

Drittes Capitel.

Vermessung der Flächen von geringer Ausdehnung.

14. — Erklärungen. Den Plan einer Gegend, eines Waldes, Feldstücks oder irgend einer Bodenstrecke zu legen, heißt: die ähnliche Figur dieser Gegend, des Waldes, des Feldstücks u. s. w. auf dem Papier darstellen oder die Figur nach einem gegebenen Verhältniß zeichnen. Dieses kann nur durch Vermessung der bestimmenden Theile des Terrains geschehen. Zuweilen hat diese Vermessung nur allein den Zweck, den Flächeninhalt eines Stückes des Terrains zu bestimmen, d. i. zu untersuchen, wie oft eine Vergleichungseinheit Quadratruthen, Acker, Morgen u. s. w. in einer Abgrenzung der Bodenfläche enthalten ist.

Daß bei dergleichen Operationen die Sätze der Geometrie specielle Anwendung finden, ist ersichtlich.

Es sei, z. B., eine ähnliche Figur nach dem Vieleck $ABCEF$ (Fig. 2) zu zeichnen, wozu das Verhältniß $EF : ef$ bestimmt worden, so bilden diese Linien das erste Verhältniß einer Proportion, die gleichliegenden andern Linien das andere Verhältniß, nämlich

$$EF : ef = AF : af$$

$$EF : ef = AB : ab$$

$$EF : ef = BC : bc \text{ u. s. w.}, \text{ so daß}$$

$EF : AF : AB : BC : \dots = ef : af : ab : bc : \dots$; und wenn $ef = \frac{1}{10} EF$ sein soll, so würde man auch von $AF, AB, BC \dots$ ein Zehntel für die Größen der Linie auf dem Plan nehmen müssen.

Um aber die Aehnlichkeit der Figur herzustellen, genügt nicht allein die Proportionalität der Linien, es müssen auch die Winkel, die von gleichliegenden Seiten gebildet werden, gleich sein.

Man hätte sonach

1) An den Enden der Linie ef Winkel $= E$ und F anzulegen, auf die Schenkel dieser Winkel die Längen $ec = \frac{1}{10} EC$, $af = \frac{1}{10} AF$ zu tragen, in a und c neue Winkel $= A$ und C zu bilden und $ab = \frac{1}{10} AB$, $cb = \frac{1}{10} CB$ u. s. w. zu nehmen.

2) Man würde diesen Zweck ebenfalls und besser noch erreichen, wenn man aus den Ecken A, B, C Senkrechte auf die Seite EF oder deren Verlängerung fällt,

die Anfallspuncte durch die Längen (Abscissen) $es' = \frac{1}{10} Es$, $et' = \frac{1}{10} Et$, $eu' = \frac{1}{10} Eu$ auf ef bestimmt, in ihnen Normalen errichtet, diese ebenfalls $\frac{1}{10}$ der natürlichen Größe macht und zuletzt die Endpuncte der Normalen durch Grade verbindet.

3) Man gelangt an's gleiche Ziel, indem man von den Endpuncten der Seite EF (Fig. 3) die Diagonalen $FD, FC, FB; EC, EB, EA$ zieht und an den Enden der Linie ef die Winkel $\alpha, \beta, \gamma, \delta; \alpha', \beta', \gamma', \delta'$ construirt, welche durch diese Diagonalen und die Seite EF gebildet werden; die Seiten $Fd, ed; Fe, ec; fb, eb; fa, ea$ dieser Winkel werden sich in den Puncten a, b, c, d schneiden, die, durch Grade verbunden, die Seiten der verlangten Figur nach dem verlangten Verhältniß geben.

Diese Verfahrensarten liegen den Vermessungsoperationen hauptsächlich zu Grunde, werden theils einzeln, theils in Verbindung angewendet und könnten für sich eine Vermessung beschließen, wenn nicht auf Erleichterung der Arbeit Rücksicht zu nehmen wäre.

Sie bilden indeß die Grundoperation und man nennt die erste die Methode nach dem Umfang (*de proche en proche ou de cheminement*), die zweite die Coordinaten-Methode (*par alignements*), die dritte die Methode durch Intersection.

Jede dieser Methoden hat ihre Vorzüge für specielle Fälle. So wird die zweite in größerer Ausdehnung angewandt, indem man statt einer einzigen zur Basis dienenden Linie (Abscissenlinie) mehr oder weniger dergleichen annimmt, je nach den zu bestimmenden Details, sie untereinander polygonartig verbindet und so ein ein- oder die Figur umschreibendes Vieleck erhält. Bei Detailsmessungen bedient man sich auch der Parallelmethode, wonach über das Terrain Parallelen gelegt und die Durchschnitte der sie durchschneidenden Linien des Details bestimmt werden. Die dritte Methode wird im Großen bei Triangulirungen, eben auch im Kleinen benutzt.

Sonach versteht man unter dem Aufnehmen nach dem Umfang, wenn die Operationen auf den Grenzen des Terrains fortgeführt werden; nach Coordinaten, wenn man ohne Rücksicht auf diese Grenzen eine gewisse Anzahl Linien, Richtlinien genannt, legt und von ihnen aus durch (recht- oder schiefwinkliche) Ordinaten die Grenzen bestimmt; sie wird vorzüglich bei Catastervermessungen angewandt. Die Intersectionsmethode endlich be-

steht darin, daß die einen Punct bestimmenden Stücke die Seite eines Dreiecks und die anliegenden Winkel sind.

15. — Von den Maßstäben. Das Verhältniß unter den Linien des Terrains und den gleichliegenden auf dem Plan ist kein festes und der Geometer bestimmt es in den meisten Fällen nach Belieben; die Größe, die der Plan erhalten soll, der Zweck dieses Plans, leitet ihn bei der Wahl dieses Verhältnisses.

Die Behörden, welche die Vermessung anordnen, haben jedoch erkannt, daß die Feststellung eines Verhältnisses zwischen den Linien des Plans und denen des Feldes nöthig sei, damit sich leichter die Ausdehnung des Terrains, welches der und jener Plan darstellt, abschätzen und vergleichen läßt.

Man braucht dazu die sogenannten Transversalmaßstäbe, Fig. 95. welche Tausendtheile oder mindestens Hunderttheile der Maßeinheit mit Sicherheit abzunehmen gestatten. Die Construction eines solchen Maßstabes kann als bekannt vorausgesetzt werden.

In den meisten Ländern ist für fiskalische Vermessungen das Verhältniß festgestellt worden und darf nur aus besondern Gründen geändert werden.

In den preussischen Staaten ist 50 Ruthen des verjüngten Maßstabes auf ein Hunderttheil der preussischen Ruthe als Norm bei Vermessungen von Grundstücken, Feldmarken u. s. w. festgesetzt. Jedoch kann auf Verlangen der Interessenten auch ein anderer Maßstab gewählt werden, nur muß derselbe stets ein aliquoter Theil des Hunderttheils der preussischen Ruthe sein.

Bei Stromkarten ist der Maßstab in der Regel derselbe, bei Nivellements dagegen wird zu den Längen 25 Ruthen auf ein Hunderttheil der preuss. Ruthe und zu den Höhen 25 Duodecimalfuß auf dasselbe Hunderttheil angenommen.

Bei Vermessungen in Oesterreich für ökonomischen, z. B., Catastralgebrauch wird gewöhnlich 1 Zoll zu 40 Klaftern, zu Uebersichtskarten einzelner Herrschaften und Güter nach Erforderniß 1 Zoll zu 200 bis 600 Klaftern gewählt. Zu Vermessung der Forste nimmt man für die Originalcharte 40 bis 80 Klaftern auf 1 Zoll, woraus dann die Bestandscharte wie 1 : 2, die Generalcharte wie 1 : 4 reducirt wird. Bei Grenzcharten von Forstrevieren wird das Verhältniß 1" zu 10 bis 20 Klaftern gewählt.

In Frankreich hat die Administration des Catasters die Verhältnisse angenommen: 1 : 5000, 1 : 2500, 1 : 1250, und seit dem Jahr 1832 noch von 1 : 2000 und 1 : 1000; bei Forstvermessungen aber 1 : 5000 und 1 : 1250, so daß also nach dem letzten Verhältniß eine Linie auf dem Feld 1250mal größer ist, als dieselbe Linie auf dem Papier. Die Maßeinheit ist der Meter.

Da wir dieses Maß, welches durch die wissenschaftliche Begründung der Größe, durch die zehntheilige Theilung und die allgemeine Verbreitung sehr zweckmäßig bei mathematischen Verhandlungen erscheint, auch in der vorliegenden Schrift zu Grunde legen, so möge es erlaubt sein, etwas näheres darüber zu sagen. Die Vergleichung der metrischen Maße mit dem ebenfalls ziemlich verbreiteten rheinischen findet man in einer Tabelle am Schluß der Schrift.

Die Bestimmung des Meters verdanken wir den gründlichen Untersuchungen von Bouguer und Lacourdamine, gegen 1795 unter dem Aequator, und denen von Delambre und Méchain durch eine gegen 1801 gemessene Dreiecksreihe von Dünkirchen bis Mont-Jouy bei Barzellona, beendet in Spanien von Arago und Biot, von Mont-Jouy bis zur Insel Formentera. Der Meter wurde ursprünglich als der 10000000te Theil des vierten Theils eines Erdmeridian angenommen und bestimmt, daß derselbe 3,079458 Pariser Fuß halten sollte. Man setzte ihn näherungsweise auf 3 Fuß 11 $\frac{44}{100}$ Linie der Länge der eisernen Toise von Pérou, bei einer Temperatur von 16 $\frac{1}{4}$ ° des hunderttheiligen oder 13° des Reaumur'schen Quecksilberthermometers. Die Arbeiten dieser Gelehrten wurden später einer nochmaligen Prüfung und Vergleichung unterzogen und in deren Folge 1801 definitiv festgestellt, das Viertel des Meridians zu 5130740 Toisen, oder 30784440 Pariser Fuß anzunehmen, nachdem die frühere Gradmessung die Abplattung der Erde auf $\frac{1}{34}$ der Erdare ermittelt hatte. Da der 10millionste Theil obiger Länge 0,513074 Toise oder 3 Fuß 11,295936 Linien Pariser Maß beträgt, so hat man 3 Fuß 11,296 Linien als definitive Größe des Meter angenommen.

Nach der festgesetzten Eintheilung betragen:

1 Myriameter = 10000 Meter, 1 Decimeter = $\frac{1}{100}$ Meter,
 1 Kilometer = 1000 " 1 Centim. = $\frac{1}{10}$ "

1 Hectometer = 100 Meter, 1 Millimeter = $\frac{1}{1000}$ Meter,
 1 Decameter = 10 „

Nach preussischem (rheinländ'schem) Maße enthält

1 Meter = 3,1861994968767 preuß. Fuß
 1 Decimeter = 3,8234388 „ Zoll
 1 Centimeter = 4,58813 „ Linien
 1 Millimeter = 0,4588 „ „
 1 Pied Français = 1,062066 „ Fuß
 1 Pied du roi (alter Fuß) = 1,035003 preuß. Fuß.

Hiernach vergleichen sich nahe:

43 Meter mit 137 preuß. Fuß:

ferner ist ein Meter = 39,37062 englische Zoll.

16. — Nach Obigem würde man bei dem Auftragen eines Plans die Meterzahl einer Linie des Feldes durch den Exponenten des anzunehmenden Verhältnisses zu dividiren haben, um die verjüngte Größe der Linie auf dem Plane zu erhalten. Wäre zum Beispiel das Verhältniß $\frac{1}{2500}$ bestimmt, so würde die Linie M des Feldes auf der Charte durch $\frac{x}{M}$ oder durch

$$2500 : M = 1 : x$$

wiederzugeben sein; also, angenommen, daß die Seite EF (Fig. 2 und 3) 317 Meter enthalte, hat man

$$2500 : 317 = 1 : x$$

$$x = 0,127 \text{ Millimeter}$$

das heißt, man hat es gleich 0,127 Millimeter zu machen. Werden die andern Linien der Figur abcef auf dieselbe Art bestimmt, so werden sie sich zu den Seiten des Polygons ABCEF wie 1 : 2500 verhalten.

Wäre man aber genöthigt, auf diese Weise zu verfahren, so würde das Auftragen eines Plans unendliche Zeit erfordern. Man hat daher auf Mittel denken müssen, die Längen auf dem Papier unmittelbar und ohne Rechnung zu erhalten: diesen Zweck erfüllen die Maßstäbe.

17. — Auffuchen des Maßstabes bei ältern Plänen. Man kommt öfters in den Fall, zu einem ältern Plan den nicht angegebenen Maßstab oder das Verhältniß eines solchen Plans zu dem Terrain zu suchen, um vielleicht Veränderungen zu ermitteln, die im Laufe der Zeit die Grenzen erlitten haben könnten.

Die am häufigsten eintretenden Fälle, wird man aus Nachstehendem ersehen.

1) Man hat einen ältern Plan, worauf keine Angabe des Inhalts ist, sein Maßstab aber ist 6 Linien für die Toise; es soll ein Maßstab construirt werden, mittelst dem man unmittelbar den Inhalt in Metern berechnen könne.

Die Aufgabe läßt sich lösen, indem man zuerst das Verhältniß aussucht, welches zwischen dem Plan und dem Terrain besteht. Da 6 Linien eine Toise des Plans vertreten, so enthält eine Toise (die Toise auf Linien gebracht) $\frac{864}{6}$ Toisen des Plans, so daß das Verhältniß $\frac{864}{6} = \frac{144}{1}$ ist.

Um nun die Construction des Maßstabes zu bewirken, sucht man, in metrischem Maß, die Größe von 100 Meter auf dem Papier. Man trägt also $\frac{100}{144}$ auf, und erhält durch weiteres Operiren 0,69444 oder 0,694 Millimeter, 44, welche 100 Theile des zu construierenden Maßstabes sind.

Man erhält das nämliche Resultat durch die Proportion: 1 Toise im Feld (nach Metern) verhält sich zu 1 Toise des Plans (nach Metern), wie 100 Meter im Felde zu 100 Meter auf dem Papier, d. i.

$$1,94900 : 0,013535 = 100 : x$$

$$x = 0,69444 \text{ Meter.}$$

2) Läßt das Verhältniß des Plans zum Terrain sich nicht ausfindig machen, so muß man construierend verfahren.

A. Gesezt, der Maßstab eines Plans trüge einfach die Ueberschrift: Maßstab von 6 Ruthen. Wenn man die Natur der Ruthen kennt, so hat man die angegebene Anzahl Ruthen in Meter zu verwandeln; dann messe man die Länge des Maßstabes mit einem Doppeldecimeter, wobei die Länge vielleicht 0,246 Millim. gefunden würde, und setze

6 Ruthen (auf Meter reducirt) : 0,246 = 100 : x, so bezeichnet x 100 Theile des zu construierenden Maßstabes, womit der Inhalt des Plans in metrischem Maß berechnet werden kann.

B. Wenn die Natur der Ruthe unbekannt ist, so gelangt man zu deren Kenntniß durch den Ansatz 6 Ruthen : 0,246 = 1 Ruthe : einer Ruthe metrisches Maß, wobei hier 0,041 oder $1\frac{1}{2}$ Zoll herauskommt, also

der Maßstab 1 Zoll 6 Linien = 1 Ruthe ist. Um in dem Fall A das Verhältniß des Plans zum Terrain zu finden, das heißt, in welchem Verhältniß der Plan gezeichnet worden, setzt man, angenommen, daß $x = 0,057$ Millim., 38 gefunden sei,

$$0,057 \text{ M.}, 38 : 100 = 1 : x$$

$$x = 174,28$$

das Verhältniß ist also, mit Weglassung der Decimalen, 1 : 174.

Zu demselben Resultat gelangt man in dem Fall A, wenn man auf dem Maßstab die Länge einer Linie des Plans abnimmt. Es sei diese Linie $32\frac{1}{2}$ Ruthe, die Ruthe zu 22 Fuß, so bringe man dieses Maß auf Meter = 232 M. 26 C. und setze

$$232,26 : 3250 = 100 : x$$

$$x = 13,99$$

oder 13,99 Theile des Maßstabes des ältern Plans machen 100 des Metermaßstabes, der construirt werden soll.

3) Man hat einen ältern Plan, dessen Maßstab unbekannt ist, dessen Inhalt man aber kennt; es soll das Verhältniß des Maßstabes, der zur Vermessung gedient hat, gefunden werden.

Die Lösung beruht auf dem Lehrsatz: daß die Flächen ähnlicher Polygone sich gegen einander verhalten, wie die Quadrate gleichliegender Seiten.

Berechnet man den Plan mittelst eines beliebigen Maßstabes, betrachtet diesen als eine Seite oder Linie des Plans, so ist

$$S : P = R^2 : x^2, \text{ daher } x = \sqrt{\frac{P R^2}{S}}$$

wobei S die durch Berechnung gefundene Fläche, P der ältere Inhalt und R das Verhältniß des angenommenen Maßstabes ist.

Beispiel: Es sei P = 4 Acker 08 Ruthen (den Acker zu 100 □ Ruthen), S = 2 Hectar. 08 Ares, $R = \frac{1}{2500}$.

$$\sqrt{408} = 20,2 \quad \sqrt{208} = 14,422,$$

$$\text{daher } \frac{202 \cdot 2500}{144,22} = 3501,6$$

und $\frac{1}{3501,6}$ ist das gesuchte Verhältniß.

4) Um unmittelbar den Maßstab des Plans zu finden, operirt man auf dieselbe Weise, man setzt aber anstatt R in obige Formel irgend eine Linie B des Plans, die man mit dem Maßstab wie S gemessen hat, x bezeichnet dann den wahren Werth dieser Linie, welches gibt:

$$A.) P : S = B^2 : x^2.$$

Man hat dann die nöthigen 100 Theile zur Construction des gesuchten Maßstabes in folgender Proportion

$$B.) x : B = 100 : y.$$

Beispiel. Nimmt man obige Zahlenwerthe und $B = 249$ Metr., mit einem Maßstab von $1 : 2500$ gemessen

$$A.) 202 : 144,22 = 249 : x$$

$$x = 177 \text{ Met. } 77 \text{ C.}$$

und um die Größe der 100 Theile zum Zeichnen des Maßstabes zu erhalten:

$$177,77 : 249 = 100 : y$$

$$y = 140 \text{ Met. } 07 \text{ C.}$$

Es sind daher 100 Theile des besagten Maßstabes gleich

140 Met. 07 C. auf dem Maßstab von $\frac{1}{2500}$.

Wendet man die Formel (§. 16) an und nimmt das (3) gefundene Verhältniß 3502, so entsteht

$$3502 : 1 = 177,77 : x$$

$$x = 0,056 \text{ Millim., } 47 \text{ C.}$$

Es stimmen sonach 140,07 Metr. des Maßstabes von $1 : 2500$ genau mit 0,056 Millim. und $\frac{1}{2}$.

5) Aber es kann vorkommen, daß zu wissen verlangt wird, ob bei der Vermessung des Plans eine Ruthe von 24,22 Fuß oder eine andere gebraucht worden ist.

Man findet dieses durch Anwendung der Proportion:

P (der ältere Flächeninhalt) verhält sich zu S (dem Inhalt, der mit einem beliebigen Maßstab berechnet worden), wie 100 □ Ruthen zu einem Acker z in Metermaß*)

$$\text{oder } P : S = 100 : z.$$

Indem man aus dem Resultat die Wurzel zieht, erhält man die Natur der Theile oder der Ruthe, womit vermessen worden.

*) Wir setzen immer den Acker = 100 Quadr.-Ruthen.

Beispiel. Der Werth von P sei wieder 4 Aker
08 □ R., von S = 2 Hect. 08 Ares; so ist

$$4,08 : 2,08 = 100 : z$$

$$z = 50,98;$$

also $\sqrt{50,98} = 7,1401$ Meter.

Diese 7,1401 Metr. sind der Werth der Ruthe, zu 22 Fuß in Meter verwandelt, und diese Ruthe ist es, die bei der Vermessung angewandt worden.

6) Man kann noch den Maßstab eines Plans finden, wenn man den Flächeninhalt der Figuren kennt, welche derselbe enthält.

Man suche die Seite eines Quadrats, welches dem Inhalt nach einer der Figuren gleich ist, indem man die Wurzel aus dem Inhalt zieht; theile diese Seite in soviel gleiche Theile, als Einheiten in der Wurzel enthalten: so sind diese Theile die des gesuchten Maßstabes.

Um durch graphisches Verfahren die Seite des zu theilenden Quadrats zu finden, verwandelt man eine der einfachsten Figuren in ein Dreieck (nach Geom.).

Hierauf sucht man eine mittlere Proportionale zwischen der Grundlinie und der Höhe des Dreiecks, wodurch sich die Quadratseite, die man sucht, ergibt. Denn das Quadrat ist gleich der verwandelten Figur.

18. — Von der gewöhnlichen Messkette und dem Bandmaße. Kettenmessung von Linien. Die bei der Detailvermessung unentbehrliche Messkette besteht aus Gliedern von gutem Eisendraht, ungefähr in der Dicke eines starken Strohhalms, und von der Länge = $\frac{1}{10}$ Ruthe oder = $\frac{1}{2}$ Meter. Die ganze Länge der Kette, von der Mitte des einen Endrings bis zu jener des andern, beträgt in der Regel 5 Ruthen, 10 Meter, 10 Klaftern. Die einzelnen Ruthen sind durch messingene Ringe, die einzelnen Glieder durch eiserne kleinere Ringe verbunden, so daß die Mitte der Ringe die Fußabtheilungen machen. Die Endringe sind zu Aufnahme der Kettenstäbe bestimmt.

Manche Ketten haben die in bergigem Terrain bequeme Einrichtung, daß man ein 2 oder 3 Ruthen langes Stück abnehmen und an die Kettenstäbe anstecken kann.

Die Ketten werden, wenn sie einige Zeit gebraucht worden, durch Ausdehnung unrichtig, und es ist daher von Wichtigkeit, sie öfter, theils vor jeder Messung, theils während einer längern Arbeit, zu prüfen, wozu man sich

Henrionnet, Feldmesskunde.

auf einem schicklichen ebenen Ort die richtige Kettenlänge durch Einschlagen von Pfählen oder an einer Mauer markirt.

In Frankreich bedienen sich die Geometer häufig eines Bandmaßes von Metall von gewöhnlicher Länge einer Kette, 10 Meter.

Dieses Maß, welches aus einem Streifen Eisenblech besteht, ist weniger bekannt, als die Kette, hat 12 bis 15 Millimeter Breite, und ist von Jourdan, Obergeometer des Catasters, eingeführt. Die Decimeter sind darauf durch zwei kleine kupferne Nägel bezeichnet, die auf jeder Seite des Bandes vernietet sind, und die Meter durch einen einzelnen Nagel, der das Band in ganzer Breite bedeckt.

Man kann die Decimeter leicht ablesen. In jedem Ende sind zwei gerade Handgriffe befestigt, in welchen eine Hohlkehle von der Hälfte der Dicke eines Absteckstabs (Pikets) befindlich, um die Differenzen zu vermeiden, welche durch die Pikets beim Messen entstehen.

Die Messung mit diesem Maß ist sehr genau, so daß man im flachen Felde bei mehrmaligem Messen einer Linie nur 1 Decimeter auf 3000 Meter Differenz gestatten darf. Die Eisenbahn-Ingenieurs haben jetzt diese Kette bei allen Operationen angenommen.

Das Messen von Linien oder das Kettenziehen (le chainage), wie man es gemeiniglich nennt, verlangt Aufmerksamkeit und viel Sorgfalt von Seiten des Ingenieurs; denn die geringste Differenz in jeder Kettenlänge, oder Länge von 10 Meter, wächst bei langen Linien bedeutend.

19. — Der Gebrauch der Kette erfordert demnächst

- 1) zweier Kettenstäbe, welche durch die Endringe der Kette gesteckt werden. Sie dienen nicht allein, die Kette anzuziehen, sondern sie auch in der zu messenden Richtung einzuweisen (einzurichten). Sie sind bei $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke gewöhnlich 4 bis 5 Fuß lang, unten mit eisernem Schuh beschlagen durch den ein starker eiserner Stachel in das Holz greift. Durch den Schuh und den Stachel geht ein zu beiden Seiten des Stabes etwas vorstehender Nagel, oder es ist an dem untern Ende des Schuhes eine vorspringende Scheibe angelöthet, welche verhindert, daß die Kette sich von dem Stabe abschiebe;

2) gehören noch 10 Stück Zählstäbe (Martirnägel, Pikets) dazu. Sie sind zuweilen von Holz, besser aber von starkem Eisendraht, einen Fuß und drüber lang und oben zu einem Ring umgebogen, mit welchem sie an einen eisernen ringförmigen Haken gereiht werden, den der Kettenzieher am Riemen umgehängt trägt;

3) außerdem müssen immer einige Kettenglieder und Zählstäbe in Vorsorge geführt werden, für den Fall, daß ein Glied reißt oder ein Stäbchen verloren geht.

Neben der Kette ist noch zum Messen kurzer Linien eine halbe Ruthe von schwacher, tannener Latte erforderlich, auf der die Füße eingeschnitten sind. Zum Ueberfluß kann man auch einen in 10 Zoll getheilten hölzernen Decimalsfuß mitführen, wenn man sich auf die Abschätzung der Zolle nach dem Augenmaße nicht verlassen will.

20. — Absteckstäbe, Messfahnen, sind 6 bis 8 Fuß lange, 1 bis $\frac{5}{4}$ Zoll dicke cylindrische Stäbe von Tannenholz, welche unten mit spitzem eisernen Schuh beschlagen sind. Sie werden gewöhnlich roth und weiß mit Delfarbe angestrichen, um sie in größerer Ferne deutlicher zu erkennen, auch zu diesem Zweck mit 1 Fuß breiten roth und weißen Fahnen versehen. Giebt man den roth und weißen Abtheilungen des Stabes Fußlänge, so kann man sie zugleich als Fußstäbe benutzen.

Bei größern Messungen vertreten kurze Stangen, woran oben ein Strohwiß gebunden wird, die Stelle der Absteckstäbe (Salons); stärkere kurze Pfähle, welche tief eingeschlagen werden können, dienen zu Bezeichnung von Puncten, welche im Laufe der Messung wiederholt benutzt werden sollen. Man flacht sie oben etwas ab, um eine Nummer anschreiben oder einschneiden zu können.

Auf Puncten, welche Hauptanhalt-Puncte einer ausgedehntern Vermessung bilden und weiter gesehen werden müssen, gräbt man hohe geschälte Stämme junger Fichten ein, an die man oben einen Strohwiß befestigt, auch zuweilen am Fuß noch mit eingetriebenen Streben sichert.

21. — Vorsichtsmaßregeln beim Gebrauch der Kette. Fehler bei der Messung mit der Kette können entstehen:

1) wenn der Kettenstab des hintern Gehülfs nicht genau in dem Punct eingesetzt wird, oder beim Anziehen der Kette nachgiebt;

2) wenn die Kette nicht jedesmal gleich gespannt wird, oder Glieder sich verschlingen;

3) durch nachlässiges Einwistren des vordern Stabes;

4) durch Senkung der Kette auf geneigtem oder unebenem Boden;

5) daß die Kettenstäbe nicht genau senkrecht stehen, besonders wenn auf abhängigem Terrain die Kette an dem einen Stabe in die Höhe geschoben werden muß;

6) durch Ausdehnung der Kette.

Der absolute Fehler einer Kettenmessung, d. h. der Unterschied des durch Messung mit der Kette erhaltenen Resultats von der wahren Länge einer Linie wird gewöhnlich 2 Fuß auf 1000 geschätzt; er kann weit größer sein, wenn nicht mit gehöriger Vorsicht gearbeitet wird. Dahin sind die Fehler nicht gerechnet, die durch falsches Ablesen der Kettentheile und unrichtiges Zählen der Markirspfähle entstehen können. Nach dem preussischen Reglement sind 3 Fuß auf 1000 noch zulässig; wird mehr als das Doppelte aufgefunden, so kann für den Feldmesser großer Nachtheil daraus entspringen.

Der Feldmesser hat deshalb darauf zu sehen:

1) daß er den Gehülfen, der das meiste Geschick zeigt, an das hintere Ende der Kette stellt, weil dieser den vordern dirigiren muß,

2) muß der hintere Kettenstab genau in den abgesteckten oder den Punct eingesetzt werden, den der vordere verlassen und markirt hat.

Der Kettenstab darf nie neben das Piket oder den Absteckstab eingesetzt werden, vielmehr muß das Piket oder Signal stets zuvor ausgezogen werden. Ist der vordere Stab eingerichtet, so hat der hintere Gehülfe, bevor die Kette angezogen wird, den Fuß fest vor den Stab zu setzen, worauf besonders in weichem, sandigem und sehr hartem Boden genau zu sehen ist.

3) Es muß die Kette, sowohl nach der horizontalen, als senkrechten Ebene eine gerade Linie bilden.

Dieses darf jedoch nicht durch angestrenktes Anziehen der Kette, schräges Einsetzen des vordern Stabes, sondern allein durch das sogenannte Schlagen derselben und nur bei unebenem Boden durch etwas strafferes Anziehen bewirkt werden.

Der hintere Gehülfe kann leicht bemerken, wenn sich eine Gliedverbindung verschlungen hat und muß dieses sofort abändern lassen.

4) Das fehlerhafte Einvisiren kann durch Ueberseilung, durch schräges Halten der Kettenstäbe oder auch durch Verwechslung eines Richtpunctes geschehen.

Es ist Sache des hintern Gehülfsen, auf das senkrechte Halten des vordern, sowie seines Stabes zu sehen, und beim Visiren selbst eine Armlänge weit hinter den Stab zu treten. Nach Guttheißung der Richtung hat der vordere Gehülfe den Stand des einvisirten Stabes durch ein deutlich eingedrücktes Loch oder durch einen Zählstab zu markiren, die Kette anzuziehen und den Punct durch den Zählstab zu bezeichnen, bevor er den hintern den Zuruf zum Abgehen giebt. Ueberflüssige Pikets dürfen nie in oder neben der Linie eingesteckt werden.

5) Es ist bei leicht abschüssigem Terrain nicht zu vermeiden, daß die Kette von der horizontalen Lage abweiche; ist aber der Neigungswinkel beträchtlich, so soll die Kette an dem niedriger stehenden Stab bis zur horizontalen Lage hinaus geschoben werden. Dies ist mit Schwierigkeiten verknüpft. Theils ist es schwer, den Stab beim Anziehen der Kette senkrecht zu erhalten, theils kann die Kette nicht so straff gespannt werden, daß sie nicht einen Bogen bildet.

Wenn die Messung sich nicht über 1000 Fuß erstreckt, so kann man einen um etwa 2° geneigten Boden als horizontal betrachten. Bei kleinern Längen kommen schon größere Winkel nicht in Betracht. Ist der Neigungswinkel beträchtlich, so muß man nur mit 2—3 Ruthen Kette stufenweise messen, oder auf der geneigten Ebene $a b$ (Fig. 4) fortziehen und die wahre Länge in dem Cosinus $a c$ des Dreiecks auffuchen.

6) Die Ausdehnung der Kette erfolgt durch Ausarbeiten der Ringe und Gliederösen, oder durch Aufbiegen derselben. Es ist daher eine öftere Untersuchung durch die Normallänge nicht genug zu empfehlen. Die letztere Ursache läßt sich durch Zusammenschlagen der aufgebogenen Ringe beseitigen; der ersteren kann nur durch Einhängen einiger kürzern Glieder abgeholfen werden, welches, im Ganzen genommen, keinen Nachtheil hat.

Was das Ablefen der Maße betrifft, so darf sich der Feldmesser nie auf die Gehülfsen verlassen, und muß ebenfalls immer den Wechsel der Pikets controlliren und denselben anmerken.

Hat nämlich der vordere Gehülfe seine 10 Pikets versteckt, der hintere sie eingesammelt, so verkündet dieser dem Feldmesser 50 Ruthen und giebt dann die Pikets dem vordern Gehülfen zurück, bevor weiter gemessen wird. Bei kürzern Linien ist jedes einzelne Piket, welches der hintere ausgezogen hat, das Zeichen einer Kettenlänge. Der vordere Gehülfe muß jedesmal die rückerhaltenen Pikets (10 Stück) sorgfältig nachzählen und einen Mangel sofort anmelden; ebenso bei kürzern Linien nachsehen, ob seine Pikets die angezeigten des hintern zu der Zahl 10 erfüllen. Wird diese gegenseitige Controle vernachlässigt, so entstehen ungemein leicht Irrthümer, die der Geometer später nur mit großem Zeitverlust berichtigen kann.

Am Ende einer Linie darf der vordere Stab nie in den Endpunct eingesetzt werden. Gestattet ein Hinderniß das Ziehen der Kette nicht über ihn hinaus, so muß der letzte Theil der Kettenlänge durch Anziehen eines Stückes der Kette mit der Hand, von dem hintern Stabe ab, gemessen werden.

Ist ein Piket verloren worden, welches ziemlich oft vorkommt, zumal wenn die Gehülfen noch wenig eingeübt sind, so muß man sich, bevor es ersetzt wird, Gewißheit zu verschaffen suchen, in welchem Theil der Linie der Irrthum vorgegangen ist, und, wo möglich, welcher Gehülfe den Fehler begangen hat. Hat ihn der vordere veranlaßt, so läßt sich die Messung fortsetzen, wenn nicht Wechsel verkündet worden sind. Geht er von dem hintern aus, dann ist offenbar ein Fehler in der Messung. In diesem Fall ist sehr schwer auszumitteln, auf welchem Punct das Piket verloren gegangen ist. Läßt sich aber die Stelle auffinden, dann rechnet man 5 Ruthen von da ab zu der vermessenen Länge hinzu. Wir empfehlen jedoch, in dieser Beziehung nicht oberflächlich zu verfahren und sich nicht immer auf die Aussagen der Leute zu verlassen; der geringste Zweifel, der in dem oder jenem Fall aufstoßen könnte, sollte immer zu wiederholter Messung der beziehlichen Linie bestimmen.*)

*) Wenn man bei Uebergabe der Stäbe an den vordern Gehülfen häufig controlirt, dann wird man leicht die Strecke bestimmen können, wo der Fehler vorgegangen ist; sie kann dann nur auf die letzte Kettenlänge fallen.

Die Irrthümer von mehren Pifets oder Kettenlängen können eben so häufig vorkommen. Sie entstehen vorzüglich, wenn eine Senkrechte oder andere Linie abweigend gemessen worden, deren Länge eine größere Anzahl von Pifets erfordert, als in dem Augenblick in den Händen des vordern Kettenziehers ist, und der andere dieselben dazu hergiebt. Geschieht die Rückgabe nicht pünctlich, so entstehen unabweislich Fehler in der Zahl der Kettenlängen der Richtungslinie. Oder es vermengt wohl auch der hintere Gehülfe, beim Messen der Senkrechten, die zur Richtlinie gehörigen Stäbe mit den auf der Senkrechten ausgezogenen.

Der Verlängerung der Kette kann man zuweilen auch momentan dadurch begegnen, daß man einige Kettenlieder frumm biegt, oder einen bis zwei Verbindungsringe zwischen den Gliedern herausnimmt. Man sollte alle drei bis vier Tage die Kette mit dem Eichmaß vergleichen. Die Kettenmessung muß fortlaufend, das heißt, von dem einen Ende einer Linie bis zu dem andern ohne Unterbrechung geschehen.

Die stückweise Messung, oder von einer Grenze des Terrains zu einer andern, erzeugt sehr auffallende Differenzen in der Totallänge der Linien. Diese Differenzen zeigen sich nicht sofort bei der Messung, sie äußern ihren Einfluß vorzüglich bei dem Auftragen des Plans: weil jede Distanz, die man von dem Maßstab abnimmt, stets mit einem kleinen Fehler behaftet ist. Dieser Fehler vergrößert sich bei jeder neuen Distanz und endet sehr bemerkbar an dem Ende der Linien. Es ist leicht, sich von dem Resultat zu überzeugen, wenn man mit dem Zirkel auf einem Doppeldecimeter mehre Distanzen AC, DE, CD . . . 2c. (Fig. 5) mißt, und diese Längen auf eine Linie AB trägt. Summirt man dann die gemessenen Werthe und legt den Doppeldecimeter an AB an, so wird sich eine Differenz ergeben, je nachdem der Zufall gewaltet hat.

Begeht man andere seits einen Fehler beim Ablesen des Maßstabes, so pflanzt sich dieser Fehler auf alle Abscissen fort, die dieser folgen, wo er begangen wurde. Indem man aber fortlaufend operirt, hat man in dieser Beziehung nichts zu fürchten, weil die Distanzen sich alle auf einen festen Punet beziehen, nämlich auf den, von dem man auf dem Feld ausging; die Fehler beschränken sich auf die Stelle, wo sie begangen wurden und haben keinen Einfluß auf das Nachfolgende.

Noch einige Vorsichtsmaßregeln beim Kettenmessen mögen hier ihren Platz finden.

1) Ist der vordere Kettenzieher eingerichtet und hat die Marke der vorläufigen Einstellung des Stabes gemacht, dann schlägt er die Kette so, daß sie über diese Marke zu liegen kommt, setzt den Stab, etwas oben gegen

den hintern Gehülfsen geneigt, ein und zieht ihn an, bis er senkrecht steht. Das vorläufig gesteckte Piket, wird nun in die Stelle des ausgezogenen Kettenstabes gesteckt und „ab!“ gerufen.

2) Ist der Boden zu hart, als daß das Piket eingesteckt werden könnte, so reißt der Gehülfe ein sichtbares Kreuz ein, welches sich in dem Punct des Stabes schneidet und legt das Piket daneben. In hohem Grase tritt man dieses um das Piket herum etwas nieder.

