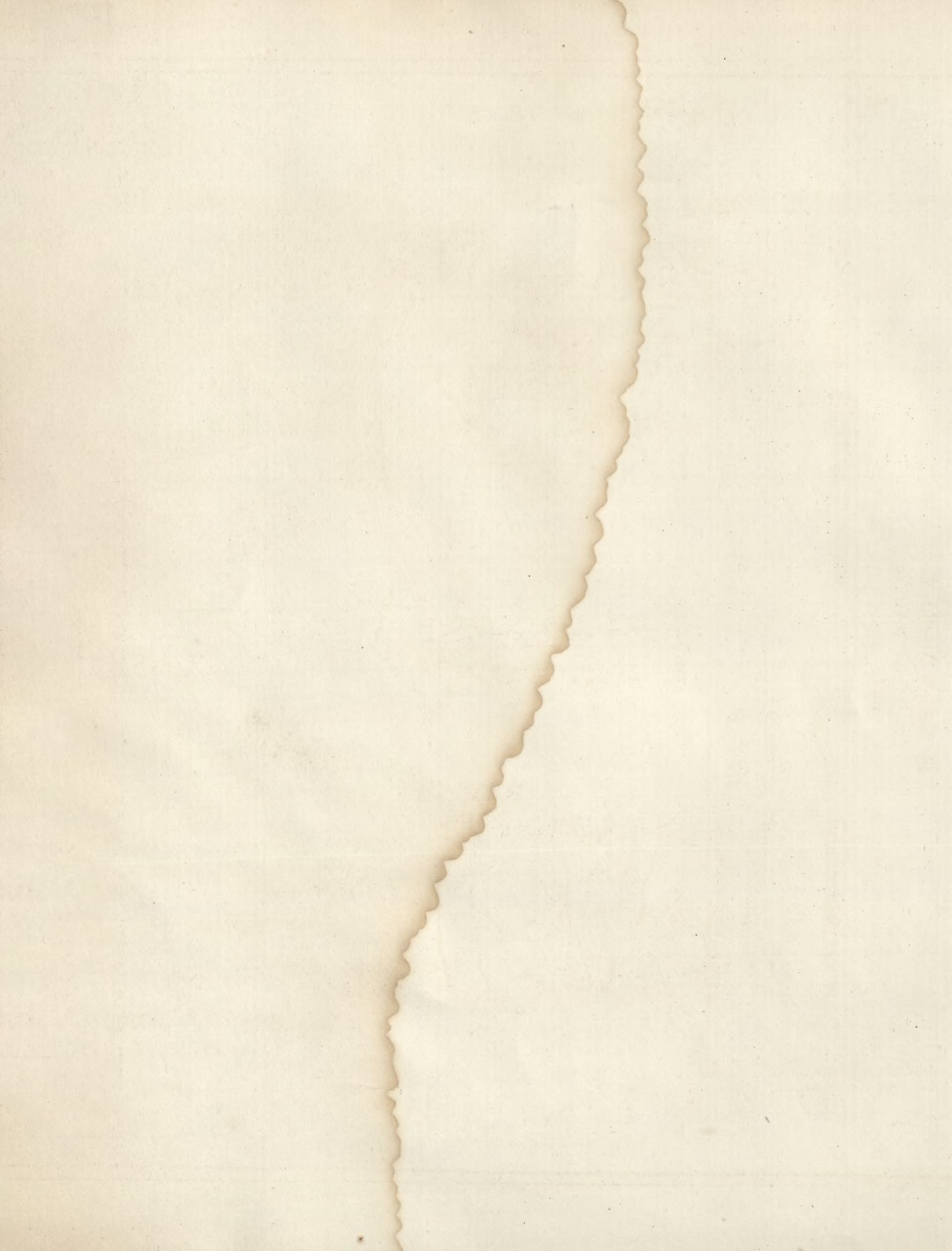


Fig. 2 a.

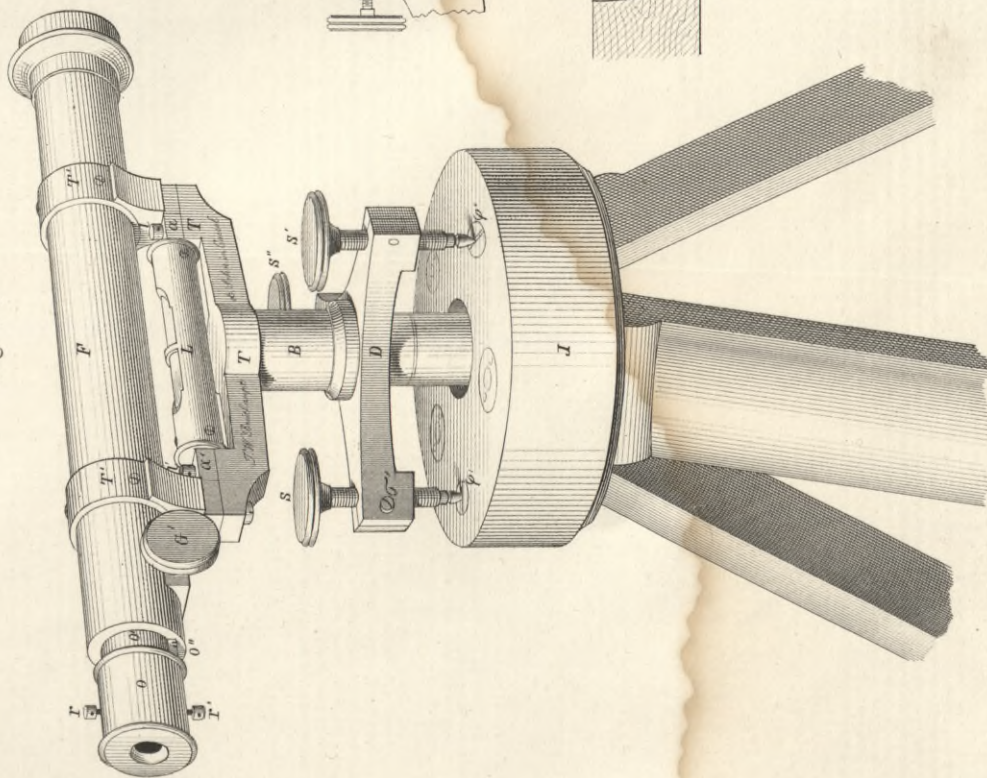




Breithaupt's Niveilir-Instrumente
auf Dreifuß

mit gewöhnlichem Ocular.

Fig. 5 a



mit orthoscopischem Ocular.

