



e Feldmeßkunst.

Bearbeitet

von

G. S. Blaeje,

Oberlehrer der Mathematik und Naturwissenschaften an den Fortschritten des Mitauischen
Gouv. Gymnasiums, Candidat der Philosophie, Mitglied der Kurländischen
Gesellschaft für Literatur und Kunst.

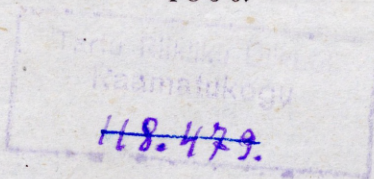
Dritte Lieferung.



Mitau,

gedruckt bei J. F. Steffenhagen und Sohn.

1850.



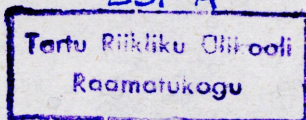
Der Druck dieser Schrift wird unter der Bedingung gestattet, daß nach Beendigung desselben die gesetzliche Anzahl von Exemplaren hieher eingängig gemacht werde.

Riga, den 19. Oktober 1850.

(L. S.)

Dr. C. Saffner, Censor.

Est-A



16336

274-811

Ueber die winkelmessenden Instrumente.

Die in der Feldmesskunst zum Messen von Winkeln auf dem Felde gebräuchlichen winkelmessenden Instrumente kann man in solche einteilen, welche a) die Größe eines Winkels nach Graden, Minuten &c. bestimmen, und in solche, welche b) einen Winkel graphisch geben.

Zu den winkelmessenden Instrumenten, welche dazu dienen, auf dem Felde gegebene Winkel ihren Graden &c. nach zu bestimmen, gehört 1) die Boussole, 2) das Astrolabium, 3) der Theodolit. Mit Hülfe der beiden erstern mißt man Winkel in der Horizontalebene, oder bestimmt man die horizontale Projektion von Winkeln; mit dem letztern Instrument kann man sowohl Winkel in der Horizontalebene (Horizontalwinkel), als auch Winkel in der Vertikalebene (Vertikal- oder Höhenwinkel) messen.

Was die Nivellirinstrumente anlangt, welche zu den höhenwinkelmessenden Instrumenten gehören, so soll ihre Einrichtung, ihre Prüfung und Anwendung zur Bestimmung von Höhendifferenzen in einer besondern Lieferung „die Nivellirinstrumente“ erörtert werden.

Da ein jeder Winkel seiner Größe nach durch das Verhältniß des zwischen seinen Schenkeln liegenden Theiles eines aus seinem Scheitel mit einem beliebigen Radius beschriebenen Kreis-

umfanges zu dem letztern gegeben ist*), so steht man leicht ein, daß ein jedes Instrument, mit welchem man Winkel unmittelbar den Graden u. nach bestimmen soll, erstlich einen in Grade und Theile des Grades eingetheilten Kreis oder Kreisbogen, Limbus genannt, haben, zweitens so construirt sein muß, daß man dem Limbus eine solche Lage geben kann, daß seine Ebene mit der Ebene der Schenkel des auszumessenden Winkels, und sein Mittelpunkt mit dem Scheitelpunkt des fraglichen Winkels zusammenfällt, und endlich ein im Mittelpunkte des Limbus, als Drehungspunkte, angebrachtes Fernrohr, oder eine andere Vorrichtung, besitzen muß, mit welchem man in der Richtung eines jeden der Schenkel des auszumessenden Winkels visiren kann.

Sollen Horizontalwinkel oder horizontale Projektionen von Winkeln bestimmt werden, so muß stets der Limbus des winkelmessenden Instrumentes in die horizontale Lage gebracht werden; sollen Höhenwinkel gemessen werden, so muß immer zuerst der Limbus vertikal gestellt werden.

Der Meßtisch oder die Mensel ist ein winkelmessendes Instrument, durch welches Winkel graphisch bestimmt werden, indem nämlich auf dem horizontalgestellten Meßtischblatt

*) Der Bogen verhalte sich z. B. zum ganzen Kreisumfang wie 3 : 16, so ist der dem in Rede stehenden Bogen angehörige Winkel, weil 4 rechte Winkel um einen Punkt herumliegen, offenbar $4 \cdot \frac{3}{16}$ rechte d. i. $\frac{3}{4}$ rechte, oder, weil der Bogen eines rechten Winkels 90° mißt, so enthält der fragliche Bogen $67,5^\circ$.

desselben, welches den Limbus der eigentlich winkelmessenden Instrumente vertritt, die Winkel durch Zeichnung gefunden werden, so daß man also, wenn man diese in Graden zc. kennen zu lernen wünscht, den Transporteur oder den hunderttheiligen Maasstab zu Hülfe nehmen muß.