22. — Messung von Linien auf abhängigem Terrain. — Correctionen. Alle Feldmessoperationen geschehen in Bezug auf eine horizontale Ebene, sie sind sonach Projectionen auf dieser Ebene; denn es würde unmöglich sein, auf dem Papier Messungen, die auf verschiedenen geneigten Ebenen gemacht worden, im Zusammenhange aufzutragen. Daher die Nothwendigkeit, auf eine und dieselbe Ebene alle Puncte des Terrains zu projectiren.

Man hat zu dieser Projectionsebene den Spiegel eines ruhigen Wassers angenommen: es ist dieses aber nicht eigentlich eine Ebene, sondern ein Stück der Erds Kugelfläche, so daß, genau genommen, die Projectionen nicht auf eine horizontale, sondern auf eine Kugelfläche erfolgen.

Nimmt man die Erde als Kugel, so ist ihr Umfang 40000000 Meter und ein Grad hat $\frac{40000000}{360} = 111110$ M., 10 Myriameter oder gegen 20 Lieues Länge im Bogen. Es wird demnach die Differenz zwischen dem Sinus und der Tangente des Bogens eines halben Grades, dessen Radius = 6366198 Meter, oder der der Erdkugel ist, nur 2 Met., 126 sein. Man kann, ohne in merkbaren Fehler zu fallen, für den Bogen die Tangente setzen, und annehmen, daß ein Kugelabschnitt von 10 Lieues Halbmesser eine vollkommene Ebene sei*).

Da unsere Absicht nicht ist, Operationen zu verhandeln, welche diese Grenze überschreiten, so haben wir die Kugelgestalt der Erde nicht zu berücksichtigen und setzen voraus, daß die Projectionen sämmtlich auf eine Ebene geschehen.

*) Eine Lieue (französische Meile) hält 3500 Schritt; 25 derselben gehen auf einen Grad des Meridians.

Die Projectionen führen sich von selbst aus, während wir auf dem Terrain operiren: für Linien hält man, wie bereits erwähnt, die Kette in horizontaler Lage, wenn das Terrain abhängig ist; für Winkel sind die jetzigen Instrumente so eingerichtet, daß wir uns nicht damit zu beschäftigen brauchen: die Winkel auf den Horizont zu reduciren.

Damit die Kette bei abfallendem Boden horizontal liege, schiebt der vordere Kettenzieher die Kette soviel als nöthig am Stabe in die Höhe und zieht sie straff an, ohne den Stab aus seiner senkrechten Stellung zu bringen. Nöthigenfalls läßt man die Kette in der Mitte unterstützen. Das Piket wird in das Loch gesteckt, welches der Stab verlassen hat. Will man sicher gehen, so hält man ein Senkloth an das Kettenende und läßt es über dem Erdboden einspielen, um in diesen Punkt das Piket einzusetzen. Manche Geometer bedienen sich dazu eines Bleigewichts von ungefähr 3 Centim. Größe mit einer unten eingegossenen eisernen Spitze, welche sich beim Fallen in den Boden sticht; jedoch braucht man diesen Fallstab mehr bei Nivellements.

Bei steigendem Terrain ist es der hintere Gehülfe, der die Kette in die Höhe schiebt. Hierbei ist das senkrechte Halten des Kettenstabes schwierig, wegen des Zugs den der vordere Gehülfe übt, um die Kette auszuspannen, und wird ohne Stäbe unmöglich. Es ist anzurathen, sich stets des Bleiloths zu bedienen.

Wenn die Neigung nur gering ist, und 10 Grad nicht übersteigt, ist es vorzuziehen, die Kette auf dem Boden hinzuziehen. Man kann einer solchen Messung immer eine kleine Correction geben: oft reicht es schon aus, die Kette straffer zu spannen, als es gewöhnlich auf horizontalem Boden geschieht; zuweilen steckt man das Piket um ein Geringes vor das Kettenende. Reductionstafeln geben übrigens die Correction, welche man in dergleichen Fällen machen muß.

Ist der Abfall steil, wo dann die Kettenstäbe nicht hinreichende Länge haben, so nimmt man nur die Hälfte der Kette (oft nur eine Ruthe u.); bei noch steilern Hängen, braucht man besser einen Stab von einer Anzahl Fuß.

Hierbei ist ganz vorzüglich auf das richtige Zusammenzählen der gemessenen horizontalen Linien und darauf zu sehen, daß keine falschen Pikets eingesammelt werden.

Man gelangt auf abhängigem Terrain selten zu einem genauen Resultat, wenn man in horizontalen Linien mißt; die Messung abwärts ist stets genauer, als die aufwärts, welches von der angestrengten Haltung des hintern Stabes beim Aufsteigen herrührt.

Bietet das Terrain eine stete Neigung, so kann man auf dem Boden fortmessen, dann muß aber ein Uebertrag der gemessenen Linie (Hypotenuse) auf deren horizontale Projection (Cathete) Statt finden, und es ist nöthig, den Grad der Neigung zu kennen.

Man hat dann die Aufgabe aus der Hypotenuse und dem Neigungswinkel, die dem Winkel anliegende Cathete zu finden, welche der Cosinus dieses Winkels ist.

Es sei (Fig. 6) P die Projection einer Linie, D die gemessene Linie und α der Neigungswinkel, so ist

$$P = D \cos. \alpha.$$

Hat man aber auf D mehre Details vermessen, dann ist besser, D = 10 oder gleich 1 Meter zu machen, weil, nach Berechnung der Einheit der Distanz, es hinreicht, jede auf D gemessene specielle Distanz durch die Projection der Einheit zu multipliciren.

Beispiel. Wenn sonach $D = 217 \text{ Met.}, \alpha = 27^\circ 30'$,

$$\lg. 217 = 2,33646$$

$$\lg. \cos. 27^\circ 30' = 9,94793$$

$$P = 192 \text{ Met. } 48 \text{ C. als Maß}$$

der ganzen Länge.

Im zweiten Fall wären auf D die Stationen 92,5 102,8 und 184,2 Met. gemessen. Indem man $D = 1 \text{ Met.}$ nimmt, ist der gemeinschaftliche Coefficient.

$$\lg. 1 \text{ Met.} = 0,00000$$

$$\lg. \cos. 27^\circ 30' = 9,94793$$

$\lg.$ Summe 0,94793, welche 0,887 Met. entspricht. Folglich ist:

$$92,5 \cdot 0,887 = 82,05 \text{ Meter}$$

$$102,8 \cdot 0,887 = 91,18 \quad "$$

$$184,2 \cdot 0,887 = 163,39 \quad "$$

$$217,0 \cdot 0,887 = 192,48 \quad "$$

welche die Projectionen der verschiedenen Linien sind, aus welchen D besteht und die zur Construction des Plans dienen.

Man wird bemerken, daß es im letztern Fall nur nöthig ist, den Logarithmus des Cosinus des Neigungswinkels aufzusuchen.*)

23. — Vom Abstecken (Jalonnage).

Als Absteckstab (Messfahne, jalon), kann jede Stange, Pfahl, gerader Ast *ic.* dienen, so dünn als möglich, an welchen man ein Blatt Papier 0,06 — 0,08 Met. groß, einen Strohwisch, Stück Leinen und dergleichen befestigt.

Unter Abstecken versteht man das Bezeichnen der Linien auf dem Terrain, die zu Ausführung der Zeichnung und dem Austragen des Plans nöthig sind. Es findet Statt, wenn die Contoure der Figuren gebrochen und gebogen sind, daher ohne Abweichung von der Geraden nicht gemessen werden können.

Es findet gleichmäßig Statt, wenn man die Anzahl der Ecken vermindern und auf die möglichst geringste Anzahl bringen will.

Die Genauigkeit der Messung hängt viel von dem Abstecken ab: es ist klar, daß, wenn man auf dem Felde krumme Linien absteckt und diese auf das Papier als gerade trägt, keine Uebereinstimmung zwischen den Arbeiten auf dem Felde und denen auf der Stube Statt finden kann. Es ist daher unbedingt nothwendig, daß alle durch Stäbe bezeichneten Linien als vollkommen gerade betrachtet werden müssen.

24. — 1) Um eine Linie auf dem Felde abzustrecken, stellt man zwei Jalons in ungefähr 80 Metr. Weite in der Richtung, welche die Linie erhalten soll, dann in ähnlichem Abstand von dem letzten einen dritten, welcher genau die vorigen (wenigstens deren Fußpunkte) deckt, und so einen vierten, fünften *ic.*, bis das Ende der Linie erreicht ist.

Um sich versichern zu können, daß der zuletzt gestellte Jalon die vorhergehenden vollkommen deckt, tritt man 3 bis 4 Schritt zurück und prüft, mit Schließung eines Auges und indem man sich abwechselnd etwas nach links

*) Oder, wenn man eine Sinustabelle hat, den Cosinus von a sofort aus der Tabelle als Factor zu nehmen.

und rechts neigt, ob der und jener frühere Jalon nicht etwas vortritt, sondern sämmtlich nur ein Stab zu sein scheinen.

Beim Abstecken einer Linie soll man stets die Endpunkte oder, wenn diese zu weit entfernt sind, doch in größtmöglicher Entfernung den zweiten Stab ausstecken und zwischen ihnen dann andere einvisiren (einrichten). Das Verfahren ist folgendes: man stelle sich zwei oder drei Schritte hinter den einen Stab in der Richtung nach dem zweiten, und lasse durch einen Gehülfsen den Mittelstab so zwischen zwei Fingern halten, daß er vermöge seiner Schwere vertical hängt; gebe mit der Hand Zeichen zum Rechts- und Linksrücken, bis der Stab genau in der Linie steht, wo man das Zeichen zum Einsetzen giebt. Auf dieses läßt der Gehülfe den Stab zwischen den Fingern fallen und stellt ihn fest ein.

Wenn die Linie über Hügel und Tiefen geht, ist das Abstecken beschwerlicher und es gehört Übung dazu, eine vollkommene Gerade einzuvisiren. Man muß sich dann durch ein Bleiloth versichern, daß die Jalons diese Richtung haben, wozu deren Stellung genau senkrecht sein muß, weil es häufig vorkommt, daß man von einem Stabe nur den Kopf, von dem andern nur den Fuß in der Linie des Lothes sieht.

2) Es soll zwischen zwei zugänglichen Punkten eine Gerade abgesteckt werden; desgleichen wenn einer der Punkte unzugänglich ist.

Sind A und B (Fig. 5) diese Punkte und beide zugänglich. Man stellt sich in A, richtet einen zweiten Gehülfsen in C ein, begiebt sich dann nach C und visirt einen Stab in D ein, dann von D aus in E u. s. f. Der Gehülfe, welcher den Stab einzusetzen hat, muß auf Armlänge von dem Stabe abtreten, um die Gesichtslinie nicht zu behindern und, das Gesicht gegen den Dirigirenden gewendet, auf die Zeichen genau Acht haben. Dabei kann das Richtobject auch ein entfernter Thurm, Baum, oder dergleichen sein, zu dem man nicht kommen kann.

3) Sind aber beide Richtpunkte unzugänglich, so stellt man sich in c (Fig. 7) gegen die Mitte der Entfernung AB, soviel als möglich in das Allignement der beiden Punkte, und läßt einen Stab in d in der Richtung cA einstecken. Hierauf stellt der Gehülfe in d den Stab, der in c stand, in den Punkt c' der Richtung dB; dann läßt man den zweiten Stab in d' der Linie c'A einstecken, und so wird diese Operation fortgesetzt, bis die Jalons c und d eine Stellung cⁿ dⁿ in der

Richtung AB eingenommen haben. Man kann dann noch Zwischenpunkte ausstecken, wenn die Entfernungen groß sind.

Man sieht, daß dieses Verfahren auf allmähliche Annäherung der geraden Richtung beruht, und es ist anzurathen, die Linie beim Abstecken von Zwischenpunkten zu untersuchen und nach Umständen zu verificiren.

25. — Die Linien, deren Absteckung eine besondere Genauigkeit erfordert, werden mittelst eines Perspectivs mit Micrometerfäden jalonirt. Man operirt dann nach der Aufgabe 2). Dieses Verfahren ist besonders anzuwenden, wenn man in gebirgigen Gegenden tiefe Thäler zu durchschneiden hat. Wenn man nicht gebunden ist, von dem oder jenem Punkte auszugehen, so stellt man sich auf eine Höhe, von der man möglichst viel Höhenpunkte sehen kann, richtet das Perspectiv in die verlangte Linie und läßt nach und nach Stäbe in diese Punkte stellen.

Es versteht sich, daß jeder Stab durch den senkrechten Faden des Perspectivs geschnitten werde und dieses unverrückt bleibe, wenn ein Jalon ausgesteckt ist.

Sind die Hauptpunkte so ausgesteckt, begiebt man sich auf jede der Höhen und läßt nun Zwischenpunkte aufstellen, wobei man sich des Perspectivs oder nur eines Senkbleies bedienen kann, indem man das Verfahren 2) anwendet. Man muß stets vermeiden, das Abstecken in Mitten einer Linie zu beginnen; sowie man nicht verabsäumen darf, die Linien wo möglich von einer und derselben Station aus einzuvisiren.

26. — Wenn eine Linie an eine andere Linie anstößt, die schon abgesteckt ist, so muß der Punkt des Zusammenstreffens, den man gewöhnlich Anknüpfungspunkt nennt, durch einen doppelten Jalon oder durch eine andere auffällige Auszeichnung angegeben werden; man bezeichnet diesen Punkt auch wohl dadurch, daß man den Stab in ihm nach der Seite der anstoßenden Linie neigt.

Auch kann man einen solchen Punkt dadurch bemerkbar machen, daß man an dem Jalon einen Pfahl tief einschlägt. Ein solcher Pfahl darf nur 10 Centim. über den Boden ragen. Diese Vorkehrung ist nothwendig, um Linien bei der Vermessung nicht auszulassen, wodurch man später genöthigt wäre, Nachmessungen vorzunehmen.

27. — 1) Es soll eine Linie AB (Fig. 8) über ein Hinderniß hinaus, wie einen Baum, ein Haus u., verlängert werden.

Hat man die Linie bereits bis B abgesteckt, wo sie auf das Hinderniß stößt, so stellt man einen Stab in f perpendicularär AB, weit genug, um nicht genirt zu sein; stellt dann einen andern e in gleicher senkrechter Stellung auf AB und in genau gleichem Abstand des erstern, so daß die Entfernungen dieser Senkrechten von einander gegen 100 bis 200 Meter betragen; dann stecke man ef noch genauer durch Zwischenpuncte ab und verlängere sie möglichst weit.

Jenseit des Hindernisses, z. B. in g, errichte man auf ef wieder eine Senkrechte gC von gleicher Länge mit fB, endlich in einem Abstand von 100 bis 200 Meter von g eine andere Senkrechte hh' = fB; so dienen die Puncte C und h' die Linie von diesseits fortzusetzen. Verlangt man eine vorzügliche Genauigkeit, so wiederhole man dies Verfahren auf der andern Seite von AB; es müssen dann beide erhaltene Richtungen ineinanderfallen.

Die Senkrechten de, Bf, Cg und hh' müssen sehr genau gemessen werden; man wendet dazu, wo möglich, eine Schnur an.

Es giebt viel andere Verfahren, aber keins von der Sicherheit und Genauigkeit, wie das beschriebene; indesß kann ein Geometer, der einige Übung hat, die Senkrechten schon nach dem Augenmaß abstecken, wenn sie nicht lang sind.

2) (Fig. 9). In B bilde man mit dem Winkelspiegel (dessen Beschreibung §. 30) einen Winkel ABd' von $135^\circ (= 1\frac{1}{2} R^\circ)$; auf Bd' errichte man in zwei beliebigen Puncten c', d' die Normalen c'e und d'd, die man beziehlich gleich Bc' und Bd' macht. Man hat dann zwei Puncte c und d, mit deren Hülfe man AB verlängern kann.

Wir müssen bemerken, daß dieses Verfahren eine bedeutende Abweichung von der Richtung AB erleiden kann, weil mit dem Winkelspiegel, wenn er nicht recht genau justirt ist, oder er nicht richtig gehandhabt wird, leicht Abweichungen in der Größe des Winkels entstehen.

3) (Fig. 10). In c setzt man cd unter beliebigem Winkel an (Gebrauch des Winkelmessers § 59): in einem

beliebigen Punkt d auf cd trägt man einen Winkel $cde = Acd - dcB$, mißt $de = cd$ und setzt endlich in e einen Winkel $deD = Acd$; es ist dann De das Alligement von AB .

Das letztere Verfahren erfordert ein Winkelinstrument, womit man bei Absteckung von Linien selten versehen sein wird; es fordert auch, daß man den Scheitel d des Winkels cde von AB weit genug ablegt, damit cd möglichst lang werde, sonst könnte eine bedeutende Störung in der Lage von CD eintreten.

28. — 1) Aus einem gegebenen Punkt A (Fig. 11) auf eine Richtlinie DE eine Senkrechte AB , ohne Hilfe eines andern Instruments als der Kette, abzustechen.

Man bilde ein Dreieck Ebc und messe die drei Seiten Ab , bc , Ac . Nach dem Lehrsatz x. des 3. Buchs der Geometrie von Legendre ist

$$(bc)^2 + (Ac)^2 - (Ab)^2 = 2bc \cdot cB$$

$$Bc = \frac{(bc)^2 + (Ac)^2 - (Ab)^2}{2bc}$$

obgleich dieser Ausdruck den Werth der Abschnitte Bc und Bb unmittelbar giebt, so ist er doch für die Rechnung unbequem. Wir schlagen folgenden vor:

Die Formel von Legendre nämlich kann in folgende umgewandelt werden:

$$(Ab + Ac) \cdot (Ab - Ac) = bc \cdot (bc - 2Bc),$$

und wenn man $bc - 2Bc = x$ setzt

$$bc : Ab + Ac = Ab - Ac : x.$$

Da x bekannt ist, so erhält man

$$Bb = \frac{bc}{2} + \frac{x}{2} \text{ und } Bc = \frac{bc}{2} - \frac{x}{2}.$$

2) Es soll in dem Endpunkt A (Fig. 12) der Geraden AB , die nicht verlängert werden kann, eine Senkrechte errichtet werden.

Aus einem Punkt c , der beliebig auf der gegebenen Linie angenommen worden, zieht man eine Schräge cd , dann Ad , und bestimmt den Abschnitt co nach [1]; man erhält

$$co : cd = cA : cn$$

oder $co : cd = cA - ce : cn - cd$.

Die letzte Proportion giebt den Werth von cn , den man auf die Verlängerung von cd trägt. Verbindet

man dann nA , so hat man unmittelbar die gesuchte Normale.

Anderer Auflösung. Durch einen beliebigen Punct D der gegebenen Linie AB (Fig. 13), ziehe man Do unter beliebigem Winkel und messe sie; ziehe und messe auch Ao ; bestimme dann den Abschnitt Dp [nach 1)] und C aus der bekannten Proportion

$$Dp : Ap = Ap : pC.$$

Die Verbindungslinie AC ist die gesuchte Normale.

Man kann Ap , welches bei gedachter Formel erforderlich ist, messen, man erhält es aber auch in der Formel

$$(Ap)^2 = (AD)^2 - (Dp)^2.$$

3) Durch einen gegebenen Punct A (Fig. 14) auf dem Felde eine Parallele mit einer Geraden CD zu ziehen, ohne ein anderes Instrument als die Kette zu brauchen.

Von dem Punct A ziehe Ab geneigt gegen die gegebene CD , durch einen auf CD angenommenen Punct d und durch die Mitte o von Ab lege de und mache $oo = do$, ziehe Ae , welches die verlangte Parallele ist.

Anderer Auflösung. Man zieht on (Fig. 15), bildet mit CD irgend einen Winkel, dessen Schenkel durch den gegebenen Punct A geht. Hierauf zieht man om beliebig, doch so, daß sie on und CD schneidet, mißt no und om , indem man zugleich oA bestimmt. Man hat nun

$$on : oA = om : ob,$$

und braucht, wenn man auf ob den gefundenen Werth trägt, nur noch die Puncte A und b zu verbinden, um die gesuchte Parallele zu erhalten.*)

4) Die Entfernung AB (Fig. 16) zu finden, wenn zwischen diesen Puncten sich ein Hinderniß befindet.

Man ziehe Bb beliebig, verlängere AB unbestimmt und bestimme ba [nach 3)]. Durch die Mitte o der Linie Bb zieht man Aoa , welche ba in a schneidet, so

*) Es giebt noch eine große Anzahl Auflösungen, um auf dem Felde Senkrechte und Parallelen abzustechen; viele der beziehlichen geometrischen Constructionen sind hier anwendbar und geben die Resultate ohne analytische Beihülfe. Man findet sie sämmtlich in Hertel, „Sammlung von geometrischen Aufgaben zc. Leipzig, Baumgärtner“ und in „Pampel's, geometrischen Constructionen zc.“ Weimar, Voigt.

wird ba gleich AB sein; denn, da ba parallel Ac , so ist das Dreieck $abo \cong$ dem Dreieck ABO .

Anderer Auflösung. Man verlängere AB (Fig. 17) unbestimmt nach Bc ; ziehe co beliebig durch die Mitte o von ce und lege durch den Punct B Bob , indem man $ob = Bo$ macht. Verlängert man dann die Verbindungslinie eb , bis sie Aoa trifft, so ist $ab = AB$, denn das Dreieck $oba \cong$ dem Dreieck ABO .

29. — Zusammengesetztere Messungen mit der Kette. Die Auflösung obiger Aufgaben hat gezeigt, daß man schon mittelst der Kette und Absteckstäben allein leichte Vermessungsaufgaben ausführen kann; man ist selbst im Stande, den Plan eines größern Grundstücks aufzunehmen und dessen Inhalt auszumitteln.

Wir bemerken jedoch, daß das Verfahren in solchen Fällen wenig in Ausführung kommt, weil, abgesehen, daß es in bewachsenen oder waldigen Gegenden mühsam anzuwenden ist, auch wenig Sicherheit bietet, da man in der Kettenmessung allein kein Mittel findet, die Genauigkeit der Operationen zu erkennen. Wir werden jedoch in Nachfolgendem eine zusammengesetztere Aufgabe der Kettenmessung mittheilen.

Im Allgemeinen ist bei Messungen von Flächen mit der Kette Folgendes zu berücksichtigen:

1) Man zerlege die Figur in Dreiecke, welche sich durch Seiten und Diagonalen bilden.

2) Die Diagonalen wählt man so, wie sie sich am bequemsten und kürzesten messen lassen, jedoch ohne daß sie sich kreuzen. Wenn n die Anzahl der Polygonseiten ausdrückt, so wird man stets $n - 3$ Diagonalen zu legen haben. Kann man mit Bequemlichkeit mehre Diagonalen von einem Punct ausgehen lassen, so wird dadurch später die Berechnung der Dreiecke erleichtert.

3) Man versäume nicht, für jedes Dreieck die zu dessen Bestimmung nöthigen Stücke, (welches hier nur die drei Seiten sind) zu messen. Ein mangelndes Stück macht das Auftragen oder die Berechnung des Polygons unmöglich.

4) Man vereinfache die Anzahl der Dreiecke soviel als möglich, schneide deshalb kurz gebrochene oder gekrümmte Linien durch Abscissenlinien ab; wobei man zuletzt die Abschnitte durch Ordinaten zu messen hat.

5) Den Brouillon zur einfachen Kettenmessung lege man folgender Gestalt an.

Seiten der Figur.	Ruth. Fuß Zoll.	Diagonalen.	Ruth. Fuß Zoll.
B. N. 1—2.	28. 7. 3.	B. No. 2—4	48. 0. 0.
2—3.	25. 8. 2.	2—5	52. 9. 3.
3—4.	35. 5. 6.		
4—5.	32. 0. 8.		
5—1.	36. 8. 4.		
rc.		rc.	

6) Findet sich ein Stück krummlinige Grenze, so zeichne man dieses nach dem Augenmaße in das Manual, wie Fig. 18, bemerke die Nummer der Punkte an die sich die Abscissenlinie knüpft, z. B. hier 3—4.

Abscisse.	R. F. Z.	Ordinate	R. F. Z.
Bon 3 nach a	4. 7. 0.	in a. —	0. 9. 2.
3 — b	3. 8. 8.	in b. —	0. 8. 7.
3 — c	11. 2. 8.	in c. —	0. 0. 0.
3 — d	14. 7. 2.	in d. +	1. 8. 3.
3 — e	16. 9. 7.	in e. +	2. 3. 3.
rc.		rc.	

Gewöhnt man sich an eine solche Ordnung und Buchführung, so erleichtert man sich die Arbeit des Auftragens und Berechnens ungemein.

Ist ein einfaches Feldstück mit der Kette zu vermessen, dann bedarf es der Diagonalen um so weniger, als man außer ihnen auch noch Abscissenlinien annehmen müßte, wenn die Feldgrenzen krummlinig wären, wie Fig. 19. Am einfachsten verfährt man, wenn man die Richtung ab absteckt, auf dieselbe eine Senkrechte $c1'$ aus dem Eckpunct c fällt, und in $1'1$ verlängert. Man mißt die Abscisse a' und die Ordinaten $a1'$ und $1'1$ und schreibt die Maße dem Brouillon bei. Hierauf läßt man in der Richtung ab von $1'$ ab, eine zweite Abscisse $12'$ von 5, 10, 15 Ruthen (1, 2 oder 3 Kettenlängen) abstecken, errichtet in $2'$ eine Normale und verlängert sie abermals nach 2. Nachdem man beide Theile derselben gemessen und eingeschrieben hat, verfährt man eben so in $3'$, $4'$ Hat man die Messung in $5'$ vollendet, so ist $5'b$ zu messen, weil diese Abscisse

nicht das gleiche Maß der vorhergehenden haben wird, und zuletzt sind die drei Seiten des kleinen Dreiecks $bb'd$ zu messen. Womit man nun vollkommen in Stand gesetzt ist, die Figur aufzutragen, oder sie aus den gefundenen Mäßen unmittelbar zu berechnen.

Die Abscissen auf ab richten sich hinsichtlich ihrer gleichen Größe nach der größern oder geringern Biegung der Grenzlinie oder Furchen; so daß man noch das Stück derselben zwischen zwei Ordinaten ohne besondern Fehler als geradlinig annehmen kann. Uebrigens compensirt sich der positive Theil des Krümmungsabschnitts auf der einen Seite, gegen den negativen der andern Seite in der Regel practisch vollkommen.

Es ist gleichviel, ob man die Abscissenlinie auf der converen oder concaven Seite legt; die Vertlichkeit entscheidet zuweilen darüber.

Durchschneidet die Abscissenlinie ein- oder mehrmal die Grenzlinie (Fig. 20), so darf man nicht unterlassen, die Maße $1'1, 2'1 \dots 4$ mit $+$ (positiv), die hingegen $5'5, 6'6 \dots n$ mit $-$ (negativ), zu bemerken. Setzt man die Ordinaten jenseits der Abscissenlinie positiv, so sind dann $+ 1'1, + 2'2$ u. zu addiren, dagegen $- 5'5; 6'6$ u. zu subtrahiren.

Liegen mehre Feldstücke aneinander, so hat man noch den Durchgang der Scheidelinie auf jeder Ordinate in dem Brouillon anzumerken.

Wir haben diese und die folgende Aufgabe hier eingeschaltet, weil sie in unmittelbarem Zusammenhange mit der Behandlung und Messung von Linien mit der Kette stehen und werden deren Gebrauch bei Vermessung kleiner Flächen § 76 nur als Ergänzung betrachten.

29a. — Es soll der Plan des Polygons $ABCD \dots J$ (Fig. 21) aufgenommen werden. Man beginnt mit Bildung der Dreiecke JaC, JcK , indem man, soviel als möglich trachtet, daß die Seiten dieser Dreiecke mit Seiten des Polygons zusammenfallen. JA und CB verlängert, können genommen werden, das erste Dreieck zu bilden, ebenso kann CD dazu gewählt werden; wenn sie gehörig verlängert wird, so bildet sie die Seite kJ des andern Dreiecks. kJ ist so gelegt, daß sie möglichst nahe an dem Perimeter vorbeigeht, und daß sie mit Nutzen zur Aufnahme dieses Perimeters gebraucht werden kann; endlich schließt Jc die beiden Dreiecke JaC und JcK . Sind die beiden Dreiecke ab-

gesteckt und jeder Eckpunct mit einem Pfahl am Fuß des Jalons versehen, so schreitet man zur Messung. Angenommen, es werde von J aus nach A gegangen, so hält man in e auf der Verlängerung von Bd an, um die Richtung dieser Polygonsseite zu bestimmen. Indem die Kette auf dem Boden ausgespannt liegt, nennt der hintere Kettenzieher die Anzahl der Nadeln, welche er eingesammelt am Ring hat.*)

Diese Anzahl giebt die Zehner an. Haben die Kettenzieher die Nadeln auf dem Tractus von J nach e gewechselt, so sind dieses dann die Hunderte, die zu den Zehnern gehören, welche durch die Nadeln ausgedrückt werden. Man zählt dann die Metallringe der Kette, welche die Meter angeben, und endlich die Decimeter, bedenkend, daß jedes Glied deren zwei bezeichnet.

Ist der Zwischenpunct e gemessen, so bestimme man auf gleiche Weise den Punct A und fahre mit dem Kettenziehen fort, bis zum Endpunct a der Linie Ja. Von dieser Ecke aus wende man sich gegen C; in b, der Verlängerung von Ac angelangt, bemerke man das Maß dieser Strecke, dann, die Linie aC verlassend, messe man bc, so ist die Seite Ac des Polygons bestimmt.

Man gehe zurück auf die Linie aC, von der aus die Messung begann, und nehme, bei B angelangt, den Abstand dieses Punctes; hat man noch Bd gemessen, so ist die gebrochene Linie AcdB vermessen. Man beendet nun die Messung von aC.

Wir gehen nun von C aus, um nach k zu messen: in Folge dessen halten wir bei f, der Verlängerung von FE, an, dann bei D und beendigen die Messung in k, dem Endpunct der Richtlinie. Von k messen wir nach J, wobei der Punct g und h notirt wird: nehmen in g zugleich die Linie gE und bemerken auf ihr den Abstand von F, wodurch die Seiten FE und ED des Polygons gemessen sind. Von h aus wird sogleich das Maß von hH bestimmt.

Man hat nun die Diagonale JC zu messen, um auf der Zeichnung die Dreiecke JaC und Jck auftragen zu können, und mit ihnen alle jetzt gemessenen Theile.

*) Man darf nie eher an der Kette ablesen, bevor der vordere Kettenzieher die Nadel gesteckt und der hintere die ihn betreffende ausgezogen hat. Die Kette muß unverrückt liegen bleiben.

Indem man auf dieser Linie fortmißt, liest man den Abstand von n , Endpunct des Alignements FG ab, und mißt nG .

Es könnte sein, daß FG nicht bis n verlängert werden konnte; in diesem und in allen gleichen Fällen, wo die Richtungen oder Verlängerungen nicht statt finden können, muß man darauf sehen, daß man nur zwei Linien, wie FG und Gh , zu messen habe, weil dann die Lage dieser Linien mittelst eines Durchschnitts bestimmt wird. Sind demnach die Endpuncte F und h bestimmt, so reicht es hin, wenn man die Linien FG und Gh abgesondert mißt; auch kann man hH und HJ einzeln messen, um H und J zu bestimmen.

Diese Auseinandersetzung genügt, das Verfahren des Messens mit der Kette zu verstehen. Man hat sich zugleich überzeugen können, daß, wie bereits oben gesagt, eine Berichtigung oder Controle nicht statt findet, da das Kettenziehen allein das Element der Operationen ist; und dieses ist ein großer Uebelstand, denn, ist ein Fehler in der Messung vorgegangen, sei es auf einer der Seiten der Grunddreiecke, sei es in den Details, so wird immer der Plan sehr verschieden von der Feldlage sein. Es ist daher gut, bei diesem Verfahren noch andere Linien, außer den zur Bestimmung der Figur unentbehrlichen, zu messen: so kann hier die Diagonale ak als Controle dienen, ob das Ganze der Dreiecke JCa und Jck nicht falsch sei.

Außerdem hat man gesehen, daß bei Messung der Hauptlinien, wenn man bei einem Durchschnittspunct, wie b , angekommen war, die Hauptlinie aC verlassen wurde, um unmittelbar die Nebenlinie bc zu messen. Es ist dabei wesentlich, die Nadel nicht auszuziehen, die der erste Gehülse über b hinaus gesteckt hat, weil in dieser Nadel der zweite Gehülse seinen Stab einsetzen muß, wenn man mit Messung der Richtlinie fortfährt. Beobachtet man dieses nicht, so wird die Messung stets fehlerhaft werden.

Das hier mitgetheilte Verfahren ist nicht das in der Praxis gewöhnlich angewandte. Wir haben es aber beschrieben, weil es kürzer ist, sich dem mehr anschließt, welches man mit Winkelinstrumenten beobachtet, und in den meisten Fällen mit Vortheil gebraucht werden kann.

Das gewöhnliche, aber selten anwendbare und schwierigere Verfahren besteht, daß man von Ecke zu Ecke Diagonalen legt

und dadurch das Polygon in so viel Dreiecke theilt, als Seiten weniger eine sind. Man hat dann alle Dreiecksseiten und Diagonalen zu messen, welches nicht nur eine beträchtliche Arbeit macht, sondern auch Anlaß zu mehr Fehlern gibt.

Will man auf diese Weise das Vieleck ABCDE (Fig. 22) vermessen und in Grundriß legen, so hat man die Diagonalen AC und AD abzustecken und zu messen, ein Gleiches dann mit den Seiten AB, BC, CD vorzunehmen.

Man sieht daß, wenn das Polygon von vielen Seiten begrenzt wäre, auch die Diagonalen sich vermehren und daß das geringste Hinderniß im Innern die ganze Arbeit hemmen würde.

30. — Von dem Winkelkreuz. Das Winkelkreuz wird in der Regel nur gebraucht, um beim Vermessen auf eine Richtlinie die Senkrechten oder Ordinate abzustecken, die zur Bestimmung einer gebogenen oder gebrochenen Linie erforderlich sind. Indes machen einige Geometer einen ausgedehntern Gebrauch davon und wenden es zur Vermessung von Vielecken an, wenn das Terrain nicht waldig oder coupirt ist.

Gewöhnlich ist dieses Winkelkreuz (équerre) ein kleiner messingener Hohlcyylinder von 60 Cent. Durchmesser und 70 Cent. Höhe, den man mittelst einer Hülse auf einen beschlagenen Stock stellt. Er hat Einschnitte oder Schlitze, die in rechtwinklichem Durchmesser correspondiren.

Desse Gebrauch. Um auf einer Richtlinie (Abscisse) eine Normale in einem gegebenen Punct zu errichten, hat man das Instrument auf dieser Linie einzustecken, die einen correspondirenden Schlitze in die Richtung einzuvisiren und in den Gesichtsstrahl derjenigen Schlitze, welche senkrecht den erstern stehen, einen Stab setzen zu lassen. Dabei ist nöthig, daß der Stock des Winkelkreuzes völlig senkrecht eingesetzt werde, welches man am sichersten durch ein Senkblei bewirkt. Bei'm Fällen einer Senkrechten aus einem gegebenen Puncte auf die Richtlinie findet man deren Fußpunct nur nach mehr oder minder langem Hin- und Hersuchen. Um ihn in der kürzesten Zeit zu erlangen, kann man folgendermaßen verfahren.

Man stellt sich z. B. in e (Fig. 23), wo man den Fußpunct der Senkrechten vermuthet, welche aus A auf BC gefällt werden soll; richtet das eine Paar Schlitze in die Richtlinie BC, während man durch die andern einen rechten Winkel einvisirt. Dadurch erhält man vorläufig eine Senkrechte ef, deren Fuß e von dem Fuße

der wahren Senkrechten aus A um eine Länge $eD = Af$ absteht. Man mißt Af (wozu das Abschreiten hinreichende Genauigkeit gewährt) und trägt diese Länge in BC, wobei jedoch immer noch eine kleine Differenz auszugleichen bleibt, welches sich aber leicht bewirken läßt. Angenommen, die annähernde Stellung des Instruments falle in e' , so würde Af' die neue Differenz sein, die, als sehr klein, schätzungsweise verbessert werden kann, und es reicht daher hin, das Winkelkreuz nochmals einzusetzen und in D ein Stück $e'D$ anzusetzen, welches gleich Af' ist.

Man hat sich dann nur noch zu versichern, daß der auf BC normale Visirstrahl genau durch A geht.

Sind die Winkelkreuze in 8 Theile geschnitten, so bildet jeder einen Winkel von 45° . Will man auf dem Felde einen Winkel von solcher Oeffnung abstecken, so hat man auf gleiche Weise zu verfahren und diejenigen Einschnitte zum Visiren zu benutzen, welche in dem Winkel von 45° correspondiren.

Untersuchung des Winkelkreuzes. Um die Richtigkeit des Winkelkreuzes zu untersuchen, läßt man drei Stäbe 3 bis 400 Meter von dem Standpuncte aufstellen, die man durch die Schlitze einvisirt, nachdem man den Stand des Instruments mittelst Senkbleies genau regulirt hat. Dann dreht man die Hülse um einen Viertelumfang, wo die Einschnitte, die an die Stelle der erstern getreten sind, die Stäbe wieder genau decken müssen. Tritt dieß nicht ein, so ist das Instrument ungenau.

Das Winkelkreuz ist jetzt durch den Winkelspiegel verdrängt, der später beschrieben werden wird. Alles, was hier in Bezug auf das erstere Instrument gesagt wird, findet auch Anwendung auf letzteres. Ein Winkelkreuz ist in Ermangelung eines Winkelspiegels leicht in ungekünstelter Form herzustellen, weshalb es hier nicht übergangen ist.

31. — 1) Mittelft des Winkelkreuzes und der Kette ist die Länge von MB, die nicht unmittelbar gemessen werden kann, zu bestimmen. (Fig. 24.)

Im Punct B errichte man Bn normal MB, schreite auf Bn messend vor, bis man den Punct M unter einem Winkel von 45° in der Visirlinie hat; dadurch entsteht ein gleichschenkliches Dreieck, worin MB und Bn gleich sind.