Fig. 5 b

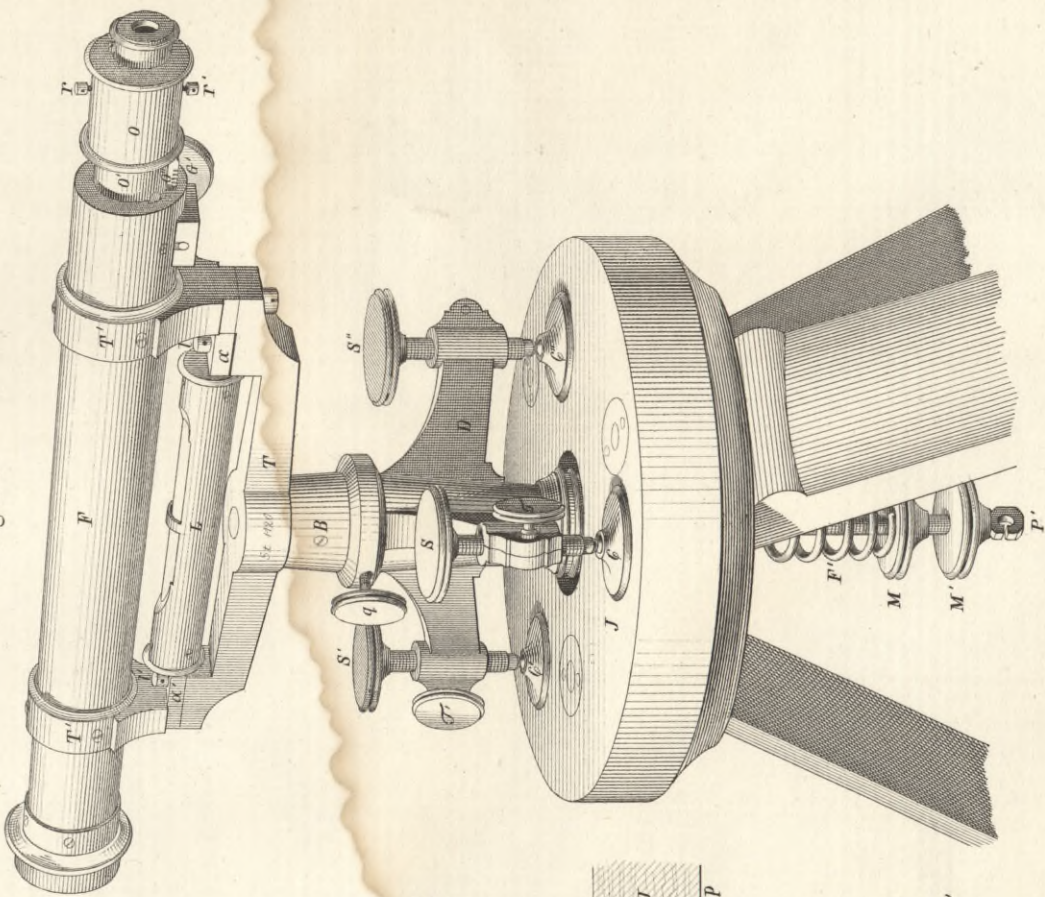
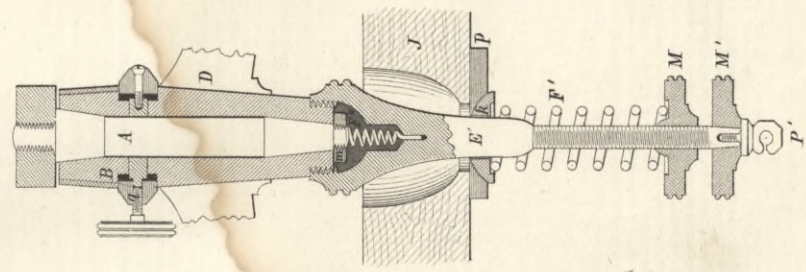
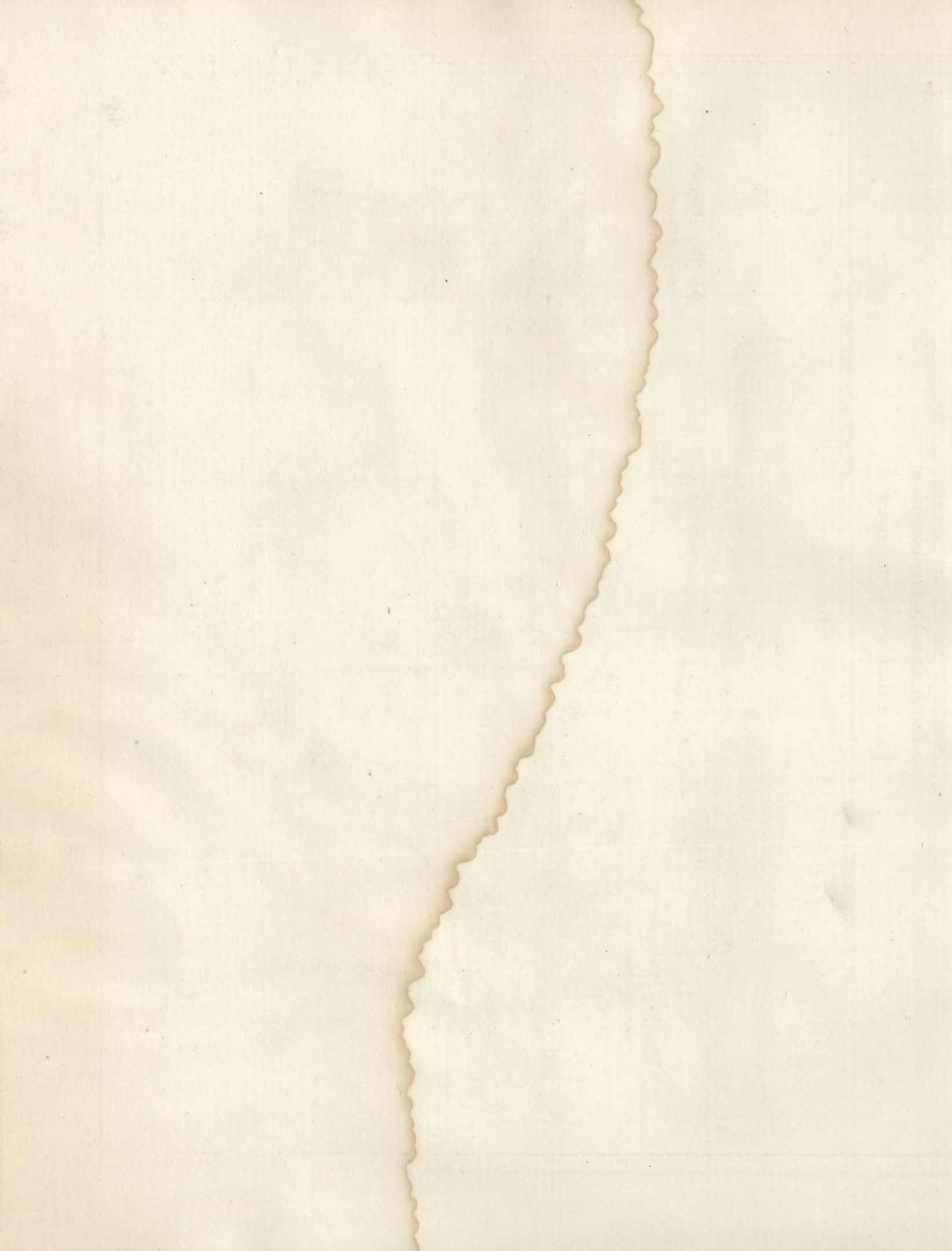