Die verschiedenen winkelmessenden Instrumente gewähren, gleich den Instrumenten mit welchen man Längen mißt, einen verschiedenen Grad von Genauigkeit. Die Wahl derselben, behufs der Aufnahme einer Vertikalität, hängt hauptsächlich von der zu erzielenden Genauigkeit des zu entwerfenden Planes ab.

In den folgenden Kapiteln werden die oben angeführten winkelmessenden Instrumente, also: die Boussole, das Astrolabium, der Theodolit und der Meßtisch, so vollständig als es der Zweck dieses Werkes erheischt, abgehandelt.

VI.

Die Boussole.

Ehe wir zur Beschreibung der Einrichtung der Boussole schreiten, die Prüfung ihrer Richtigkeit, wie auch ihre Berichtigung (Verifikation), und ihren Gebrauch zum Messen von Horizontalwinkeln, und bei Aufnahme einer Vertikalität überhaupt zeigen, müssen wir zuerst, als Einleitung, Einiges über Magnetismus und Magnetnadeln sagen.

§ 1. Ueber Magnetismus und Magnetnadeln.

Man findet in der Erde Körper, welche die Eigenschaft besitzen, Eisen (Kobalt, Nickel) anzuziehen. Diese Körper scheinen, ihrem äußeren Ansehen nach, eher steiniger als metalli-

scher Natur zu sein (Sie bestehen aus einer Verbindung des Eisens mit Sauerstoff: Eisenoxydul-oxyd). Man nannte sie früher daher Magnetsteine; jetzt heißen sie natürliche Magnete.

Ob ein Körper ein Magnet ist erfährt man, wenn man ihn in Eisenfeilspähne legt, indem nämlich in diesem Falle die Eisentheilchen sich an seine Oberfläche anhängen.

So wie der Magnet das Eisen anzieht, wird umgekehrt der Magnet auch von Eisen angezogen, welches sich dadurch zeigen läßt, daß man einen Magnet an einen feinen, schlaffen Faden pendelartig aufhängt und ihm ein Stück Eisen nähert; man bemerkt eine Bewegung des Pendels zum Eisen hin.

Die Anziehungskraft zwischen Magnet und Eisen hat man magnetische Kraft genannt.

Bei einem jeden Magnete findet man zwei einander entgegengesetzte Stellen a und b, die man Pole nennt, und an welche sich am meisten Eisenfeilspähne in Fäden anhängen, Fig. 74; — hier äußert sich also die magnetische Kraft am stärksten (intensivsten).

Die beiden Pole a und b eines Magneten, Fig. 75, sind ungleichnamig, indem sie auf verschiedene Weise auf ein und denselben Pol c eines andern in ihre Nähe gehaltenen Magneten wirken; wenn der Pol a den Pol c anzieht, so wird der Pol c vom Pole b abgestoßen. In einem jeden Magnete befinden sich mithin zwei einander geradezu entgegengesetzte Kräfte, obgleich sie, nach den Versuchen mit dem Pendel und mit den Eisenfeilspähnen zu urtheilen, identisch zu sein scheinen.

Die sich abstoßenden Pole zweier Magnete, also der Pol b und der Pol c, heißen gleichnamige Pole.

Läßt man ein Stahlstück längere Zeit, etwa eine halbe Stunde, mit einem Magnete in Berührung, so findet man, daß es ebenfalls magnetische Eigenschaften erlangt hat. Eisen wird nicht magnetisch. Man nennt magnetisch gewordene Stahlstücke künstliche Magnete. Je länger die Berührung dauerte, desto größer findet man die magnetische Kraft des künstlichen Magneten. Auch durch anhalten des Streichen mit einem Magnete läßt sich ein Stahlstück magnetisch machen, und auch hier wird durch längeres Streichen die Intensität des Magnetismus erhöht; in beiden Fällen jedoch ist die Grenze, bis zu welcher die magnetische Kraft zunimmt, eine fest bestimmte. Das Nähere über das Streichverfahren werden wir weiter unten kennen lernen.