Dieses Verfahren wird häufig bei Messungen angewandt, besonders wenn ein Fluß aufgenommen werden soll, dessen Breite nicht erlaubt, die beiden Ufer aus einer einzigen Linie zu bestimmen.

Anderer Auflösung. (Fig. 25.) Ist weder M noch B zugänglich, stelle man sich in die Verlängerung von MB, z. B. in u, ziehe uo senkrecht auf Mu ; errichte in o eine Senkrechte on auf Mo , welche die Verlängerung von MB in n trifft und falle aus B die Senkrechte Bv auf on . Hat man die Linien no , nv und nu gemessen, so läßt sich aus der Ähnlichkeit der Dreiecke ableiten

$$1) \quad un : on = on : Mn$$

$$2) \quad un : nv = on : nB;$$

zieht man 2) von 1) ab, und beachtet, daß $Mn - Bn = MB$, so erhält man

$$MB = \frac{on^2 - on \cdot nv}{un}$$

2) Man soll aus einem Punkt A, der von einer Geraden BC aus nicht gesehen werden kann, eine Senkrechte auf diese Gerade fallen. (Fig. 26.)

Aus einem auf der gegebenen Linie angenommenen Punkt b errichte man eine Senkrechte bn , die so nah als möglich dem Punkt A liegt. (Dieses zu ermitteln schicke man einen Gehülfen nach A, dessen Stimme zeigt schon ungefähr die Lage dieses Punktes an.) Dann falle man eine zweite Senkrechte aus A auf bn , nämlich Aa und messe letztere; trage Aa auf BC in bD : so ist D der Fußpunkt der verlangten Senkrechten. Errichtet man nun in D eine Senkrechte, so muß diese den Punkt A aufnehmen. Ist es nicht nöthig, die Senkrechte auf dem Felde abzustecken, so darf man nur ba messen, um die Länge von A D zu ermitteln.

In Waldungen findet diese Aufgabe öftere Anwendung, wenn man einen Punkt (Grenzpunct oder Püket) an eine Richtlinie anknüpfen will, von wo aus er unsichtbar ist.

Die Lösung dieser Aufgabe läßt sich auch finden, wenn man ein rechtwinkliches Dreieck ABC (Fig. 27), mit dem rechten Winkel A absteckt. Mißt man die drei Seiten und setzt die Proportion:

$$BC : AC = AB : AD$$

so wird die Länge der Senkrechten erhalten, und durch

$$BC : AC = AC : CD$$

$$BC : AB = AB : BD$$

erhält man die beiden Abschnitte, oder den Fußpunct der Normale.

3) Durch einen gegebenen Punct **F** (Fig. 28) eine Parallele mit einer vorhandenen Linie **AB** zu legen.

Man verlängere **AB** nach Befinden, errichte auf der Verlängerung die Senkrechte **ed**, der man genau die Länge der Senkrechten **BF** gibt, die aus **F** auf **AB** gefällt worden; vißire **Fd** ein und verlängere sie nach **g**. **Fg** ist dann die verlangte Parallele.

Wären die Endpuncte der gegebenen Linie nicht zugänglich, so nehme man einen entfernten Punct **N**, von dem aus eine Senkrechte **Nb** auf die Gegebene oder deren Verlängerung gefällt werden kann.

Auf **Nb** suche man den Punct **F**, als Fußpunct einer Senkrechten **fg**, die durch **F** geht; steckt man die Richtung **ab** und verlängert sie nach Umständen rückwärts, so ist sie parallel **AB** und geht durch **F**.

4) Soll eine Linie **AB** über ein Hinderniß hinaus verlängert werden (Fig. 29): so stecke man von **A** oder jedem beliebigen Punct auf **AB** eine Linie **Ad** aus, die mit **AB** einen spitzen Winkel bildet, errichte auf dieser eine Senkrechte **bB** und aus andern beliebigen Puncten **c**, **d** dergleichen, so ergeben sich die ähnlichen Dreiecke **AbB**, **AcC** und **AdD**, und aus ihnen

$$Ab : bB = Ac : cC = Ad : dD.$$

Mißt man nun **Ab**, **bB**, **Ac** und **Ad**, so findet man aus dieser Proportion die Normalen **cC** und **dD**, welche Maße auf die beziehlichen Linien getragen, in den Endpuncten **C**, **D** zwei Richtpuncte für die gesuchte Verlängerung geben.

Es ist nicht nöthig, daß die Schräge **Ab** an die gegebene Linie **AB** anstößt; jede andere Linie, wie **Fd**, genügt; denn

$$Fb : (bB - Fe) = Fc : (cC - Fe) = Fd : (Dd - ef).$$

Indem man, wie oben, die Abstände **fb**, **fc**, **fd**, und die Senkrechten **ef** und **Bb** mißt und zu jedem Maß, welches die Proportion gibt, **ef** addirt, so erhält man ebenfalls die Senkrechten **Cc** und **Dd**.

5) Zwischen zwei Puncten **O** und **P**, deren keiner von dem andern aus gesehen werden kann, soll eine Gerade abgesteckt werden. (Fig. 30.)

Man verfährt wie bei der vorigen Aufgabe: die große Schwierigkeit besteht darin, zu wissen, welche Richtung man der Hülfslinie Og zu geben hat; denn es darf das Ende g dieser Linie nicht zu weit von dem gegebenen Punct P abliegen. Wenn die Entfernung zwischen O und P nicht beträchtlich ist, so ist es hinreichend, daß man in den abgelegenen Punct einen Gehülfen schickt, der laut zuruft und so ungefähr die Lage des Punctes erkennen läßt.

Reicht dieses Mittel auf weite Entfernungen nicht aus, dann verabredet man ein Zeichen, welches gewöhnlich in einem Feuerzeichen besteht; zuweilen wendet man Raketen oder aufstammendes Pulver u. s. w. an. Ist die Linie Og abgesteckt, so wird sie gemessen: in g angelangt, steckt man eine Senkrechte Pg ab, die durch den gegebenen Punct P geht, und deren Länge gemessen wird. Man theilt dann Og in gleiche Theile in $a, b, c \dots g$, visirt in jedem Theilpuncte Senkrechte und bezeichnet sie durch Stäbe. Die Längen dieser Normalen werden nun nach der Proportion 4) berechnet, aufgetragen und dergestalt die Puncte $a', b', c' \dots f'$ erhalten, welche dem verlangten Alignement angehören, und markirt werden können.

Wenn man, nach dem Vorgange der meisten Geometer, die Linie Og in gleiche Theile theilt, macht man sich doppelte Arbeit, und es steht noch die Frage, ob die Theilung das erstemal trifft, wenn zumal das Terrain durchschnitten ist, und dann sind auch die abgesteckten Endpuncte $a', b', c' \dots$ nicht im Alignement von OP . Diesem Uebel läßt sich begegnen, wenn man, von O ausgehend, von 50 zu 50 Met. oder von 100 zu 100 Met. Pikets stellt. Die Berechnung der Senkrechten wird dadurch sehr abgekürzt, denn ist aa' gefunden, so ist $bb' = 2aa'$, $cc' = 3aa'$ u. s. w. Es genügt dann, sich an jedes Piket zu begeben und die beziehliche Senkrechte daselbst zu errichten.

6) Zwei Linien AB, CB (Fig. 31) schneiden sich in dem Punct B ; man soll aus einem Punct M , der in B nicht beobachtet werden kann, eine Richtung legen, die durch B geht.

Aus dem Punct M falle man auf die gegebenen Linien die Senkrechten MA und MC , nehme auf einer derselben zwei beliebige Puncte a und b an; aus diesen

Puncten errichte man auf **AM** die unbestimmten Senkrechten **bb''**, **aa''**. Auf **MC** suche man die Puncte **a'**, **b'**, so daß die Abstände von dem Punct **M** wie **MA** • **MC** werden. Man hat nämlich:

$$\begin{aligned} \text{MA} : \text{MC} &= \text{Ma} : \text{Ma}' \\ \text{MA} : \text{MC} &= \text{Mb} : \text{Mb}' \end{aligned}$$

Man errichte dann auf **MC** die Normalen **a'c**, **b'd**, welche die erstern in **c** und **d** schneiden. Die letztern Puncte sind Richtpuncte der Linie **MB**, die durch den Durchschnittspunct **B** geht.

Diese Aufgabe findet oft Anwendung in Hölzern, wenn man zum Beispiel aus einem gegebenen Puncte einen Weg oder eine Wittebahn nach einem andern Puncte führen will, wo bereits mehre Wege zusammentreffen.

Andere Auflösung. Das Verfahren 5) ist auch anwendbar, wenn man auf einer der gegebenen Linien fortgehen kann; es erfordert aber die Messung dieser Linie, die vielleicht sehr lang ist. Ferner, wenn der Punct **M** von der gedachten Linie weit abliegt, wird man Senkrechte erhalten, deren Länge eine genaue Operation nicht gestatten würde.

Es läßt sich dann folgendermaßen verfahren: sobald man die Senkrechte **MC** (Fig. 31) gefällt hat, messe man **bc**, nehme **f** in irgend einem Abstände von **C**, dann **g** in einem Abstand **gf = fc**; es ist dann

$$\text{BC} : \text{CM} = \text{Bf} : \text{fc}$$

$$\text{und } \text{gd} = \text{cf} - (\text{CM} - \text{cf})$$

32. — Wir haben (29) die Verfahrensart bei Vermessung eines Vielecks mit der Kette angegeben; diese Methode wird jedoch wenig angewandt, theils wegen der Länge und Schwierigkeit der Messungen, theils wegen der Fehler, die sich dabei einschleichen können. Dem Verfahren mehr Genauigkeit zu geben, nimmt man die Zuflucht zum Winkelkreuz.

Wenn man sich der Einleitung zu den verschiedenen Methoden der Messungen (17) erinnert, so wird man auf dem Felde leicht die zu dem Austragen auf das Papier nöthigen Figuren abstecken können. Man muß immer zuerst die Figur auf den Grenzen umgehen und erst dann mit der Messung beginnen. Um also das Trapez **LGON** (Fig. 32) zu vermessen, genügt es, auf **OG** die Kette zu ziehen, die Seite **ON** zu messen, aus **L** auf **OG** die Senkrechte **Le** zu fällen und zu messen. Oder auch **LN**

und **NO** zu messen (angenommen, man habe sich von der senkrechten Lage **ON** gegen **LN** durch das Winkelkreuz versichert), in dem Punct **L** die Senkrechte **Lo** auf **NL** zu errichten und zu messen und endlich **Ge**, die Differenz der Seiten **LN** und **OG**, zu bestimmen.

Auf gleiche Weise bringt man das Viereck **ABCD** in Grundriß (Fig. 33), indem man aus den Ecken **A** und **B** auf die Basis der Kettenmessung **CD** Normalen **Aa** und **Bb** fällt und sie mit **CD** zugleich mißt.

Hat man endlich ein Vieleck **ABCDE** (Fig. 22) so erhält man den Grundriß, wenn man **AC** und **AD** absteckt, und auf diese Linien die Normalen **Bx''**, **Ex** und **Cx'** fällt. Bei'm Messen der Linien **AC** und **AD** muß die Bestimmung der Fußpuncte dieser Diagonalen nicht verabsäumt werden; man würde sonst auf dem Papier keine Figur erhalten, die der des Feldes ähnlich wäre.

Es soll der Plan eines Polygons mit der Kette, Stäben und dem Winkelkreuz vermessen werden.

Man wende eins der (14) genannten Verfahren an, entweder, daß man eine Seite des Vielecks zur Basis der Operation macht, oder daß man im Innern irgend eine Gerade **Af** (Fig. 34) absteckt, auf welche man aus den Ecken des Polygons **B**, **C**, **E**, **F**, **G**, **H** Senkrechte zieht. Sind diese Senkrechten nicht sehr lang, so steckt man sie ab und mißt sie zu gleicher Zeit, wenn man die Kette auf der Linie **Af** zieht. Erlaubt deren Länge dieß nicht, so steckt man sie ab und besorgt deren Messung besonders.

Man kürzt zuweilen die Operation ab. So macht die Perpendiculare **Dd** aus der Ecke **D** auf **Cc** die Messung der Senkrechten, die aus der Ecke **D** auf die Richtlinie **Af** gefällt wurde, entbehrlich. Man verkürzt sonach das Kettenziehen um eine Größe, die beinahe gleich **dc** ist.

Sind aber die Grenzlinien einspringend, oder ist die Ausdehnung des Grundstücks so, daß es unmöglich wird, aus den verschiedenen Ecken Senkrechte auf eine einzige Basis zu fallen, so trifft man andere Anordnungen. Man kann z. B., wie vorher, eine Linie **AB** (Fig. 35) als Basis abstecken, dann secundäre Richtlinien, wie **BC**, **CG**, **AD**, **DE**, **EF** und **FH** feststellen, die man an die Hauptbasis durch die Senkrechten **Cc**, **Dd**, **Ee** bindet; **HF** ist gleichzeitig Richtlinie und Senkrechte auf **AB**. Diese

Operation ist, wie man sieht, sehr vereinfacht; denn anstatt einer großen Menge von Senkrechten, die stets viel Messungen erfordern und unausbleiblich Zweifel über die Resultate lassen, hat man deren nur wenige. Uebrigens haben die Richtlinien AD, DE, EF, GC und BC die Lage der Senkrechten sicherer gemacht.

Nachdem die Hauptbasis und die angeführten Richtlinien nebst den nöthigen Senkrechten abgesteckt worden, schreitet man zum Messen.

Von A ausgehend, mißt man AB, indem man bei dem Punkte G, d, e, c, u und H anhält; hierauf mißt man die Senkrechten Cc, Ee, Dd.

Bei'm Uebergange zu den secundären Richtlinien, mißt man von A aus AD; in n angelangt, errichtet man nach dem Winkel n' die Normale nn' und beendet die Messung von AD. Hierauf DE verfolgend, bestimmt man in m den Winkel m' durch eine Senkrechte; man hält in q, wo die Richtlinie die Grenze berührt, und errichtet bei'm Weiterziehen die Senkrechte rr', die die Ecke r' bestimmt.

Auf diese Weise setzt man die Messung sämtlicher secundären Richtlinien fort, während man bei jeder Ecke des Polygons eine Senkrechte errichtet. Die Figur bezeichnet übrigens die verschiedenen Operationen, die man auszuführen hat.

Wenn in dem Innern des Vielecks Details befindlich, die aufgenommen werden müssen, so steckt man bei'm Jaloniren noch Hülfslinien ab, wie op, die man an die Linien anknüpft, welche den Perimeter des Vielecks bestimmen, oder an die Senkrechten, welche diese Linien mit der Basis verbinden.

Die Pikets, die an den Fuß der Absteckstäbe in p und o gestellt werden, zeigen die Anknüpfungspuncte an, wenn man auf den Linien EF und FH die Kette zieht; man bestimmt sie bei'm Messen dieser Linien.

Das Verfahren, welches hier beschrieben, kann bei der Vermessung von Enclaven, Blößen, Inseln ic. mit Vortheil gebraucht werden. Es wird gute Resultate liefern, wenn man mit den Instrumenten richtig umzugehen weiß, und wenn man nicht über die gestatteten Grenzen hinausgeht, welche die Natur des Winkelkreuzes stellt.

In gewissen Fällen verbindet man das Verfahren des (§. 29) mit den vorhergehenden. Man kann alsdann

von einer Hauptbasis und von den Senkrechten, die man aus den Endpuncten der secundären Richtlinie auf die Basis fällt, absehen, weil die Diagonalen zu dem nämlichen Resultate führen.

33. — Wenn ein Terrain zu vermessen ist, in dessen Inneres man nicht eindringen kann, eine Holzung, ein Teich, so umschreibt man um dasselbe ein Rechteck oder bei der Nothwendigkeit mehrerer Linien ein Polygon mit Umfangswinkeln von 45° , 90° und 135° .

Soll z. B. das Polygon (Fig. 36) in Grund gelegt werden, so steckt man zuerst eine Linie AB ab, auf welche man eine Senkrechte CB errichtet, so daß die Linien so nah als möglich an den Grenzen der Figur liegen; in dem Punct C wird man sehen, daß eine Verlängerung dieser Senkrechten nach C' sich zu weit vom Umfang entfernen und dadurch viel unnützes Messen entstehen würde; denn, um die langen Senkrechten zu vermeiden, die man aus den Ecken i , l , r , n auf die Richtlinien $C'B$, $C'E$, fallen müßte, wäre man genöthigt, zwei Hüflslinien $n'm'$, $m'o'$ anzunehmen, während die Operation sehr verkürzt wird, wenn man in C einen Winkel $C'CD = 45^\circ$ oder $DCB = 135^\circ$ anlegt. Steckt man so CD ab und wiederholt den Winkel von 135° in D , so erhält man DE .

Man versäume nie, wenn die Verlängerung von CD' ausgesteckt werden kann, in C' einen rechten Winkel zu legen, welcher die Richtung von DE berichtigt.

Kommt man in den Punct A zurück, so macht man AG senkrecht BA , dann GF senkrecht AG und endlich EF senkrecht GF . Man könnte auch AB nach F' verlängern, und auf diese Verlängerung $F'E$ senkrecht stellen; man würde aber dann genöthigt, AG und GF abzustecken und folglich AF' und $F'F$ mehr zu messen; man kann aber immer diese beiden Linien, behufs der Berichtigung, austragen und sich dadurch versichern, daß der Winkel in dem Punct F' richtig 90° sei. Nach dem bemerkten Gange muß der Winkel in E genau 90° haben; daher es gut gethan ist, sich dessen zu versichern und in dem Falle einer auf gefundenen Differenz, die auf die Lage der Linien ED und EF einen bemerkbaren Einfluß hätte, das Abstecken von Neuem vornehmen.

Man erinnere sich, daß wir bei der Ankunft in D diesen Punct verlassen haben, um uns nach A zu bege-

ben. Der Zweck war: die Operation zu theilen, um den Fehler zu vermindern, der sich in dem letzten Winkel bildet, wenn man die rechten Winkel nach der Folge an einander setzt.

Das Abstecken der ersten Linie verlangt viel Sorgfalt; die mindeste Abweichung auf einer derselben zieht die Nichtänderung der folgenden nach sich, weshalb die größte Genauigkeit empfohlen werden muß.

Zu Bestimmung der Polygonseiten verfährt man nach (§. 32): indem man nämlich von A ausgeht, mißt man auf der Richtlinie AB fort, und hält bei den Punkten a, b an, um sie abzulesen; man geht auf BC fort, indem man die Ecke c bestimmt; auf CD hält man in i an; in k angelangt, errichtet man eine Senkrechte nach einer der Ecken, z. B. n und stellt einige Stäbe auf diese Senkrechte, weil sie zu Bestimmung der Ecken l und r gebraucht wird. Man schreitet zur Aufnahme dieser Ecken, und fährt so fort bis zum Schluß des Polygons in A, von wo man ausgegangen war.

34. — Die Vermessung mit dem Winkelkreuz (Winkelspiegel) gewährt den Vortheil vor der mit andern Instrumenten, daß man vor dem Verlassen des Terrains, sich von der Genauigkeit der Kettenmessung der Richtlinien versichern kann, und da die Winkel, welche die Richtlinien bilden, rechte sind, so muß die Summe der Linien auf einer Seite des Polygons gleich sein der Summe der auf der andern Seite abgesteckten Linien. Allerdings muß man bei Winkeln von 45° oder 135° den Werth der Tangenten für diese Winkel suchen; die Zeit aber, die man auf Berechnung derselben verwendet, darf nicht in Anschlag kommen, denn sie compensirt vielfältig die, welche man in dem Falle einer Unrichtigkeit auf die Wiederholung des Absteckens verwenden müßte.

Um sich also von der Genauigkeit der Kettenmessung in Betracht der Linien zu versichern, die zur Aufnahme des betreffenden Polygons gedient haben, ziehe man die Summe der Richtlinien AB und GF, vergleiche diese Summe mit der, welche die Richtlinie ED, und die Seite DC' des Dreiecks DC'C bilden, die man durch die bekannte Formel

$$(CD)^2 = (CD)^2 - (CC')^2$$

erhält; da nämlich $C'D = C'C$

$$\text{so ist } (C'D)^2 = \frac{(CD)^2}{2}.$$

Wenn $BA + GF = ED + DC'$, oder wenn beide Summen nur um einen zulässig kleinen Theil differiren, kann man die erste Operation als genügend annehmen; wo nicht, so muß man die Operation von Neuem beginnen.

Eben so behandelt man die Linien EF , AG , $C'C$ und CB ; wo sich $EF + AG = C'C + CB$ ergeben muß.

Man bemerke, daß bei einem einzigen rechtwinklichen gleichschenkligen Dreieck, wie sich in der Operation hier vorfindet, man sich der Bestimmung derjenigen Dreiecksseiten enthalten kann, welche den rechten Winkel einschließen, denn $C'D$ ist die Differenz zwischen DE und $AB + GF$, und CC' die zwischen CB und $AG + FE$; und da $C'D = C'C$, folgt, daß, wenn sich die Differenz zwischen der Messung von CB und von $AG + FE$ und der von DE und $AB + GF$ gleich herausstellt, man zu dem Schlusse berechtigt ist, daß richtig operirt worden.

Durch ähnliche Combinationen kann man oft weitläufige Rechnungen ersparen, man darf sie daher nicht übersehen.

Ungeachtet des Vortheils, welcher der Aufnahme mit dem Winkelkreuz beigemessen wird, darf man doch von diesem Instrumente den Gebrauch nicht zu weit ausdehnen. Es nöthigt fast immer zu beträchtlichen Kettenmessungen oder zur Vermehrung der Anzahl von Richtlinien. Da ferner das Winkelkreuz einen verhältnißkleinen Durchmesser hat, so können die Visirlinien, die man damit absteckt, sehr abirren und sehr wichtige Verlegungen in ihrer Lage herbeiführen, wodurch das Auftragen auf das Papier schwierig und zeitraubend werden muß, da man nur mit Schwierigkeit die Maße der Linien mit der Lage, welche ihnen die Winkel zutheilen, in Uebereinstimmung bringen kann.

Man sollte daher diese Methode der Vermessung nur bei Terrain-Abschnitten anwenden, die 60 Hectaren nicht übersteigen.

35. — Von dem Winkelspiegel etc. Die Geometer bedienen sich jetzt höchst selten des Winkelkreuzes und ersetzen es durch Instrumente, die, bei größter Bequemlichkeit in der Form, noch den Vorzug weit größerer Genauigkeit haben.

Es sind solche der Adam'sche Winkelspiegel, das Romershausen'sche Spiegel Diopter und das neuerfundene Prismenporrhometer von Schlagintweit; sämmtlich auf catoptrische Regeln gegründet, und vorzüglich auf constante Winkel eingerichtet. Im Ganzen genommen liegen ihnen die Gesetze des Spiegelsertanten zu Grunde.

Der Winkelspiegel besteht der Hauptsache nach aus zwei ebenen Glas- (oder Metall-) spiegeln von ungefähr 1 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll Höhe AB und CD (Fig. 37), welche unter einem Winkel von 45° gegen einander geneigt sind. Gesezt nun, es falle von dem Punct E der Linie EF ein Strahl EG auf den Spiegel CD, so wird er von da nach dem zweiten Spiegel AB, von diesem aber wieder zurückgewiesen und gelangt in der Richtung KI in's Auge, so daß man den Stab, der bei E steht, im Spiegel AB bei K erblickt.

Die Richtung IK ist aber senkrecht auf FE. An der verbrochenen hinteren Kante des Gehäuses befindet sich eine Schraube, welche zur Correction des Winkels von 45° dient. — Das Instrument ist mit einem Handgriff versehen, an dem es bei dem Gebrauch frei gehalten wird.

Bei der Benutzung legt man es an den, in dem beziehlichen Punct eingesteckten Stab, kehrt die offene Seite PQRS (Fig. 38) des Gehäuses nach dem am andern Ende der Linie befindlichen Jalon und steht bei SP vorbei (aber nicht durch den Ausschnitt A) auf den Spiegel M, worin sich der Jalon spiegelt. Durch den Ausschnitt B kann man aber zugleich einen Gegenstand erblicken, welcher ungefähr im rechten Winkel mit der Linie steht. Bewegt man sich nun allmätig auf der Linie fort oder läßt, indem man auf dem angenommenen Punct unverrückt stehen bleibt, einen Stab einstecken, den man so lange einrichtet, bis der Endjalon und der Stab genau senkrecht über einander stehen, so ist der Punct der Linie, über dem man steht, der Jalon und der ausgesteckte Stab im rechten Winkel.

Mit einiger Abänderung können auch Winkel von 45° mit dem Winkelspiegel abgesteckt werden.

Das Spiegel Diopter hat die Form eines kleinen Taschensfernrohres. Das Ocular hat zwei Durchsichten und das Objectiv einen damit verbundenen Kreuzfaden.

Im Innern des Rohres sind zwei feststehende Metallspiegel angebracht. Zu beiden Seiten dieser Spiegel ist das Rohr mit vierseitigen Oeffnungen durchbrochen, damit ein von außen einfallender Strahl die Spiegelflächen treffe und von da zu dem Auge des Beobachters reflectire. — Das Instrument wird ebenfalls in freier Hand ohne Stativ gebraucht; man kann damit in jedem Punkte einer Richtlinie eine Senkrechte errichten, oder von einem Punkte außerhalb fällen, Parallelen legen &c.

Das genannte Instrument ist in „Komershausen's Spiegel diopter &c. Halle“ uebst Anwendung genau beschrieben; im Ganzen beruht es mit dem Fallon'schen Spiegel lineal auf gleicher Idee.

Das Prismenporrhometer hat gegen $2\frac{1}{2}$ pariser Zoll Durchmesser und einen getheilten Kreis, wodurch es möglich wird, auch andere Winkel damit zu messen. Unterhalb der Kreisplatte befindet sich ein 2 Zoll langer Handgriff. Auch ist die Theilung mit Nonius versehen. Die obere Fläche trägt zwei Glasprismen; der Limbus ist in halbe Grade getheilt, gestattet aber das Ablesen von 4 Minuten.

Man sieht, daß dieses Instrument, dessen Construction und Gebrauch in Dingley's polytechn. Journal Bd. 112, S. 420 speciell beschrieben ist, mehr zusammengesetzt, daher kostbarer, dafür aber auch eine weit ausgedehntere Anwendung gestattet. Es genügen die beiden ersten Instrumente zu den Messungen der niederen Geodäsie vollkommen und überwiegen das Winkelkreuz weit; nach wenig Versuchen hat man sich damit eingeübt.

36. — Von den zusammengesetzten Meßinstrumenten. Mit den Fortschritten in Anfertigung der Instrumente sind mehre früher beim Vermessen in Gebrauch gewesene ganz in Vergessenheit gekommen, wie das Astrolabium, die Zollmann'sche Scheibe, andere vervollkommnet und verfeinert worden. Es ist klar, daß dadurch die Meßoperationen selbst Aenderungen erleiden mußten und daß die Ansprüche, die man an Genauigkeit und Schärfe derselben macht, gesteigert worden sind.

Zu den jetzt gebräuchlichern gehören:

Der Theodolit, welcher, je nach seiner vollkommenern Einrichtung, alle Winkel-Meßinstrumente vertritt und auch bei größeren Triangulationen mit Vortheil gebraucht wird.

Der Spiegelfertant, bei Winkelmessungen, welche das Aufstellen anderer Instrumente nicht gut gestatten, sehr nützlich.

Die Buffsole, ein bei Cataster-Messungen sehr bequemes Instrument und

der Meßtisch, welcher zu topographischen Detail-Aufnahmen unerseßlich ist.

Auf die genaue Zergliederung dieser Instrumente kann hier nicht eingegangen werden, zumal jedes derselben in Bezug seiner speciellen Einrichtung vielen Modificationen unterworfen ist; jedoch soll im Nachstehenden das Wesentliche ihres Baues mitgetheilt werden.

37. — Der Theodolit. Seinen Hauptbestandtheilen nach besteht dieses Instrument, wie jeder andere Winkelmesser, aus einem horizontalen Kreise (zuweilen Kreisabschnitt) zur Messung von Azimuthalwinkeln und einem darauf senkrechten zweiten Kreise zur Messung von Höhenwinkeln. — Winkel-Meßinstrumente, durch welche man einen gemessenen Winkel mehre Mal mit voller Sicherheit erhalten kann, heißen allgemein Multiplications- oder Repetitionsinstrumente. Die Reichenbach'schen Repetitions-Theodoliten haben folgende Einrichtung:

Das Instrument besteht aus einer neunzölligen in $\frac{1}{6}$ Grade getheilten Limbuscheibe, in der sich eine achtzöllige Noniuscheibe nach aufgelöster Stellschraube frei im Kreise herumschleifen, nach angezogener Stellschraube aber durch die Mikrometerschraube noch in einem kleinen Bogen bewegen läßt. Auf dieser Scheibe befindet sich, außer vier eine Sechstelminute nachtragenden mit Blendungen versehenen Nonien keine andere Eintheilung. Zwei Lupen lassen sich im Kreise frei bewegen, um das Ablesen mit Genauigkeit vornehmen zu können. Endlich sind zwei Träger angebracht, worauf die Drehare des Fernrohrs in Lagern liegt und bewegt werden kann.

Das Alhidadenrohr ist, nach Campani, achromatisch-astronomisch, hat eine conische Welle und am Ende der einen Welle ein sechszölliges, in Viertelgrade getheiltes Rad für Höhen- und Tiefenwinkel. Das Rohr läßt sich nach geöffneten Zapfendeckeln sammt der an der Welle freihängenden Libelle herausheben und verkehrt einhängen, schleift an etnem, eine Minute nachtragenden Nonius, läßt sich durch eine Stellschraube feststellen und dann noch

durch die Mikrometerschraube um die Achse in einem kleinen Bogen erhöhen oder vertiefen. Uebrigens sind Schrauben angebracht, um das Fadenkreuz verschieben, das Fernrohr nach dem Auge stellen und die Libelle justificiren zu können.

Die Limbusscheibe ist an ihrer untern Fläche mit einem starken stählernen Zapfen versehen, dem ein noch stärkerer zum Fuße dient, durch dessen drei Arme Schrauben gehen, mittelst welcher der Limbusplatte die horizontale Stellung gegeben wird. Bei Lösung einer Stellschraube kann die Limbus- und Noniusscheibe auf dem ersten Zapfen frei im Kreise herumgedreht, nach angezogener Schraube aber noch durch eine Mikrometerschraube in einem kleinen Bogen bewegt werden.

Unterhalb der Scheiben ist ein, dem obern ganz gleiches Versicherungrohr, welches sich vertical auf- und abbewegen läßt. Endlich ist der obere, schwächere, stählerne Zapfen in dem stärkeren dergestalt beweglich, daß das ganze Instrument auf dem letzteren durch eine Schraube nach Erforderniß in einem kleinen Bogen gewendet werden kann. Eine Schraubenmutter endlich dient, die Noniusscheibe mit der Limbusscheibe beim Transport fest beisammen zu halten, bei ihrer Lockerung die erstere in der letzteren herumzuwenden, bei ihrer gänzlichen Wegnahme aber die Noniusscheibe aus der Limbusscheibe herauszunehmen.

Das Ganze wird auf ein dreifüßiges nur 3 Fuß hohes Stativ befestigt, und kann durch Schrauben in horizontale Stellung gebracht werden.

Theodoliten, welche zu secundären geodätischen Arbeiten und überhaupt zu Messungen gebraucht werden, bei denen es auf die Genauigkeit bis auf einige Secunden nicht ankommt, repetiren die Winkel nicht und sind dann begreiflich auch bedeutend wohlfeiler. Sie stimmen übrigens in ihrem Bau ganz mit dem beschriebenen überein, nur ist der Horizontalkreis fest, und auf ihm dreht sich unmittelbar die Alhidade mit dem Nonius. Auch fehlt gewöhnlich das Versicherungfernrohr. Man vergl. S. 146.

38. — Der Spiegelfertant. Dieses auf Gesetze der Catoptrik basirte Instrument hat nur den sechsten Theil eines Kreises zum Limbus; daher seine Benennung. Die Gesetze, auf welchen seine Construction beruht, sind folgende:

Es seien die Objecte A und B (Fig. 40), welche mit einem dritten Punkte C den Winkel ACB bilden. Auf der durch diesen Winkel gelegten Ebene stehe in C ein Planspiegel senkrecht, mit ihm parallel in I ein zweiter Planspiegel FG. Endlich sei O ein Fernrohr, durch welches man über den Spiegel FG hinweg den Gegenstand A und zugleich auch im Spiegel das Bild eines Gegenstandes sehen kann.

Wird nun in der parallelen Stellung der beiden Spiegel das Fernrohr O nach dem Gegenstand A gerichtet, so wird man diesen Gegenstand eigentlich doppelt sehen, einmal nämlich mittelst der Strahlen, die über den Spiegel hinweg von A in das Fernrohr unmittelbar gelangen, dann aber auch mittelst der von A auf den Spiegel DE fallenden, von ihm auf den Spiegel FG reflectirten und von hier nach dem Fernrohr gewiesenen Strahlen. Denn denkt man sich den Winkel $GIC = FIO$ gemacht und CA' parallel CA , so ist auch der Winkel $A'CE = AIG = FII = GIC = ICD$, und es wird folglich ein Strahl, der in der Linie $A'C$ auf den Spiegel DE fällt, von C nach I und von da wieder in der Richtung IO zurückgeworfen, wodurch beide Gegenstände A und A' im Fernrohr sichtbar werden.

Liegt aber der Punct A in einer so großen Entfernung, daß der Abstand der Spiegel FG und DE darin verschwindet, so ist auch CA mit AO oder CA' parallel zu betrachten und man sieht folglich den Gegenstand A in doppeltem Bilde; beide Bilder decken sich aber oder fallen genau in einander.

Dreht man nun den Spiegel DE um C in die Lage $D'E'$, so daß man den Gegenstand B in der Richtung AO erblickt, oder bis der unmittelbar gesehene Gegenstand A und der doppelt gespiegelte B sich im Fernrohr decken, so wird der Drehungswinkel $D'CD$ halb so groß sein, als der Winkel AHB, den die von A und B durch die Einfallspuncte I und C gezogenen Strahlen mit einander bilden. Denn nach catoptrischen Gesetzen sind die Winkel BCE' und $ICD' = GIC$ und FIO gleich, und im Dreieck HCI ist:

$$\begin{aligned} H + ICH &= AIC \\ &= AIG + GIC \\ &= FII + GIC \\ &= 2 \cdot GIC. \end{aligned}$$

weil aber auch $GIC = ICD$, so ist

$$H + ICH = 2 \cdot ICD.$$

Ferner ist

$$ICH = ICD' + D'CH = ICD' + BCE' = 2 \cdot ICD',$$

daher

$$H + 2 \cdot ICD' = 2 \cdot ICD$$

$$= 2 \cdot ICD' = - 2 \cdot ICD'$$

$$H - 2 \cdot DCD'$$

folglich $DCD' = \frac{1}{2} H$.

Kann man aber nach Obigem den Abstand der Spiegel gleich Null setzen, so kann auch die Entfernung H von C unbeachtet bleiben und der Winkel an H für den wahren ACB genommen werden. Es ist folglich dann der Drehungswinkel DCD' des Spiegels DE gleich $\frac{1}{2} ACB$.

39. — Nach dieser Theorie ist dann die Construction eines Spiegelsextanten folgende (Fig. 39):

Ein messingener Bogen AB von etwas mehr als $\frac{1}{2}$ Kreis, ist dergestalt in Grade getheilt, daß auf ihm halbe Grade für ganze gezählt werden. Er ist mittelst zweier radialen messingenen Leisten im Mittelpunkt C mit einer kleinen Scheibe verbunden, und der Festigkeit wegen in der Winkalebene noch mit Querleisten versehen. Auf der erwähnten Scheibe schleift mittelst stählerner Are eine zweite Scheibe ab , welche fest mit der Alhidade verbunden und sich mit dieser umdreht. Auf der Scheibe ab ist der größere Planspiegel ef senkrecht befestigt, der mit der Scheibe einerlei Drehungsaxe, den Mittelpunkt C des Limbus, hat und sich mit der Scheibe und der Alhidade um C dreht. Dieses ist der Spiegel, der im vorigen §. mit DE bezeichnet worden. Ihm gegenüber ist an der Leiste AC der kleinere Planspiegel gh so gestellt, daß beide Spiegel vollkommen parallel sind, wenn die Alhidade auf Null gestellt wird. Er ist mit zwei Correctionschrauben versehen, womit er gegen die Ebene des Limbus senkrecht gestellt werden kann.

Dieser kleinere Spiegel ist nur zur Hälfte mit Folie belegt, oder bei Metallspiegeln so niedrig, daß über die spiegelnde Fläche unmittelbar von einem Object Strahlen in das Fernrohr kommen können, während zugleich auch die untere die von dem Spiegel ef reflectirten Strahlen dem Fernrohre zusendet. Es ist unbedingt nöthig, daß

beide Spiegel genau eben und die Gläser parallele Flächen haben.

Das Fernrohr *H* ruht in einem Ringe, der mittelst einer Schraube der Ebene *ACB* mehr oder weniger genähert werden kann, doch so, daß die Axe des Fernrohrs stets eine parallele Lage gegen die Ebene des Limbus behauptet. Durch Regelung dieses Abstandes bewirkt man, daß sowohl durch die unbelegte Seite des Spiegels *gh*, als auch von dessen spiegelnder Fläche gerade das rechte Maß von Licht in das Perspectiv gelangt, um beide Objecte, das unmittelbar gesehene und das doppelt gespiegelte, deutlich und mit gleicher Lichtstärke wahrzunehmen.

Die Alhidade hat bei *D* einen Nonius, dessen grobe Drehung durch eine Preßschraube *q* gehemmt und mittelst der Mikrometerschraube *d* zur feinen Einstellung gewandelt werden kann. Der Nullpunct der Theilung liegt bei *B* dem kleinen Spiegel gegenüber, und der Limbus ist noch über 0° und 120° hinaus mit einer Anzahl Grade versehen, was man übertheilt nennt.