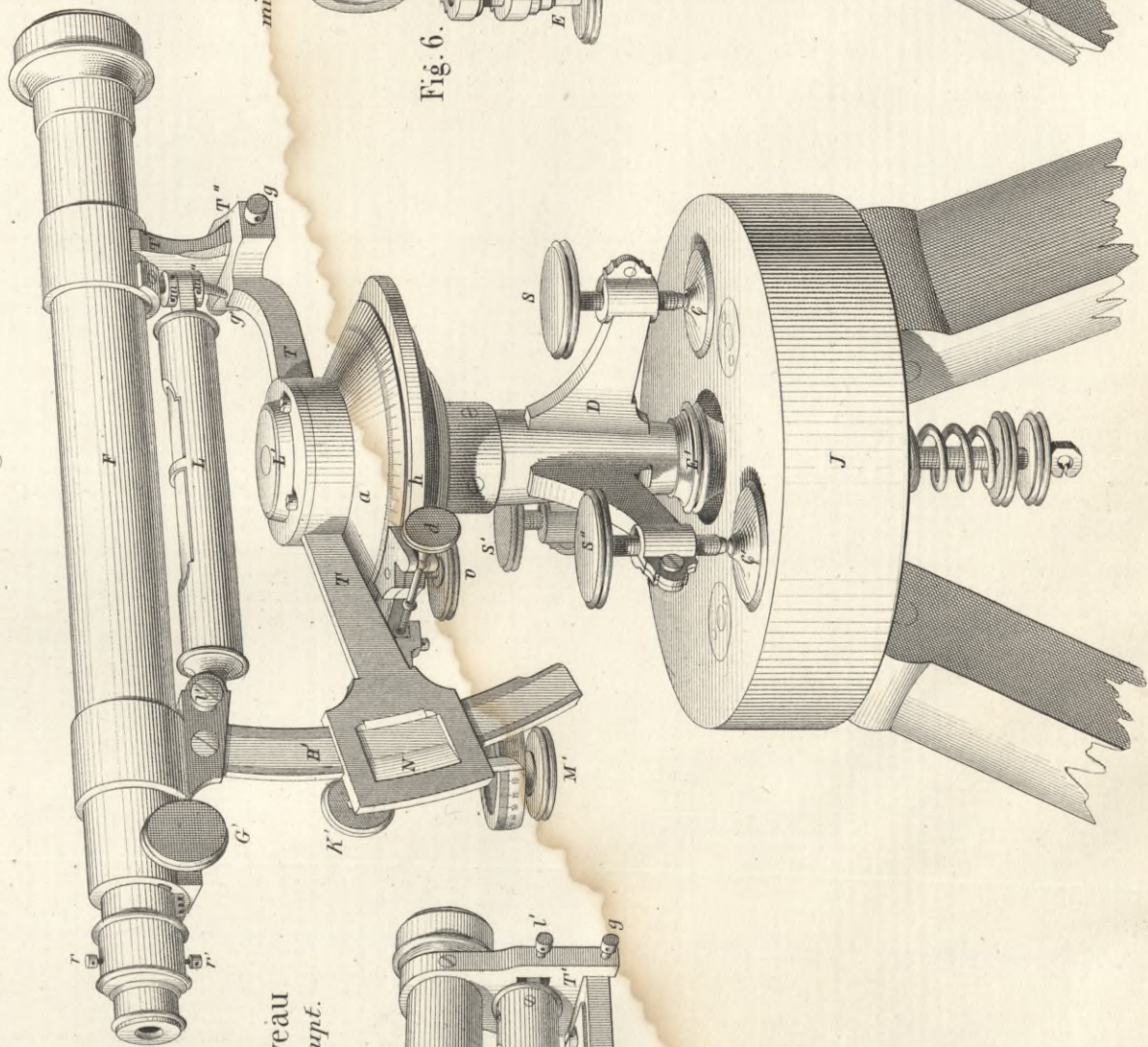
Fig. 5 c





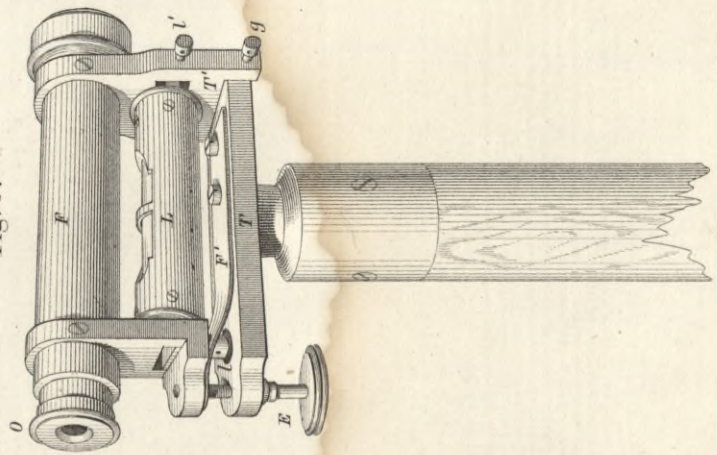
Breithaupts Nivellir- Instrument
mit Höhenbogen und Horizontalkreis.

Fig. 4.



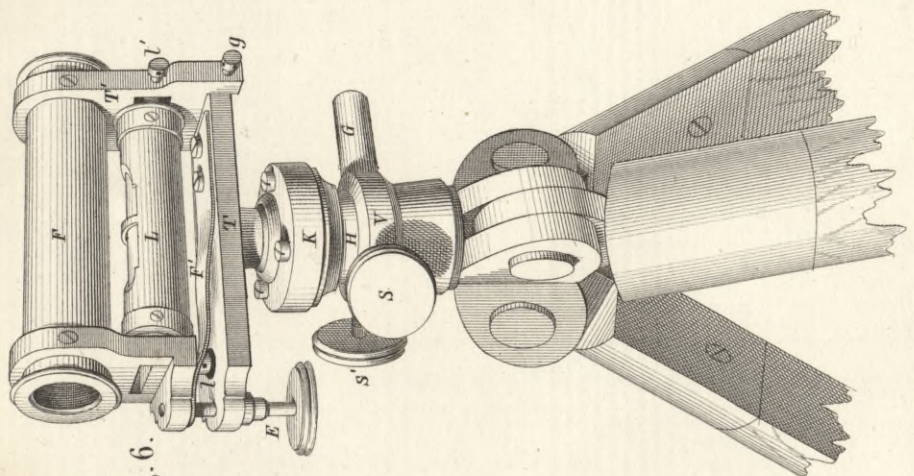
Taschen- Niveau
nach Breithaupt.

Fig. 5.



Nivellir- Diopter
nach Stampfer
mit Breithaupt's Stellschraubemass.

Fig. 6.





Breithaupt's Nivellir-Instrumente

mit Fernrohr und Libelle zum Umlegen und Umdrehen auf Cylindern.

Fig. 8.
auf Stahlprismen.

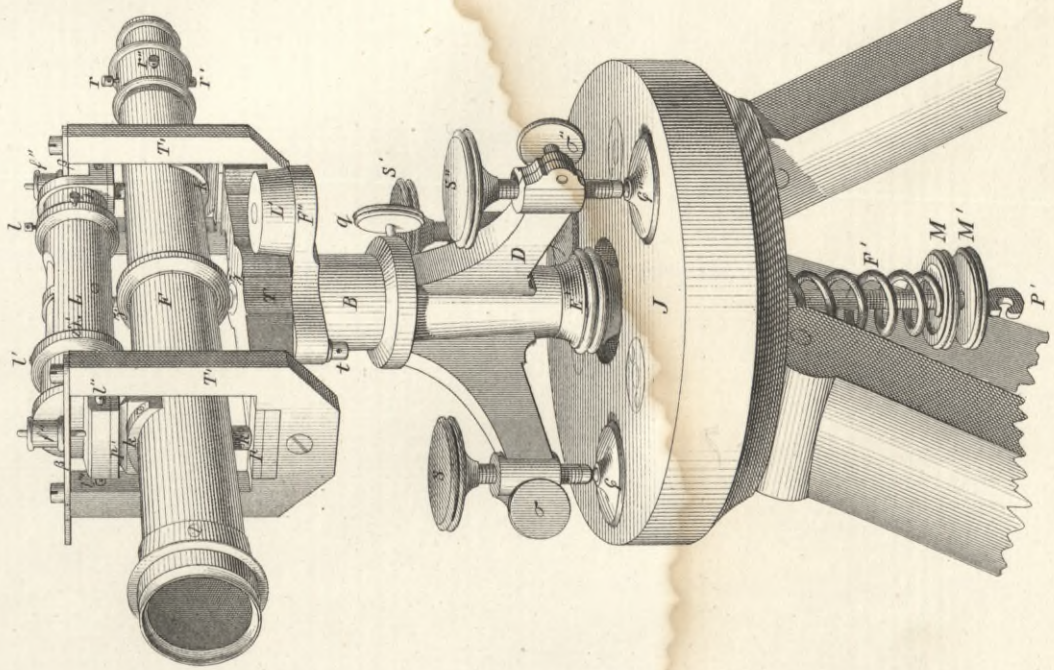


Fig. 7.
auf Cylindern.