Den künstlichen Magneten gibt man eine beliebige Größe und Form. Die gewöhnlichste Form ist die eines spitzen Rhombus, Fig. 76, welchen man aus einer dünnen Stahlplatte schneidet. Ist in der Mitte des Magneten ein kegelförmig ausgehöhltes Glas-, besser Achathütchen angebracht, um ihn auf eine feine Stahlspitze setzen zu können, so nennt man ihn Magnetnadel.

Die Linie *ab*, welche die beiden Spitzen der rhombisch gestalteten Magnetnadel verbindet, und durch die feine Stahlspitze geht, heißt die magnetische Aze.

Setzt man eine Magnetnadel auf eine feine Stahlspitze, so kommt sie nicht sogleich in Ruhe, sondern schwankt (oscillirt) in der Horizontalebene mehrere Male hin und her, und nimmt dann eine bestimmte Stellung ein, indem sie auf einen bestimmten Punkt des Horizontes hinweist. Wird die Magnetnadel aus dieser Stellung gebracht, so kehrt sie nach einer bestimmten Anzahl von Oscillationen, die um so häufiger sind, je größer die magnetische Kraft der Nadel ist, wieder in dieselbe zurück, weil die Erde ein gro-

ßer Magnet ist, welcher die Magnetnadel richtet, indem die ungleichnamigen Pole sich anziehen, die gleichnamigen sich abstoßen.

Da die magnetischen Pole der Erde sich in der Nähe der Pole der Erdachse befinden, welche Nordpol und Südpol heißen, so hat man den zunächst dem Nordpol gelegenen, den magnetischen Nordpol, den anderen, in der Nähe des Südpols, den magnetischen Südpol genannt. Der Nordpol einer durch die magnetische Kraft der Erde gerichteten Magnetnadel ist also nach dem magnetischen Südpol, der Südpol der Magnetnadel nach dem magnetischen Nordpol der Erde gerichtet. Gewöhnlich aber wird das dem magnetischen Nordpol zugewendete Ende der Magnetnadel der Nordpol, das andere Ende der Südpol genannt, und so wollen auch wir es halten und den Nordpol durch N den Südpol durch S bezeichnen. Anstatt die Buchstaben N und S auf der Magnetnadel einzugraben, läßt man das Nordende der Nadel gewöhnlich im Feuer blau anlaufen.

Die durch die magnetische Aze einer an irgend einem Orte der Erde, durch den Magnetismus derselben, gerichteten Magnetnadel und durch den Mittelpunkt der Erde gelegte Ebene wird der magnetische Meridian des in Rede stehenden Ortes genannt.

Denkt man sich den Nord- und Südpunkt (Ost- und Westpunkt?) des Horizontes eines Beobachtungsortes (Der Nord- und Südpunkt des Horizontes eines Beobachtungsortes ist durch den Durchschnitt des Horizontes mit einer durch den Beobachtungsort und den Nord- und Südpol der Erde gelegten Ebene, dem astronomischen Meridian des Beobachtungsortes, gegeben) durch eine gerade Linie verbunden, so nennt man diese die Mittagslinie des Beobachtungsortes. Der Beobachtungsort theilt die Mittagslinie in eine nördliche und südliche Hälfte.

Der Winkel, den die nördliche Hälfte der Mittagslinie mit der horizontalliegenden magnetischen Aze der Magnetnadel in dem Beobachtungsorte bildet, heißt magnetische Abweichung oder Declination*), Fig. 77 — (Declinationsnadel?) — Die Declination ist östlich oder westlich, je nachdem der in Rede stehende Winkel rechts oder links von der Mittagslinie liegt.

Die Richtungen der Magnetnadel sind für Orte, die nur wenige Meilen von einander entfernt sind, einander parallel, d. h. die Declination ist an diesen Orten dieselbe. Für Orte, welche um mehrere Längen- oder Breitengrade von einander entfernt sind, findet dieser Parallelismus nicht mehr Statt, d. h. die Declination ist für diese Orte verschieden.

Die westliche Declination betrug im Jahre 1839 für St. Petersburg 6° , für Moscau 3° ; für Kasan war die Declination östlich und betrug $2,5^\circ$.