In *t* ist an einem Arm eine um *r* bewegliche Lupe angebracht, die zu genauer Ablefung der Winkel dient; bei *m* befinden sich noch dünne Planglaser von rother, grüner und blauer Farbe, welche nach Bedürfniß vor den großen oder kleinen Spiegel gesetzt werden können, um das Licht sehr blendender Objecte, z. B. der Sonne, zu dämpfen.

Das Instrument wird bei *E* an einen Handgriff geschraubt und bei der Beobachtung in der rechten Hand gehalten. Die Durchmesser des Limbus sind von einigen bis zu 10 und 12 Zoll; die kleinsten nennt man Dosen-sertanten. Auch hat man kleinere Sertanten, an welchen sich durch besondere Vorrichtung, nächst der Gradangabe, zugleich der eigentliche Winkel bildet, so daß dieser unmittelbar graphisch auf das Papier getragen werden kann.

40. — Mittelst des Sertanten werden Winkel auf folgende Weise gemessen.*)

Das Instrument an dem Handgriff in der rechten Hand, stellt man sich so, daß der Drehungsmittelpunct

*) Es ist die Behandlung des Sertanten bei Beobachtung von Winkeln hier eingefügt worden, weil die Theorie eine von andern Instrumenten ganz abweichende ist und der Sertant im Folgenden nicht wieder bei Messoperationen zu Grunde gelegt werden wird.

C über dem Scheitel des zu messenden Winkels steht. Durch das Fernrohr visirt man nach dem zur Linken gelegenen Richtpunct durch die unbelegte Stelle des Spiegels, dreht alsdann die Alhidade von B nach A (Fig. 4), bis auch der rechts gelegene Richtpunct durch die Reflexion der Spiegel ef und gh im Sehfeld erscheint, stellt die Alhidade mittelst der Schraube q fest und bringt dann die Alhidade mittelst der Mikrometerschraube genau in eine solche Stellung, daß beide Bilder in der Mitte des Sehfeldes, welche gewöhnlich im Fernrohr durch zwei parallele Fäden bezeichnet ist, sich genau decken. Der Nonius zeigt dann am Limbus den gesuchten Winkel an.

Befindet sich der im Fernrohr unmittelbar gesehene Richtpunct nicht zur Linken und man wäre genöthigt, das Fernrohr nach dem Richtpunct rechts zu richten, so muß man den Sextanten umwenden, so daß die getheilte Fläche nach unten gekehrt ist.

Der Umstand, daß ein Moment der Ruhe hinreicht, die beiden Bilder zur Deckung zu bringen, macht ein Stativ entbehrlich, und so gewährt der Sextant den großen Vortheil, daß man den Standpunct auf Bäumen, Thürmen, unmittelbar am Fenster ic. nehmen kann; deßhalb ist es auch das einzige Instrument, womit man zur See auf schwankendem Schiffe beobachten kann.

Zu Messung der Winkel großer (primärer) Dreiecke ist der Sextant nicht geeignet, weil die Winkel nicht genau genug damit beobachtet werden können, woran zum Theil das Verschlucken des Lichts von den Spiegeln, theils die zu kleine Theilungsfähigkeit des Limbus Schuld hat.

Genauer giebt der Sextant den zu messenden Winkel an, wenn der durch's Fernrohr unmittelbar gesehene Richtpunct A (Fig. 40) sehr weit entfernt ist, da man dann den Winkel H, das heißt, den doppelten Drehungswinkel DCD' für den wahren ACB nehmen kann.

Ist aber A ziemlich nahe, so ist der Winkel H gegen den wahren ACB zu klein, weil $ACB = H + A$ ist.

Diese Differenz nennt man die Parallaxe des Sextanten, und es hängt dieselbe von der Entfernung des Object's A und vom senkrechten Abstände der Drehungsaxe C von der Axe OA des Fernrohrs ab. Man hat aber

$$\sin. A = \frac{CN}{AC}$$

oder, weil A nur klein ist,

$$A = 206265 \cdot \frac{CN}{AC} \text{ Secunden,}$$

welches dem beobachteten Winkel zugesetzt werden muß. CN er-
giebt sich am Instrument, CA muß aus frühern Beobachtungen
oder durch Schätzung bestimmt werden.

Die Prüfung eines Sextanten muß sich auf die Ebenheit der
beiden Spiegelebenen, den Parallelismus der innern und äußern
Glasfläche, den senkrechten Stand zum Limbus, der parallelen
Lage der Fernrohrraxe, der beiden Spiegel beim Stand 0 (Null) erstrecken.

41. — Der Winkel, den der Spiegelsextant mißt,
ist jedoch selten in horizontaler Ebene, und stets in der-
jenigen, die durch den Standpunct und die beiden zur
Deckung gebrachten Richtpuncte geht. Will man den
Azimuthwinkel finden, so muß man noch die Höhen-
und Tiefenwinkel der beiden Richtpuncte messen, wozu
man eines künstlichen Horizonts bedarf, der am
einfachsten in einem ruhig stehenden Wasserspiegel bestehen
kann. Man nennt diese: Wasserhorizonte, und be-
nutzt dazu ein mit Wasser gefülltes, inwendig geschwärz-
tes Gefäß. Bei dem Quecksilberhorizont vertritt
Quecksilber die Stelle des Wassers, welches zu Erhaltung
des ruhigen Spiegels mit einer vollkommen parallelen Glas-
platte gedeckt wird, an deren Stelle auch oft Glimmer-
plättchen im Gebrauch sind. Delhorizonte bestehen
aus blechernen Büchsen, welche mit Baumöl gefüllt wer-
den, in welches man Kienruß gemischt hat. Auch läßt
sich jede gute Dosenlibelle, deren äußere Glasfläche genau
eben und durch Schrauben zum horizontalen Einspielen
gebracht werden kann, als künstlicher Horizont (Wein-
geisthorizont) benutzen. Endlich sind noch die Glas-
horizonte im Gebrauch: dicke, runde, auf der untern
Seite matt geschliffene Glasplatten, welche entweder auf
Quecksilber schwimmen oder mit sehr empfindlichen Nöh-
renlibellen horizontal gestellt werden. Auf dem Schiffe
dient die Meeresebene als künstlicher Horizont.

42. — Um Höhenwinkel zu messen, bringe
man (Fig. 41) das in der Spiegelfläche MN des künst-
lichen Horizonts gesehene Bild A' und das Object A
zur Deckung, wobei man, bei verticaler Lage des Limbus,
das Fernrohr unmittelbar auf das Spiegelbild A', als
den schwächern Lichtpunct, richtet, und die Alhidade so
weit dreht, bis auch das Object A durch die Spiegel-
reflexion im Fernrohr erscheint. Der Nonius giebt dann
den doppelten Höhenwinkel an, welches durch Ver-
gleichung der Reflexionswinkel leicht ersichtlich ist. Die
Glasfläche des Horizonts läßt sich auf horizontale Lage

prüfen, wenn man nach beobachtetem Winkel den Horizont um $2R$ dreht und bei nochmaliger Beobachtung denselben Winkel wieder erhält. Tiefenwinkel können mit dem künstlichen Horizont nicht, oder doch sehr umständlich gemessen werden. Für Höhenwinkel muß der Limbus erdwärts, für Tiefenwinkel nach oben gekehrt sein.

43. — Um die gemessenen Winkel auf den Horizont zu reduciren, muß man die sphärische Trigonometrie zu Hülfe nehmen. Für Leser, welche die Elementarsätze in den Bereich ihrer Kenntnisse gezogen haben, möge die Lösung hier Platz finden.

Man habe einen Winkel CJD gemessen, so daß der Standpunkt J (Fig. 42) in der Ebene liegt und man nach der Thurmspitze C und nach dem Signal D auf einem Berge visirt habe. Der Limbus des Sextanten liegt also in der schiefen Ebene CJD . Da nun der so gemessene Winkel nur in seiner Projection auf die Horizontalebene AJB gebraucht und eingezeichnet werden kann, so ist es Aufgabe, den letztern zu berechnen. Zu diesem Behuf sind die Höhenwinkel $AJC = p$ und $BJD = q$ gemessen worden.

Man hat hier ein körperliches Viereck, wo an der Kante AJ und an der BJ rechte Winkel sind. Es sind nämlich die Neigungswinkel der Ebenen ACJ und BDJ mit der Ebene ABJ rechte. Denkt man sich die Diagonalebene CJB gelegt, so entstehen zwei körperliche Dreiecke, wovon das eine, dessen Kanten $AJ, CJ, BJ \dots$ sind, an der Kante AJ rechtwinklich ist.

Bezeichnet man in diesem die Seiten $AB = x, BC = y$ und den Winkel $ABC = z$, so ist:

$$\text{I. } \cos. y = \cos. p. \cos. x \\ \text{und II. } \sin. p = \sin. y. \sin. z.$$

In dem andern Dreieck CDB ist:

$$\text{III. } \cos. n = \cos. y. \cos. q + \cos. (90^\circ - z) \sin. y. \sin. q.$$

Entwickelt man aus diesen Fundamentalgleichungen x, y und z , so ergibt sich

$$\cos x = \frac{\cos. n - \sin. p. \sin. q}{\cos. p. \cos. q}$$

und diese Gleichung logarithmisch umgeändert

$$\sin. \frac{1}{2} x = \sqrt{\frac{\sin \frac{1}{2} (n+p-q) \cdot \sin \frac{1}{2} (n+q-p)}{\cos p \cdot \cos q}}$$

Liegt ein anvisirtes Object unter der Horizontalebene, so wird der Elevationswinkel ein Depressionswinkel; ist dieser der Winkel q , so muß man in obige Formel statt $+q, -q$ setzen, wodurch die Klammergrößen $(n+p+q)$ und $(n-q-p)$ werden. Sind beide Depressionswinkel, so muß $-p$ anstatt p und $-q$ anstatt q gesetzt werden, wodurch die erste Formel nicht geändert wird. *)

44. — Von dem Nonius oder Vernier. Der Nonius ist ein abhängiger Theil der Gradtheilung.

*) Die Aufgabe ist in § 158 weiter ausgeführt.

Die beiden Benennungen stammen von den Erfindern. Die Theile sind meistens kleiner (zuweilen größer), als die des Limbus und so geordnet, daß, wenn ein Theilstrich des Nonius mit einem des Limbus zusammenfällt, die zwischen diesem Theilstrich und Null befindlichen Theile die Bruchtheile der Grade oder die Anzahl der Minuten ic. angeben, die man zu der Anzahl der ganzen Grade hinzuzählen muß, welche zwischen dem Limbus und dem Nullpunct des Nonius liegen. Hierüber bedarf es einiger Erläuterungen.

Wenn eine Linie AB (Fig. 43) fünf Theile irgend einer Theilung enthält, plus einer Portion der Theilungseinheit, wie Bn, so müßte man, um die Bruchgröße dieser Portion zu finden, einen der Theile in 10 Unterabtheilungen theilen (angenommen, man wolle Zehnthelle messen), Bn auf diese Theilung tragen und die Anzahl der Unterabtheilungen zählen, die auf Bn gehen. Dies ist in Fig. 43a veranschaulicht. RT ist einer der fünf Theile von AB, den man in Zehntel getheilt hat; indem man Bn anlegt, zeigt sich, daß diese Portion 6 der Unterabtheilungen, d. i. $\frac{6}{10}$ enthält.

Sind aber die Theilungen sehr klein, wie die bei Winkelinstrumenten, so ist dieses Verfahren unausführbar. Bernier hat ein sehr sinnreiches Mittel angegeben, den Bruchwerth von Linientheilen zwischen zwei Theilstrichen anzugeben.

Es sei (Fig. 44) $DE = 9$ Mafseinheiten; theilt man $D'E'$ in eine gleiche Anzahl Theile + einem, nämlich in 10 Theile, so wird offenbar jeder Theil von $D'E'$ um $\frac{1}{10}$ kleiner sein, als die Theile auf DE . Jeder Theilstrich von DE steht demnach vor jedem correspondirenden Theilstrich auf $D'E'$ um $\frac{n}{10}$; so daß

$$a = a' + \frac{1}{10}; \quad a + b = a' + b' + \frac{2}{10};$$

$$a + b + c = a' + b' + c' + \frac{3}{10} \dots$$

und allgemein: ein beliebiger Theil q von $D'E'$ von dem correspondirenden Theil Q auf DE um $\frac{n}{10}$ differirt.

Will man, anstatt den Bruch $\frac{n}{10}$ durch die Zahl q der Theile auf $D'E'$ auszudrücken, diesen nämlichen Bruch durch eine einzige Theilung von DE , z. B. a , erhalten, so wird dieses erlangt, indem man nach und nach die Theilstriche 1, 2, 3, 4... q von $D'E'$ an den Theil-

strich 1, 2, 3, 4... Q von DE paßt; jeder der Brüche $\frac{1}{10}, \frac{2}{10}, \frac{3}{10} \dots \frac{n}{10}$ wird sich dann in a angeben; so daß, um den Bruchwerth einer Linie zu finden, der weniger als ein ganzer Theil beträgt, es hinreicht, den Nullpunct des Vernier D'E' unmittelbar auf das Ende der Linie zu stellen und die Anzahl der Theile zu zählen, die zwischen Null und dem Theilstrich liegen, welcher auf einen Theilpunct des Limbus fällt. In dem Fall (Fig. 45) enthält z. B. die Linie AB 6 Theile des Limbus DE und einen Bruchtheil, dieser wird gemessen durch die sechste Theilung des Vernier D'E'. Die Linie enthält sonach $6\frac{6}{10}$ Theile.

Es ist nun leicht, diese Erläuterung auf die Theilung der Winkelmesser zu beziehen. Das Erste, wenn man ein Instrument mit dergleichen Einrichtung in die Hand nimmt, ist die Einrichtung des Vernier kennen zu lernen, wodurch man Bruchtheile ablesen kann. Ist der Limbus in ganze Grade getheilt und der Vernier hat 30 Theile, so erhält man offenbar $\frac{1}{30}$ Grad oder 2 Minuten. Bei Theilung des Limbus in halbe Grade, was leicht erkennbar ist, und des Vernier in 30 Theile, kann man $\frac{1}{30}$ des halben Grades oder 1 Minute ablesen. Ist endlich der Limbus in Drittel-Grade und der Vernier in 40 Theile getheilt, so giebt er $\frac{1}{40}$ eines $\frac{1}{3}$ Grades oder 30 Secunden.

Es sei DE (Fig. 46) der Theil eines in Grade getheilten Limbus L; der Vernier V bewege sich auf der Theilung des Limbus von E nach D und sei bis m gerückt. Die Winkalebene liegt zwischen Null von L und dem Nullpunct bei m des Vernier. Man zählt zuerst die Zahl der Theile oder Grade zwischen dem ersten und zweiten Nullpunct, hier 46, dann wird der Bruchtheil in dem Raum zwischen dem 46. Grade und dem Theilstrich m, oder Null von V, durch das letzte Null und den Theilstrich des Vernier angegeben, der mit einem der Theilstriche auf L zusammenfällt; und da der Vernier in 30 Theile getheilt ist, so gilt jeder dieser Theile $\frac{1}{30}$ Grad oder 2 Minuten. Rechnet man also jede Abtheilung von V für 2 Minuten, bis an den Strich n, so ergeben sich überhaupt 22 Minuten und für den beobachteten Winkel $46^{\circ} 22'$. Man bedient sich gewöhnlich einer Lupe, um den Vernier genau ablesen zu können.

Der Limbus und Vernier tragen in der Regel eine Klemme zur Feststellung nach der oberflächlichen Einvisirung, und eine Mikrometerschraube zur feineren Einstellung der Visirlinie.

45. — Die Busssole. Die Hauptbestandtheile der zum Winkelmessen eingerichteten Busssole bestehen in einem in 360 Grade, halbe und Viertelgrade eingetheilten Ringe, in welchem eine Magnetnadel spielt. Das, gegen 6 Zoll im Durchmesser große, runde, messingene Gehäuse ist mit einer Glasplatte bedeckt, und gegen 1 Zoll hoch. Die Nadel ist 5 Zoll lang, entweder flach liegend, dann dünn und spitz rhomboidalisch gesformt; oder hochstehend, wo sie parallelepipedisch und stumpf zugespitzt ist. Die Nordspitze zeichnet sich durch andere Färbung oder durch die Bezeichnung N vor der Südspitze aus und beide Spitzen haben eine goldene oder fein eingerissene Linie, die für die Gradtheilung zum Index dient, daher genau diametral liegen muß. Auf der im Centro des Instruments stehenden feinen glasharten Stahlspitze ruht die Nadel entweder mit einem glatt ausgeschliffenen Achathütchen oder mit einem Plättchen von gehärtetem Stahl.

Die Bodenplatte des Gehäuses ist viereckig oder rund, die erstere so gestellt, daß zwei Seiten mit der Nordlinie genau parallel laufen. Zur Horizontalstellung ist an einer der Quadratsseiten (zuweilen an zweien) eine Röhrenlibelle angebracht, oder man setzt eine Dosenlibelle auf die gläserne Deckplatte.

Als Visirmittel wird eine Rippregel mit gewöhnlichen Dioptern oder einem Fernrohr, entweder an einer der Quadratsseiten der Bodenplatte oder, des bessern Gleichgewichts wegen, in ihrer Mitte angebracht, deren Richtung die Nordlinie der Busssole ist. — Das Instrument wird auf einem Stativ befestigt, erhält die Horizontalstellung durch Bewegung in einer Nuss, die gröbere Drehung durch freie Bewegung um einen Zapfen, die feinere durch Tangenten- oder Mikrometerschraube und kann in jeder Stellung festgestellt werden. Bequem ist es, wenn das Perspectiv mit einer Querare unter der Bodenplatte in der Ebene der Nordlinie angebracht ist, wo es zwar eine beschränkte, jedoch genügende Bewegung in verticaler Ebene gestattet.

Die Buffole ist vorzüglich bei Vermessungen nützlich, die keine zu große Schärfe, aber Zeit-, Kostenersparung und eine schnelle Vollendung erfordern.

Bei dem Transport oder jeder Veränderung der Station muß die Nadel durch eine besonders angebrachte Hebelvorrichtung über ihren Ruhepunct auf der Spitze gehoben und erhalten werden, es würde sonst die Stahlspitze leiden, als auch die Kraft der Nadel durch die unvermeidlichen Stöße beim Transport geschwächt werden. Steht das Instrument lange in Ruhe, so muß die Nadel sich frei auf der Spitze in den Meridian stellen können, sonst würde sie ebenfalls an Kraft verlieren.

46. — Da die Nadel durch ungeeignete Behandlung oder andere Zufälligkeiten während eines Messungsgeschäfts leicht an Kraft geschwächt, dadurch träge und unbrauchbar werden kann, ein Mechaniker aber selten gleich zu Hülfe genommen werden kann, so sollte jeder Feldmesser einen starken natürlichen oder künstlichen Magnet zur Hand haben, um selbst abhelfen zu können.

Bekanntlich besteht die Nadel aus feinem, auf strohgelb gehärtetem Stahl, und der Magnetismus wird ihr durch Streichen mit einem andern Magnet mitgetheilt. Diese Mittheilung geschieht durch den einfachen oder Doppelstrich. Man nimmt die Nadel aus ihrem Gehäuse, legt sie in möglich fester Lage auf ein glattes Bretchen in ungefähre Richtung des Meridians, setzt dann den Nordpol des Magnets in der Mitte der Nadel senkrecht auf und führt ihn unter steter Berührung langsam nach dem Ende des Südpols. Hier zieht man ihn behutsam von der Südspitze ab, setzt nun den Südpol des Magnets in der Mitte auf und zieht ihn auf gleiche Weise nach dem Nordpol. Auf dieselbe Weise fährt man eine Zeitlang fort, ohne die anfängliche Richtung der Nadel zu verändern und ohne einen falschen Strich zu thun (der sofort der Nadel wieder Kraft rauben würde), bis die Kraft der Nadel nicht mehr wächst.

Dies ist der einfache Strich, bei dem jedoch oft der Magnetismus der Nadel ungleich wird, welches bei dem Doppelstrich vermieden wird.

Bei diesem erfolgt das Streichen mit zwei Magneten zugleich, von denen der eine mit seinem Südpol, der andere mit dem Nordpol in der Mitte der Nadel aufgesetzt wird. Das Ziehen geschieht wie beim einfachen

Strich und der Südpol des Magnets giebt der Nadel den Nordpol und umgekehrt.

Nicht leicht werden zwei Nadeln, die man nacheinander in dasselbe Gehäuse einlegt, bei unverrücktem Stand des Stativs, ein- oder zwei Grad zeigen; sie geben oft eine Abweichung von 1 — 2 Gr. Dieses ist jedoch nicht als Fehler der einzelnen Nadeln anzusehen, und deshalb kann jede zum Gebrauch vollkommen gut sein, nur hat der magnetische Meridian in jeder Nadel eine andere Lage, das heißt, er geht nicht bei jeder genau durch die Spitzen und den Drehpunct des Hütchens.

47. — Von dem Mestisch. Dieses zu Detailmessungen so vorzügliche Instrument besteht in seiner einfachsten Gestalt aus einem Tischblatt (Mensel) und dem Stativ.

1) Das Tischblatt wird aus schmalen Stücken gut ausgetrocknetem, astfreiem Lindenholze zusammengesetzt, gut verleimt und überzwerch verdoppelt, mit ungeleimten Hirnleisten und auf den Grat eingeschobener Ruthleiste versehen und ist 18 bis 24 Zoll im Quadrat und gegen $\frac{3}{4}$ Zoll dick.

2) Das Stativ besteht aus dem Kopfe von 6 bis 8 Zoll Durchmesser mit schwächerem Hals, an welchem drei mit eisernen Fußspitzen beschlagene Füße so befestigt sind, daß sie durch messingene Schraubenmuttern fest angezogen werden können, wenn ihnen ihre Stellung gegeben ist.

Die Mensel wird auf eine messingene, 4 bis 5 Zoll große Scheibe geschraubt, deren Zapfen in dem Kopfe des Stativs beweglich ist und festgestellt noch durch eine Tangentenschraube bewegt werden kann. Die Verbindung der Mensel mit dem Stativ ist mehr oder weniger zusammengesetzt, theils mit, theils ohne Einrichtung zur Horizontalstellung des Tisches, je nach der größern und geringern Vollkommenheit des Instrumentes. Zuweilen ist auch die Tischplatte auf einem Kreuz verschiebbar, um den Stationspunct auf dem Papiere genauer über den Standpunct stellen zu können; die drei Schrauben, wodurch der Tisch horizontal gestellt wird, sind entweder unter demselben unmittelbar oder auch unten an den Füßen angebracht; statt der Tangentenschraube findet sich eine Mikrometerschraube: kurz, die Einrichtung des Instrumentes ist so verschieden, einfacher oder complicirter, daß es ein vergebliches Bemühen sein würde, den verschiedenartigen Bau zu beschreiben.

Von einem guten Nenselapparat fordert man, daß er nicht zu schwer sei, weil dessen Fortstellung sehr oft geschehen muß; daß er, einmal festgestellt, kein Zittern, Wanken, oder Drehen wahrnehmen lasse; daß sowohl die grobe als feine Bewegung stete, nicht ruckweise geschehen könne und die Horizontalstellung möglichst bequem und solide sei.

48. — Zu dem Nestschapparate gehören noch;

1) Ein Diopterlineal, aus einem messingenen, $1\frac{3}{4}$ Zoll breiten Lineal von 18 Zoll Länge, an dessen Enden die Diopter aufgeschraubt oder in Charnieren beweglich sind. Eins dieser Dioptern (Dculardiopter) hat entweder eine Reihe feine Löcher über einander oder einen feinen Schlig, das andere (Objectivdiopter) einen breiten Ausschnitt mit straff eingespanntem Pferdehaar. Zuweilen wechselt diese Vorrichtung in jedem der Dioptern in der halben Höhe, damit man rückwärts visiren kann, ohne das Lineal umzudrehen.

2) Das Diopterlineal wird besser durch eine Kippregel ersetzt. Es ist dann anstatt der Dioptern über dem Lineal ein Perspectiv angebracht, welches sich in senkrechter Ebene bewegen läßt, mit Fadenkreuz und zuweilen mit eingetheiltem Höhen- (Halb-) Kreis versehen ist. Daß die Kippregel mit Perspectiv ein weit genaueres Visiren, zumal auf entferntere Gegenstände, gestattet, ist ersichtlich; sie ist jedoch auch etwas beschwerlicher zu handhaben, als das Diopterlineal.

3) Man bedient sich auch eines Diopterlineals, dessen Objectivdiopter mit einem Schieber versehen ist, dessen Quersfaden auf hunderttheiliger Scale oder Tangentenscale Höhenvisuren abschneidet. In dem Dculardiopter liegen dann die äußeren Löcher mit den Theilen 0 und 100 in einerlei Höhe, und der Abstand beider Dioptern ist den 100 Theilen der Scale gleich, oder kann auf diese Länge versetzt werden. Diese Einrichtung ist bequem, um bei topographischen Messungen die Höhe eines Berges und die Neigung seines Abhanges leicht zu bestimmen.

4) Die Libelle, Wasserwage. Bei'm Horizontalstellen des Nestsches bedient man sich meistens der Dosenlibelle, zuweilen auch der Röhrenlibelle. Da letztere überhaupt bei Meßinstrumenten vielfach angewendet wird und auch für Techniker von Wichtigkeit ist, so mö-

gen beide Arten Libellen im Nachstehenden besprochen werden.

a) Die Röhrenlibelle. Sie besteht gewöhnlich aus einer 6 bis 8 Zoll langen, messingenen, starken Regel, auf welcher eine dergleichen schwache Hülse befestigt ist, die jedoch mittelst einer Schraube, welche man die Rectificirschraube nennt, eine geringe Bewegung in senkrechter Ebene zuläßt.

In dieser oberhalb gegen 2 Zoll lang ausgeschnittenen, $\frac{5}{8}$ Zoll starken Hülse liegt eine cylindrische Glasröhre. Diese Röhre soll eigentlich vollkommen cylindrisch ausgegliffen sein und ist dann am empfindlichsten, jedoch so empfindlich, daß es fast unmöglich wird, die Luftblase zum Stehen zu bringen; sie würde sich fortdauernd nach einem Ende der Röhre ziehen. Auch hängt die Empfindlichkeit der Libelle von der innern Politur ab; je reiner und vollkommener diese ist, desto geringer ist die Adhäsion und desto geringer auch der Reibungswiderstand gegen die Bewegung des Weingeistes und der Luft. — Aus diesem Grunde ist auch die Länge der Luftblase nicht gleichgültig. Eine zu kurze Luftblase bewegt sich zu langsam und macht die Stelle ihres Stillstandes zweideutig, eine zu lange Luftblase steigt zu schnell und ist schwer zum Stillstand zu bringen. Man giebt ihr gewöhnlich gegen den vierten Theil der Röhre an Länge, wenn sie sehr empfindlich sein soll; wird dieses in geringerem Grade verlangt, nur den fünften oder sechsten Theil, in Beziehung auf eine mittlere Temperatur von 10 Grad R.; denn bei der Arbeit an heißen Tagen wird die Blase auffallend kleiner, das Gegentheil in der Kälte; bei Dosenlibellen kann in der Sonnenwärme die Blase zur Unbrauchbarkeit klein werden, so daß man genöthigt wird, sie einige Zeit in die Erde zu graben, damit die Blase sich wieder ausdehne.

Damit eine Röhrenlibelle, welche ausgegliffen wird, den zu hohen Grad der Empfindlichkeit verringere, wählt der Mechanicus eine Glasröhre aus, die einen Bogen von sehr großem Radius bildet oder schleift sie durch gewisse Kunstgriffe nach einer solchen Krümmung. Die concave Seite wird dann nach oben gefehrt. Bei dem Planglase der Dosenlibelle kann die untere Seite zwar auch unmerklich concav geschliffen werden; bei dieser ge-

nügt jedoch schon, wenn man die Berührungsseite mit der Flüssigkeit matt läßt.

b) Die Dosenlibelle (*genouillère*) besteht aus einer cylindrischen Büchse von Messing, deren obere Fläche eine plangeschliffene Glasplatte ist. Der Weingeist wird durch eine im Boden angebrachte, durch Schraube verschlossene kleine Oeffnung mittelst einer fein ausgezogenen gläsernen Röhre eingeblasen. Der Geometer muß mit dem Füllen umzugehen wissen, da die Blase häufig sich vergrößert, wodurch die Libelle unbrauchbar wird. — Der untere Rand, womit die Libelle aufsteht, muß mit der Ebene der Glasplatte, welche auf der Flüssigkeit liegt, genau parallele Ebenen bilden. Der Messingrand, welcher das Glas hält, muß scharf anpolirt sein, um das Verdunsten des Weingeistes möglichst zu hindern.

5) Die Orientirbusssole, welche ebenfalls in Grade getheilt, auf einer viereckigen Platte befestigt und mit Hemmung versehen ist. Deren Einrichtung ist von der beschriebenen Winkelbusssole nur in der Größe verschieden, indem die Nadel nur 2 bis 2½ Zoll lang gemacht wird. Die viereckige Bodenplatte wird zum Gebrauch entweder auf die Mensel aufgesetzt, oder an deren Seite in Falzen angeschoben und angeschraubt. Im erstern Falle müssen zwei Kanten der Platte parallel der Nordlinie sein; im zweiten muß man die Büchse auf der Platte drehen und feststellen können.

6) Eine messingene Gabel, welche mancher für unentbehrlich hält, um einen Punct auf dem Tische genau über den des Feldes stellen zu können, ist jedoch ein sehr entbehrliches Hülfsinstrument.

48a. — Aufspannen des Papiers auf die Mensel. Damit das Papier bei nebeligen Tagen, feuchter Morgen- und Abendluft nicht Blasen werfe oder verziehe, muß man es auf folgende Weise aufspannen:

Man schneide das Papier um einige Linien kleiner, als das Bret; nehme das Weiße von einem oder zwei Eiern, gieße etwas Wasser zu und quirlle es in einem Topfe zu stehendem Schaum. Nun feuchte man das Papier auf der Berührungsseite mit dem Bret mit Wasser und einem Schwamm gelinde an, doch so, daß keine nasen Stellen sichtbar werden; bestreiche dieselbe Seite mittelst eines Pinsels oder Schwammes mit dem festen Schaum gleichmäßig und lege sie mit Umgehung von

Blasen flach auf die Bretfläche, ohne hin- und herzu-
ziehen.

Nun fängt man in der Mitte an mit einem reinen,
leinenen Tuche das Papier nach den Rändern zu auszu-
streichen. wobei es der Vorsicht bedarf, daß keine Blasen
entstehen und auch die kleinste ausgestrichen werden muß,
so daß das Papier überall auf dem Brete vollkommen
haftet. Hierzu gehört einige Übung.

Größere Blasen werden entfernt, daß man das Pa-
pier vom Rande herein behutsam hebt und zugleich die
Luft dahinwärts austreibt; kleinere, indem man der
Luft durch einen Nadelstich und Andrücken des Papiers
Ausgang verschafft.

Ist das Papier vollkommen glatt angestrichen (an-
reihen durch einen harten Gegenstand darf man nicht),
so hebt man den Rand etwa 3''' breit mit einem Messer,
biegt ihn gelinde um und bestreicht ihn mit dünnem Leim,
wonach man ihn mit dem Falzbeine sogleich wieder nie-
derdrückt und anreibt. Dies muß geschehen, bevor das
Eiweiß trocken geworden.

Nachdem das Trocknen erfolgt, hebt man mit einem
Federmesser vorkommende Knötchen und Körnchen aus
dem Papiere und schleift vorstehende Ränder an den Bret-
kanten mit Bimsstein ab.

Ein auf solche Art aufgespanntes Papier zieht sich
auch bei schwachem Beseuchten nicht auf und läuft nach
dem Abschneiden sehr wenig oder gar nicht ein. — Bei
dem Abnehmen schneidet man längs der geleimten Kante
ein, hebt das Blatt mit einem Messer am Rande und
zieht es vom Brete vorsichtig ab, wobei man ein Knistern
wahrnehmen wird, wenn das Eiweiß gut geschlagen worden.

Es gehört dazu ein starkes gut geleimtes Belinpa-
pier ohne starke Narbe; weiches und schwammiges taugt
nicht und kann oft nur stückweis abgelöst werden.

Um das Blatt bei schnell eintretendem Regen gegen
denselben zu schützen, fertigt man sich eine Decke von
dichter Wachsleinwand, die man mit Leinen füttert.

Noch besser ist ganz dünn gewalzte Guttapercha.

Prüfung der beschriebenen Meßinstrumente.

49. — Wenn der Geometer mit Sicherheit und
Zuversicht arbeiten will, so muß er der Richtigkeit und
des guten, soliden Zustandes seiner Instrumente versichert

sein, oder er muß wenigstens deren subjective Fehler kennen, um sie bei der Rechnung als Factoren einführen zu können, wenn sie sich nicht zur Unbrauchbarkeit steigern oder nicht constant bleiben. Er muß also seine Instrumente zu prüfen wissen, aber auch stets gewissenhaft prüfen, wenn er sie aus der Hand des Verfertigers erhält.

Die specielle Prüfung hängt zunächst von der Einrichtung des Instrumentes ab und kann bei der großen Verschiedenheit nur allgemein angegeben werden. — Es giebt aber zuweilen Hauptbedingungen, die ein Instrument irgend einer Art erfüllen muß, sein Bau mag noch so verschieden sein, und auf diese wird nachfolgende Besprechung vorzüglich gerichtet sein.

50. — Prüfung der Theodoliten. Die Untersuchung dieses Instrumentes muß sich namentlich richten:

- 1) auf Berichtigung der Libelle;
- 2) die Horizontalstellung der Axe am Perspective;
- 3) die Bewegung der Kippregel in senkrechter Ebene, und endlich
- 4) auf die horizontale Lage der Fernrohrraxe.

Die Libelle zu berichtigen, bringt man diese in die Richtung zweier Fußschrauben und läßt die Libelle mittelst Bewegung dieser Schrauben einspielen, wendet sodann die Nonius Scheibe um einen Halbkreis. Es muß nun auch die Luftblase zwischen ihren Zeichen verharren; wo nicht, so richtet man sie wieder, zur Hälfte durch die beziehliche Fußschraube, zur Hälfte aber durch das Rectificirschraubchen der Libelle, ein, bis sie vollkommen ihre Stelle einnimmt. Dieses Verfahren muß so oft wiederholt werden, bis die Blase bei jeder halben Umdrehung des Nonius in ihre angewiesene Stellung zurückkehrt. — Hierdurch ist die Limbusscheibe nach der Richtung der benutzten Fußschrauben horizontal. Man wendet nun die Nonius Scheibe um 90 Grad, bringt die Limbusscheibe durch die dritte Fußschraube auch nach dieser Richtung horizontal und stellt sie endlich durch alle drei Fußschrauben, bis die Blase bei jeder Wendung des Nonius ihre markirte Stelle nicht mehr verläßt.

Zu Prüfung der Fernrohrraxe hängt man die Libelle in die cylindrischen Endzapfen der Welle verkehrt ein, bringt die Blase, wenn sie ihre Stelle verläßt, zur Hälfte durch Erhöhung oder Senkung des Zapfenlagers an dem einen Träger, mittelst der beiden untern und der

beiden obern Schrauben, zur Hälfte aber durch ihr Rectificirschraubchen in ihre Stelle zurück: so ist die Are der Welle mit der Are der Libelle parallel und folglich horizontal. Man mag nun die Libelle beliebige Mal umhängen, so darf die Blase nicht eine andere Stellung einnehmen. Schwingt man hierauf die Libelle etwa um einen Zoll rechts und links sanft um die Welle des Fernrohrs und zieht sich dabei die Blase nicht nach einem ober oder anderen Ende ihrer Röhre: so ist die Are der Libelle mit der der Fernrohrwelle auch in derselben Ebene; in dem Falle einer Abweichung muß die Glasröhre durch das Seitenschraubchen so lange vor- oder zurückgeschraubt werden, bis obiger Zweck vollkommen erreicht ist.

Um die senkrechte Stellung der Fernrohrare gegen die der Welle zu prüfen, visirt man nach einem gut beleuchteten Gegenstande, verwechselt dann die Zapfen des Fernrohrs in ihren Lagern, und beobachtet, ob keine Abweichung der Visirlinie Statt findet. — In diesem Falle richtet man die Gesichtslinie halb durch die Mikrometerschraube, halb durch die des Fadenskreuzes auf den Gegenstand zurück und wiederholt dieses Verfahren so lange, bis die Visirlinie bei jeder Umkehrung des Fernrohrs den Gegenstand genau schneidet. Sie ist dann senkrecht der Wellare, und da diese bereits horizontal eingestellt ist, bewegt sich das Fernrohr in senkrechter Ebene.

Eine gute Prüfung der verticalen Bewegung der Nippregel ist auch folgende:

Man stelle sich an das Ufer eines ruhigen Wasserspiegels, eines Teiches, richte das Instrument genau horizontal und visire nach einem hohen Gegenstande, z. B. einer Kirchturmsspitze. Senkt man nun, bei übrigens unverrücktem Instrumente, das Fernrohr zu dem Bilde dieser Spitze im Teiche, so muß diese genau durch den Faden geschnitten werden.

Visirt man einen entfernten Gegenstand und liest die angezeigten Grade des Höhenkreises, kehrt dann das Fernrohr vertical um, so daß der Höhenkreis mit derselben Seite an den Nonius und mit dem Vorderglas nach demselben Gegenstande gerichtet ist; wendet den Höhenkreis um 180 Grad: so hat der Nullpunct auf ihm die doppelte Zenithdistanz*) durchlaufen.

*) Jeder Bogen in senkrechter Ebene von der Verticallinie eines Standpunctes bis zu einem Richtpunct heißt die Zenithdistanz dieses Punctes.