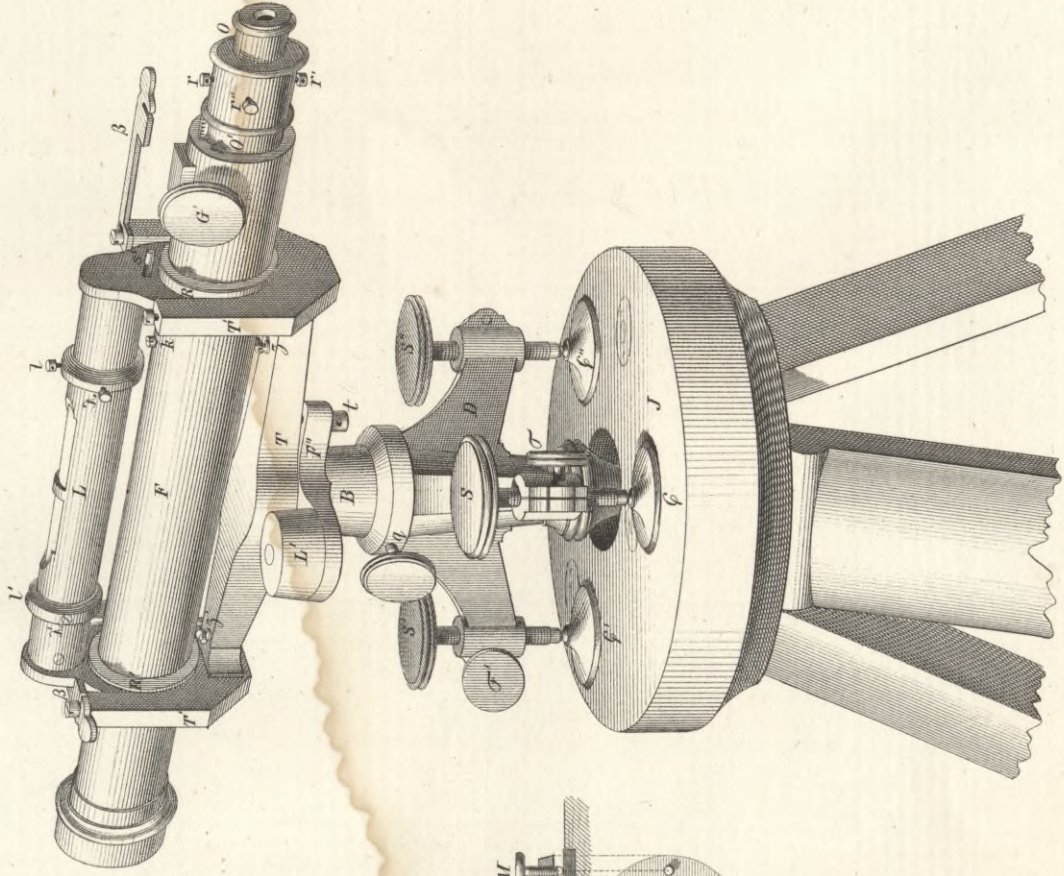
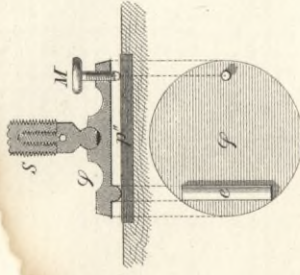


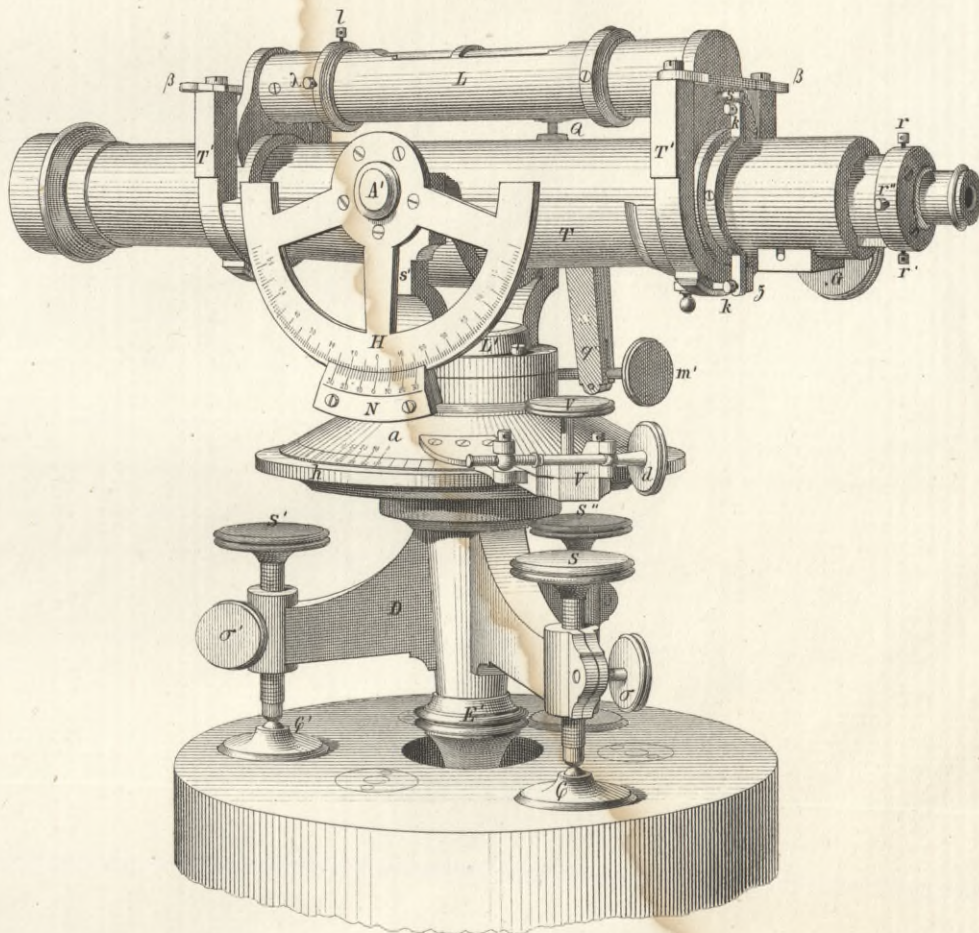
Fig. 8 a





Breithaupt's Nivellir-Instrument
 nach Ertel'schem System
 mit Fernrohr und Libelle zum Umdrehen,
 mit einfachem Höhenbogen und Horizontalkreis.

Fig. 9.

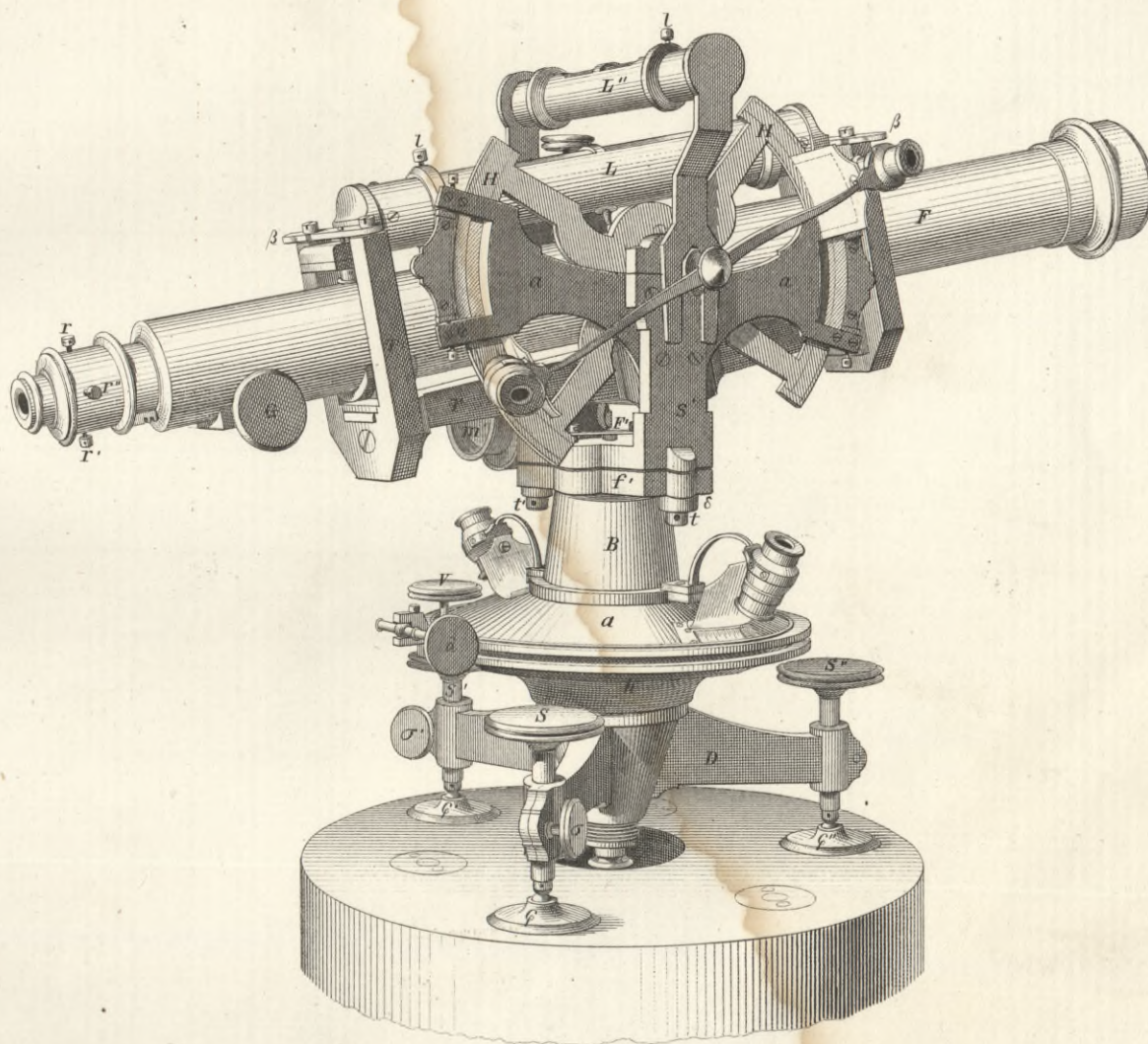




Breithaupt's grosses Nivellir-Instrument

*mit Fernrohr und Libelle zum Umlegen,
doppeltem Höhenbogen und Horizontalkreis.*