Die westliche Declination für Mitau beträgt jetzt $7^\circ 52,5'$.

Die Declination eines Ortes ändert sich mit den Jahren. Im Jahre 1580 war die Declination für Paris östlich und betrug $11^\circ 30'$; sie nahm von dieser Zeit an ab, so daß sie im Jahre 1663 Null war; von jetzt an wurde sie westlich, nahm fortwährend zu, und erreichte im Jahre 1814, wo sie $22^\circ 34'$ betrug, ein Maximum; von 1814 bis 1832 ($22^\circ 3'$) hat sie fortwährend um einige Minuten abgenommen, ist aber immer westlich geblieben.

Außer der jährlichen Veränderung, welche die Declination erfährt, gibt es auch eine tägliche, regelmäßig und periodisch erfolgende. Man nimmt nämlich bei aufmerksamer Be-

*) Die Declination läßt sich auch so definiren: sie ist derjenige Winkel, den der magnetische Meridian mit dem astronomischen bildet.

obachtung wahr, daß sich das Nordende der Magnetnadel mit Sonnenaufgang, während sie die Nacht hindurch eine beinahe feste Stellung beobachtete, in unsern Gegenden von Osten nach Westen hin, bis gegen 3 Uhr Nachmittags bewegt; von 3 Uhr an geht die Nadel wieder nach Osten zurück. Man hat diese tägliche Veränderung in der Richtung der Magnetnadel tägliche Variation benannt. Der Winkel zwischen der Richtung der Nadel am Morgen und der Richtung derselben um 3 Uhr Nachmittags beträgt in der Zeit vom Frühlingsaequinoktium bis zum Herbstaequinoktium im Mittel 13' bis 15', vom Herbstaequinoktium bis zum Frühlingsaequinoktium 8' bis 10'.

Die Richtungen der Magnetnadel sind während der Dauer nur weniger Stunden als einander parallel anzusehen.

Bisweilen finden zufällige und plötzliche Schwankungen der Magnetnadel Statt, welche man Störungen nennt, und wo der Winkel nicht selten 2° beträgt. In diesem Falle ist denn auch gewöhnlich entweder ein Nordlicht, oder ein plötzliches starkes fallen des Thermometers, d. h. plötzlicher Eintritt von bedeutender Kälte beobachtet worden, oder es hat irgend wo ein Erdbeben oder eine Eruption eines feuerspeienden Berges stattgefunden.

Wenn man eine Stahlnadel so aufhängt, daß sie sich im Gleichgewicht befindet und sich mit Leichtigkeit in der Vertikalenebene bewegen kann, so wird man finden, daß sie, nachdem man sie magnetisirt hat, auf der nördlichen Erdhälfte (bei uns) mit ihrem Nordpole, auf der südlichen mit ihrem Südpole hinabsinkt, und mit der Horizontalen einen Winkel bildet, welcher den Namen der magnetischen Neigung oder Inclination führt, und mit den Breitengraden wächst und abnimmt, Fig. 78 — (Inclinationsnadel?) — Im magnetischen

Nordpole der Erde macht die Magnetnadel mit der Horizontalen einen Winkel von 90° , d. h. sie ist vertikal gerichtet. Kapitain Ross erreichte den magnetischen Nordpol der Erde. Alle Punkte der Erde, in welchen die Inclination 0° ist, d. h. wo die Magnetnadel horizontal liegt, liegen im sogenannten magnetischen Aequator. In unsern Gegenden beträgt die Inclination gegen 70° .

Bei allen Instrumenten, wo es darauf ankommt, daß eine Magnetnadel sich so frei und leicht, als es angeht, in der Horizontalebene bewege, daß sie, wie man sich auszudrücken pflegt, so empfindlich wie möglich sei, muß die Inclination dadurch aufgehoben werden, daß man diejenige Hälfte der Magnetnadel, welche hinaufsteigt, wenn man die Magnetnadel auf einen spizen Stahlstift setzt (bei uns die Südhälfte der Magnetnadel), mit einem kleinen verschiebbaren (?) Gewichtchen versteht. Es ist nämlich leicht zu beweisen, daß die Einwirkung des Magnetismus der Erde auf die Declinationsnadel um desto kleiner sich erweist, je größer der Neigungswinkel der Letztern gegen die Horizontalebene wird; woraus folgt, daß eine Magnetnadel, bei geneigter Lage, weniger empfindlich sein wird, und das um so mehr, weil mit dem Neigungswinkel auch noch die Reibung des Achathütchens auf der Spitze zunimmt.