Ließt man nun das Gradmaß wieder ab, zieht den vorigen Bogen von letzterm ab und halbirt die Differenz, so ergiebt sich die einfache Zenithdistanz, die sodann + 90 Grad, je nachdem es ein Elevations- oder Depressionswinkel ist, die Höhe oder Tiefe jener in Bezug auf die Wellare anzeigt. — Bringt man nun das Fernrohr wieder in seine ursprüngliche Lage, und senkt oder erhöht es um jenes gefundene Gradmaß, so wird die Gesichtslinie desselben in den scheinbaren Horizont gebracht und werden die Theilstriche nachgewiesen, von welchen aus die Höhen- oder Tiefenwinkel bei der Beobachtung gezählt werden müßten, wonach man den Nonius auf den Nullpunct des Höhenkreises dann definitiv einzustellen hat.

Um die Genauigkeit der Theilung des Azimuthalkreises zu untersuchen, steckt man auf dem Felde einen rechten Winkel ABC, (Fig. 47) auf das Genaueste mit AB ab, und stellt das Instrument in A horizontal auf. Man stellt den Nullpunct des Nonius auf den Nullpunct des Limbus und richtet das Fernrohr, sowie auch das Versicherungsröhr auf den Punct B, rückt sodann den Zeiger von Theilstrich zu Theilstrich und bestimmt in der Cathete BC mittelst eines senkrechten Stabes die Durchschnitte m, n, C der Visirlinie: so geben die Tangenten Bm, Bn (n. Geom.)

$$AB : Bm = 1 : \text{tg. } BAm$$

$$AB : Bn = 1 : \text{tg. } BAn \text{ etc.}$$

die wahren Werthe der Bogen vom Nullpuncte bis zu jedem Theilstrich des Limbus; und wenn man diese von einander abzieht, auch die jeder einzelnen Abtheilung desselben.

Sind auf diese Weise die Werthe der Bogen von einer Anzahl Grade, etwa bis 30 Grad, gefunden worden, so untersucht man die der folgenden 30 Grade dadurch, daß man den Index des Nonius auf den Theilstrich des dreißigsten Grades einstellt, die Fernröhre wieder genau auf B richtet und wie bei den ersten 30 Grad verfährt; endlich zu dem gefundenen Werth eines jeden Bogens noch den von 30 Grad addirt. Auf gleiche Weise werden die Bogen von 60 bis 90 Grad u. s. f. des ganzen Limbus ausgemittelt*).

*) Die Beobachtung sämmtlicher Winkel um einen Punct herum nennen die Franzosen tour d'horizon. Der deutsche Geometer hat dafür keinen Ausdrück.

Zur Prüfung der Noniustheilung stellt man das genau horizontal gestellte Instrument wieder auf Null ein; führt dann jeden Theilstrich des Nonius auf Null des Limbus und bestimmt in der Senkrechten die Tangenten wie zuvor: so werden durch diese ebenso, wie durch jene, die wahren Werthe der Bogen vom Index bis zu jedem Theilstriche des Nonius, und durch den Unterschied derselben, auch der Werth einer jeden Noniusabtheilung bekannt.

Auch kann man die Richtigkeit der Theilung des Limbus durch den Nonius selbst untersuchen, indem man bei'm allmätigen Fortrücken des letzteren beobachtet, ob der Index und der letzte Theilstrich des Nonius stets mit zwei Theilstreichen des Limbus genau eintreffen.

51. — Prüfung des Spiegelsertanten. Diese hat vorzüglich ihre Operationen darauf zu richten, ob die spiegelnden Flächen vollkommen eben sind; ob die belegten Gläser in allen Puncten gleich stark sind; ob die Spiegel auf der Ebene des Limbus genau senkrecht stehen, die Axe des Fernrohrs aber mit derselben Ebene parallel läuft, und daß beide Spiegel genau parallel sind, wenn die Alhidade auf Null gestellt wird.

Die Spiegelfläche giebt sich als Unebene dem Untersuchenden nur dadurch zu erkennen, daß sie die Bilder verzerrt, wenn das Auge in einige Entfernung vor den Spiegel tritt und sich etwas bewegt.

Der mangelnde Parallelismus der Glasflächen, wodurch der einfallende Strahl doppelt gebrochen wird, kann erkannt werden, wenn man ein helles, scharf begrenztes Object, am besten einen Firsteru, spiegeln läßt, während die Spiegelebene eine geneigte Lage gegen den Gesichtstrahl hat. Wird das Object doppelt oder mehrfach gesehen, so sind die Glasflächen nicht parallel.

Um daselbe bei dem unbelegten Theil des einen Spiegels zu untersuchen, richte man ein Fernrohr mit dem Fadenkreuz auf einen beliebigen Gegenstand. — Bringt man dann das Spiegelglas vor das Objectiv des Fernrohrs und es bleibt der beobachtete Gegenstand von dem Fadenkreuz gedeckt, auch wenn man das Glas dreht, so zeigt dies an, daß dessen Flächen parallel sind.

Die senkrechte Stellung der Spiegel gegen die Azimuthalebene kann von dem Mechaniker gefordert werden.

Im Nothfalle sind Correctionsschrauben vorhanden, womit es nachträglich bewirkt werden kann. Das Ver-

fahren dabei ist jedoch zu complicirt, als daß ein Geometer sich damit befassen möchte, und er muß dem Künstler vertrauen, daß er bei der Anfertigung den gehörigen Fleiß auf die richtige Stellung der Spiegel verwendet habe. An den neueren Instrumenten sind auch für diese Anwendung, sowie zum parallel Einstellen der Spiegel, Correctionschrauben selten vorhanden, weil durch sie immer die Unveränderlichkeit gefährdet wird. Es ist aber unerläßlich, daß der Geometer den Parallelismus der Spiegel vor dem Gebrauche sorgfältig untersuche.

Es muß zwar stets der Drehungswinkel der Alhidade dem des großen Spiegels gleich sein; allein wenn die Alhidade im Anfange der Drehung, wo beide Spiegel parallel sein müssen, nicht zugleich auf Null steht, so ist der abgelesene Drehungswinkel nicht der richtige, sondern immer um den Theil zu groß oder zu klein, um welchen der Nonius bei paralleler Stellung der Spiegel von 0° abweicht. Diese Abweichung, die constant ist, nennt man den Collimationsfehler und muß sie jedem Winkel positiv oder negativ zusehen.

Diesen Collimationsfehler zu finden, richtet man das Fernrohr nach einem weit entfernten Gegenstande, damit die Parallaxe des Sextanten unendlich klein werde, und bringt durch die Mikrometerschraube die beiden Bilder zur Deckung. Alsdann ist der Abstand des Index von dem Nullstriche des Limbus der gedachte Fehler, und man muß denselben von jedem gemessenen Winkel abziehen, wenn er von Null nach dem kleinen Spiegel hin liegt, addiren bei entgegengesetzter Lage. Hierbei kommt denn auch die Uebertheilung des Limbus zur Anwendung.

Genauer läßt sich der Collimationsfehler durch den Mond finden. Man richte im Vollmond das Perspectiv nach ihm, bringe die Ränder beider Bilder in genaue Berührung und lese die angezeigten Grade ab. Hierauf bringe man die entgegengesetzten Ränder in gleiche Berührung und notire ebenfalls die abgeschnittenen Grade. Der halbe Unterschied beider Gradangaben ist der Collimationsfehler, hingegen ihre halbe Summe der scheinbare Durchmesser des Mondes.

Weil der Collimationsfehler durch die Wandelbarkeit des Instrumentes sich mit der Zeit ändert, so muß man ihn vor jeder wichtigen Messung auf's Neue suchen.

Auf mathematische Schärfe der senkrechten Stellung des großen Spiegels und der parallelen Lage des Fernrohrs mit der Ebene des Limbus braucht nicht in einem so hohen Grade geachtet zu werden, wenn man nur sonst von dem sorgfältigen Bau des Instrumentes versichert sein kann.

52. — Unter die Fehler, welche der Geometer nicht verbessern kann, aber in Rechnung nehmen muß, gehören die der nicht vollkommenen Theilung des Limbus und des Nonius und die der Excentricität. Theilungsfehler des Limbus findet man durch gradweises Fortrücken des Nonius. Es kann aber wohl auch der sonst richtig getheilte Bogen nicht genau 60° halten, nämlich der Mittelpunct der Theilung außerhalb des Drehpunctes der Alhidade liegen. Dieser Fehler wird leicht gefunden, wenn man um einen Punct herum die Summe von 6 . 60° mißt und bei der letzten Visur nicht genau wieder in den Punct des Ausgangs trifft; man thut wohl, eines solchen Instrumentes sich gar nicht zu bedienen, weil dergleichen Fehler unangenehme Rechnungen nach sich ziehen.

53. — Prüfung der Buffole. Von einer guten Buffole wird verlangt:

Daß in dem Gehäuse und dem getheilten Ring keine Eisentheile befindlich seien, welche die Bewegung der Nadel unregelmäßig machen würden. Um dieses zu untersuchen, nähere man behutsam und allmählig alle Stellen des ausgehobenen Ringes der Spitze einer frei aufgestellten, empfindlichen Nadel und beobachte, ob die Nadel bei irgend einer nah gebrachten Stelle in Bewegung geräth. Dasselbe kann man auch mit dem übrigen Gehäuse vornehmen. Zeigt sich eine Eisen enthaltende Stelle, so ist die Buffole verwerflich.

Die Nadel muß auf ihrem Stifte im gehörigen Gleichgewicht, der Drehpunct genau in dem Centro des Limbus sein, und deren Spitzen müssen sich in der Ebene dieses Kreises und möglichst nahe an der Theilung bewegen. Man findet dieses, wenn man die Buffole horizontal stellt. Dem Neigen eines Pols (gemeinlich des Nordpols) kann durch ein kleines Wachskügelchen abgeholfen werden.

Die Mittellinie der Nadel muß genau durch die Spitze des Centralstiftes gehen, und auf dem Limbus in jeder Stellung zwei Rechte (180°) abschneiden. — Die

Spitze, worauf die Nadel ruht, darf nicht außer dem Mittelpunkt der Theilung stehen; auch muß die Bohrung des Hütchens polirt und in einer vollkommen conischen Spitze enden. Da dieses bei Achathütchen schwer zu erreichen ist, so ist ein glashartes Stahlplättchen einem solchen vorzuziehen.

Ungeachtet aller Sorgfalt des Mechanikers, trifft es sehr selten, daß sich die Nadel genau centrirt bewegt, das heißt, daß die Winkel, welche von beiden Spitzen angezeigt werden, unter sich genau um $2R$ differiren. Diese Excentricität der Nadel kann zu Ursachen haben, daß die beiden Nadelspitzen und der Drehpunkt nicht in einer vollkommenen Geraden liegen, daß die Stahlspitze nicht genau der Mittelpunkt des getheilten Kreises ist, oder daß das Hütchen keine richtige conische Spitze auf dem Grunde der Bohrung hat. Ist die Excentricität constant, so kann man sich helfen, daß man das arithmetische Mittel von beiden Angaben nimmt.

Angenommen, die Nadel AB (Fig. 48) drehte sich in O' anstatt auf dem Centrum O des Limbus, so wird man in A den Winkel β ablesen; liest man in B , so zeigt sich der Winkel $\alpha + \beta' = 180^\circ + \beta'$. Es differirt aber β von α' , was man erhalten müßte, um $\beta - \alpha$, β' differirt von α' um eine gleiche Größe.

Man hat dann

$$\alpha = \beta - (\beta - \alpha) \text{ und } \alpha' = \beta' + (\beta - \alpha);$$

werden beide Gleichungen addirt und halbirt, so ergibt sich, weil

$$\alpha = \alpha, \quad \alpha = \frac{\beta + \beta'}{2}.$$

Die Trägheit einer Nadel kann von stumpfer oder durch Grat rauher Spitze, von zu großer Schwere oder von Mangel hinreichend magnetischer Kraft herrühren. Um sich möglichst dagegen zu bewahren, lasse man die Nadel ohne Noth nie auf der Spitze ruhen, wenn man das Instrument fortträgt oder aufstellt; lasse sie bei Lösung der Arretirung nicht jählings auf die Spitze fallen, hüte das Instrument gegen gewaltsame Stöße und lenke die Nadel nicht ohne Bedürfnis durch Eisen übermäßig ab. Bei längerem Nichtgebrauche darf man sie nicht gehemmt stehen lassen, zumal nicht in anderer Stellung als in dem Meridian.

Gut gestrichene, kräftigere Nadeln halten sich auf der Spitze weniger unstät als unkräftigere, weil sie die Wirkungen der Schwungkraft leichter überwinden. Träge Nadeln ändern bei einer geringen Erschütterung leicht ihre Stellung und gehen nicht wieder dahin zurück.

Um die Empfindlichkeit und die freie Bewegung der Nadel gehörig zu prüfen, richtet man die Diopter nach einem beliebigen Gegenstand und bemerkt die angezeigten Grade. Lenkt man in diesem Stande die Nadel einigemal ab, oder dreht die Visur ab und wieder auf das Object zurück, so muß nach Beendigung der Schwingungen die Nadel die notirten Grade genau wieder zeigen. Auch muß sie der geringsten Bewegung der Mikrometerschraube willig folgen, ohne daß man sie durch Anklopfen u. d. zu nöthigen darf.

Auf die Inclination der Nadel (variirende Abweichung in senkrechter Ebene, eigentlich in diagonalen) braucht man nicht Rücksicht zu nehmen; sie kann nur dadurch stören, wenn sich die Spitze zu weit unter die Horizontalebene des Limbus senkt und damit das Ablesen der Grade erschwert.

54. — Manche Geometer glauben auch darauf achten zu müssen, daß die optische Axe des Fernrohrs vollkommen parallel dem Durchmesser Nord-Süd des Gehäuses sei. Findet dieses nicht statt, so ist es zwar eine Unregelmäßigkeit des Instruments mehr, aber nicht eine unerläßliche Bedingung, weil der Fehler, da er constant ist, nur eine geringe Abweichung bei der Orientirung des Plans veranlaßt und bei dem Auftragen durch einmalige Correction des magnetischen Abweichungswinkels gehoben werden kann. Wären zum Beispiel (Fig. 49) die Winkel a und b mit einer Buffole gemessen, die mit einer dergleichen Abweichung in dem Parallelismus der Aren behaftet ist, welche gleich β wäre, dann ist der durch die Richtlinien gebildete Winkel m gleich $b - a$; wenn die Beobachtung mit einer fehlerfreien Buffole gemacht wäre, so würde $(b + \beta) - (a + \beta) = b - a = m$, während β jeder Werth ist, der auf dem Limbus in derselben abgelesen wird.

55. — Prüfung des Nestisches und des Diopterlineals. Vor dem Gebrauche des Nestisches hat man zu untersuchen:

Ob das Tischblatt vollkommen eben ist. Die Probe durch Aufsetzen der scharfen Kante des Lineals kann wohl ausreichen, befriedigender ist jedoch die Untersuchung durch die Wasserwaage, ob diese, auf verschiedene Stellen der Tischfläche gestellt, gleichmäßig einspielt. Das Abrichten eines uneben gewordenen Bretes muß man dem Tischler

anheimgeben. Breter, welche Neigung zum windschiefen Werfen zeigen, werden dieses auch nach wiederholtem Abrichten fortsetzen.

Zuweilen läßt sich die ebene Fläche herstellen, wenn man zwei Tischblätter mit feinem, durchgebeuteltem Sand und dann mit klarem Bimsstein auf einander reibt, indem man ihre gegenseitige Lage oft verändert, auch das obere mit dem untern wechselt, und dies Reiben so lange fortsetzt, bis die gereinigten Flächen dergestalt cohären, daß sich das obere mit dem untern heben läßt.

Kein Theil des Stativs und Tisches darf irgend ein Wanken, Federn oder leeren Gang zeigen, sich auch weder zu streng noch zu leicht bewegen lassen. Besonders ist darauf zu sehen, daß das Stativ solid gearbeitet sei, alle Schrauben fest sitzen und greifen, die Horizontal-Stellschrauben in ihren Muttern nicht wanken; daß sie die Nuss scharf anziehen; daß besonders auch die Tangenten- oder Mikrometerschraube dem Tischblatt außer ihrer regelmäßigen Bewegung nicht die mindeste Drehung gestattet, wenn die grobe Zapfenbewegung festgestellt ist.

Werden die Horizontalschrauben zu gewaltsam angezogen, so können sie leicht eine Biegung des Tischplattes verursachen. Auch ist anzurathen, die Lage des Tischplattes über den Schraubenenden zuweilen zu ändern, damit sich diese nicht in den Messingring einarbeiten.

Das Diopterlineal ist zuerst zu untersuchen, ob dessen Kanten vollkommen geradlinig und, da man in einzelnen Fällen die gegenliegende Kante zu brauchen genöthigt ist, auch parallel sind. Die Prüfung, ob ein Lineal gerade sei, geschieht, wie bekannt, durch eine an der Kante gezogene feine Linie, die vollkommen gedeckt werden muß, wenn man die Kante von der entgegengesetzten Seite an die Linie anlegt. Um den Parallelismus beider Kanten zu prüfen, stecke man auf dem horizontal gestellten Tisch zwei von den feinen Nadeln, die man bei dem Visiren anwendet, lege das Diopterlineal scharf an und richte die Mensel nach einem weiten, gut zu schneidenden Object. Legt man nun die andere Kante bei unverrücktem Tisch an die Nadeln, so müssen die Diopter das Object wieder genau schneiden, denn die Parallaxe kann nicht in Rechnung kommen, wenn der Gegenstand weit genug entfernt ist.

Der senkrechte Stand der Diopter läßt sich am einfachsten mittelst eines Loths untersuchen, welches man in einiger Entfernung aufhängt, das Diopter, auf horizontal gestelltem Messtisch, danach richtet und beobachtet, ob der Faden des Diopters den des Loths überall genau deckt,

wenn man durch die untern und obern Bistirlöcher sieht. Wo nicht, so kann der senkrechte Stand mittelst der angebrachten Correctionschrauben hergestellt werden. Diop-
terlineale mit in Charnieren beweglichen Dioptern haben zwar den Vorzug der Bequemlichkeit beim Transport, müssen jedoch gut gearbeitet sein, daß diese Bewegung nicht wankend werde.

56. — Prüfung der Kippregel mit und ohne Perspectiv. Man prüft zuerst das Lineal auf gerade Linie, wie oben bemerkt; dann versichert man sich, daß die Bewegung der Kippregel bei horizontaler Stellung des Meßtisches auf und ab in senkrechter Ebene geschieht und mit der Kante des Lineals zusammenfällt. Bevor sich diese Untersuchung vornehmen läßt, muß man das Fadenzug im Fernrohr in die, dem Auge entsprechende, subjective Stellung bringen; man hat nämlich das Ocular so lange aus- und einzuschieben, bis das Fadenzug vom Auge deutlich und scharf begrenzt gesehen wird. Jedes Auge erfordert immer einen besondern Abstand; im Allgemeinen wird es aber deutlich gesehen, wenn es im Brennpuncte des letzten Oculars liegt. Es ist besonders darauf zu achten, daß das Bild im Fernrohr mit dem Faden in einerlei Ebene falle. Hat man daher den Faden die richtige Stellung gegen das Ocular gegeben, so richte man das Rohr auf einen entfernten Gegenstand; bewegt man dann das Auge vor dem Ocular hin und her und weicht dabei der Faden vom Object ab, d. h. zeigt sich eine Parallaxe, so liegt das Bild nicht mit dem Faden in einerlei Ebene und man muß das Objectiv dem Ocular nähern oder entfernen, zu welchem Behuf das Objectiv in eine kurze Röhre gefaßt ist, die verschoben werden kann.

Der Kurzsichtige muß für jeden Gegenstand die beiden Gläser (Ocular und Objectiv) einander näher bringen, als der Weitsichtige; beide aber für näher liegende Gegenstände das Ocular weiter herausziehen, als für entfernte Gegenstände.

Hat das Fernrohr Kreuzfäden, dann kommt wenig darauf an, ob die Fäden senkrecht und horizontal liegen; es muß aber der Kreuzungspunct genau in die Are des Fernrohrs fallen, indem dieser zum Richtpunct nach Objecten benützt wird.

Die Axe des Fernrohrs ist nämlich diejenige Linie, in welcher ein Lichtstrahl durch die Mitte aller Gläser geht und nicht gebrochen wird, wozu die richtige Centrirung der Gläser gehört. Wird das Rohr bei unveränderlicher Richtung um diese Axe gedreht, so bleiben die Bilder in vollkommener Ruhe und der Fadendurchschnitt auf ihnen unverrückt. Sonach kann diese Eigenschaft leicht untersucht werden, wenn man das Fadenkreuz auf ein fernes Object richtet, das Rohr dann in einem halben Kreis um seine Axe dreht, in welcher Lage der Durchschnitt seinen Punct auf dem Object nicht verändert haben darf. Dieser Fehler ist nicht zu verbessern, wenn das Fadenkreuz nicht mit Stellschrauben versehen ist.

Die Kippregel muß sich senkrecht auf die Ebene des Nivellirbrett auf- und abbewegen. Bei dem Theodoliten ist bereits einer Methode Erwähnung geschehen, wie dieses zu untersuchen ist. Sie gilt wie mehres Andere auch hier; wichtig dabei ist, daß die Oberfläche des Tischplattes eine vollkommen horizontale Lage erhalte. An jeder guten Kippregel sind Correctionschrauben angebracht, wodurch die senkrechte Bewegung sich regeln läßt.

Einer der unschädlichsten Fehler ist, wenn die Axe des Fernrohrs mit der Kante des Lineals einen Winkel bildet; er hat auf die Messungen keinen Einfluß, zumal die Größe der Abweichung nie beträchtlich sein wird. Auch ist es nicht Fehler, wenn die Ebene, in welcher das Fernrohr sich bewegt, nicht durch die gedachte Kante geht, sondern nur parallel mit ihr ist. Es finden sich indeß gewöhnlich Correctionschrauben, welche den erst angeführten Umstand verbessern können.

57. — Auf die Orientirbusssole braucht man nicht die Aufmerksamkeit in dem Grade zu wenden, wie auf die Meßbusssole; indeß gilt bei ihr Alles, was bei letzterer gesagt worden. Es ist für die Operation mit dem Nivellirbrett bequem, wenn das Gehäuse mit der Gradtheilung centrisch auf der Bodenplatte gedreht und in jeder beliebigen Drehung festgestellt werden kann, zumal, wenn die Busssole zum Anschrauben an die Seite des Nivellirbrettes eingerichtet ist. Die Orientirbusssole hat überhaupt einen sehr untergeordneten Nutzen bei den Meßoperationen und kann allenfalls entbehrt werden.

58. — Prüfung und Berichtigung der Libelle. Man kann zur Untersuchung dieses Instruments

sich des Nivellirbrettes bedienen, hat es jedoch bequemer durch folgende einfache Vorrichtung. In ein glatt abgehobeltes und eben geschliffenes Bret, welches sicher aufliegt und beiläufig horizontal gestellt ist, befestige man zwei Drahtstifte, um die schmale Seite der Libellenplatte daran anstoßen zu können. Die Libelle wird, so gestellt, selten einspielen; man richte es jedoch ein, daß die Blase sich nach den Stiften zu zieht. Hierauf schiebe man einen sehr flachen hölzernen Keil ungefähr von der Breite der Messingplatte nach und nach unter diese, bis die Luftblase ihren vorgezeichneten Raum einnimmt. Man bezeichne mit Bleistift die Lage der Platte zunächst der Stifte, die des andern Endes auf dem Keil und halte diesen unverrückt. Nun verwechsle man die Enden der Platte, so daß diese wieder in die gemachten Bleistiftzeichen zu liegen kommt. Spielt in dieser Lage die Blase wieder in ihre Grenzlinien ein, so ist die Glasröhre mit der Unterseite der Bodenplatte parallel und die Libelle zum Gebrauche geschickt; weicht sie aber ab, so muß sie rectificirt werden.

Zu diesem Zwecke schiebe man den Keil weiter unter die Bodenplatte, oder ziehe ihn zurück, bis die Blase wieder genau in ihrem Zeichen steht und ziehe in dieser Stellung eine zweite Linie auf dem Keil. Den Zwischenraum zwischen den beiden Linien halbire man durch eine dritte Linie und schiebe den Keil soweit unter, bis das Ende der Bodenplatte diese dritte Linie deckt.

Die Luftblase wird nun wieder aus ihrem Zeichen treten; steht sie jetzt näher an der Rectificirschraube, so muß man mittelst derselben die Röhre an dieser Seite tiefer, im entgegengesetzten Fall aber höher stellen, bis man die genaue Einstellung der Blase bewirkt hat. Verwechselt man jetzt die beiden Enden, so darf die Blase nicht aus ihren Zeichen treten. Geschieht dieses dennoch, so wiederhole man die Operation, bis sich das Resultat ergibt.

Ist auf diese Weise die Libelle genau rectificirt, so darf unter keinen Umständen, weder an der Rectificirschraube, noch an der Lage der Glasröhre etwas geändert werden; und es ist deshalb anzurathen, die Schraube nicht mit einem Kopf, sondern mit kurzem, vierkantigem Anfaß zu versehen, der nur mit angestektem Schlüssel gedreht werden kann.

Um eine Dosenlibelle zu prüfen, stellt man sie auf die Nivellirplatte und richtet diese mittelst der Ho-

rizontalschrauben so lange, bis die Blase in ihr Zeichen einspielt.

Dann zieht man um den Fuß der Libelle einen Kreis mit Bleistift und dreht in demselben die Dose um ihre Ase, um $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ Kreis. Spielt die Blase immer richtig ein, so ist die Libelle richtig; im Gegenfall ist eine Correction nur mühsam durch den Mechaniker vorzunehmen.

Früher bediente man sich zum Einstellen des Meßtisches kleiner Sehwagen. Man kann in den Fall kommen, die Libelle während der Arbeit zu zerbrechen, ohne sich sofort eine andere verschaffen zu können. Für diesen Fall läßt sich aus einem hölzernen Paralleldreieck oder dergl. bald eine kunstlose Sehwage anfertigen, die einstweilen bei den einfachern Meßtischarbeiten genügt.

Von dem Gebrauch der Winkelinstrumente.

59. — A. Des Theodoliten. Einen Azimuthwinkel zu messen, stellt man das Instrument in dem Scheitel auf, versichert sich des senkrechten Standes des Mittelpunctes über dem Punct des Feldes durch ein Bleiloth, oder einen kleinen Stein, den man von dem Mittelpunct ab, fallen läßt. Man richtet das Instrument horizontal mittelst der drei Stellschrauben (*vis de calage*), unter Beobachtung der an dem Limbus angebrachten Libellen; richtet das Versicherungsröhr nach einem beliebigen scharf begrenzten Gegenstand und stellt den Nonius auf den Nullpunct der Theilung.

Die Wahl eines solchen Gegenstandes ist nicht ganz willkürlich. Gewöhnlich wählt man weit entferntere Gegenstände dazu. Haben diese Sonnenbeleuchtung, so wird sich der beleuchtete Theil vorzugsweise beim Visiren darstellen, der übrige ziemlich entschwinden. Glaubte man nun die Mitte des Objectes mit dem Faden geschnitten, so ist es gewöhnlich mehr die Mitte des erleuchteten Theils, welche man anvisirt hat. Dieses ist namentlich der Fall bei Baumstämmen, Thürmen und dergl.

Mit dem Stand der Sonne verändert sich auch die optische Täuschung und man wird irre an der Richtigkeit der Visur, oder wähnt das Instrument verrückt. Am meisten stellt sich diese Täuschung beim Visiren nach Thurmspitzen heraus, und es ist vorzuziehen, zu dem Einrichten des Versicherungsröhres eine scharfe lothrechte Kante eines Gebäudes, die sich womöglich gegen die Luft abschneidet, zu benutzen.

Nach dieser Vorbereitung schließt man die Zwingen des Nonius, löst die des Limbus und dreht diesen mit der Hand, bis das Signal des linken Nichtpunctes (A) im Sehfelde des Fernröhres erscheint, wenn die Bezifferung

der Grade von der Rechten nach der Linken gezählt worden ist; hingegen wird mit dem Signal rechter Hand der Anfang gemacht, wenn die Grade von Null aus von der Linken zur Rechten zählen. Hierauf schließt man wieder die Zwinge des Limbus und richtet mittelst der Micrometer- oder Tangentenschraube den Faden des Perspectivs auf das Genaueste nach dem Object A ein und notirt die durch den Nonius angezeigten Grade. Hat man den Nonius genau auf Null eingestellt, so daß die Nullpunkte des Limbus und des Nonius sich decken, so findet hier eine Gradzählung nicht Statt, indem die Are des Perspectivs, welche nach A gerichtet ist, in senkrechter Ebene mit den Nullpunkten liegt.

Hierauf wird die Zwinge des Nonius gelöst und dieser, also auch das Fernrohr, nach dem andern Richtpunkte (B) gedreht, bis dieser im Sehfeld erscheint, die Zwinge wieder geschlossen und der Kreuzfaden des Rohrs mittelst der Micrometerschraube scharf auf den Punct B gerichtet. War die erste Visur auf Null gestellt, so giebt jetzt der Nonius unmittelbar die Grade des beobachteten Winkels (ACB); hatte man aber bei dem Einvisiren von A einen andern Gradstrich als Null am Index des Nonius, so zieht man diese Anzahl der Grade (nach A) von der zuletzt gefundenen (nach B) ab, um in der Differenz das Maß des Winkels zu erhalten.

Alle diese Bewegungen und Feststellungen der Zwingen müssen sanft, ohne Stoß und Druck geschehen, und ohne das Perspectiv dabei zu fassen. Während der Beobachtung untersuche man einigemal, ob das Versicherungs-Fernrohr noch genau den visirten Gegenstand durch den Faden deckt.

60. — Selten wird ein Instrument von einfacher Construction, wie es zu den gewöhnlichern Arbeiten im Gebrauch ist, von Fehlern der Theilung und der Eccentricität vollkommen frei sein. Bedarf es nun eines genauern Maßes des Winkels, so nimmt man das Mittel aus mehren Beobachtungen, wobei man auf folgende Weise verfährt:

Nachdem obige Beobachtung (§ 59) beendet ist, löst man wieder die Zwinge des Limbus, dreht diesen, bis das Signal A in's Sehfeld tritt, schließt die Zwinge wieder und richtet das Fernrohr durch die Micrometerschraube genau auf das Signal. Hierauf lüftet man die Zwinge des Nonius und dreht diesen, also auch die Alhidade, nach dem Punct B. Hat man diesen in dem

Schfeld, so stellt man die Zwinge wieder fest und mittelst der Micrometerschraube das Fernrohr genau auf B. Der Nonius giebt jetzt den doppelten Winkel an, und man kann bei Fortsetzung des obigen Verfahrens, jedes Vielfache des Winkels ACB finden.

Gewöhnlich notirt man nur die 5, 10, 15...fachen des Winkels und ermittelt daraus den einfachen Winkel. Das Maß wird anfangs um einige Secunden differiren, später aber, wenn keine groben Fehler am Instrument oder bei der Beobachtung Statt finden, bis auf die Secunde übereinstimmen. Man sagt dann: „der Winkel ist auf die stehende Secunde gemessen worden.“

Da bei fortgesetzter Beobachtung die Winkel bald $4R + \alpha$, $8R + \alpha$... werden, so muß man zu der Angabe des Nonius die durchlaufenen $n \cdot 4R$ addiren, bevor man durch Division den einfachen Winkel ableiten kann.

Gesetzt, man habe gefunden:

bei dem 5fachen Winkel	275° 4' 25"
" " 10 " "	190 9 0
" " 15 " "	105 14 5
" " 20 " "	20 19 0
" " 25 " "	295 23 25

War nun der einfache Winkel $55^{\circ}1'$ beobachtet worden, so hat der 5fache noch nicht $4R$ durchlaufen; das 10fache aber ist größer als $4R$, das 15fache größer als $2 \cdot 4R$, das 20fache $> 3 \cdot 4R$, das 25fache $> 3 \cdot 4R$ u. s. w. Man muß daher setzen

bei dem 5fachen Winkel	$275^{\circ} 4' 25" + 0 \cdot 4R =$
	$\frac{275^{\circ} 4' 25"}{5} = 55^{\circ} 0' 53,00'';$
" " 10 " "	$190^{\circ} 0' 9" + 4R =$
	$\frac{550^{\circ} 9' 0"}{10} = 55^{\circ} 0' 54,00'';$
" " 15 " "	$105^{\circ} 14' 5" + 2 \cdot 4R =$
	$\frac{825^{\circ} 14' 5"}{15} = 55^{\circ} 0' 56,33'';$
" " 20 " "	$20^{\circ} 19' 0" + 3 \cdot 4R =$
	$\frac{1100^{\circ} 19' 0"}{20} = 55^{\circ} 0' 57,00'';$
" " 25 " "	$295^{\circ} 23' 25" + 3 \cdot 4R =$
	$\frac{1375^{\circ} 23' 25"}{25} = 55^{\circ} 0' 56,20'';$

Läßt man die beiden ersten Beobachtungen außer Rechnung, da sie zu viel differiren, so ergiebt sich als mittlere Proportionale aus den drei letzten Beobachtungen

$$\frac{165^{\circ} 2' 49,53''}{3} = 55^{\circ} 0' 56,76'' \text{ für das Maß des}$$

Winkels ACB.

61. — Die Repetition der Winkel, wie sie in dem vorigen § beschrieben worden, bezieht sich auf Theodoliten mit einfachem Nonius. An den eigentlichen Repetitionskreisen sind jedoch zwei oder vier Nonien angebracht, die sich diametral gegenüberstehen. Man hat daher bei solchen die Angabe eines jeden Nonius aufzuzeichnen, wodurch die Fehler der Theilung, und der Excentricität besonders, noch gründlicher compensirt werden.

Bei der Anwendung addirt man, ohne Rücksicht der genauen diametralen Stellung der Nonien, die Angabe der Nonien bei jeder Ablesung und zieht von der Summe die Summe der Angaben bei der ersten Ablesung ab. Der Rest ist, wenn das gehörige Vielfache von 4R hinzugerechnet wird, immer das 4nfache des Winkels (unter n die Anzahl der Repetitionen verstanden): so bei 5maliger Wiederholung das 20fache, bei 10maliger das 40fache u. s. f. — Es zeigte zum Beispiel:

bei der anfänglichen Beobachtung:

1. Nonius	0°	0'	0"
2. "	269	59	40
3. "	179	59	45
4. "	89	59	40
Summe	539	59	5;

bei der 5maligen Wiederholung:

1. Nonius	275°	4'	25"*)
2. "	185	4	13
3. "	95	4	25
4. "	5	4	38
Summe	560	17	41
—	539	59	5

Differenz 20 18 36
 + 1080 0 0

20facher Winkel 1100 18 36

1facher " = 55° 0' 55,80";

*) Der einfache Winkel war betläufig 55° 1'.

bei der 10fachen Wiederholung:

1. Nonius	190°	9'	0"
2. "	100	8	58
3. "	10	9	23
4. "	280	9	8
Summe	580	36	29
	—	539	59 5
Differenz	40	37	24
+	2160	0	0
40 facher Winkel	2200	37	24
1 facher " =	55°	0'	56,10";

bei 15facher Wiederholung:

1. Nonius	105°	14'	5"
2. "	15	14	20
3. "	285	14	10
4. "	195	14	0
Summe	600	56	35
	—	539	59 5
Differenz	60	57	30
+	3240	0	0
60 facher Winkel	3300	57	30
1 facher " =	55°	0'	57,5". u. s. f.

62. — B. Von dem Gebrauch der Buffole.
 Das Instrument wird mit seiner Axe über die Station aufgestellt; man zieht die Fußschrauben an und giebt dem Perspectiv (oder Diopter) eine vorläufige Richtung nach dem Object durch die Zapfendrehung. Man stellt den Zapfen fest und bewirkt nun die Horizontalstellung des Gehäuses mittelst der zur Seite angebrachten Höhenlibellen oder einer Dosenlibelle, die man auf die Mitte der Glasplatte stellt, und der dem Instrument eigenen Vorrichtung, die zuweilen bloß in einer Nut, welche durch eine Keilschraube angezogen werden kann, zuweilen in drei senkrechten Stellschrauben, wie bei dem Nestisch, besteht.

Da die horizontale Stellung nicht mit großer Schärfe zu geschehen braucht, und es bei dem Messen mit der Buffole vorzüglich auf schnelle Ausführung abgesehen ist, so ist die Einrichtung mit der Nut der mit Horizontalschrauben vorzuziehen.

Nachdem das Instrument horizontal gestellt worden, öffnet man die Stellschraube des Zapfens, mit dem sich das Instrument auf dem Stativ bewegt, und dreht das Gehäuse, bis der links liegende Gegenstand in dem Perspective erscheint, schließt die Schraube wieder und giebt die genaue Stellung mit Hülfe der Tangentenschraube. Hierauf löst man wieder die Zapfenbewegung und verfährt auf gleiche Weise bei dem Visiren nach dem zweiten Object des zu messenden Winkels.

Nach jedesmaligem Visiren eines Objects, sobald die Nadel in Ruhe gekommen, notirt man die Grade, welche sie anzeigt, und schätzt kleinere Theile nach dem Augenmaße. Ist z. B. der Gradring in Viertelgrade getheilt, so wird es noch möglich, Achtelgrade abzulesen. Zu kleinern Theilen ist die Genauigkeit der Bussole zu gering.

Angenommen, die Nadel habe bei der ersten Visur $66\frac{5}{8}^{\circ}$, bei der zweiten $182\frac{3}{8}^{\circ}$ gezeigt, dann wird der beobachtete Winkel $182\frac{3}{8} - 66\frac{5}{8} = 115\frac{3}{4}^{\circ}$ sein, welchen man auf das Papier mittelst eines Transporteurs oder auf andere schickliche Weise auftragen könnte. Wir werden jedoch in der Folge sehen, daß es der angeführten Subtraction und Bestimmung des einzelnen Winkels bei dem Auftragen nicht bedarf.