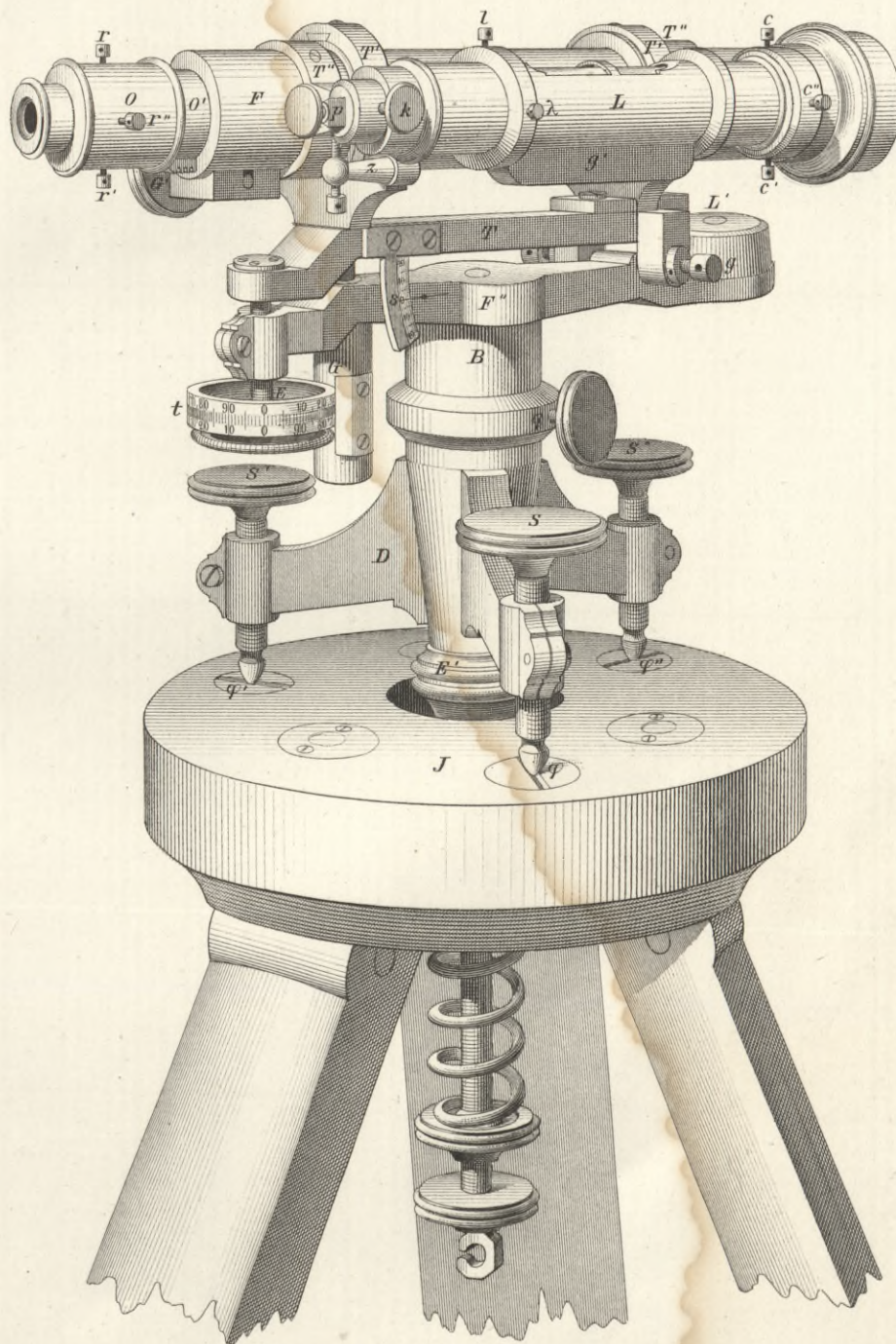
Fig. 10.





Breithaupt's Compensations-Niveau
mit Tangentialschraube.

Fig. 11.





Breithaupt's Nivellir-Instrument
 mit Elevationsschraube nach Stampfer,
 mit und ohne Horizontalkreis .

Fig. 12 .

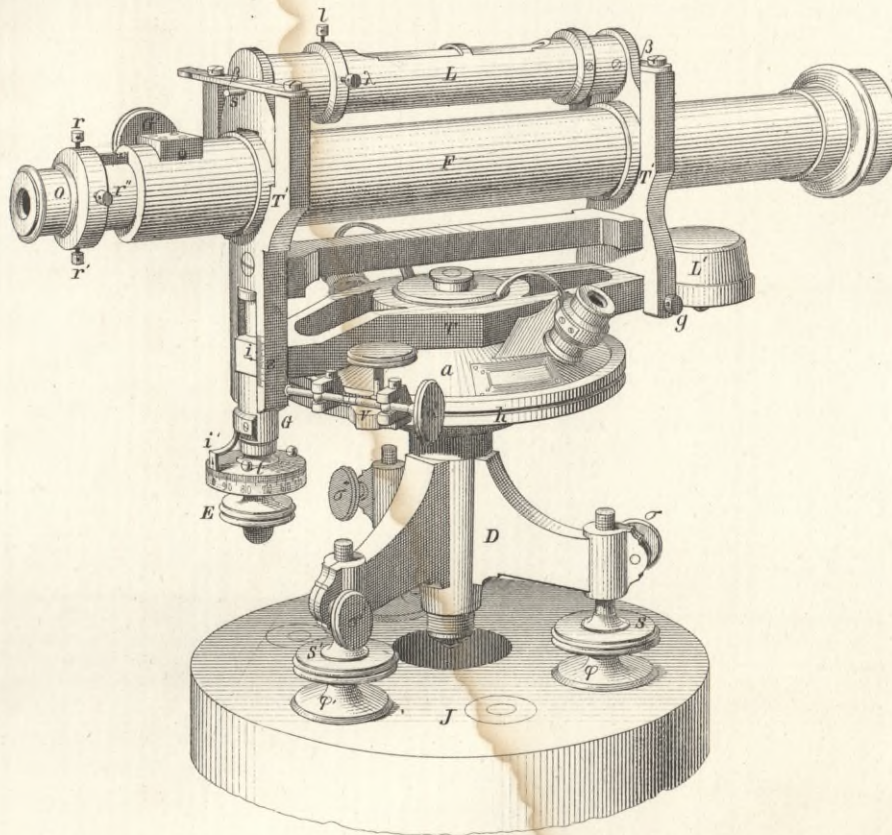


Fig. 12 b

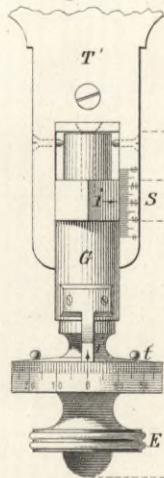
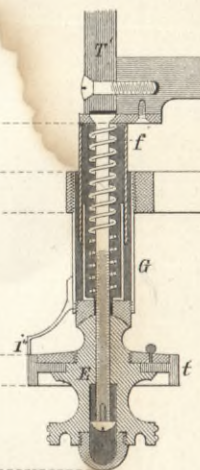


Fig. 12 a





Nivellirlatten.