Die zu Anfange dieses § angedeuteten Methoden, um durch Streichen mit einem Magnete Stahlnadeln magnetisch zu machen, sind folgende:

1) Man legt zwei starke Magnetbündel m und m' , deren Construction leicht aus Fig. 79 (a Längsschnitt, b Querschnitt der Magnetbündel) verständlich ist, so auf eine horizontalliegende Unterlage, Fig. 80, daß erstlich ihre Axen sich in einer und

derselben geraden Linie befinden; zweitens die ungleichnamigen Pole n und s' derselben einander zugekehrt sind; drittens zwischen den beiden Polen n und s' ein Zwischenraum für ein entsprechend hohes Holzstückchen h bleibt, auf welches die zu magnetisirende Stahlnadel i zu liegen kommt, und setzt endlich zwei sogenannte Streichmagnete t und t' , welche dieselbe Construction, wie die in Fig. 79 abgebildeten Magnetbündel haben, einen mit der rechten, den andern mit der linken Hand fassend, so in der Mitte der zu magnetisirenden Stahlnadel auf, daß sie mit der letztern einen Winkel von 25 bis 30 Grad bilden, und daß dasjenige Ende des Streichmagneten t' , mit welchem man, unter Beibehaltung des gedachten Neigungswinkels, von der Mitte der Nadel aus zum Südpol s' des horizontalliegenden Magnetbündels hinstreicht, der Nordpol, das ausliegende Ende des Streichmagneten t , mit welchem man, denselben Neigungswinkel beibehaltend, von der Mitte der Nadel aus zum Nordpol n des horizontalliegenden Magnetbündels m hinstreicht, der Südpol ist. Das Streichen mit den Streichmagneten geschieht in langsamer, regelmäßiger Bewegung, so daß man mit denselben gleichzeitig an den Enden der Stahlnadel ankommt; hier hebt man die Streichmagnete ab, setzt sie wieder unter demselben Winkel in die Mitte der zu magnetisirenden Nadel auf, und wiederholt das beschriebene Verfahren mehrere Male. Auf gleiche Weise wird die untere Fläche der Nadel bestrichen. Macht nun z. B. eine auf eine feine Stahlspitze gesetzte Magnetnadel von $3\frac{1}{2}$ Zoll Länge, wenn sie um 45° aus ihrer angenommenen Lage gerückt, und dann freigegeben wird, in Kurze 12 bis 14 Schwingungen, ehe sie wieder in Ruhe kommt (eine Magnetnadel von 5" Länge würde $\sqrt{\frac{12 \cdot 12 \cdot 3\frac{1}{2}}{5}}$ d. i. 10 Schwingungen machen), so ist sie zum Gebrauch geeignet.

Dasjenige Ende der Stahlnadel, welches auf dem Südpol s' des horizontalliegenden Magnetbündels m' lag, ist hierbei zum Nordpol, das andere zum Südpol geworden.

2) Die beiden Streichmagnete werden unter einem Winkel von 15 bis 20 Grad, Fig. 81, auf die Mitte der Stahlnadel gesetzt, wobei die beiden aufstiegender Enden der Streichmagnete durch ein Stückchen Holz, Kupfer oder Blei um 2 bis 2,5 Linien von einander getrennt sein müssen. Das Streichen geschieht nun auf die Weise, daß man beide Streichmagnete von der Mitte der Nadel aus nach einem der Nadelenden führt, sie hierauf von diesem Ende bis an das andere Ende der Nadel zurückbewegt, und jetzt so lange die ganze Länge der Nadel mit den beiden Streichmagneten hin und her befährt, bis man glaubt, daß die letztere hinreichend stark magnetisirt sei; zuletzt hebt man die beiden Streichmagnete wieder von der Mitte der Nadel ab. Im Uebri- gen bleibt Alles wie bei der ersten Methode.

Die erste Methode ist von Duhamel und wird der *getrennte Strich* genannt, die zweite ist von Aepinus und heißt der *Doppelstrich*.