Bei Aufstellung des Instruments hat man zu Schonung der Spitze und der Nadel die Vorsicht zu brauchen, daß man die Arretirung der Nadel nicht vor der horizontalen Einstellung aufhebt, um die Wirkung von Stößen auf die Spitze zu vermeiden.

Das Ablesen der Grade muß stets an dem Nordende und so geschehen, daß man sich vor die Spitze der Nadel stellt; man vergeht jedoch jedesmal damit die Anzeige der Südspitze und notirt ebenfalls die an ihr abgelesenen Grade neben den ersten. Es ist dieses nicht allein eine gute Controle über Ablesen und Aufschreiben, es kann auch bei kleinen Differenzen das arithmetische Mittel aus beiden Angaben der Grade genommen werden.

63. — Die Bussole ist von jeher als ein sehr unvollkommenes, unsicheres Instrument verschrieen, dem man kaum bei Orientirung des Meßtisches eine Stelle anweisen dürfe. Indessen hat man sie in neuerer Zeit durch häufige Anwendung wieder zu Ehren gebracht und darf ihr die Gerechtigkeit nicht verweigern, daß sie bei kleineren Flächenvermessungen, bei Katasterarbeiten von großem Nutzen ist. Sie hat die Vortheile einer schnellen Aufstellung, einer compendiösen, bequemen Gestaltung, einer großen Zeitersparniß vor allen Instrumenten voraus.

Sobald man nur die Grenzen nicht überschreitet, welche ihre Eigenthümlichkeit, ihre Mängel, dem Feldmesser bei seinen Arbeiten stellt, so ist sie durchaus nicht hintanzusetzen; bei fiscalischen Messungen in Preußen gehört sie zu den vorschristmäßigen Instrumenten.

Manchem ist es unbequem, daß die Nadel zuweilen lange warten läßt, ehe sie nach vielen größern und kleinern Oscillationen zur Ruhe kommt, und ein schwacher Wind schon darauf einwirkt. Bei näherer Bekanntschaft damit kann diese Unbequemlichkeit um vieles verringert werden; oft hat an ihr der Feldmesser selbst Schuld. Sie wird nämlich, wenn sich bei'm Aufstellen in einer Station der Nordpol zufällig nach Süden gerichtet findet, bei Aufhebung der Hemmung (der Arretirung) durch die magnetische Kraft zur Bewegung um einen Halbkreis genöthigt, geräth dabei aber in Einwirkung der Schwungkraft, die sie weit über den Halbkreis hinaustreibt — und so im Kampfe dieser beiden Kräfte wird sie in mehr und mehr abnehmenden Bögen hin und her getrieben, bis endlich die magnetische Kraft den Sieg behauptet und die Nadel im magnetischen Meridian zum Stehen bringt. Diese Oscillationen können allerdings die Geduld ermüden; beobachtet man aber die ersten durchlaufenen Bögen und deren Mitte, sucht man mittelst des Hebels die Bewegungen träge zu machen, in der Mitte ganz zu hemmen, so wird die Nadel bei langsam aufgehobener Hemmung sehr bald zum Stillstand kommen. Was die geringe Oscillation der Nadel um ihren Einstellungsgrad betrifft, überwindet ein geübtes Auge diese bald.

Das plötzliche Feststellen der Nadel ist eben so nachtheilig als das jähe Herablassen auf die Stahlspeize; man läßt daher die Nadel näher der Mitte des Bogens auf dem Hebel etwas schleifen, wodurch ihr Gang nach und nach langsamer wird und in dem Meridian ganz gehemmt werden kann.

Schuld des Feldmessers dabei ist, wenn er bei'm Aufstellen des Instruments das Gehäuse nicht gleich so richtet, daß die gehemmte Nadel ziemlich in den Meridian fällt. Es ist dieses selbst nöthig, um durch die unnöthige Rotation die Nadel nicht an Kraft zu schwächen und um die Schärfe der Spitze zu wahren.

Ueberhaupt ist eine Busssole mit Vorsicht zu behandeln; ein heftiger Stoß oder Schlag gegen das Stativ kann schon die Kraft der Nadel zuweilen zur Unbrauchbarkeit herabbringen.

64. — Wie bereits gesagt, ist der Winkel, den man mit der Buffole visirt und abliest, nicht der, den zwei Linien der Figur auf dem Felde an ihrem Durchschnittpunct bilden, sondern es ist derjenige Winkel, den die Richtlinien mit einer theoretischen Linie eingehen, die nach dem magnetischen Pol gerichtet ist. Diese Linie wird in allen Standpuncten der Messung durch die Nadel der Buffole repräsentirt und innerhalb der Grenzen einer solchen Operation gelten alle diese Linien als parallel. Corrigirt man die Stellung der Nadel durch den Winkel der Abweichung (Declination), so erhält man die wahre Richtung nach dem Nordpol und kann alle gemessenen Winkel auch auf diese Richtung beziehen.

Es zeigt nämlich eine jede magnetisch gemachte Nadel nach einem andern Punkte als dem Pol der Erdoberfläche, nämlich nach dem sogenannten magnetischen Pol, einem Punkte, der gewissen Veränderungen unterworfen ist.

Jetzt ist die Abweichung oder Abirrung des magnetischen von dem Erdpol westlich, strebt aber in östliche überzugehen. Da aber die Oscillation des magnetischen Meridians nur sehr langsam und in einer langen Reihe von Jahren vor sich geht, so ist die Differenz, selbst in dem Zeitraume von einem Jahre zum andern, nicht bemerklich; man braucht bei gewöhnlichen Messungen keinen Bedacht darauf zu nehmen.

Es giebt zwei geometrische Orte der Erde, wo die Abweichung der Nadel Null ist, der eine in Amerika, der andere in Asien. Von diesen indifferenten Linien nimmt die Abweichung auf jeder Seite östlich und westlich zu und erreicht gegen die Mitte ihr Maximum. Daher ist die Abweichung nach den Längengraden verschieden, am stärksten in Irland (gegen 30°), in Berlin etwa 17° , in Königsberg gegen 13° *). Es verändern sich aber jene indifferenten Linien in der Zeit, und mit ihnen die Abweichung an verschiedenen Orten, indem sie eine Bewegung nach Westen und dann zurück nach Osten machen. Diese Schwankungen umfassen jedoch einen Zeitraum von mehreren Jahrhunderten.

Außer jener Säcularveränderung findet noch eine jährliche und tägliche Oscillation der Nadel Statt. Jede Nadel steht des Morgens um 2 Uhr am östlichsten, des Nachmittags 2 Uhr am westlichsten. Die Größe der täglichen Veränderung nimmt mit der geo-

*) In Wien war 1829 die Abweichung (westlich) $15\frac{1}{2}^\circ$, in Leipzig 1835 früh 8 Uhr $17^\circ 25' 28''$, Nachmittags 1 Uhr $17^\circ 38' 44''$; in Paris ist sie jetzt beinahe $22^\circ 10'$.

graphischen Breite zu und ist bei uns etwa $0^{\circ} 10'$. Die jährliche Oscillation scheint ihr Minimum zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche, ihr Maximum gegen die Herbstnachtgleiche zu erreichen.

Man sieht hieraus, daß diese Oscillationen wohl beachtet werden müssen, wenn die Messungen in Beziehung auf einander in unterschiedenen Zeiträumen geschehen.

Bei'm Auftragen des Planes hat man nicht nöthig, die einzelnen Winkel nach der Declination zu berichtigen; es reicht hin, die wahre Nordlinie neben der Abweichung anzugeben.

Manche Buffolen haben eine kleine Drehbewegung um ihre Aze, die es möglich macht, den Limbus so einzustellen, daß der declinirende Stand der Nadel auf den Nullpunct der Theilung fällt, wenn das Perspectiv in die wahre Nordlinie gerichtet ist.

Diese Einrichtung hat die Bequemlichkeit, daß bei Messungen, die an ältere anzuknüpfen sind, die bekannte Abweichung eingestellt werden kann, ohne sich um die der Jetztzeit zu kümmern.

Noch ist bei der Anwendung der Buffole die störende Einwirkung der Electricität zu erwähnen, die eine Oscillation verursacht, bei der das Ablesen beschwerlich wird. Diese wird zuweilen schon erregt, wenn man das Glas mit einem trockenen Luche mehrmals abreibt, um es zu reinigen; am meisten bemerkt man es bei Gewitterluft. Man beseitigt sie durch längeres Befahren des Glases mit einem metallenen Gegenstande oder durch starkes Anhauchen, Befeuchten des Glases u.

65. — Wenn das Perspectiv oder Diopter zur Seite des Gehäuses angebracht ist, so ergiebt sich eine Excentricität der Visirlinien, die indeß nur in seltenen Fällen beachtet zu werden braucht; sie ist um so größer, je kürzer die Richtlinien sind. Ist z. B. (Fig. 50) O der Mittelpunct der Station, der Drehpunct der Nadel in der Verticale durch O , so ist der gemessene Winkel der δOB ; da aber die Aze des Perspectivs in a liegt, so ist der visirte Winkel δaB . Der wahre Winkel ist daher mit einem Fehler behaftet $= b a \delta = a B O$ und man sieht, daß $a B O$ desto größer wird, je kleiner $O B$ ist.

Man kann die nöthige Correction leicht machen, wenn $o B$ und $O a$ des Dreiecks $a B O$ bekannt ist, denn es ist

$$\text{Sin. } O B a = \frac{a O}{O B}$$

Der Werth von $O B a$ ist, wenn man $a O = 0,10$ Cent. setzt,

auf eine Distanz von 10 Met.	=	0° 34' 22"
20 "	=	0° 17' 11"
30 "	=	0° 11' 27"
40 "	=	0° 8' 36"
50 "	=	0° 6' 52"
100 "	=	0° 3' 26"
500 "	=	0° 0' 41"

Diese Differenzen gehen von dem beobachteten Winkel ab. Uebrigens geht hervor, daß auf 500 Meter die Differenz unbedeutend ist; sie kann selbst bei Entfernungen über 100 Meter unbeachtet bleiben, ohne daß bei Aufnahme der Details ein Einfluß bemerkbar wird.

Man wird sich übrigens bei gewöhnlichen Vermessungen selten auf diese Correction einlassen; man begnügt sich, das Stativ um eine Größe, die gleich $a O$, aus der Mitte nach links aufzustellen, damit die Axe des Perspectivs über den Stationspunct senkrecht liege. Oder man schätzt in B (Fig. 50) eine Distanz $B b = O a$ und anstatt das Perspectiv nach B zu richten, visirt man rechts nach b .

Sind jedoch mehre Winkel von einem Punkte aus zu beobachten, so darf man das Instrument nicht auf diese Weise versehen. Man stellt es dann so, daß der Drehpunct der Bussole von den Richtlinien um $o d$, $a d$ (Fig. 51) gleich dem Abstand des Oculars entfernt wird. Das Instrument giebt dann die Winkel $b a d$, $c a d$, die gleich den Winkeln $B O d$ und $C O d$ sind.

Wenn das Perspectiv an horizontalen Aren unter dem Gehäuse der Nadel, in der Meridianebene von $0^\circ - 180^\circ$ angebracht ist, werden diese Mängel ohne weiteres beseitigt; wiewohl daraus die Unbequemlichkeit entsteht, daß dem Perspectiv keine große Auf- und Abbewegung in der Verticalebene gegeben werden kann, was in bergigem Terrain zuweilen genirt.

66. — Da die Aufnahme mit der Bussole von der mit anderen Winkelinstrumenten eigenthümlich ist, so muß sie hier näher beschrieben werden, bevor wir in Vermessung von Flächen eingehen können.

Es sei die gebrochene Linie $A B C D E$ (Fig. 52) aufzunehmen. Man beobachte in den Eckpunkten A, B, \dots, E die Winkel der Abweichung vom magnetischen Meridian, indem man von A in die Richtlinie $A B$, von B nach C u. s. w. visirt. Hat man auf diese Weise die Winkel $N A B = x$, $N' B C = y$, $N'' C D = z$ u. gemessen (wobei $N S$, $N' S'$ die Richtung der Nadel ist), so mißt man mit der Kette jede der Linien $A B, B C, \dots$, und ist nun in den Stand gesetzt, die Figur auf das Papier zu tragen.

Ein anderes Verfahren, welches die Aufnahme mit Springständen genannt wird, ist etwas einfacher, kann jedoch auch leichter zu Irrungen Anlaß geben.

Hat man nämlich den Winkel x in A beobachtet, so überspringt man B und beobachtet in C die Winkel z und y' , von welchen, wegen Parallelismus der Meridiane, $y' = y$ ist. Man geht dann über D hinweg und beobachtet die Winkel w und v' ($= v$) in E u. s. f.

Bei dieser Methode geschieht es leicht, daß ein rückliegender Winkel übersehen wird, wodurch man beim Auftragen in Verlegenheit kommt.

67. — Es lassen sich auch Punkte von einer gemessenen Standlinie aus durch Intersection, wie mit andern Winkelinstrumenten bestimmen, indem dadurch in dem Dreieck zwei Winkel an der Grundlinie gemessen werden, welche drei Punkte das Dreieck bestimmen. Es ist jedoch nicht anzurathen, sich dieser Methode allgemeiner als in den nothwendigsten Fällen zu bedienen, weil die Messung der Winkel nicht die nöthige Schärfe hat und einer Controle entbehrt.

68. — Ist (Fig. 53) die Lage der Standlinie gegen den Meridian, d. i. ein Winkel $N A B$ oder $N' B A$ bekannt, so reicht es hin, sich in einem dritten Punct C aufzustellen, um diesen zu bestimmen, ohne eine Messung mit der Kette vorzunehmen. Beobachtet man nämlich in C die Winkel x' und z' , so hat man auch x und z , wodurch das Auftragen erfolgen kann.

Es ist bei dem Theodolit erwähnt worden, daß die Schenkel eines mit diesem Instrument zu beobachtenden Winkels möglichst gleich lang sein sollen. Diese Unbequemlichkeit findet sich für die Bussole nicht, indem das Auftragen der Winkel auf den Plan hier ein ganz verschiedenes, und die Auftragung eines Winkels unabhängig von der des folgenden ist. Man kann sogar die Anzahl der Seiten vermehren ohne größern Nachtheil, als daß man bei

der Construction des Polygons etwas mehr Mühe hat. Endlich ist es von geringem Einfluß, wenn die Richtlinien über Thäler oder Hügel gehen, und man von dem Stationspunct aus die Endpuncte der Linien nicht sieht, weil die Winkel nicht in dem Zusammenstoßen dieser Linien beobachtet zu werden brauchen. Da der durch die Bussolle gegebene Winkel durch den Meridian, einer fixen Linie, die man in allen Puncten der Richtlinien wiederfindet, gebildet wird, so kommt es nicht auf den Punct an, in welchen man sich in der Richtlinie aufstellt; der Winkel kann immer auf den Plan gezeichnet werden.

69. — Folgende Aufgabe ist mit einem andern Winkelinstrument schwierig zu lösen, während sie mit der Bussolle keine Schwierigkeit bietet.

Der Durchschnittspunct zweier Richtlinien fällt in eine Schlucht, wodurch das Visiren derselben von der Winkelspitze aus unzulässig wird; man verlangt die Größe des Winkels zu wissen.

Der Durchschnittspunct sei A (Fig. 54), die Richtlinien AB und AC. Um mit einem andern Winkelmesser den Winkel zu finden, hätte man aus einem Punct a jenseits der Schlucht eine Parallele ab mit dem andern Schenkel abzustrecken, also tu und rs normal AB zu legen und gleich zu machen. Der verlangte Winkel wird dann $\text{cab} = \text{CAB}$ sein. Soll die Operation in einer Waldung vorgenommen werden, so werden sich ihr viel Schwierigkeiten entgegenstellen. Mit der Bussolle wird die Lösung einfach.

Man stellt sich in irgend einen Punct auf AB, z. B. in n (Fig. 55) und visirt A oder B, wodurch man den Winkel α oder dessen Supplement $\delta''nB$ erhält. Dasselbe geschieht in m für den Winkel β . Da aber δn , $\delta'm$ und $\delta''A$ parallel sind, so ist der gesuchte Winkel $A = (2R - \alpha) + \beta$.

70. — Von der Aufstellung und dem Gebrauch des Nesttisches. Man richte die Füße des Stativs dergestalt auseinander, daß das Tischblatt eine bequeme Höhe und beiläufig eine horizontale Lage erhalte*), zugleich aber auch die Linien, welche vielleicht schon auf dem Nesttisch gegeben sind, parallel mit denen auf dem Felde liegen, soweit solches nach dem Augenmaße bewirkt werden kann. Dergleichen suche man die

*) Auf etwas steilem, abschüssigem Terrain, müssen zwei der Füße abwärts, der dritte aber an dem Abhang aufwärts stehen.

Stellung so zu geben, daß der Stationspunct unter den gleichnamigen auf dem Papier zu stehen kommt. Da die letztere Bedingung nicht genau genommen zu werden braucht, so genügt es, von dem Tischblatt aus unter dem Punct ein Steinchen frei fallen zu lassen, wodurch leicht kenntlich wird, wie der Tisch in dieser Beziehung ver-
setzt werden muß. Die Lothgabel ist ein überflüssiges Werkzeug.

Nachdem die Füße festgeschraubt sind, lege man das Nivometer an den Stations- und einen andern Punct, lockere die Schraube des Zapfens und drehe den Tisch, bis der Visirstrahl das andere Object ungefähr schneidet. Hat man die Schraube wieder angezogen, so wird nun dem Tische die genaue horizontale Stellung mit Hilfe der Wasserwaage gegeben, und zwar zuerst durch zweckdienliches Eindrücken der Füße in den Boden, dann durch die Horizontalschrauben. Da der Tisch schon ziemlich eingerichtet war, so ist nicht zu besorgen, daß er bei der noch zu geschehenden geringen Drehung die horizontale Stellung wieder verliere; indessen ist anzurathen, ihn nach vollkommener Orientirung nochmals durch die Wasserwaage zu untersuchen und dann auch jene wieder zu berichtigen.

Liegt die Alhidade scharf an den Puncten des Tisch-
plattes, hat man dieses mittelst der Tangentschraube so weit gedreht, daß der Visirstrahl genau den Punct des Feldes trifft und sind alle Stellschrauben angezogen, so ist der Tisch orientirt und darf nun nicht den geringsten Stoß oder Erschütterung erleiden; auch verträgt er nicht das Auflegen des Handgelenks bei'm Arbeiten. Man muß sich umsomehr vor dergleichen Störungen hüten, als sie stets die Operation des Einstellens von Neuem nöthig machen, und die Orientirung oft nur schwer wieder hergestellt werden kann.

Denkt man die Orientirungsbuffole zu benutzen, so ist es jetzt Zeit, deren Stellung fest zu ordnen.

Ist sie an den Tisch angeschraubt und auf ihrer Platte drehbar, so bewege man das Gehäuse um die Axe, bis die Nadel auf der Nordlinie einspielt und schraube es fest. Diese Stellung darf während der ganzen Arbeit nicht verändert werden. Ist sie dagegen bloß zum Stellen auf den Tisch eingerichtet, so lasse man sie in dieser Stellung auf die Nordlinien einspielen, lege

das Diopterlineal behutsam an die Kante der Platte, die mit der Nordlinie parallel ist, und ziehe eine feine Linie, welche man gewöhnlich zu Hause mit Tusche auszieht.

Sollten auf der Mensel noch ein und der andere Fixpunct gegeben sein, so ist die Orientirung auch nach diesen zu prüfen, wobei oft ein unmerkliches Verändern der Tischstellung nöthig wird.

71. — Nachdem die Orientirung vollkommen hergestellt ist *), lassen sich folgende Elementaraufgaben ausführen, denen wir, als der Mensel eigenthümlich, hier ihre Stelle anweisen.

Das Aufnehmen mit dem Meßtische ist graphischer Natur, wie bei keinem andern geodätischen Instrument; daher sein Vorzug bei Detailmessungen, topographischen Arbeiten. Die Operationen controlliren sich immer gegenseitig, indem man stets Bild, Lage und Verhältniß vor Augen hat.

1) Um sich in einer Linie des Feldes mit dem Meßtisch zu alligniren, stelle man sich in dem gegebenen Zwischenpuncte mit dem Instrumente auf. Ist die Linie auf dem Menselblatt bereits gezogen, so lege man die Alhidade genau an und drehe, nach vollzogener Horizontalstellung den Meßtisch mittelst der Tangentenschraube, bis der Faden des Perspektivs das eine Endobject deckt; lege dann das Lineal verwendet an die gedachte Linie und visire, bei unverrücktem Tischblatt nach dem andern Object. Der Visirstrahl wird selten den letzten Gegenstand genau schneiden, er wird vielleicht in einem Abstände Bm (Fig. 56) an ihm vorbeigehen. Man nehme dann einen Punct in der Mitte von Bm an, lege das Lineal an und verrücke den Tisch, bis die Richtung des Visirstrahls den Punct B trifft. Schneidet bei dem Rückvisiren nach A der Visirstrahl diesen Punct noch nicht, so nehme man auch hier die Mitte des Abstandes und fahre mit Wiederholung der Operation fort bis die Visuren nach A und B vollkommen einen gestreckten Winkel bilden.

*) Es versteht sich von selbst, daß bei einer neu zu beginnenden Arbeit, wo noch keine Fixpuncte gegeben, der Meßtisch ohne weitere Orientirung aufgestellt werden kann, und man allenfalls die Tischkanten nur mit der Nordlinie der angeschraubten Busssole parallel richtet.

Dieses Aligniren ist sehr beschwerlich, wenn man dabei das ganze Stativ versetzen und jedes Mal wieder einrichten muß. Es wird einfach, wenn der Tisch ein Verschiebekreuz hat und kann damit schnell bewirkt werden. Es ist dieses ein zweiter Fall des Alignirens, nämlich aus der Mitte einer Standlinie.

2) Will man den Meßtisch durch Hülfe der Orientirbuffole orientiren, so muß dieser bereits, wie oben angegeben, in Hinsicht der Nordlinie ihre Stellung gegen den Meßtisch gegeben worden sein. Man hat dann nur nöthig, die Nadel an der gezogenen Linie oder an dem Rande des Meßtisches durch Drehung desselben einspielen zu lassen, und der Meßtisch würde orientirt sein, wenn man sich auf die Genauigkeit der Buffole verlassen könnte.

Selten wird es aber zutreffen, daß durch diese Operation die Linien des Meßtisches eine vollkommen parallele Lage mit den gleichnamigen des Feldes erhalten, welches doch der Zweck des Orientirens ist. Um dieses zu prüfen, gehören drei genau bestimmte Fixpunkte auf dem Blatt dazu, welche auch auf dem Terrain aus dem Standpunkte gesehen werden können. Legt man an jeden dieser Punkte das Diopterlineal und dreht es um denselben, bis das Object von dem Faden geschnitten wird, zieht dann Linien rückwärts, so müssen diese sich in einem Punkte schneiden, wenn der Meßtisch genau orientirt ist, und dieser gemeinschaftliche Durchschnittspunct ist zugleich der Standpunct auf dem Felde. Bildet sich dagegen ein Dreieck, so ist die Orientirung unvollkommen. Wie die fehlerhafte Stellung zu berichtigen ist, wird in einer folgenden Aufgabe gelehrt werden.

Die vorstehende Operation nennt man „Rückwärts einschneiden (Intersection en arrière)“, sie ist eine der wichtigsten bei der Detailaufnahme und theilt sich in verschiedene Fälle. — Es kann sein, daß sich die drei Rückvisuren schneiden und die Orientirung dennoch falsch ist. Dieser Fall, der unter die größten Seltenheiten gehört, tritt ein, wenn die drei Fixpunkte mit dem Standpunkte in einer Kreislinie liegen; und es kann nur die Visur nach einem vierten Punkte Aufschluß geben, ob dieser Fall Statt findet.

72. — Das Rückwärts einschneiden gründet sich auf nachstehende geometrische Sätze, deren Beweis als bekannt vorausgesetzt werden muß.

1) Wenn zwei ähnliche Dreiecke mit ihren gleichliegenden Seiten eine parallele Lage einnehmen und man verbindet die Spitzen durch Gerade, so schneiden sich diese Verbindungslinien in einem vierten Punkte.

2) Umgekehrt: müssen daher die gleichliegenden Seiten zweier ähnlicher Dreiecke parallel sein, wenn sich ihre durch die gleichnamigen Spitzen geführten Verbindungslinien in einem Punkte schneiden.

Der erste Satz wird in Anwendung gebracht, wenn man aus drei, auf der Mensel bereits bestimmten Punkten des Terrains einen vierten Punkt finden will, den man willkürlich als Standpunkt angenommen hat. Der zweite Satz erklärt das Verfahren des vorhergehenden §., das Orientiren des Tisches.

Analytisch wird die Lösung durch die Pothenotsche Aufgabe bewirkt; wie solches graphisch auf dem Nestisch geschieht, wird in dem Folgenden gezeigt werden.

73. — Es sind dabei folgende Fälle zu berücksichtigen.

I. Wenn der neue Standpunkt auf der Verlängerung oder zwischen bei bereits bestimmten Punkten angenommen werden kann.

II. Wenn derselbe ohne Hülfe eines Allignements angenommen werden muß, aber bereits die Lage von wenigstens drei Punkten auf dem Nestisch gegeben ist, und dann

1) innerhalb des bekannten Dreiecks;

2) außerhalb einer Spitze des Dreiecks gegenüber;

3) außerhalb, einer Seite des Dreiecks gegenüber.

Der Fall I ist der einfachste, und es ist die Aufstellung auf ein Allignement allen übrigen vorzuziehen. Man visirt nämlich in der Verlängerung von AB (Fig. 57) etwa in a oder a' einen Stab ein und stellt das Instrument über diesen Punkt horizontal auf, wobei man vielleicht §. 62 zu Hülfe nehmen muß. Man legt das Diopterlineal an AB des Tisches scharf an und dreht den Tisch, bis der Diopterfaden diese Punkte deckt und zieht rückwärts die unbestimmte Gerade Ba . Nun stellt man den Tisch fest, steckt eine Pointirnadel in C , an welcher man das Lineal dreht, bis der Punkt C des Feldes durch den Faden gedeckt wird. Zieht man nun

Ca oder Ca', so wird diese Linie Ba in dem Punkte (a oder a') schneiden und in diesem Durchschnitt den Punkt auf der Mensel bestimmen, wo das Instrument auf dem Felde aufgestellt worden. Legt man bei unverrücktem Tischblatt das Diopterlineal an a und einen vierten, bereits bestimmten Punkt, dann muß der Visirstrahl diesen Punkt des Terrains genau schneiden, wenn genau operirt worden; welche Controle wo möglich jedesmal vorgenommen werden sollte.

Bei dem Fall II, 1., wo der Standpunct innerhalb des Dreiecks angenommen, welches die drei bekannten Punkte bilden, (Fig. 61). Man stellt den Meßtisch horizontal und orientirt ihn oberflächlich*).

Da wir annehmen, die Orientirung sei nicht vollkommen genau, so werden sich auch die rückvisirten Linien aus A B und C nicht in einem Punkte schneiden, vielmehr ein kleines Dreieck, das Fehlerdreieck, bilden, in welchem — aber nur für diesen Fall — der neue Standpunct liegen muß. Er liegt jedoch keineswegs in dessen Mitte, sondern in einen Abstand von den drei Visirlinien, der sich verhält, wie die Entfernung des Punctes von der gleichnamigen Dreieckspitze. Es ist nämlich:

$$a' d : a d \text{ (oder A d)} = b' d : b d \text{ (oder B d)} \\ = c' d : c d \text{ (oder C d)}.$$

Diese Verhältnisse lassen sich nur durch Abschätzen benutzen. Man nehme den kleinsten Abstand des Standortes D als Einheit an. Ist, z. B., D von B doppelt so weit, als von C, so muß auch der senkrechte Abstand b'd doppelt so groß als der Abstand c'd gewählt werden. Da ferner DA etwas über 2 • DC ist, so muß auch der zu suchende Punct d von der gleichnamigen Visirlinie aA in diesem Verhältniß mehr abstecken, als von der Linie dC.

Hat man nun in dem Fehlerdreieck den Punct d vorläufig durch Bleistift angegeben, so rectificire man dessen Stellung so, daß bd doppelt so groß als cd, hingegen ad um etwas mehr als das Doppelte von cd werde.

Bei einiger Uebung wird man bald dahin gelangen, diese Schätzung mit ziemlicher Sicherheit nach dem Augenmaße auszu-

*) Hierzu ist in allen diesen Fällen die Magnetnadel möglich.

führen. Man bewirke dieses jedoch nur durch leichte Bleistiftspuncte und vermeide alle Zirkel oder Nadelstiche. Auch wird man bald dahin gelangen diese Operation schneller auszuführen, als sie hier beschrieben worden.

Nachdem nun der Punct d auf obige Schätzungsweise bestimmt worden, lege man an ihn und den entferntesten Dreieckspunct (a) das Diopterlineal und drehe das Tischblatt, bis der Faden den gleichnamigen Punct des Feldes schneidet. Ist der Punct d richtig bestimmt worden, so ist nun der Tisch orientirt und es müssen auch die Visirlinien rückwärts aus B und C sich mit der aus A in einem Puncte schneiden. Wo nicht, so entsteht ein kleines Fehlerdreieck, welches bei wiederholter Operation zuletzt in einem Punct, dem Punct d verschwindet.

Man ziehe bei diesen Operationen die Rückvisuren nur in kurzen Strichen um d, weil es bloß auf den Durchschnitt ankommt; auch wische man bei jeder Wiederholung das Fehlerdreieck vorher weg, nm nicht in den Durchschnitten irre zu werden. Bei einiger Praxis erfolgt das Zusammentreffen aller Visirlinien in dem wahren Puncte unbedingt nach der ersten oder höchstens nach der zweiten Verbesserung. Hat man sich von der Richtigkeit des Punctes überzeugt, dann erst markire man ihn durch einen Nadelstich oder stecke die Pointirnadel*) ein.

Bei dem Fall II kommt noch in Betracht, ob der gewählte Standpunct außerhalb oder innerhalb eines Kreises liegt, den man durch die Spitzen des Dreiecks gelegt denkt. Der Punct D kann demnach ad II folgende Lagen einnehmen:

- 1) Innerhalb des Kreises, einer Seite des Dreiecks gegenüber (Fig. 58).
- 2) Außerhalb dieses Kreises, einer Spitze gegenüber (Fig. 59).
- 3) Außerhalb des Kreises, einer Dreiecksseite gegenüber (Fig. 60).

*) Zu Pointir-, Anschlagnadeln nehme man die feinsten englischen Nähadeln, sogenannte Perlnadeln, kürze sie auf $\frac{1}{2}$ Zoll und schmelze kleine Knöpfchen von Siegellack an. Man führe stets eine Anzahl bei sich, da sie leicht brechen. Sie müssen stets senkrecht eingesteckt werden. Bei dem Gebrauch der Anschlagnadeln hüte man sich sie bei'm Visiren abzubrechen, weil man dann in diesem Punct keine andere einstecken kann. Deshalb muß man, bei'm Drehen des Diopterlineals um die Nadel, selbiges zugleich gegen sich ziehen, oder von sich hinweg schieben, wobei man aber immer visirt und zugleich acht haben muß, daß die Kante nicht von der Nadel abweiche.

ad 1) Man stelle den Tisch über den zu nehmenden Standpunct, der nicht zu nah an der Kreislinie gewählt werden darf, orientire ihn oberflächlich, ziehe die Bisirlinien aA , cC und bB rückwärts, so werden diese ein Fehlerdreieck bilden, wenn nicht zufällig die Orientirung die richtige ist.

Hier ist aber der Punct d nicht innerhalb des Fehlerdreiecks zu suchen, wie bei 1; er liegt vielmehr stets von derjenigen Seite der mittlern Bisirlinie (nach C) ab, an welcher das Fehlerdreieck nicht liegt. Dasselbe findet bei 2) statt. Zugleich wenden ihm auch die beiden andern Bisirlinien dieselbe Seite, wie die mittlere, zu. In Bezug auf die endliche Bestimmung des Punctes d wird hier und bei den folgenden Fällen übrigens wie bei I. verfahren.

ad 2) In diesem Falle ist der Punct D möglichst nahe an dem Kreise zu wählen, und der Punct d nimmt dieselbe Lage gegen die Bisirlinien ein, wie ad 1).

Das übrige Verfahren bleibt dasselbe.

ad 3) Hier darf der Punct D ebenfalls nicht zu nahe am Kreis gewählt werden, man orientire wieder den Tisch beiläufig und ziehe die Bisirlinien aA , cC und bB rückwärts, wodurch wieder ein Fehlerdreieck entstehen wird.

In diesem Falle liegt der zu bestimmende Punct d jedesmal auf derjenigen Seite der mittlern Bisirlinie (nach C), auf welcher das Fehlerdreieck liegt; das Verhältniß seiner Abstände von den Bisirlinien wird wie bei den vorher abgehandelten Fällen gesucht, das Lineal an ihn und den weitesten Richtpunct angelegt und der Tisch danach gedreht.

III. Noch ist der Fall zu erwähnen, wenn die drei Richtpuncte eine Gerade bilden. Es bleibt dann die Operation die nämliche, der Punct d aber liegt, wie bei 1 und 2, auf der einen Seite der mittlern Bisirlinie, das Fehlerdreieck auf der andern.

Bei der Wichtigkeit der hier abgehandelten Aufgaben wird vielleicht der Beweis gewünscht werden, den wir hier mittheilen wollen. Er umfaßt alle vier Fälle, wir wollen ihn auf Fig. 60 beziehen.

Es seien die Puncte A, B, C die bestimmten Fixpuncte a', b', c' die gleichnamigen auf dem noch nicht vollkommen orientirten Tischblatt; daher das Fehlerdreieck entstanden ist, welches zur Unterscheidung schraffirt worden.

Es sei ferner abc die Lage des Dreiecks auf dem richtig orientirten Tisch, daher d der Durchschnittspunct der drei Bisirlinien.

Man hat den Beweis zu führen, daß die senkrechten Abstände (als Sinus der Abweichungswinkel) des Punctes d von den Visirlinien sich verhalten, wie die Entfernungen dA , dB und dC (als Halbmesser zu jenen Sinus).

Man ziehe aus d concentrische Kreise durch a , b und c , so ist klar, wenn man den Drehungspunct in d annimmt, daß auch die Spitzen a' , b' , c' eines falsch orientirten Dreiecks auf diesen Kreisen liegen müssen. Man ziehe noch dc' , so wird diese die innern Kreise in q und n schneiden, und es ist $\widehat{mn} = \widehat{bb'}$, und $\widehat{pq} = \widehat{aa'}$, weil sie gleichmäßig auf den beziehlichen Bewegungsbahnen, bei dem Drehen des Tisches, wodurch c' nach c gebracht worden, fortgeschritten sind *).

Es sind also die Winkel dAu , dCr , dBs gleich, folglich die durch A , B , C mit den Halbmessern Ad , Bd und Cd beschriebenen Bogen ähnlich; fällt man aus dem Punct d die Normalen du , dr und ds , so sind diese die Sinus jener Bögen **) und verhalten sich wie ihre Halbmesser. Es ist nämlich:

$$du : dr : ds = dA : dC : dB,$$
 oder wegen Ähnlichkeit der Dreiecke dac und dAC , dcb und dCB auch $du : dr : ds = da : dc : db.$

74. — Obgleich die angegebenen Lösungen bei einiger erworbenen Fertigkeit ziemlich schnell von Statten gehen, so ist doch folgende Methode ihrer Allgemeinheit und leichter Ausführung wegen empfehlungswerth. Es gewährt dabei die Orientirbussole eine willkommene Vereinfachung; Fig. 60.

Man orientire den Tisch mit Hülfe der Bussole ungefähr, doch absichtlich so, daß die Nadel etwa 1° rechts der Nordlinie einspielt und ziehe das Fehlerdreieck.

Jetzt drehe man den Tisch, daß die Nadel sich gegen 1° links der Nordlinie einstellt und ziehe abermals das Fehlerdreieck. Wären beide Dreiecke symmetrisch gleich, so würde d auf die Mittellinie zwischen ihren Spitzen fallen, weil dann auch die Normalen von d nach den Visirlinien zu beiden Seiten gleich sein müßten. Dieser Fall wird jedoch selten eintreffen.

Man ziehe die Verbindungslinie der mittlern Spitzen x , x' , sie mögen d zugewendet sein oder nicht, und schliesse $rx : r'x' = dr : dr' = dx : dx'$ ***).

*) Auf die Excentricität von d braucht hier nicht Rücksicht genommen zu werden.

**) Wegen der sehr spizen Winkel in Praxis fallen die Sinus mit den Bögen so gut wie zusammen.

***) Dieser Schluß rechtfertigt sich dadurch, daß man wegen dem kleinen Verhältniß der Fehlerdreiecke zu den großen Entfer-

Practisch hätte man schätzungsweise, wenn $r x = \frac{n}{m} r' x'$, auch $d x = \frac{n}{m} d x'$ zu machen, das Diop-
terlineal an d zu legen, dann den Meßtisch zu drehen, bis der Faden den Punct C schneidet. Der Tisch wird hiernach orientirt sein und es werden sich in der Regel die drei Bistrelinien nach A, B und C in einem Puncte (d) schneiden, der indeß nicht unbedingt auf $x'x$ zu liegen braucht.

75. — Nicht alle Richtpunkte sind gleich bestimmend zu Lösung der vorstehenden Aufgaben; man muß sie nach gewissen Regeln wählen, oder D in einer Lage annehmen, wo man auf vortheilhafte Durchschnitte der Bistrelinien rechnen kann.

Die beziehlichen Regeln sind:

I. Hauptregel.

A) Kann man nur über drei Fixpuncte disponiren, so wähle man die Lage von D dergestalt, daß sich die Bistrelinien nach den zwei nächsten oder nach den zwei entferntesten Richtpunkten so rechtwinklich als möglich, nie aber spitzer als ungefähr 45° schneiden.