Fig. 15.



Fig. 14.

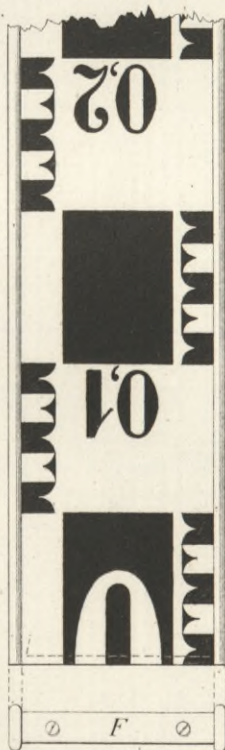
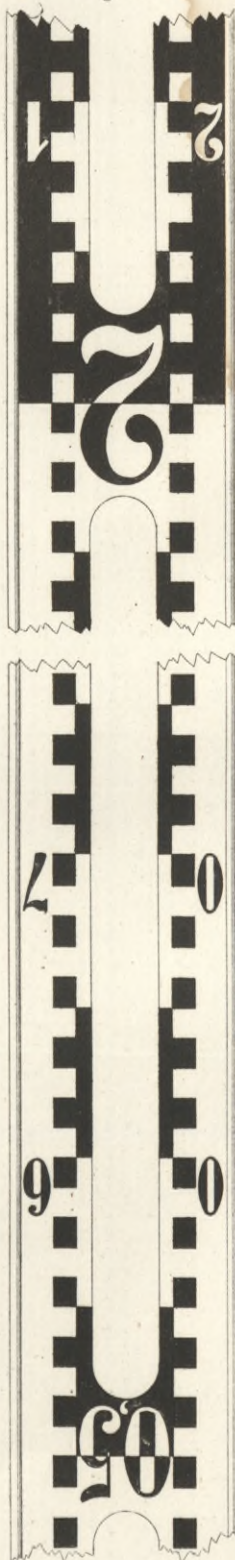


Fig. 15.

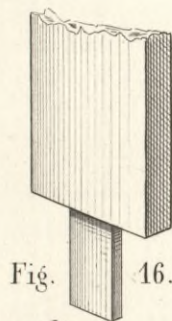
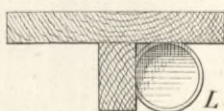
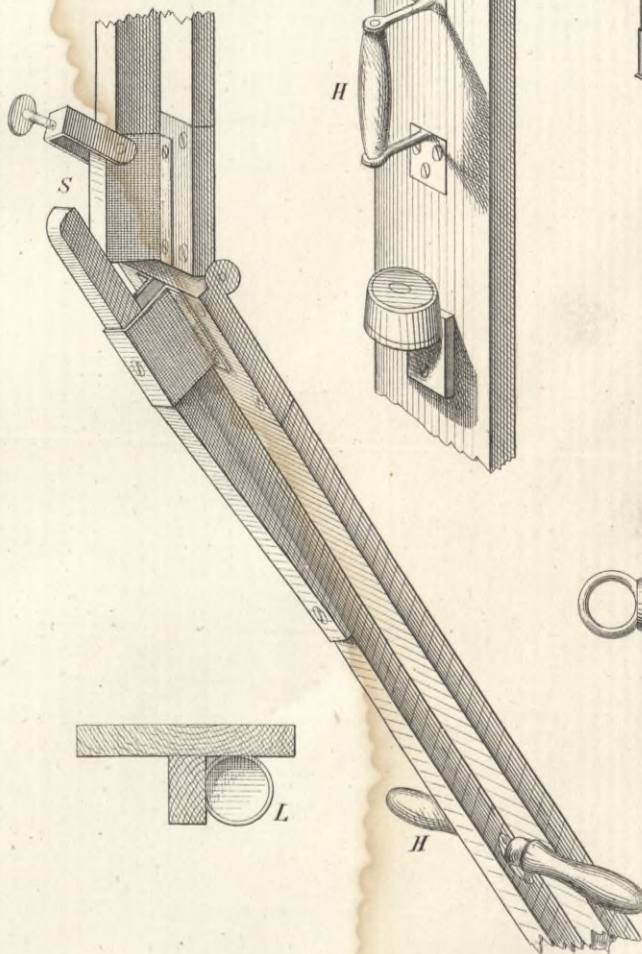
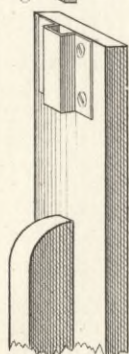


Fig. 16.

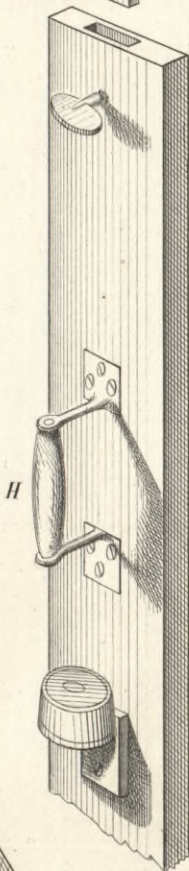


Fig. 17.