Den getrennten Strich wendet man zum Magnetisiren kleiner künstlicher Magnete, wie etwa der Magnetnadeln in Bouffolen, welche als winkelmessende Instrumente gebraucht werden, an; der Doppelstrich, welcher zum Magnetisiren größerer Stäbe ausgeübt werden muß, gibt gewöhnlich ungleich starke, und häufig mehr als zwei Pole, sogenannte Folgepunkte, wodurch die Nadel für winkelmessende Bouffolen (Compaß?) unbrauchbar wird.

Wenn man eine starke Magnetnadel mit einem schwächeren Magneten streicht, so verliert erstere an Intensität; auch werden Magnetnadeln mit der Zeit schwächer.

§ 2. Einrichtung und Prüfung der Richtigkeit der Bouffole.

Der Name Bouffole ist holländischen Ursprunges und bedeutet so viel als Büchsen. Den Holländern verdankt man auch die bequeme Art der Bezeichnung der Weltgegenden auf der Windrose.

Die Bouffole, als Instrument zum Messen von Horizontalwinkeln, besteht, wie alle winkelmessenden Instrumente, aus dem eigentlichen Instrumente und dem sogenannten Gestelle oder Stative, durch welches letztere hauptsächlich das Beibehalten einer bestimmten und festen Lage des eigentlichen Instrumentes möglich gemacht wird.

Das eigentliche Instrument. Es besteht, Fig. 82, aus einer geraden cylindrischen Büchse mit kreisförmiger Grundfläche, die 1 Zoll Höhe und 6 Zoll Durchmesser hat. Die Grundfläche, so wie die Wände der Büchse sind von Messing. Von obenher ist die Büchse durch eine Glasplatte, welche auf einen nach innen vorspringenden Rand ruht, und von außen durch eine kreisförmig gebogene Feder von Messing angeedrückt wird, zum Schutz vor Regen und Wind verschlossen. Am innern Umfange der Büchse läuft ein flacher, ohngefähr 4 Linien breiter, versilberter, gewöhnlich in Viertelgrade eingetheilter, der Grundfläche und der Glasplatte paralleler Ring von Messing, in einer Höhe von beiläufig 8,5 Linien herum. In der Mitte der Grundfläche ist senkrecht auf derselben eine feine Stahlspitze so befestigt, daß sie durch den Mittelpunkt des eingetheilten kreisförmigen Ringes, des Limbus der Bouffole, geht. Die Zahlen werden auf dem eingetheilten Limbus von 0° bis 360° gezählt. Auf der feinen Stahlspitze schwebt eine Magnetnadel, deren Inclination durch

ein kleines verschiebbares Gewicht aufgehoben ist, in gleicher Höhe mit dem eingetheilten Ringe. Die Magnetnadel ist so lang, daß bei einer Bewegung derselben ihre beiden Enden sich nur eben bei dem Ringe vorbeibewegen können, damit man ohne Mühe die Ableseung zu machen im Stande ist. Um zu verhüten, daß die Stahls- spitze durch die fortwährenden Schwankungen der Magnetnadel und die Bewegungen derselben beim Transport abgenutzt werde, kann die Magnetnadel mittelst eines Hebels r von der Spitze abgehoben und an die Glasplatte gedrückt werden. Die Büchse ist bei den gewöhnlichen Boussolen in der Mitte eines messingenen Lineals lm befestigt, welches an beiden Enden zwei auf seiner Fläche senkrechtstehende Ansätze d, d' (Lamellen) trägt, auf denen Visirvorrichtungen, nämlich Okularlöchelchen und Objektivfaden, also sogenannte korrespondirende Diopter (Kief. 2. pag. 37), angebracht sind. Die Lamellen können um das Instrument in einem passenden Futteral aufzubewahren, durch Scharniere niedergelegt werden. Die durch die Okularlöchelchen und den Objektivfaden bestimmte Visirebene, welche man auch die *Collimationsebene* nennt, muß auf der Ebene des Limbus, also auch der Glasplatte, senkrecht stehen, so daß also, wenn man letztere horizontal gestellt hat, die Visirebene mit der Vertikalebene zusammenfällt; die Visirebene muß ferner möglichst genau durch den Mittelpunkt des Limbus, und zwar durch die mit 180° und 360° bezeichneten Punkte desselben gehen.