B) Kann man aus mehreren Puncten wählen, so nehme man

a) den entferntesten und die zwei nächsten, oder

b) die zwei entferntesten und den nächsten und zwar so, daß sich bei a) die Bistrelinien der beiden nächsten, bei b) die der beiden entferntesten wie unter A, angeben schneiden.

II. Specielle Regeln.

1) Wählt man den Standort innerhalb des Dreiecks ABC, so ist dessen Lage der Hauptregel A nach am vortheilhaftesten.

2) Nimmt man ihn einer Seite gegenüber, aber noch innerhalb des Kreises durch A, B, C, so ist d am bestimmbarsten, je näher man sich dem Mittelpunct des Kreises aufstellt. In der Kreislinie selbst ist er völlig unbestimmbar.

3) Will man den Standort D außerhalb des Kreises einer Spitze des Dreiecks gegenüber wählen, so ist

nungen der Puncte A, B, C, die Bistrelinien beider Seiten nach den gleichen Puncten als parallel betrachten darf, woraus Aehnlichkeit der Dreiecke folgen würde.

es am vorthellhaftesten, ihn möglichst nach dieser Spitze zu nehmen.

4) Außerhalb der Kreislinie, einer Seite gegenüber, muß man D so weit als möglich von der Kreislinie abgelegen wählen.

5) Liegen die Richtpunkte in einer Geraden, so hat man nur die Regel unter A zu berücksichtigen.

Anwendung der Instrumente auf Vermessung kleiner Flächen.

A. Mittelft der Kette und des Winkelspiegels.

76. — Wenn ein Grundstück oder ein Complex mehrerer Grundstücke keine zu große Ausdehnung hat, oder die Beschaffenheit des Terrains keine zu großen Hindernisse bietet, kann man bei der Vermessung mit der Kette und dem Winkelspiegel auskommen. Selten aber sind die Figuren auf dem Felde so einfach, daß sie durch Messung der gegebenen Seiten, Diagonalen und Winkel bestimmt werden könnten. Es bedarf dann noch anderer angenommenen Linien, zweckmäßige Verbindung mehrerer solcher Linien oder auch zusammenhängender Polygone, die man Hülfss- oder Richtlinien, Hülfssfiguren nennen kann.

1) Ist, z. B., eine Fläche (Fig. 62) aufzunehmen, so reicht eine einzige gerade Linie AB hin, indem man diese als Abscissenare annimmt und von ihr aus die Ordinaten nach den Ecken mißt. Zuweilen wird es nöthig zwischen A und B noch andere Punkte (C, D) (nach 24) zu aligniren, im Fall ein Endpunkt von dem andern nicht sichtbar ist.

Man wird hierbei auf der Linie AB fortgehen und, nachdem die Eckpunkte jalonirt sind, die Fußpunkte der Ordinaten, welche man mit Hülfe des Winkelspiegels zu suchen hat, durch Pikets markiren, die Coordinaten messen, wobei man die Abscissen stets von dem Ausgangspunkt aus rechnet, und ist dann vollkommen in Stand gesetzt, die Figur auf das Papier zu tragen oder sie unmittelbar ihrem Inhalt nach zu berechnen.

2) Genügt eine Linie zur Aufnahme einer Fläche nicht, wie bei Fig. 63, so muß man sie in ein möglichst einfaches Polygon einschließen, dessen Seiten so nah wie

möglich den Grenzen liegen, sie schneiden oder auch ganz innerhalb fallen können.

Die Beurtheilung der Dertlichkeit muß dabei die vortheilhafteste Anordnung bestimmen.

Man hat dann vor Allem das Hülfspolygon zu vermessen, dann aber in Beziehung auf jede Seite, als Abscissenlinie, nach 1) zu verfahren. Die Messung der Hülfssfigur geschieht nach §. 29 und 32, und es ist in der Regel das Polygon in Dreiecke zu zerlegen, deren jedes durch seine drei Seiten zu bestimmen ist. Dabei muß nothwendig schon bei'm Abstecken des Polygons Rücksicht genommen werden, daß weder auf den Seiten noch auf den Diagonalen Hindernisse vorkommen, welche die Messung mit der Kette erschweren oder gar unmöglich machen.

Wie man sich zu Erleichterung der Operation des Winkelspiegels hier und da bedienen kann, hängt von der Localität ab. So kann er zuweilen dienen, ein Hinderniß zu umgehen, indem man rechtwinklich aus der Richtlinie heraus- und eben so jenseits des Hindernisses wieder in die Linie hineingeht.

B. Mit Hülfe eines Winkelinstruments.

77. — Es soll das Polygon $AB\dots HI$ (Fig. 21), dessen Seiten $ABCD$ durch Holzung begrenzt werden, welche nur die Operation am Umfang gestatten, gemessen werden.

Nachdem man die Linien AB, CB, CD durch Jalous abgesteckt hat, bestimme man auf gleiche Weise die Richtlinien $DE, EF, FG\dots AI$ so nah als möglich an dem Umfang. Hierauf messe man diese Linien, indem man zugleich auf diesen Richtlinien Senkrechte nach jeder Ecke des Polygon errichtet, und zuletzt, entweder gleichzeitig mit dem Ziehen der Richtlinien, oder nachher, die von ihnen gebildeten Winkel.

Wenn der Umfang des Polygons Einbiegungen hat, die man von den Hauptrichtlinien aus ohne lange Senkrechte nicht bestimmen kann, so ist vorzuziehen, Hülfslinien ab, bc zu wählen, die sich den Hauptlinien anschließen. Man beobachtet dann die Winkel, die sie unter sich, wie auch mit den polygonalen Richtlinien bilden, oder besser

man begnügt sich, sie durch Senkrechte wie *bd* zu projectiren.

Die letztere Methode ist gebräuchlicher, weil sie die Construction des Plans erleichtert und weniger Schwierigkeiten beim Messen macht. Die Senkrechten müssen nur mit Sorgfalt abgesteckt und die Benutzung von längern als 200 Meter vermieden werden.

78. — Man darf das Feld nicht verlassen, bevor man der Genauigkeit der Winkel nicht gewiß ist. Man muß deshalb sofort nach der ersten Beobachtung die Summe der beziehlichen Winkel untersuchen, ob sie gleich $2(n-2)R$ Grad sei; unter n die Anzahl der Winkel oder Seiten des Vielecks verstanden.

Dabei ist zu beachten, daß bei der Prüfung nicht äußere Winkel, wie *AIH* (Fig. 64), sondern deren Supplement in Rechnung gebracht wird. Die Summe wird öfters um eine oder mehrere Minuten differiren, sei es, daß sie größer oder kleiner sei; diese Differenz muß auf jeden der beobachteten Winkel vertheilt werden und zwar im Verhältniß seiner Größe, wenn man nicht besonders Vertrauen zu einigen haben sollte.

Es wären z. B. die Winkel (Fig. 63) beobachtet werden:

$$A = 125^{\circ} 58'$$

$$B = 93^{\circ} 57'$$

$$C = 151^{\circ} 33'$$

$$D = 142^{\circ} 49'$$

$$E = 146^{\circ} 21'$$

$$F = 128^{\circ} 29'$$

$$G = 141^{\circ} 22'$$

$$H = 98^{\circ} 14'$$

$$I = 231^{\circ} 24' \text{ (als Supplem. von } 128^{\circ} 36' \text{ zu } 4R)$$

$$\text{Summa} = 1260^{\circ} 07'$$

Bei 9 Seiten des Vielecks müßte die Summe sein:
 $2(9 - 2)90^{\circ} = 1260^{\circ}$;

es ist daher ein Plus von 7 Minuten auf die einzelnen Winkel zu vertheilen.

Drückt S die Summe der Winkel, D die Differenz $= 7$, P die Einheit eines Grades in Minuten und p die jedem Winkel zukommende Correction aus, so setzt man

$$S : D = P : p$$

und erhält für A die negative Differenz $p = 0' 45''$; für B $= 0' 33''$; C $= 0' 56''$; D $= 0' 52''$; E $= 0' 54''$; F $= 0' 47''$; G $= 0' 51''$; H $= 0' 35''$ und endlich für I $= 0' 47''$. Diese Differenzen von den beobachteten Winkeln abgezogen, erhält man die rectificirten Winkel.

Diese Methode, die Differenz der theoretischen und beobachteten Summe der Polygonwinkel zu vertheilen, ist zwar der Theorie entsprechend, wird aber von der Praxis verworfen, weil die Ursachen bei Entstehung der Differenzen vorzüglich in dem Abstecken und Ablefen der Winkel liegen, sie betreffen einen Winkel wie den andern. Man beschränkt sich daher, die gefundene Differenz gleichmäßig auf alle Winkel zu vertheilen, und dem Maß des Winkels hinzuzurechnen oder davon abzuziehen, je nachdem der Fehler negativ oder positiv war. Bei 9 Winkeln beträgt hier der Theil $\frac{1}{9}$ Minute $= 0,77$ Min., welches man von jeder Beobachtung abzuziehen hat.

Es ereignet sich oft, daß Richtlinien tiefe Thäler durchschneiden und von den Stationspunkten nur Theile jener Linien übersehen werden können: die Winkel können alsdann nur auf dem sichtbaren Theil der Linien beobachtet werden. Diese Lagen sind mangelhaft und können Veranlassungen werden, daß Richtlinien bei'm Aufragen des Plans eine verschobene Stellung erhalten, oder sie bewirken große Differenzen in der Summe der Polygonwinkel. In Holzungen fällt dies sehr häufig vor, denn die Bäume, auf die man bei jedem Schritte trifft, sind ebensoviel Hindernisse. Man würde dann grobe Irthümer begehen, wollte man die Differenzen durch die oben angegebenen Mittel ausgleichen. Bei'm Eintreten dieses Falls ist es besser, aus den Linien seitwärts herauszugehen, als ihre Anzahl zu vermehren.

Es ist auch zu empfehlen, daß man außerhalb der zu vermessenden Fläche Richtlinien suche, damit diese Linien unter sich in der Länge nur wenig abweichen; denn wenn ein Winkel durch eine sehr kleine und eine sehr große Linie gebildet wird, so darf man ihn nur betrachten, als sei er zwischen zwei Schenkeln gemessen, die beide der kleinen Linie gleich sind; und es bedarf nur einer geringen Abweichung von dem Richtpunct, um eine bemerkbare Verschiebung in der Lage nachfolgender Linien zu verursachen.

Wichtig ist es, alle Winkel des Polygons zu beobachten, wie man auch die Messung aller Seiten nicht vernachlässigen darf, damit man immer Mittel habe, sich von der Genauigkeit der Operation zu überzeugen. Wenn einige Hindernisse dem entgegentreten, so müssen diese Hindernisse durch secundäre Operationen neutralisirt werden, deren Spur später auf dem Plan verwischt wird, die aber auf dem Felde mit größter Genauigkeit auszuführen sind. Unter solchen Umständen steckt man Parallelen zu den Richtlinien aus, sucht durch Rechnung oder auch nur durch Combinationen die Größe einer Linie oder eines Winkels, wobei die geometrischen Constructionen von großem Nutzen sind.

Zuweilen messen Geometer aus Nachlässigkeit oder Zeitersparniß die letzte Seite der Polygone nicht, wenn auf derselben vielleicht keine Details vorhanden sind, und beobachten auch die beiden ihr anliegenden Winkel nicht.

Oft auch, wenn sie vergessen haben, einen Anknüpfungspunct oder das Totalmaß einer Linie der Messung zu notiren, ergänzen sie den Mangel durch Analogie mit dem Maß anderer Linien von ähnlicher Lage, oder nehmen gar nicht Rücksicht darauf, um nicht wieder zur Stelle zu müssen und um die Kosten einer Reise zu ersparen.

Diese Geometer laufen Gefahr große Fehler zu begehen, denn sie haben kein Mittel, sich in dem ersten Fall zu überzeugen, ob alle Seiten ihres Polygons genau gemessen worden und ob nicht Irrthümer in den Winkeln vorhanden sind; in dem zweiten Fall können die Details des Plans eine ganz verschiedene Lage von der in der Wirklichkeit annehmen.

Grobe Fehler können sich selbst bei der größten und ängstlichsten Sorgfalt einschleichen; man darf daher nichts versäumen, was zu Aufklärung von Irrthümern beitragen kann.

Noch darf bemerkt werden, daß die Operationen bisweilen die Addition oder Subtraction von Zahlen erfordern, diese aber nie im Gedächtniß gemacht werden dürfen, sondern in dem Manual, was immer zu Hand sein muß, aufgeschrieben und nach Umständen den betreffenden Linien beigelegt werden muß.

Oft können dergleichen Bemerkungen oder Rechnun-

gen bei später entstehenden Zweifeln von großem Nutzen sein, ja zuweilen selbst einer Nachmessung überheben.

79. — Die Vermessung von Wegen, Flüssen, Bächen u. s. w. Das Verfahren weicht im Ganzen nicht von dem bei der Vermessung von Grenzen ab. Hat man, z. B., einen Weg (Fig. 64) aufzunehmen, so stellt man in die größten Biegungen Stäbe, n , m , o und mißt deren Abstände von einander, wobei man bei größern Längen von 50 und mehr Meter Zwischenpuncte allignirt. Zu Bestimmung der Krümmungen errichtet man Senkrechte auf den Richtlinien hn , nm , mo , ob in dem Maße, als man in der Messung dieser Richtlinien vorschreitet. Zuletzt werden die Winkel in den Puncten des Zusammenstoßens der Richtlinien und, wenn der Weg sich an Grenzlinien anbindet, auch die Winkel an den Anknüpfungspuncten gemessen. Auf gleiche Weise verfährt man bei Bestimmung der Eigenthums- und Culturgrenzen und anderer zum Detail gehörigen Linien. Die Linien lf , fg (Fig. 64) zeigen an, wie man in solchem Fall zu verfahren hat. Die letzte dieser Linien knüpft sich in dem Punct g an die polygonale Richtlinie BC . Man muß jedesmal suchen, Linien zu nehmen, die das Polygon durchschneiden und macht nöthigenfalls von secundären Hülfslinien Gebrauch. So ist hier vorzuziehen, eine Linie lq abzustrecken und zu messen und hierauf fg zu beziehen, als sich an die gebrochene Linie lf zu binden. Die Arbeit auf dem Zimmer wird dadurch mehr erleichtert und es entsteht mehr Regelmäßigkeit in den Operationen, sowie in dem Plan.

Soll die Messung eines Terrains sich bloß auf den Umfang beschränken, so muß man doch eine Diagonale wie lb messen, um sich gegen Fehler zu verwahren, die einschleichen können, sei es in die Operation auf dem Felde, oder bei'm Auftragen auf dem Zimmer. Diese Diagonale braucht keine Gerade zu sein, eine gebrochene Linie vertritt deren Stelle auch, vorausgesetzt, daß auf die Messung ihrer Theile und Winkel die nämliche Sorgfalt verwendet wird, welche die Seiten und Winkel des umschriebenen Polygons erfordern.

Die Biegungen der Bäche, Höhlen u. s. w. werden ebenfalls durch Richtlinien bestimmt, die den Lauf des Object's folgen, und auf welche man die nöthigen Senkrechten (Ordinaten) nach den Krümmungen errichtet. Fig.

65 stellt ein Beispiel einer solchen Messung dar. Man sieht, daß auf die Richtlinien AB, BC, CD, DE Senkrechte nach jeder Krümmung gerichtet worden, die der Lauf des Wassers macht. Entfernen sich die Krümmungen zu viel von den Linien der Messung, dann hat man, mittelst Jalons, Senkrechte kl und hi abzustrecken und von diesen aus senkrecht in die Krümmung zu messen, vorausgesetzt, daß man nicht unterlassen darf, die Abstände der Fußpuncte auf sämtlichen Richtlinien durch Maß zu bestimmen. So ist mo in einen Winkel von 45° gelegt worden, und, damit deren Lage nicht zweifelhaft wird, hat man sie durch eine Senkrechte auf lk verbunden.

Die beiden Richtlinien ab und bg sind angenommen worden, um mehr Schärfe in die Operation zu bringen; man berücksichtige, in Bezug auf die räumlichen Vermessungen, daß die Genauigkeit nicht immer von Annahme einer großen Anzahl Senkrechter abhängt; man muß sie mit Ueberlegung zu vereinfachen und die Puncte, nach welchen sie zu richten sind, zu verringern wissen.

Wenn man einen Fluß zu vermessen hat, dessen Ufer wegen ihrer Breite nicht durch eine einzige Operationslinie bestimmt werden können, so steckt man auf jedem Ufer ein System von Linien ab, die man durch theilweise Verbindungen nach dem in (§. 28, 4 und §. 31, 1) angegebenen Verfahren von einander abhängig macht, wie in (Fig. 57 a) angegeben ist. Kann man auf dem einen Ufer eine oder zwei Richtlinien des andern sehen, so muß man deren Verlängerungen benutzen. So kann MN von CD aus gesehen werden, man benutzt daher den Punct m der Verlängerung von CD; eben so den Punct o der Verlängerung von NO auf BC. Auf diese Art wird das Verschieben der Systeme beider Uferseiten vermieden.

80. — Wir theilen in Folgendem einige Aufgaben mit, welche bei dem Feldmessen nützlich werden können.

1) Man hat den Grundriß des Umfangs einer dichten Waldung und soll in dessen Innern die Lage einer Blöse oder eines Holzbezirks, welche weit später als der Hauptplan vermessen worden ist, eintragen.

Der Umfang der Dichtung ist in Bezug auf die Richtung unzugänglich; von einem Punct O (Fig. 66) aus, kann man aber die Ecken A, B, C des ersten Plans sehen und die

Winkel α, β beobachten. Von dem Punct P aus sieht man die Ecken D, E, F und G und kann die Winkel γ, δ und ε messen. Man verbinde die Puncte A, B, C durch Gerade, beschreibe auf AB ein Segment, von dem Peripheriewinkel α , und auf CB eins dergleichen von dem Peripheriewinkel β . Diese Kreissegmente werden sich in dem Punct O der Beobachtung schneiden.

Man verbinde ebenfalls die Puncte D, E, F und G durch Gerade, beschreibe auf $DE, EF,$ und FG Segmente, welche die Winkel γ, δ und ε fassen, so wird der Durchschnitt dieser drei Kreissegmente den zweiten Punct P bestimmen.

Ein solches Segment auf BC , welches den Peripheriewinkel β faßt, zu construiren, trage man in BCr' den Winkel β mache $r'Cc' = 90^\circ$ und errichte in der Mitte p' von BC eine Normale. Der Durchschnittspunct c' ist Mittelpunct eines Kreises, auf dessen Sehne BC alle Peripheriewinkel wie $BOC = \beta$ sind.

Hat man auf diese Weise die Hauptpuncte O und P gefunden, so hat man nur mit ihnen die übrigen Puncte aus dem zweiten Plan in Verbindung zu setzen und die Figur selbst in den ersten Plan einzutragen. Wenn man in einem der Puncte (O, P) den Winkel mißt, den einer der Visirstrahle nach den Puncten des äußern Umfangs mit einer Richtlinie der innern Figur macht, so reicht die Bestimmung eines der Puncte (O, P) hin.

2) Es ist ein Dreieck MNP (Fig. 67) zu construiren, dessen Winkel und die drei Linien OM, ON, OP bekannt sind, welche von einem Punct O im Innern nach den Ecken gezogen sind.

Man construire mit Hülfe der drei bekannten Winkel ein Dreieck $M'N'P'$, welches sonach dem gesuchten Dreieck ähnlich ist. Es kommt nun darauf an, den Punct O in der Dreiecksebene zu finden. Zieht man OM', ON' und OP' , so hat man

$$OM' : ON' = OM : ON \quad (1.)$$

$$\text{und } ON' : OP' = ON : OP \quad (2.)$$

Ist das letzte Glied der beiden Gleichungen gefunden, so muß O auf dem geometrischen Ort der Puncte liegen, deren Abstände von den Endpuncten M und N (1.) sich verhalten, wie $OM : ON$; ebenso liegt es auf dem geometrischen Ort der Puncte, deren Abstände von N und P (2.) sich verhalten, wie $ON : OP$. Der Durchschnitt dieser beiden Linien ist daher der Punct O .

Man trage sonach auf die Schenkel irgend eines Winkels oc , $on = ON$ und $om = OM$; betrachte N' als Mittelpunkt, aus welchem man mit beliebigem Halbmesser den Kreisbogen v beschreibt; trage diesen Halbmesser auf oc von o nach v ; mit kleinerm Radius beschreibe man einen zweiten Bogen u , dann einen dritten t und trage die Radien gleichmäÙig auf oc ; ziehe vv' , uu' , tt' parallel mn , dann aus M' als Mittelpunkt und mit Radien gleich ov' , ou' , ot' die Bogen v' , u' und t' . Diese zweiten Bögen werden die ersten in den Punkten r , q , s schneiden, welche dem geometrischen Ort angehören, auf welchem der Punkt O liegt. Indem man nun auf $P'N'$ eine ähnliche Construction ausführt, so wird der Durchschnitt beider geometrischen Dexter den gesuchten Punkt O bestimmen. Verbindet man nun OM' , ON' und OP' und trägt auf diese Geraden die beziehlich gegebenen OM , ON und OP , zieht endlich PN , NM und MP , so hat man das gesuchte Dreieck. Die Seiten desselben sind denen des angenommenen Dreiecks $M'N'P'$ parallel.

Anfänger können sich in Auflösung dieser Aufgabe, die ein ganz besonderes Interesse gewährt, einüben.

3) Durch einen gegebenen Punkt A (Fig. 67 a) eine Parallele zu einer Geraden BC zu legen.

Durch einen auf BC beliebig angenommenen Punkt A legt man aA , mißt den Winkel AaC und legt denselben Winkel auch in nAd oder dessen Supplement in aAd ; der Schenkel Ad giebt die verlangte Parallele.

Um größere Sicherheit in die Operation zu bringen, kann man einen entfernten Punkt n annehmen und sich auf BC in den Durchschnitt der Verlängerung von nA aufstellen, wo man wieder den Winkel $nAd = nAc$ macht.

4) Die Aufgabe (§. 30) kann ebenfalls mit dem Winkelmesser gelöst werden.

Man stecke CD (Fig. 68) nach Belieben ab, doch so, daß sie den Punkt A aufnimmt, setze die Punkte c und c' so, daß

$$AC : Ac = AD : Ac'.$$

In dem Punkt c macht man den Winkel $Acb = ACB$; in c' den Winkel $Ac'b = ADB$, so würde die Gerade Ab von A aus durch den Durchschnitt der

Schenkel cb und $c'b$ gehend, auch den Schnitt der Linien CB und DB treffen.

Es lassen sich auf der Geraden AB soviel Punkte annehmen, als man für gut findet; es genügt dann in der vorstehenden Formel, die Werthe von Ac und Ac' zu verändern. Man hat, z. B.

$$Ac : Ad = AD : Ad'.$$

81. — Wenn man mit einem Winkelinstrument operirt, so läßt sich die Operation zwar sehr verschiedenartig leiten, wobei die Localität immer maßgebend ist, im Ganzen genommen hat man jedoch nur die beiden Methoden; die des Umziehens und die durch Intersectionen. Die letztere Methode kann auf bewachsenem Terrain nicht gut angewandt werden; erlaubt es aber die Gegend, so läßt sie sich mit der erstern verbinden, wodurch die Arbeit beschleunigt wird. Sie setzt überdies in Stand, Fehler in dem Messen von Linien zu erkennen und auch oft die, welche beim Winkelmessen entstanden sind.

Wir haben (§ 32, 33 und 77) beschrieben, wie die Polygonlinien auf dem Terrain angeordnet werden müssen, und wie man bei Bestimmung der Ecken und Biegungen des Umfangs eines Terrains von zufälliger Beschaffenheit zu verfahren habe; haben daher hier nur den mit der Bußsole vorzunehmenden Operationsgang zu beschreiben.

Man habe das Vieleck (Fig. 69) zu vermessen. Hier kann man, wenn der Umfang nicht zuviel Krümmungen hat, den Grenzen folgen und soviel Stationen nehmen, als sich Ecken finden. Gesezt, man befinde sich nun in A , so gehe man auf AB fort, während man diese Linie mißt; in B angelangt, stelle man das Instrument in diesem Punct auf und messe die Winkel α und β , die man Abweichungs- oder Richtwinkel nennen kann. Von B aus messe man BC , stelle sich in C auf, um den Richtwinkel γ der Seite CD zu nehmen, gehe auf CD fort, um in D Station zu nehmen u. s. f.

Die punctuirten Linien Ad , Bd , Cd ... bezeichnen die Nordlinien oder die Stellung der Nadel, in dem Augenblick der Beobachtung nach d gerichtet. Die Bogen α , β , γ ... geben die Winkel nach der Graduirung des Limbus an.

Wenn die Grenzen des Polygons gekrümmt sind, oder wenn die Geraden, welche sie bilden, weniger als 50 Meter halten, (bei Plänen nach dem Verhältniß 1 : 2500), oder weniger als 100 Meter (beim Verhältniß

1 : 5000), steckt man Richtlinien aus, wie FG, GH, HI...., so nah als möglich an den Grenzen, man beobachtet die Richtwinkel dieser Linien und errichtet auf jeder die nöthigen Senkrechten, die man mißt, um die Krümmungen der Grenze zu bestimmen*).

Befinden sich in dem innern Raum des Vielecks Details, als Wege, Fußsteige, Eigenthumsgrenzen, Bäche, verfährt man auf dieselbe Weise. Bei dem Weg MVO würde man also von einem bekannten Punct M oder von dem Punct O, der bereits auf der Richtlinie gemessen ist, ausgehen und nöthigenfalls Stäbe ausstecken. Man setzt sich in die Puncte, wo der Weg auffallend von gerader Richtung abgeht, oder ein Knie macht, mißt die Entfernungen der Stationen, während man durch Senkrechte die Details der Krümmungen bestimmt.

Wenn ein Punct, wie V, in Verbindung mit den Hauptecken des Polygons gesetzt wird und von mehreren dieser Ecken gesehen werden kann, so muß man Gebrauch vom Einschnneiden machen: man beobachtet dann den Richtwinkel der Linien von diesem Puncte nach den sichtbaren Ecken. Hat man so C, G und L von V aus visirt, so müssen diese Linien beim Auftragen des Plans sich in dem Punct V schneiden und umgekehrt durch die schon bestimmten Ecken gehen, wenn die Stellung von V eine sichere ist. Trifft dieses nicht, so ist es Beweis, daß beim Vermessen oder Auftragen Fehler begangen sind.

82. — Directe und Rückbeobachtungen. Nach dem was (§ 53) über die Bewegung und Gradtheilung der Buffole gesagt worden, lassen sich gewisse Schlüsse ziehen, die man nicht aus dem Auge verlieren darf. In den vorigen §§. sind nur der directen Beobachtungen Erwähnung geschehen, d. h. solcher, die in der Richtung des Umgangs gemacht werden; man wird aber durch nichts behindert, aus derselben Station den Richtwinkel der Linie, auf der man vorwärts schreitet, und

*) Machen die Grenzen ziemlich stete Krümmungen, so gewährt es sowohl beim Auftragen, als beim Berechnen viel Erleichterung, wenn man die Abscissen zwischen den Senkrechten von gleicher Größe, z. B. 15, 30, 45 Meter zc. annimmt. Wo aber die Ein- und Ausbiegungen, in Bezug auf das Verjüngungsverhältniß, zu sehr von der Geraden abweichen, oder sich nicht compensiren, würde man bei gleicher Theilung zu große Differenzen erhalten.

auch der Linie, die man eben verlassen hat, zu messen; in dem letztern Fall macht man eine Rückbeobachtung, (man visirt rückwärts) und diese muß immer gleich sein der ersten $\pm 2R$. Hat man im Punct B den Richtwinkel von $BC = sv$ (Fig. 70), bezieht sich dann in C und beobachtet hier nicht allein den Winkel der Richtung CD ; sondern auch den von $CB = mnp$, so wird letzterer gleich dem ersten $sv + mnp = sv + 180^\circ$.

Die directen Beobachtungen können zuweilen 180° übersteigen, sowie die rückwärts kleiner sein können; dieses hängt von der Richtung ab, in der die Operationen in Bezug auf die Nordlinie geschehen und der Ordnung des Ganges, welche man von dem Punct des Ausgangs ab befolgt hat.

Schritte man, z. B., von D (Fig 70) nach C, von da nach B u. vor, so würde man in D einen Winkel k für DC und in C einen Winkel mnp für CB , beide größer als $2R$ haben. Sieht man darauf, nur Winkel zu erhalten, welche die beiden ersten Quadranten nicht überschreiten, so muß man sich einrichten, nur von Südost nach Nordwest und von Nordost nach Südwest zu gehen.

Der Rückwinkel controlirt den directen Winkel. Die gleichzeitige Beobachtung dieser Winkel ist eine unmittelbare Prüfung der Arbeit, die man bei einigermaßen wichtigen Operationen nicht versäumen darf, und die bei Messung eines umschriebenen Vielecks zum Schluß beiträgt. Dies ist ein Vortheil, den ein anderer Winkelmesser nicht gewährt, weil die Richtigkeit der Operationen sich erst bei der letzten Ecke herausstellt. Man ist sogar genöthigt, wenn sich zuletzt ein Mangel des Zusammenstreffens zeigt, zuweilen die Figur nochmals zu umgehen; während man mit der Buffole nie in den Fall kommen kann, wenn man die Winkel durch Rückvisiren prüft.

Da es bei einer Störung bei der Arbeit u. leicht geschehen kann, daß man einen Winkel seinen Graden nach falsch in das Manual einträgt, was sich zwar beim Auftragen auf der Stube leicht als Fehler zeigt, aber nicht verbessert werden kann, so ist das Beste, daß man in das Manual außer dem, durch den Nordpol der Nadel angezeigten Winkel, auch den daneben schreibt, den der Südpol anzeigt. Beide controliren sich und der eine ist dann gewiß der richtige. —

Wir müssen bei dieser Gelegenheit eines Irrthums erwähnen, in den manche Geometer fallen, wenn sie die (§ 78) angegebene Prüfung der gemessenen Winkel dadurch zu bewirken glauben, daß sie aus den Winkeln der Meridiane die entwickeln, welche durch die Seiten der Figur gebildet werden.

Diese Prüfung führt immer nur auf das Resultat, daß die Entwicklung der letztern fehlerfrei geschehen und kein Irrthum bei der Addition und Subtraction vorgegangen sei.

Um diese Behauptung zu beweisen, nehmen wir ein Polygon (Fig. 71), wo die Richtwinkel der Seiten beobachtet worden, wie in der Figur beigefügt ist. Indem wir die nöthigen Ableitungen vornehmen (§ 85), würde für die innern Winkel des Polygons, die durch die Seiten gebildet sind, erhalten:

$$F = 141^{\circ} 15'$$

$$G = 111^{\circ} 20'$$

$$H = 67^{\circ} 5'$$

$$K = 40^{\circ} 20'$$

$$\text{Summe} = 360^{\circ} 00'$$

Gesetzt nun, man habe in F einen Fehler von 8° begangen, und anstatt $141^{\circ} 15'$, hätte man $133^{\circ} 15'$. Die innern Winkel des Polygons wären also:

$$F = 133^{\circ} 15'$$

$$G = 119^{\circ} 20'$$

$$H = 67^{\circ} 5'$$

$$K = 40^{\circ} 20'$$

$$\text{Summe} = 360^{\circ} 00'$$

Die letztere Summe ist der obigen gleich, und dies wird immer Statt finden, welches auch der begangene Fehler sei. Uebrigens, wenn ein Ablesefehler am Instrument bedeutende Folgen auf die Summe der Polygonwinkel haben konnte, so folgt auch, daß diese Summe niemals mit der stimmen wird, die man aus der Anzahl der Seiten gesucht hat; in Betracht, daß der Fehler, der jedem Winkel von der Schätzung anhaftet, die man bezüglich auf Bruchtheile der Grade nach dem Augenmaße bewirkt hat, hinreichen kann, um in der gedachten Summe eine ziemlich auffallende Differenz hervorzubringen.

83. — Beschleunigtes Messen, indem man eine Ecke um die andere überspringt, (mit Springständen).

Der Gebrauch der Buffole gestattet, wie bereits erwähnt, eine Ecke um die andere zu übergehen. Denn wenn man in dem Punct C (Fig. 70) die doppelte Beobachtung (§ 82) macht, so wird man offenbar den Richtwinkel von CB und auch den von CD haben, weshalb es überflüssig ist, in B und D zu beobachten. Manche Geometer befolgen ausschließlich diese Methode, die allerdings viel kürzer ist. Wenn man aber auch dadurch ein wenig an Zeit gewinnt, so ist man seiner Beobachtungen auch weniger sicher und folglich auch seiner Arbeit überhaupt; und ist ein Fehler im Ablesen eines Richtwinkels begangen, dann wird die Figur nicht schließen und man wird gezwungen, auf dem Feld Nachmessungen anzustellen; diese Nothwendigkeit compensirt die kleine Ersparniß an Zeit, die man bei der Wahl dieser Methode beabsichtigt hatte. Wir können daher zu deren Befolgung nicht auffordern, am wenigsten, wenn es sich um die Vermessung von wichtigern Gegenständen handelt. Bei Fußwegen, kleinen Bächen, die auf den Plans nur zur Kenntnißnahme figuriren, kann die Methode füglich angewandt werden.

84. — Aufnahme einer Figur durch Intersection. Die Messung durch Intersection besteht im Wesentlichen darin, daß man eine Basis wählt und mißt, von der aus man alle Ecken des Vielecks sehen kann. Von den Endpuncten dieser Basis beobachtet man nach einander alle Richtwinkel der Visuren, die man auf jede Ecke richtet. Man darf nicht übersehen, auch von der Basis den Richtwinkel zu nehmen.

Kann man eine zweite Basis nehmen, dann beobachtet man von dieser, die schon von der ersten aus bestimmten Puncte, um nochmalige Schnitte zu erhalten, die zur Prüfung dienen können. Im Fall einige Puncte von der ersten Basis nicht geschnitten werden können, so schneidet man sie von der zweiten Basis aus.

Diese Methode gewährt keine scharfen Resultate, zumal wenn sie weiter als auf kleinere Districte angewandt wird; sie kann jedoch mit Vortheil gebraucht werden, bei Besichtigungen und dergleichen, da sie wenig Zeit erfordert.*) Auch kann sie mit andern Winkelinstrumenten ausgeführt werden.

*) Bei der Detailaufnahme mit dem Meßtisch ist die Intersectionsmethode fast die allein brauchbare; sowie sie auch die

Nachdem man die beiden Basen AB und DE (Fig. 72) gewählt und gemessen, beobachte man in B die Richtwinkel nach den Eckpunkten R, M, N, \dots, Q , sowie nach D und E , um die Basis DE in Beziehung auf AB zu bestimmen; dieselbe Operation nimmt man in A vor. Hierauf begiebt man sich nach D und beobachtet aus diesem Punkte alle Winkel nach den Ecken, welche gesehen werden können, mit Einschluß der Endpunkte A und B . Ebenso operirt man in E , wodurch man neue Schnitte erhält, theils auch die bereits erhaltenen sicherer stellt*). Man hat dann nur die Ecken auf dem Riß zu verbinden; kommen aber auf diesen Seiten Krümmungen vor, so sind diese durch Ordinaten zu messen.

Operirt man mit dem Winkelmesser, so reicht hin, die Winkel $OAB, EAB, MAB, \dots, RBA, DBA, MBA, QBA, \dots$ u. zu messen; die Operation ist, wie man sieht, sehr wenig verschieden.

Es ereignet sich zuweilen, daß ein Punkt S (Fig. 73) von den Basen aus nicht gesehen werden kann; in diesem Fall setzt man sich in den Punkt und, kann man von ihm aus einige Polygonecken sehen, wie M, A, P, B , so beobachtet man die Richtlinien von S nach diesen Punkten, und hat dadurch den Punkt S bestimmt. Denn es können, wegen der meridianen Parallelen, die in S beobachteten Winkel angesehen werden, als wären sie in M, A, P, B gemessen worden, und man kann auf dem Papier selbige in die zuletzt genannten Punkte auftragen, wobei ihre Schenkel sich in S schneiden werden.

Wir bemerken schließlich noch, in Bezug auf den Gebrauch der Buffole, den Umstand, welcher durch die Nähe einer Masse Eisen störend einwirken kann, ohne daß man sich zuweilen Rechenschaft von der Veranlassung geben kann.

Es reicht hin, die Ablenkung der Nadel zu bewirken, oder ihr Oscillationen mitzutheilen, die das Ablesen der Grade hindern, oder die Größe des Winkels falsch anzeigen, wenn man sich mit einigen Markirnadeln in der Hand an die Buffole stellt.

Grundlage zu den größten Triangulirungen ist, nur bei der Buffole darf man ihr weniger vertrauen.

*) Welches besonders bei Durchschnitten nöthig ist, die sehr stumpf oder spitz geschnitten sind.

Man muß daher die Näherung irgend einer eisernen Masse an das Instrument sorgfältig vermeiden. Die Einwirkung auf die Nadel findet nicht auf jede Distanz Statt; eine Masse von 1 Kilogramm bewirkt auf 50 Centimeter Entfernung in horizontaler Richtung noch keine Ablenkung; auch bei verdoppelter Masse und doppelter Entfernung wird keine Bewegung bemerkbar. Es wird leicht, Erfahrungssätze aufzustellen und die Grenzen durch eine Formel zu bestimmen, innerhalb welcher man die Busssole aufstellen kann, wenn sich große Massen von Eisen in der Nähe befinden. Wir müssen dies jedoch andern überlassen.