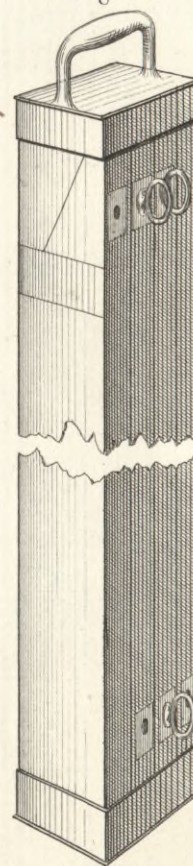
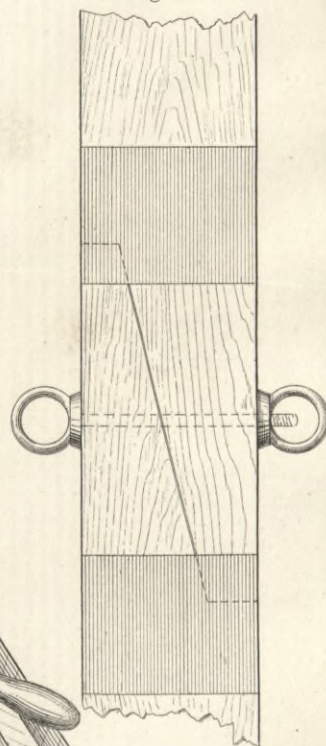
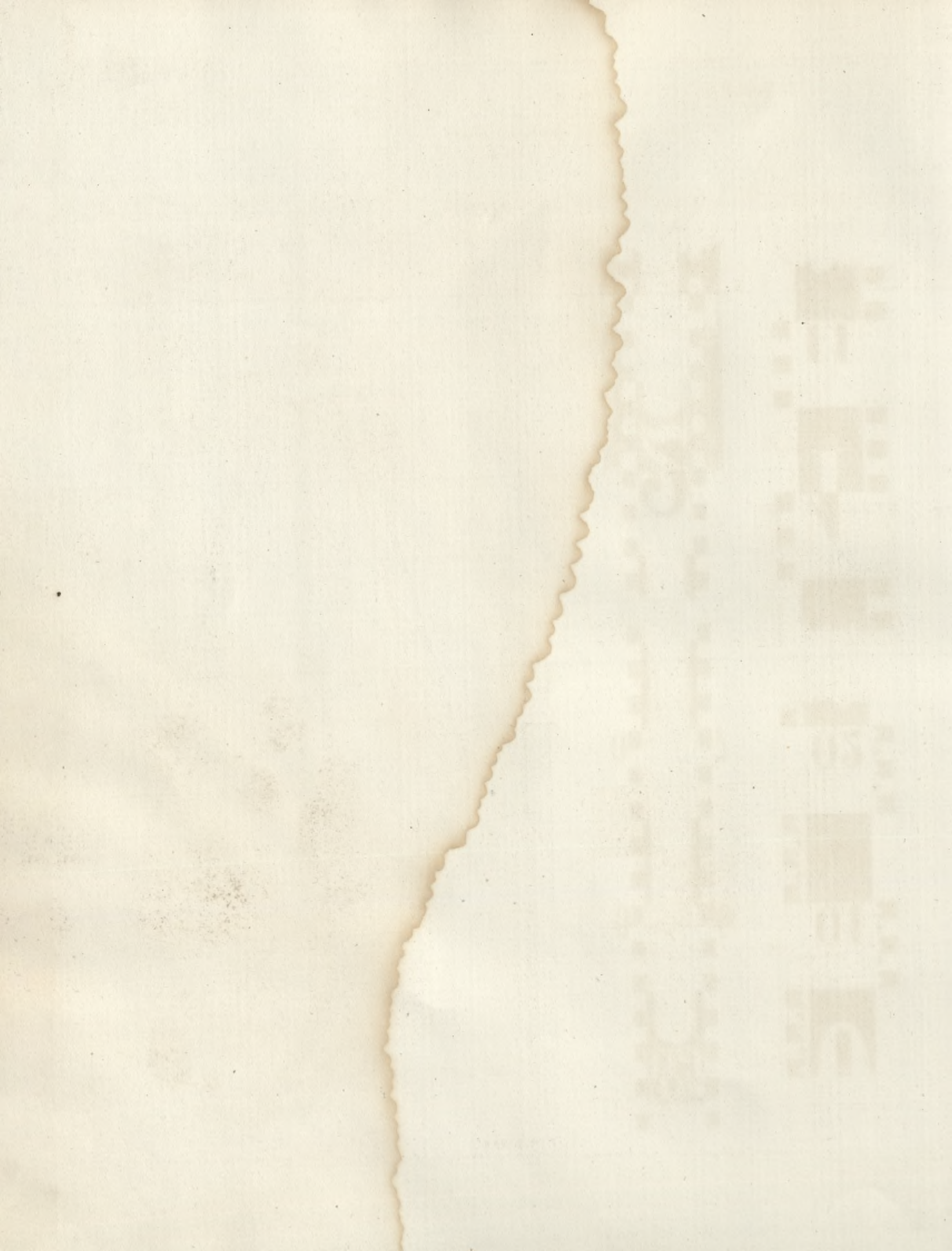
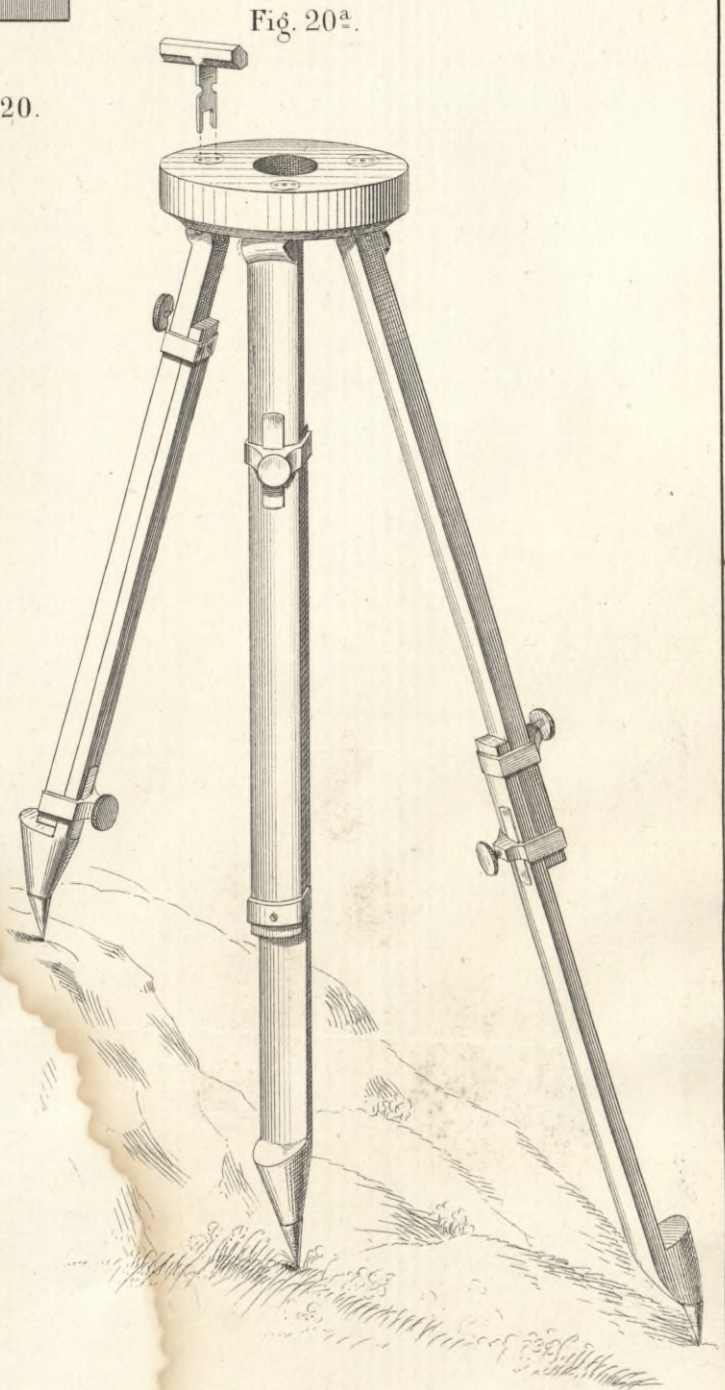
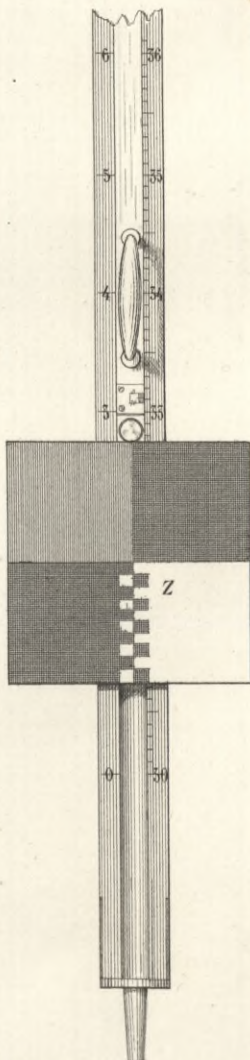
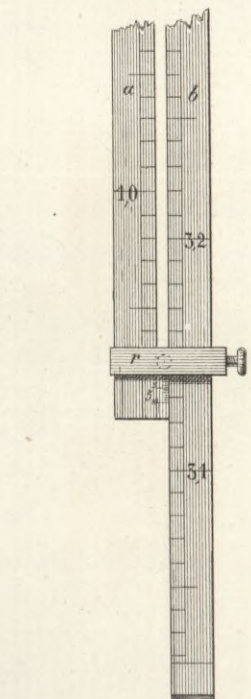
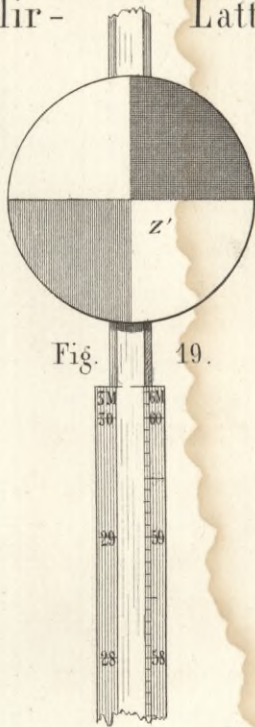
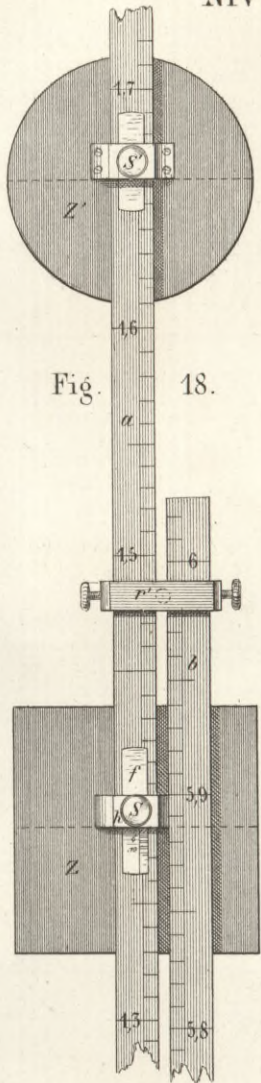


Fig. 17^a.