Wenn die Diopter Okularriren haben, so darf die Weite derselben nicht unter $0,20''$ und nicht über $0,37''$ betragen, damit im erstern Falle nicht, weil zu wenig Licht in das Auge gelangt, das Zusammenfallenmachen des Objektes und des Objektivfadens erschwert werde, im andern nicht eine sogenannte Parallaxe entstehe, wobei der Objektivfaden, je nach der Stellung des Auges an der Okularriren, immer mit neuen Gegenständen der Dertlichkeit zusammenfällt, und dadurch eine Unsicherheit im

Bistren entsteht. Die Erfahrung hat gelehrt, daß Okularlöcher bei gleicher Weite, genauere Resultate geben als Okularrögen. Der paralaktische Winkel Φ der entstehen kann, ist durch die Gleichung: $\text{Tang } \Phi = \frac{b}{2d}$ gegeben, wo b die Breite der Okularröge und d die Entfernung der beiden Diopter von einander bedeutet. Man folgert aus der Gleichung, daß der Winkel Φ um so kleiner ausfällt, je kleiner b und je größer d ist. Das über die Weite der Okularröge, den Abstand der Diopter und die Parallaxe Gesagte, bezieht sich auf alle Instrumente mit Dioptern, also auch auf das in der zweiten Lieferung abgehandelte Winkelkreuz.

An der Unterseite des Lineals befindet sich in der Mitte desselben, dem Mittelpunkt des Limbus entsprechend, eine Hülse h , um das Instrument auf ein dreibeiniges Stativ, wie es im Nachfolgenden beschrieben wird, setzen zu können.

Das Stativ. Es besteht, Fig. 83, aus einem scheibenförmigen Stück, dem sogenannten Stativkopf k , welches an seiner untern Fläche für die drei Stativfüße f, f, f , drei dem obern Ende derselben anpassende cylindrische Vertiefungen hat. In der Mitte der Vertiefungen geht durch das scheibenförmige Stück k hindurch, senkrecht auf letzteres, ein Bohrloch für die Bolzen g der Stativfüße, Fig. 84. Der Bolzen g eines jeden einzelnen Stativfußes ist so lang, daß er über die obere Fläche des Stativkopfes k hervorragt, und läuft am Ende in eine Schraube aus; durch die Schraubenmutter u kann die Schraube angezogen, und dadurch die Bewegung der Füße um die horizontale, mit dem Bolzen g festverbundene Drehungsaxe xx gehemmt werden. In Fig. 83 sind wegen des Theiles ee nur zwei Schraubenmutter sichtbar. Jeder der Füße läuft an seinem untern Ende in eine Spitze aus, und hat über derselben einen Absatz, um die Füße bequem in die Erde treiben zu können. Auf der obern Fläche des

Stativkopfes befindet sich in dessen Mitte ein cylindrischer Zapfen *c*, der fest mit dem erstern verbunden ist. Auf den Zapfen *c* läßt sich der obere Theil *eoaaoe* des Stativs schieben, indem nämlich derselbe nach unten in einen hohlen cylindrischen Theil *eooue* ausgeht. Der obere Theil *eoaaoe* des Stativs wird auf dem Zapfen *c* durch Anziehen der Schraube *t* unbeweglich befestigt. Der Theil *oaaoo*, der mit dem hohlen cylindrischen Theil *eooue* unbeweglich verbunden ist, ist ebenfalls hohl, und zeigt, wenn man sich, wie in unserer Figur wirklich geschehen, den vordern, d. h. dem Beobachter zugewendeten Theil desselben weggenommen denkt, nach oben zu in seiner Wandung, eine kugelförmige Höhlung, welche eine kleine Kugel *n* — der Kern, die Nuß — von demselben Durchmesser, bis auf zwei kleine Zonen aufnimmt. Die Kugel *n* geht nach oben und unten in einen cylindrischen Arm aus. Auf das Ende *b* des nach oben ausgehenden Armes wird die Hülse *h* der Bouffsole, Fig. 82, geschoben; die Drehung des Instrumentes um den Cylinder *b* als Aze wird durch Anziehen der Schraube *p* der Hülse *h* verhindert. Der nach unten ausgehende Arm der Kugel trägt an seinem Ende einen mit ihm festverbundenen Würfel *w*, auf dessen vier Seitenflächen vier sogenannte Stellschrauben *s*, *s'*, *s''*, *s'''*, von denen nur die gegenüberstehenden *s* und *s'* in Fig. 83 gesehen werden, senkrecht wirken. Man sieht leicht ein, daß durch gehöriges Anziehen und Lüften der Stellschrauben*),