Man kann sich durch das Verhalten gegen Eisen von der Empfindlichkeit und der magnetischen Kraft einer Nadel überzeugen. Hat eine Nadel ruhig eingespielt, so muß sie nach östlicher oder westlicher Ablenkung durch Eisen genau wieder auf den Punkt zurückkehren, den sie eingenommen hatte. Je weiter sich eine Nadel von ihrem Stand ablenken läßt, desto kräftiger ist sie, gesetzt, daß die Eisenmasse gleich bleibt, und desto sensibler bewegt sie sich auf ihrer Spitze.

Wir haben (§ 81 — 84) gesehen, daß es bei der Busssole hinreicht, sich auf einen Punkt zu stellen, um diesen Punkt zu bestimmen. Dieses Verfahren findet häufige Anwendung; und wir empfehlen dessen Berücksichtigung. Wenn ein Grundstück durch steile Felsen und Tiefen begrenzt wird, welche jede Messung unmöglich machen, so können doch die Hauptpunkte durch dieses Verfahren bestimmt werden, wenn man zwei, drei oder mehre Punkte, die von dem Felsen aus beobachtet werden können, in einiger Entfernung annimmt. Diese secundären Punkte werden durch Intersection bestimmt. Auch kann man, in Fällen, wo die Beschaffenheit des Terrains es fordert, an die Operationslinien Thürme, Bäume, oder andere Fixpunkte anknüpfen, nach denen man Visirstrahlen richtet, um die Bergkante zu bestimmen.

85. — Ableitung der Polygonwinkel, wenn die Beobachtungen mit der Busssole geschehen sind.

Es ist zuweilen nöthig, auf dem Plan die Winkel aufzutragen, welche die Linien der Messung unter sich bilden. Die Busssole giebt diese Winkel nicht, man muß sie daraus ableiten können. Man erinnere sich, was (§. 62) aufgestellt worden.

Um den Winkel ABC (Fig. 69) zu erhalten, hat man offenbar $(\alpha - \beta) = 146^{\circ} 02' - 62^{\circ} 05' = 83^{\circ} 57'$.

Der äußere Winkel BCD ist, wegen der Meridian-Parallelen 180° — dem in B beobachteten Winkel + Winkel γ , der in C beobachtet wurde = $180^\circ - 62^\circ 05' + 22^\circ 13' = 140^\circ 08'$ oder $180^\circ + 22^\circ 13' - 62^\circ 05'$.

Um den Winkel DEF zu finden, ist gleichmäßig $180^\circ - 102^\circ 33' + 61^\circ 55' = 139^\circ 22'$.

Wenn β der Richtwinkel von EF, so ist die allgemeine Gleichung:

$$E = 180 + \varepsilon - \beta' \quad (1.),$$

wenn sich beim Umziehen der Figur das Polygon zur linken Hand des Feldmessers befindet.

Liegt es zur Rechten, dann ist

$$E = 180 - \varepsilon - \beta' \quad (2.),$$

wenn nämlich ε den Richtwinkel der ersten Linie in der Richtung des Umzugs bedeutet. Es findet keine Ausnahme Statt, als wenn der Polygonwinkel $> 180^\circ$.

Man muß sich mit diesen Rechnungen genau bekannt machen, um sie schnell ausführen zu können.

86. — **Aufgaben.** 1) Um durch einen Punct A (Fig. 74) eine Parallele mit einer gegebenen Linie BC zu legen, genügt, den Richtwinkel α dieser Geraden in irgend einem Punct zu beobachten und in A einen Winkel = α anzusetzen.

2) Ein Allignement zwischen den Puncten A und B, die in Beziehung aufeinander, unsichtbar sind, abzustecken (Fig. 75).

Man legt unter beliebigem Winkel die Linie AV, und eine andere AV', begiebt sich dann in B und legt BV' unter gleicher Richtung von AV', dann BV unter derselben Richtung wie AV', so sind die Linien AV', BV, und AV und BV' parallel. Man verbindet VV', so ist die Mitte o dieser Diagonale ein Punct von AB. Halbirt man BV' in i und nimmt $Vn = \frac{1}{2} VB$, zieht Vi, V'n, dann ist der Durchschnitt dieser beiden Linien o' ein zweiter Punct der verlangten Geraden. Macht man $Bc = \frac{1}{2} Bi$, $Bm = \frac{1}{2} Bn$, so ist auch der Schnitt o'' von V'm und nc ein dritter Punct der Linie AB, u.

Ist diese Operation nicht ausführbar, so nimmt man $Bn = \frac{1}{2} BV$, legt no unter einen gleichen Richtwinkel, wie BV' und erhält den Punct o, indem man $no = \frac{1}{2} BV'$ macht. Man kann noch andere Puncte von AB erhalten, wenn man Bn in zwei oder drei Theile theilt und durch jeden Theilpunct Parallelen mit BV' legt, dann den Parallelen gleiche Längen mit $\frac{1}{2}no$ oder $\frac{1}{3}no$ giebt.

3) Eine Gerade jenseit eines Hindernisses zu verlängern. Die Lösung dieser Aufgabe wird

durch die Buffole sehr vereinfacht, denn man braucht nur einen Punct N (Fig. 76) jenseit des Hindernisses anzunehmen und in dem Richtwinkel von AB auf diese Linie loszugehen. Um aber den Punct N festzustellen bildet man das Dreieck acB, mißt und halbiert ac und Bc. Durch die Halbierungspuncte b und c legt man bc und verlängert sie; dann zieht man cN nach Belieben und macht dN = cd.

87. — Von dem Manual, Brouillon, oder Croqui des Terrains*).

Bei Uebersicht der verschiedenen Operationen die auf dem Felde auszuführen sind, gehört dahin:

1) das Abstecken der Vermessungslinien oder Richtlinien;
 2) die Kettenmessung dieser Linien und der Ordinaten, welche die Krümmungen des Umfangs des Terrains bestimmen, wenn es nicht thunlich ist, den Perimeter zu umziehen;

3) die Beobachtung der Winkel, welche die Richtlinien unter sich bilden, wenn man mit dem Winkelmesser operirt, oder die Beobachtung der Richtwinkel beim Arbeiten mit der Buffole. Es ist jedoch nicht hinreichend, wie man sich überzeugt haben wird, diese Operationen auszuführen, man muß auch die nöthigen Notizen sammeln, um auf der Stube den Plan auftragen und den Gang der Arbeiten beherrschen zu können.

Einige Geometer haben bei dem Vermessungsgeschäft den Gebrauch von Tabellen, zum Notiren der Operationen, eingeführt; diese sind gewöhnlich folgendergestalt eingerichtet:

Tabelle einer Vermessung mit dem Winkelinstrument.

Station.	Winkel.	Seiten.		Beobachtungen.
		o	''	
A	38 16 9			
B	110 25 17	AB=	36 03	
C	49 8 25	BC=	118 15	

*) Von den bei einfachen Kettenmessungen ist bereits § 29 gehandelt worden.

Tabelle der Vermessung mit der Buffsole.
(Nach der Umziehungsmethode Fig. 69.)

Station.	Visirte Puncte	Richtwinkel		Seiten Met. Dec.	Winkel der Richtg.		Beobach- tungen.
		o	''		aus	o	
A	M	116	55 00	AB = 190	0	''	
B	C	62	05 00	BC = 137	1	''	
	A	146	02 00				
C	D	22	13 00	CD = 76	5	V	313, 13
	V	133	15 00				
	k	129	15 00	Ck = 83	2		

Wenn nur ein kleines Polygon zu vermessen ist, bei dem man den Umfang hat verfolgen können, so können die Messungsergebnisse in einer dergleichen Tabelle notirt werden. Hat man aber krummlinige Grenzen, wie z. B. (Fig. 69) von den Richtlinien FG, GH...KL aus zu vermessen, so müssen nicht allein die Totallängen der Linien und die Größe der Winkel, sondern auch die Abscissen und Ordinaten, durch welche diese Krümmungen bestimmt sind, eingetragen werden. Uebrigens beschränken sich die Messungen nicht immer auf die Grenzlinien des Polygons, man hat öfter noch die Lage eines Punctes oder überhaupt Gegenstände im Innern der Fläche, wie Wege, Bäche, Gebäude, Dorflagen in der Vermessung aufzunehmen; dadurch erhält man eine Menge von Maßen aufzuschreiben und öfters Bemerkungen zu machen, die in einer solchen Tabelle keinen Platz finden.

Der Plan soll ein treues Bild des Terrains sein: daher glauben wir, daß man zu dieser Darstellung nur gelangt, wenn man das Terrain nach Maßgabe des Augenscheins bei vorgängiger Besichtigung copirt, was auch geschehen kann, während man die Richtlinien mißt.

88. — Es läßt sich keine Vorschrift für die Einrichtung eines dergleichen Croqui oder Brouillon des Terrains geben; jeder Geometer hat die seinige; daher kommt es, daß ein Geometer sehr selten den Plan einer Vermessung nach den Vermessungsnotizen eines andern aufzutragen vermag.

Ein Geometer, der mit mehren Arbeiten beschäftigt wird, thut wohl, sich ein Manual in Folio anzulegen, worin er alles notirt, was auf eine und die andere Arbeit Bezug hat. Bei größern Vermessungen macht das Ma-

nual ein abgeschlossenes Ganzes aus, welches, mit Titel versehen, nach geschehener Vermessung aufbewahrt wird, um zu jeder Zeit, bei zufälligen Zweifeln und Anfragen, sichere Auskunft geben zu können. Dieses Manual legt er bei der Operation selbst nicht aus der Hand und trägt alle Maße sofort ein, indem er sie zu einzelnen Handzeichnungen oder nach dem Augenmaße entworfenen, mehr oder weniger umfassenden Partien so einschreibt, daß man durch das Beisehen an die Linien den Gang der einzelnen Messungen, die Richtung der einvisirten Winkel *ic.* augenblicklich übersehen kann; nächstdem sind vorkommende Beziehungen und alles, was auf die Messung Einfluß haben kann, wörtlich einzutragen.

Bei größeren Flächen, wo die Figur sich in ihrem ganzen Umfange nicht im Croqui zeichnen läßt, zeichnet man einzelne Richtlinien, womöglich in der Richtung ein, die sie in Bezug auf einander nehmen und bemerkt figurlich alles auf ihnen, was Beziehung auf die Vermessung hat; schreibt auch die einzelnen Maße an die betreffende Stelle. Die Endpuncte derselben bezeichnet man mit Buchstaben, so daß die Enden mehrerer Linien, wo sie auf dem Felde zusammenstoßen, denselben Buchstaben erhalten.

Ebenso stellt man alle Details, welche in der ursprünglichen Zeichnung zu klein und dadurch undeutlich erscheinen, abgesondert, mit Bezeichnung der Endpuncte und gleicher Bezeichnung der Stelle, wo sie hingehören, auf und schreibt die Maße und Winkel bei. —

89. — Obgleich jeder Geometer die Einrichtung seines Manuals und Croqui nach eigenem Ermessen treffen kann, und nachfolgende Angaben des Originalwerkes überflüssig erscheinen möchten, so glauben wir sie doch insofern interessant, als sie das Verhalten französischer Ingenieurs mittheilen, welches in manchen Puncten wohl Nachahmung verdienen möchte.

Da es unmöglich ist, Farben, Pinsel *ic.* bei sich zu führen, so macht man die Zeichnung mit der Feder und versteht sich dazu mit einem kleinen Tintenglas, welches man mittelst Schnur in ein Knopfloch befestigt. Zuweilen verwendet man dazu nur Bleistift, wenn die Messung nicht weitläufig ist und man nicht fürchten darf, daß die Linien und Schrift sich verwischen, während man auf dem Felde arbeitet. So werden Richtlinien, Senkrechte und überhaupt alle Linien, die nicht eigentlich zum Plan ge-

hören, Linien, die man, der Vorschrift nach, durch blaue oder rothe Farbe unterscheiden soll, auf dem Croqui punctirt. Dagegen wird alles, was zum Plan gehört, oder was Grenzlinien sind, voll ausgezogen.

Man unterscheidet die Senkrechten der Verlängerungs- oder Richtlinien durch ein kleines v, welches man auf den Fußpunct stellt, die Deffnung nach der Seite gerichtet, wohin die Senkrechte errichtet worden. Auf diese Weise sind die Puncte a, b, c, d . . . (Fig. 81) bezeichnet. Verlängern sich die Senkrechten nach beiden Seiten, so setzt man das Zeichen x.

Die Richtlinien oder deren Verlängerungen werden mit einem starken, schwarzen Puncte markirt, so k und l. Die Enden der Richtlinien oder der Punct von deren Zusammentreffen, bekommen einen kleinen Ring, wie bei A, B, C, L, K

Die Maße schreibt man in das Croqui in der Richtung des Zuges bei. Ist man daher von dem Punct A (Fig. 81) ausgegangen, um AB zu messen, so hat man das Croqui so zur Hand zu nehmen, daß das Ende B der Linie nach dem Punct B des Feldes gerichtet ist, indem man sich nach diesem Puncte wendet. Die Maße der Abschnitte werden senkrecht dieser Linie beigeschrieben; dadurch kann man leicht die Figur des Stückes auftragen, ohne befürchten zu müssen, eine Linie rechter Hand zu setzen, die links stehen muß; auch hat man nicht nöthig, das Croqui jedesmal zu wenden, wenn man ein Maß einschreiben will. Es entsteht damit auch keine Verwirrung in den Abschnitten, weil man bei'm nahen Zusammentreten der Maße die ganze Linie zum Einschreiberaum hat. Diese Anordnung gestattet noch überdieß, bei'm ersten Blick den Gang der Messung zu erkennen und an welchem Puncte man angefangen hat, was wesentlich bei dem Auftragen ist.

Die Maße, welche die ganze Länge der Messungslinien bezeichnen, werden mit einem Ringe eingefaßt, damit sie nicht mit den nebengestellten, die zu den Details gehören, verwechselt werden können. Diese Vorsorge ist unerläßlich, um jede Irrung auf dem Plane zu vermeiden. Es überhebt oft langer Nachsuchungen und Unsicherheiten, die leicht zu großen Fehlern Anlaß geben können. — Auf

diese Art ist die Linie AB von der Totallänge 527,8 und BC = 199,5 bezeichnet.

Die Maße der Anknüpfung von Linien, die auf andere stoßen, werden ebenfalls mit einem Ringe umgeben, so wie es bei C, K, L und M geschehen ist.

Die Größen der Winkel werden, wenn sie mit der Busssole gemessen worden, parallel mit der Richtlinie, deren Lage sie bestimmen, beigeschrieben. Man stellt sie in Klammern und möglichst nah an den Stationspunct. — Man muß suchen, sie immer zur Rechten dieses Punctes zu stellen, damit man ohne weiteres die Richtung sehen kann, nach welcher visirt worden ist.

Winkel, die mit dem Winkelmesser beobachtet sind, schreibt man nach der Halbierungslinie des Winkels; ein Pfeil giebt nöthigenfalls den Stationspunct an (wie bei den Winkeln B und C). Zuweilen zeichnet man sie wie bei A ein.

Manche Geometer bezeichnen die Bussolenwinkel durch einen Pfeil, der nach der Richtung des Meridians gekehrt ist, und schreiben das Maß an das Ende des Pfeils. — Diese Bezeichnung scheint zwar bei'm ersten Blick Vorzüge gegen die obenangeführte zu haben, kann aber zu bedeutenden Irrthümern bei'm Auftragen führen; denn wenn die Oeffnung des Winkels sehr klein ist, so ist es leicht versehen, den Pfeil links der Linie zu setzen, anstatt daß er zur rechten Seite gehört und man wird dann auf dem Plane der Linie eine falsche Lage geben. Ueberdies ist nicht einzusehen, warum das Croqui mit unnöthigen Angaben überhäuft werden soll, da es zu wissen genügt, daß man die Bussolenwinkel auf die Zeichnung in einer, den Gang der Graduirung entgegengesetzten, Ordnung auftragen muß.

Die Anlage des Croqui hat viel Einfluß auf die Vermessung. Ein Brouillon, welches deutlich die Darter und alle Krümmungen der Eigenthumsgrenzen, der Bäche und Wege angiebt, welches in den Bezeichnungen übersichtlich ist und vor allem eine gute Anordnung in Anstellung der Maße hat, wird dem Zeichner die Herstellung des Plans sehr erleichtern.

Man muß auch vorher die Zeichen und Merkmale die man in dem Croqui brauchen will, feststellen und nicht damit wechseln; man würde sonst bald in große Verlegenheit und Irrthümer gerathen.

Obgleich eine vollständige Handzeichnung des zu messenden Raumes nicht nöthig und bei größeren Arbeiten nicht ausführbar ist, so ist doch eine Kenntnissnahme der Vertlichkeit durchaus nothwendig: denn man kann bei der Ankunft zur Stelle nicht wissen, wo man Richtlinien als erste Basen der Arbeit zu legen hat; und es ist unmöglich, ihre Verbindung anzuordnen, bevor man den Gang der Vermessung berathen und sich versichert hat, daß alle Theile der Arbeit gehörig in Verbindung gebracht sind.

Wenn man eine Senkrechte zu messen übersehen hat, die eine Ecke des Polygons bestimmt hätte, und man auf die Richtlinie nicht zurückkommen kann, um sie nachzuholen, so löst man diese Verlegenheit, indem man zwei schon bestimmte Ecken *A* und *B* durch eine Gerade verbindet (Fig. 77) und nach Bedürfniß jalonirt; fällt aus der Ecke *m* eine Senkrechte *mn*, die, so wie einer der Abstände *nA* oder *nB* gemessen wird. Führt man diese Operation, wie in dem Croqui, auf gleiche Weise auf dem Plan aus, so ist die Ecke bestimmt.

Auch läßt sich der Punct *m* nachträglich bestimmen, indem man *Bm* verlängert, bis sie die Senkrechte *aA* trifft und dann *Ao* und *om* mißt.

Bei unbedeutenden Krümmungen schätzt man auch wohl die Ordinate nur ab, indem man *AB* einvisirt und trägt sie (Fig. 78) mit den angegebenen Zeichen in das Croqui. Auf dem Plan gestaltet sich dann die Figur nach (Fig. 79).

Wenn die Breitenlinien eines Weges unsicher sind, begnügt man sich oft, auf der Mitte der Fahrgleise, wo sich Ecken bilden, fort (und die Breiten) zu messen. — Diese Mitte wird in dem Croqui durch ein kleines Kreuz bezeichnet, wie auf der Linie *FG* (Fig. 81), und auf dem Plan trägt man dann von dieser Mitte aus die gewöhnliche Spurbreite oder die gemessene Breite des Wegs ein.

Graben, Hecken, Wege *z.*, welche zu einem Grundstücke gehören, werden durch eine volle und eine punctirte Linie bezeichnet, so daß die punctirte Linie in das zugehörige Grundstück fällt, siehe *DE* (Fig. 81). Den Lauf des Wassers in Bächen, Strömen, Canälen *z.* zeigt man durch einen kleinen Pfeil an.

Es wäre rathsam, wenn die Feldmesser sich über eine allgemeine Zeichensprache in ihren Manualen und Brouillons verständigten. Bei der Ungleichheit der Zeichen, die oft nur der Schrei-

ber selbst zu deuten weiß, ist es zuweilen nicht möglich, daß ein Anderer, wenn er die Fortsetzung einer Arbeit überkommt, das Manual oder Croqui seines Vorgängers benutzen kann; es ist für ihn eine Schifterschrift, zu der ihm der Schlüssel fehlt.

C. Mit Hilfe des Meßtisches.

90. — 1) Mittelft eines angenommenen Standpunctes kann zuweilen eine Figur von kleiner Ausdehnung mit dem Meßtische vermessen werden; dies ist jedoch nicht die, diesem Instrument wahrhaft eigenthümliche Methode, sie kann mit jedem Winkelinstrument ausgeführt werden, führt eine große Anzahl Kettenmessungen im Gefolge und wird daher selten angewandt; indes darf sie doch hier nicht übergangen werden.

Man umgehe zuerst die Figur und stecke sie dergestalt ab, daß man in jede Ecke, bei krummen Linien an jedes Ende der Abscissenlinie, einen Pfahl einschlägt oder einen Salon aussteckt, diese aber der Folge nach mit fortlaufenden Nummern bezeichnet.

Zugleich fertige man sich einen Brouillon nach dem Augenmaße, wenn die Figur nicht mehr 9 bis 10 Winkel enthält. Bei mehreren Ecken muß man etwas genauer verfahren.

Man setze auf den Rand des Blattes, welches den Brouillon aufnehmen soll, einen oberflächlichen Meter- oder Ruthenmaßstab, von solchem Verhältniß, daß die größte mit ihm gemessene Dimension der Figur hineinreichenden Platz auf dem Papiere findet.

Man theile ihn in Einheiten von 15 oder 30 Meter, 5 oder 10 Ruthen oder sonst einem der Messung zu unterlegenden Maße. Unmittelbar darunter zeichne man einen mit diesem Maßverhältniß stimmenden Schrittmaßstab*). Nun gehe man von dem Puncte Nr. 1 aus, halte das Papier in der Richtung, wie die Zeichnung (Fig. 80) darauf zu liegen kommen soll, ziehe von Nr. 1 in der Richtung nach Nr. 2 eine unbestimmte Linie (wozu der Bleistift jedesmal als Wisirmittel dienen kann), schreibe die Linie 1 bis 2 ab und trage die Schrittzahl nach dem Maßstabe auf. — In Nr. 2 angelangt, giebt man dem Blatte gröblich die Lage, daß die Bleistiftlinie 2 bis 1 in die des Feldes falle, ziehe eine zweite (Wisir-) Linie

*) Man kann durchschnittlich 30 Meter zu 40 Schritt, 5 preussische Ruthen zu 25 Schritt rechnen.

von Nr. 2 nach Nr. 3, schreite ab und verfahre so fort bis wieder zum Ausgangspunct.

Während des Abschreitens von Nr. 6 bis 8 wird der Durchgang des Baches bemerkt, und ebenso zwischen Nr. 8 und 9; überhaupt zwischen je zwei Stationen stets eingetragen, was auf die Grenzlinie fällt, wie Raine, Wege, Steine u. dergl.

Nachdem der Brouillon beendet, die Maße und beziehlichen Bemerkungen beigeschrieben sind, suche man gegen Mitten der Figur einen Punct *M*, von welchem man die Ecken sehen und messen kann, und schlage einen Pflock. Lasse von *M* aus nach allen Ecken messen und schreibe die Maße *MA*, *MB* *MC* . . . an die gleichnamigen Linien des Brouillon. Hiermit ist die Operation mit dem Meßtische gehörig vorbereitet.

Man stellt das Instrument nun über *M* so auf, daß der auf dem Blatte schießlich angenommene Punct *m* lothrecht über *M* zu stehen kommt, stellt den Tisch horizontal und wendet ihn je nach der Lage der Figur oder bis die Nadel der Orientirbuffsole genau in die Nordlinie einspielt, versichert sich nochmals von der horizontalen Stellung, nachdem alle Schrauben fest angezogen worden und schiebt in den Punct *m* eine Anschlagnadel (§. 73), um welche man das Diopterlineal (Kippregel, Perspectivlineal) nach allen Eck- und andern nöthigen Puncten dreht, visirt und die Visirlinie zieht.

Wenn der Tisch gehörig vorbereitet ist, schiebt man einen Gehülfsen mit einer Fahne, Jalon, an die erste Ecke. Sobald dieser den Jalon in dem Puncte senkrecht eingesetzt hat, ruft er die Nummer des Markirpfahls dem Feldmesser zu und dieser schreibt sie an das Ende der Visirlinie. Der Gehülfe darf von dem Puncte nicht eher abgehen, bis ihm der Geometer das verabredete Zeichen durch Zuruf oder Winken mit einem Tuche giebt; auch muß er genau Acht haben, daß er keinen bezeichneten Punct überspringt.

Die Visirlinien sind mit scharf gespitztem Bleistift genau an der Kante des Lineals zu ziehen und auch jenseits der Nadel durch eine kurze Linie an dem Rande des Tisches zu bezeichnen. Zuweilen hat man auch zu untersuchen, ob das Instrument sich nicht verrückt hat, welches am besten geschehen kann, wenn man gleich beim Beginn der Operation eine Visirlinie nach einem unverrückbaren Gegenstande, Baumstamm, Thurmspitze, Feueresse zc. zieht.

Nachdem alle Punkte visirt sind, nimmt man die Nadel aus m und trägt alle Maße nach Angabe des Brouillon auf die beziehlichen Visirlinien und verbindet die Eckpunkte.

91. — Hindert irgend ein Hinderniß die Visur oder das Messen z. B. von m nach O , so müssen statt der Linie mO die Seiten NO und PO gemessen werden. Der Punkt o wird dann durch Bogenschnitte bestimmt, die man mit den Massen no und po von n und p aus beschreibt.

Die Biegung des Baches und ähnlicher Gegenstände wird durch Abscissen und Ordinaten (§. 79) bestimmt.

Das beschriebene Verfahren bleibt auch für den Fall unverändert, wenn man den Standpunkt m außerhalb der Figur annimmt, und kann auf gleiche Weise mit jedem Winkelinstrumente, der Bussole u. a. ausgeführt werden, nur daß man die Winkel ihren Massen nach in das Manual einzutragen hat und die Figur erst zu Hause auf's Papier bringen kann. Im Allgemeinen ist diese Methode zu vermessen nur bei kleinern Flächen anwendbar, indem sie zuviel unmittelbare Messungen nöthig macht. Sie ist hier so ausführlich beschrieben worden, weil die Anlegung des Brouillon, das Geschäft des Gehülfsen und des Visirens auch bei jeder andern Methode dasselbe bleibt.

92. — 2) *Mitteltst einer Standlinie.* Nachdem man die Figur umgangen, abgesteckt und den Brouillon angefertigt hat, wähle man in- oder außerhalb der Figur zwei Punkte, aus deren jedem man alle, wenigstens die meisten Punkte visiren kann und zwar so, daß die Visirlinien nach einem Punkte sich nicht zu spitz oder stumpf schneiden, und messe diese Standlinie.

Hat man den Brouillon, wie beschrieben, aufgezeichnet, so giebt dieser schon ein sicheres Anhalten bei der Wahl der Standlinie.

Man stelle den Tisch in dem einen Standpunkte gehörig auf, lege das Diopterlineal in die Lage, welche die Standlinie auf dem Menselblatt einnehmen soll, drehe den Tisch, bis der andere Punkt von der Visirlinie genau geschnitten wird, und ziehe die Linie auf dem Blatte. Hierauf trägt man das Maß auf, markirt die Endpunkte A und B (Fig. 82) durch kleine Ringel*), steckt eine

*) Was man überhaupt nicht unterlassen darf, wenn ein Punkt auf dem Menselblatte durch Messung oder Schnitt vollkommen bestimmt worden.

Anschlagnadel in den Punct a des Tisches und verfährt nun von hier aus, wie (§. 87) beschrieben*).

Jetzt begiebt man sich mit dem Meßtische nach B, nachdem man in A einen Salon eingesezt hat. In B stellt man das Instrument wieder vorschriftsmäßig auf, indem man ihm vorläufig schon eine Stellung giebt, daß ab ungefähr in die Verticalebene von AB fällt; legt das Lineal scharf an die gezogene ab und dreht den Tisch mittelst der Micrometerschraube, bis die Visirlinie nach A diesen Punct scharf schneidet.

Von dieser Einstellung, welche man das Orientiren des Meßtisches nennt, hängt fast allein die Richtigkeit der Messung ab, daher die größte Genauigkeit zu empfehlen ist. Sollte ein fester Punct (x) bereits auf dem Blatte angegeben sein, so prüfe man, ob die Visirlinie bx den Punct X des Feldes genau schneidet, nachdem der Tisch orientirt ist.

Nun verfährt man in B auf dieselbe Weise, wie in A (oder §. 90), markirt jeden Schnitt gleichnamiger Visirlinien durch einen feinen Nadelstich und einen kleinen Ring, verbindet endlich die Eckpuncte durch Linien und schreibt die Zeichen oder Buchstaben des Brouillon bei.

93. — Im Fall ein Punct durch zu spitzen Schnitt unsicher würde, hat man bei ihm wie §. 90 und 91 zu verfahren. Zuweilen kann man sich auch folgender geometrischen Construction bedienen:

Sind ab und ed (Fig. 83) die unter spitzem Winkel sich schneidenden Linien, so lege man beliebig zwei Parallelen pn und oq, trage den abgeschnittenen Theil o 1 der einen einigemal nach n, den o 1 der andern in einer gleichen Anzahl nach o und ziehe on, so wird diese in m den wahren Durchschnittspunct bestimmen.

Auch hier werden Theile der Grenzen oder Details im Innern, welche nicht gerade Linien bilden, durch Coordinaten gemessen, die Anfangs- oder Anknüpfungspuncte der Abscissenlinien aber von der Standlinie aus bestimmt.

94. — Kann das Terrain aus den beiden Endpuncten AB der Standlinie nicht übersehen werden, so muß man noch einen dritten Standpunct C annehmen, den man aber nicht bloß durch Intersection von A und B aus bestimmen darf. Man visirt ihn von B aus und

*) Die Verlängerung der Visirlinie von a nach B nach beiden Rändern des Blattes ist hier besonders wichtig.

mißt BC mit der Kette, operirt aber dann ebenso, wie in A und B, nachdem man den Tisch nach B orientirt und die Richtigkeit durch Visur nach A controlirt hat.

Anstatt sich einer besonderen Standlinie zu bedienen, kann man auch eine Seite der Figur als solche benutzen und, wenn diese nicht ausreicht, die nächste Seite zur Fortsetzung nehmen. Wenn die Figur von solcher Ausdehnung ist, daß man mehrere abge sonderte Standlinien nehmen muß, dann tritt die Aufgabe des Rückwärts-einschreitens in Anwendung. Bei größeren Districten, ganzen Fluren und Gegenden ist es aber unerläßlich, mittelst einer längeren Standlinie mehre Fixpunkte zu bestimmen, was dann zu den Aufgaben der Triangulirung gehört, die später mitgetheilt werden.

95. — Auf gleiche Weise wird der Lauf eines Flusses mittelst des Meßtisches aufgenommen. Man stellt den Meßtisch in einem beliebigen Punkte C (Fig. 84) auf und visirt die in den vornehmsten Krümmungen gestellten Pfähle 1, 2, 3 . . . , nimmt dann einen nächsten Standpunkt D an, mißt CD und schneidet von D aus die Punkte 1, 2, 3 . . . nach der Reihenfolge, indem man einen Gehülfen von Punkt zu Punkt gehen und einen Jalon einstellen läßt. Auf dieselbe Weise geht man mit neuen Punkten längs des Flusses fort, wobei man aber die Orientirung öfters durch die vorhergehenden Standpunkte prüfen muß, um nicht in falsche Richtung zu gerathen.

Vorzuziehen ist es, die Aufnahme durch gebrochene Linien, die man möglichst nahe dem Ufer legt und auf dem Meßtische bestimmt, und durch Ordinaten auf diese Linien auszuführen.

Kann man die Krümme des jenseitigen Ufers nicht parallel mit der diesseitigen annehmen, wie bei kleinem Maßstabe fast immer geschehen kann, wo es dann hinreicht, von dem diesseitigen Ufer aus geeignete Büsche, Steine und dergleichen durch Intersection und somit die stellenweise Breite zu bestimmen: so hat man aus den Punkten C, D . . . andere Standpunkte jenseits zu schneiden, mittelst welcher man dann auf dem andern Ufer die Krümmung ebenso vermißt, wie auf dem diesseitigen. — Oder man bestimmt sich drüben Standpunkte durch Rückwärtseinschneiden aus den Punkten C, D . . . und andern Fixpunkten.

Bei dergleichen Arbeiten durch Intersection ist es höchst wichtig, daß der Gehülfe stets die Nummer des Pflocks zuruft, wo er seinen Jalon aufstellt. Man kann

sonst mit den Schnitten in eine Verwirrung gerathen, die vergeblich zu lösen ist, und dadurch leicht den Verlust tagelanger Arbeit beklagen müssen.

96. — Es soll in der Richtung von A nach B (Fig. 85) ein Weg durch Holzung gelegt werden, wenn man keinen der Punkte von dem andern sehen kann, dieselben aber auf dem Messelblatte bereits bestimmt sind.

Man stecke außerhalb der Holzung oder mit Zuhülfe nahme von Blößen eine Figur ABCD ab, von welcher A und B Ecken sind. Diese Figur vermesse man nach den bisherigen Regeln nach dem Umfange, ohne auf die Orientirung nach AB Rücksicht zu nehmen*) und trage sie an AB.

Nun stellt man den Tisch über A, orientirt ihn nach C, wodurch auch AB des Tisches in senkrechter Ebene über AB des Feldes liegen wird. In dieser Stellung kann man nun leicht die Durchschlaglinie abstecken oder deren Durchhau dirigiren, wenn man das Diopterlineal an AB anlegt und Stäbe einvisirt.

Ist nicht der Punct B, sondern nur die Richtung AB bestimmt, so hat man zuerst einen Punct (B) in dieser Richtung auszustecken, und verfährt dann, wie beschrieben.

Von den Ursachen, wodurch Messungen mit dem Meßtische fehlerhaft werden.

97. — Die Fehler, die bei Messungen mit dem Meßtische begangen werden, stammen im Allgemeinen aus folgenden Quellen:

- 1) Aus der Wandelbarkeit des Instrumentes, wenn Theile desselben nach erfolgter Orientirung nachgeben, die Micrometer- oder Tangentenschraube einen leeren Gang haben, die Horizontalschrauben zurückgehen, oder die Stellschrauben der Füße diese nicht fest genug anziehen.

Ganz besonders ist auf die unverrückbare Stellung der Tangentenschraube zu sehen.

*) Es kann auf einer abgeforderten Stelle des Blattes geschehen.
Henrionnet, Feldmeßkunde. 10

- 2) Aus dem ungenauen Schneiden eines Objects durch den Faden des Diopters. Bei einem ordinären Diopterlineal kann der visirte Winkel um 2 Minuten fehlerhaft sein, obgleich es den Anschein hat, als deckte der Faden den Gegenstand genau; bei ungünstiger Beleuchtung vergrößert sich der Fehler noch mehr. Bei einem Fernrohr vermindert derselbe Fehler sich auf 10 Secunden.
- 3) Aus dem mangelhaften Anlegen des Diopterlineals an die Visirlinie, wobei die Dicke der Anschlagsnadel und deren senkrechte oder schiefe Einstellung bedeutenden Einfluß hat; auch kommt viel darauf an, daß man die Kante nicht einmal zu leicht, ein andermal zu gewaltsam an die Nadel drückt und diese dadurch biegt.
- 4) Aus der Unebenheit der Menselplatte und des ausgespannten Papiers. Eine windschiefe Oberfläche des Tisches, Knötchen und Sandkörner im Papier geben zu bedeutenden Abweichungen Anlaß. Liegt das Lineal auf einem solchen Knötchen auf, so wird die Bewegungsebene der Kippregel nicht senkrecht der Messtischenebene stehen, daher bei verschiedener Neigung des Visirstrahls verschiedene Resultate geben. Ein Gleiches ist es mit der windschiefen Ebene der Mensel.
- 5) Nach Umständen kann der Fehler bedeutsam werden, wenn der Punct des Tisches nicht über dem des Feldes lothrecht steht.
- 6) Wenn die Visirlinie bei der Kippregel sich nicht in der Ebene oder wenigstens parallel mit ihr bewegt, worin die Kante des Lineals liegt.
- 7) Wenn die Ebene der Mensel nicht horizontal liegt, oder bei einiger Drehung des Tisches die horizontale Lage verläßt. Der letztere Umstand tritt häufig ein, weil die horizontale Bewegung durch die Are (Zapfen) des Instrumentes erfolgt, diese aber bei jeder Stellung der Füße, die nicht ein gleichseitiges Dreieck ist, in dessen Mitte die Areverlängerung fällt, aus der verticalen Stellung gerückt wird.
- 8) Aus der unsichern Auflage des Diopterlineals, noch mehr der schwerern Kippregel, wenn man an Puncte anlegen muß, die nahe an dem Rande der Tisch-

platte liegen, namentlich wenn dann das Lineal längs der Tischkante zu liegen kommt.

- 9) Aus dem ungenauen Ziehen der Bleistiftlinien an der Kante des Lineals.
- 10) Aus unsicher geschnittenen Punkten und unvollkommener Orientirung.

Ein Theil dieser Fehler ligt in der mangelhaften Construction des Instrumentes, andere dagegen entspringen aus Mangel an Aufmerksamkeit des Feldmessers.

Viertes Capitel.

Die Arbeiten auf der Stube; Auftragen des Plans.

98. — Erklärungen. Wenn man die Operationen auf dem Felde, das Messen der Linien und Winkel beendet und alle Notizen, welche zur Aufstellung des Plans gebraucht werden, in dem Croqui gesammelt hat, schreitet man zum Zeichnen des Plans auf der Stube.

Dieser Theil der Vermessungsarbeiten ist unstreitig der delicateste: er verlangt viel Sorgfalt, Geschick und große Uebung. In der Aufstellung des Plans erkennt man den guten Geometer.

Sind zwei Punkte A und B (Fig. 86) ihrer Lage nach gegeben, und man hat zwischen ihnen eine Folge von Linien AC, CD, DE, EF, FB festgestellt, hat die Distanzen AB, CD FB und die Winkel in C, D, E, F gemessen, so muß man annehmen, daß, wenn man diese Linien nach den gefundenen Maßen auf das Papier trägt, auch die Endpunkte A und B genau in die gegebenen Punkte fallen müßten. Dem ist aber nicht immer so, die Winkel führen vielleicht zu einem Endergebnisse B¹, oder die gemessenen Längen setzen den letzten Punkt B in B² (angenommen, man habe in A aufzutragen angefangen). Man muß daher wissen, den Abweichungen zu begegnen, wenn sie durch ein graphisches Verfahren übertragen werden, und die Differenzen zu beseitigen, welche von der Messung der Linien herrühren.

Hiernach kann man Folgendes als Regel aufstellen: die Arbeit auf der Stube besteht, mittelst der Maße auf dem Papiere, dem auf dem Felde ge-