Nivellir - Latten.



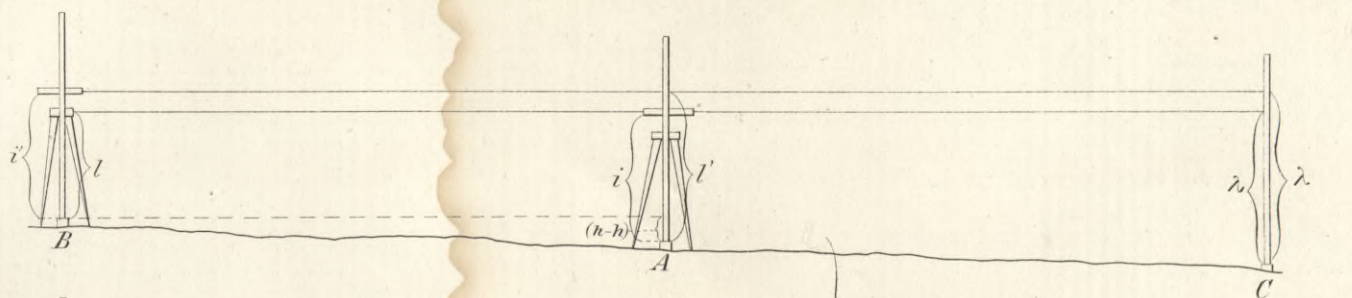


Fig. 21.

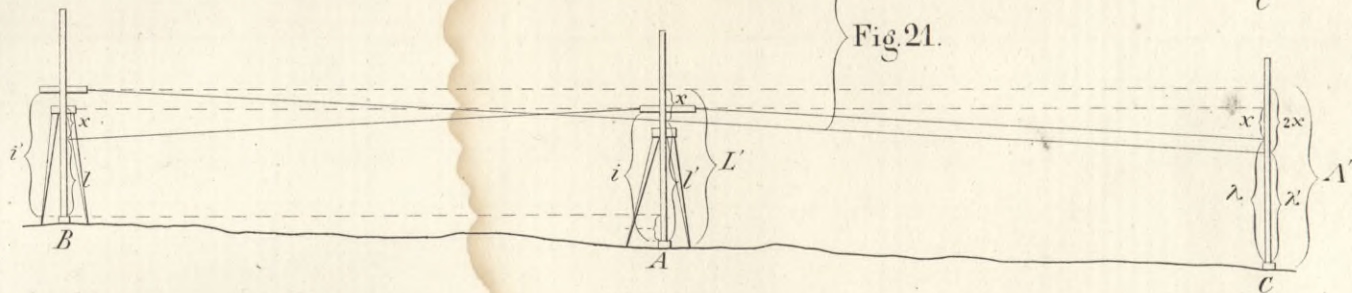


Fig. 22.

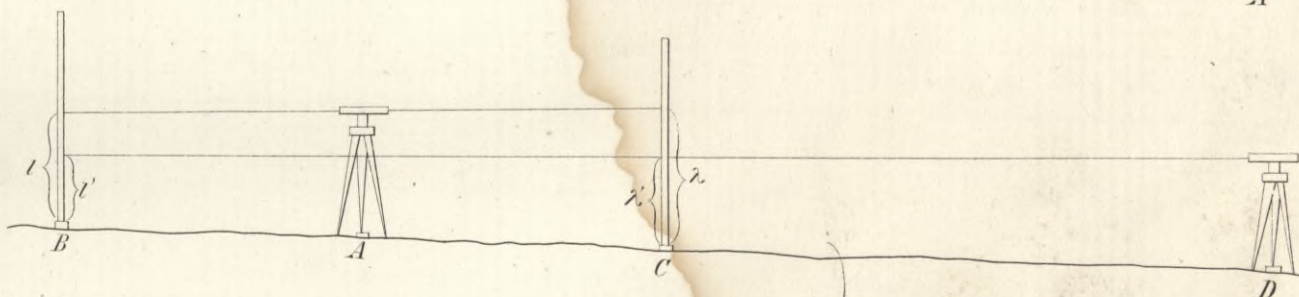
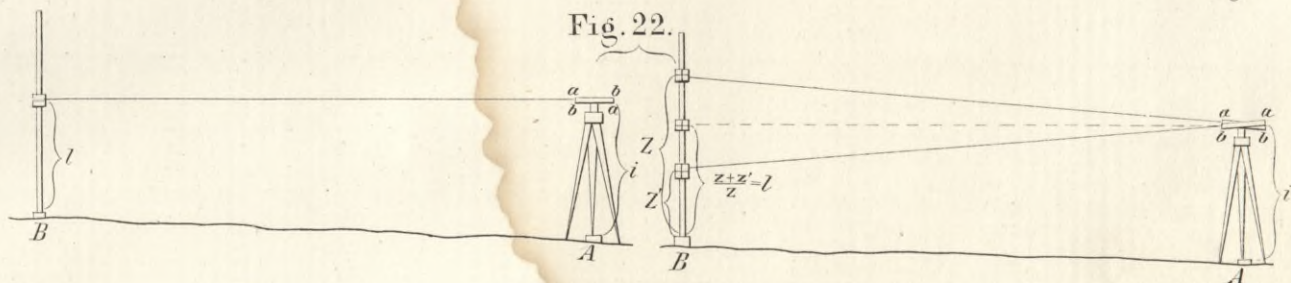


Fig. 25.

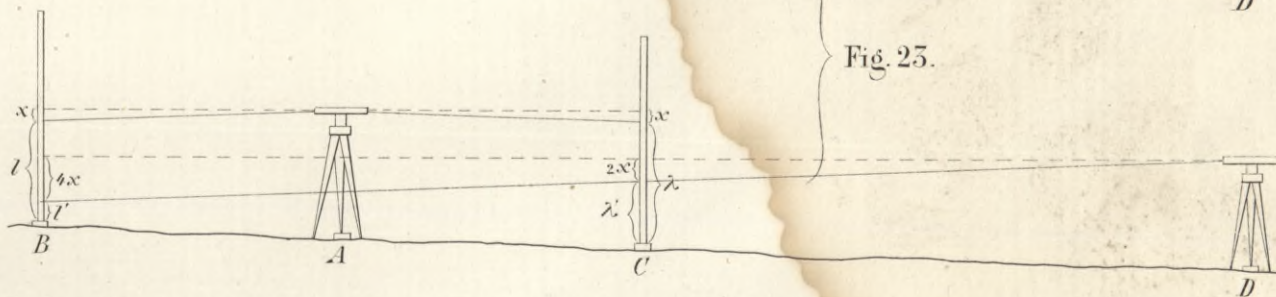
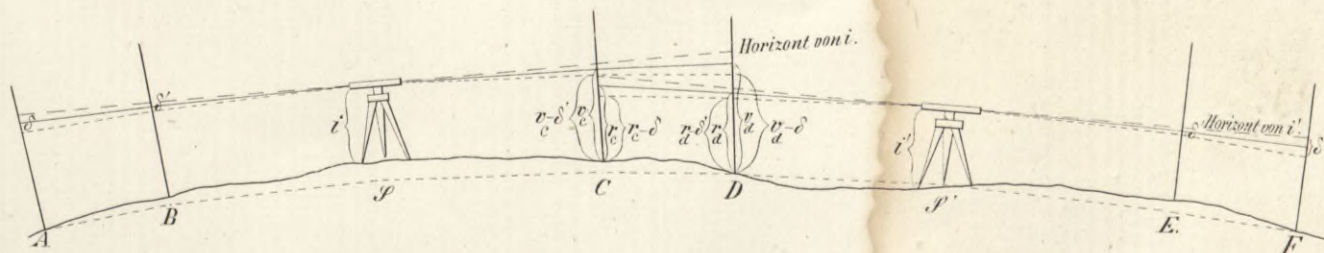


Fig. 24.



S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



17893

L. inw.

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305473