*) Die Stellschrauben verlangen, wo sie einander, wie bei dem Stativ Fig. 83, gegenüberstehen, eine sorgfältige Behandlung; sie müssen nicht zu stark, doch aber so angezogen werden, daß der Würfel, auf dessen Flächen sie wirken, und also auch alle mit ihm in fester Verbindung stehenden Theile, in der ihnen gegebenen Lage beharren; vor Allem aber muß man darauf bedacht sein, nie eine Schraube früher anzuziehen, bevor die gegenüberstehende gelüftet ist, weil im Unterlassungsfalle kleine Eindrücke auf den Wänden des Würfels entstehen, die das Instrument unzuverlässig machen, indem nämlich die Schrauben leicht, nachdem sie angezogen worden, in einen solchen Eindruck hineingleiten, wodurch offenbar der festgestellte Theil in eine andere unrichtige Lage gebracht wird.

die Kugel *n*, mit ihr die Arme, also auch die auf den Cylinder *b* geschobene Bouffsole sich nach verschiedenen Richtungen neigen läßt, daß man also auch die Ebene der Glasplatte der Bouffsole, mit hin auch den Limbus derselben nach und nach, mit voller Sicherheit, horizontal stellen kann, und dabei nicht mit freier Hand die Bewegung auszuführen braucht, was stets einen geringern Grad von Genauigkeit gibt. Man nennt im Allgemeinen die Bewegung mit freier Hand eine *g r o b e*, im Gegensatz zur Bewegung durch Schrauben, welche eine *fe i n e* heißt. Die Bewegung nach beliebigen Richtungen hin, vermittelt durch eine sogenannte *Ruß*, welche sich in einer kugelförmigen Höhlung — die *Hülse* — wenden läßt, wird *Rußbewegung* genannt.

Faßt man das im Vorhergehenden über das Stativ Gesagte zusammen, so ist sehr leicht ersichtlich, wie man bei der Aufstellung der Bouffsole, behufs der Messung von Horizontalwinkeln zu verfahren hat. Man stellt nämlich durch Verrückung der Füße *f*, *f*, *f* und durch stärkeres oder schwächeres Eindringen derselben in den Erdboden, indem man auf ihren Absatz tritt, die Glasplatte der auf das Stativ mittelst der Hülse *h* geschobenen Bouffsole zuerst nur nach Augenmaß, oder wie man sich auszudrücken pflegt, nur aus dem Groben horizontal, und zieht die Schraubenmutter *u*, *u*, *u* fest an, wodurch die Füße festgestellt werden. Hierauf setzt man die Dosenlibelle auf die Glasplatte, und bewirkt durch abwechselndes Lüften und Anziehen der gegenüberstehenden Stellschrauben *s*, *s'*, *s''*, *s'''* das genaue Einspielen der Luftblase in der Mitte; dann ist dadurch der obere Arm *b* der Ruß vertikal und die Glasplatte, also auch der ihr parallele Limbus horizontal gestellt worden, was zum Messen von Horizontalwinkeln (Azimuthalwinkeln), wie wir aus der allgemeinen Einleitung über winkelmessende Instrumente wissen, ein unerläßliches

Erforderniß ist. Lüftet man die Schraube p der Hülse h , so kann man, indem dabei der Limbus, wegen der senkrechten Stellung der Hülse h gegen denselben, fortwährend die horizontale Lage beibehält, durch Drehen der Bouffsole um den Cylinder b des Stativs als Axe, freilich aber nur aus freier Hand, jedoch für eine Bouffsole mit Dioptern mit hinreichender Genauigkeit, die vertikale Visirebene durch jeden beliebigen Punkt der Dertlichkeit gehen lassen.

In Fig. 85 ist ein Stativ älterer Art abgebildet. Hier geschieht das Horizontalstellen des Limbus der aufgeschobenen Bouffsole, außer durch die Füße, ebenfalls durch eine Rußbewegung, aber aus freier Hand, also nur aus dem Groben. Die Ruß wird hier nämlich indem man die Schraube s anzieht, wenn die Glasplatte der Bouffsole aus freier Hand horizontal gestellt worden ist, durch den Theil ab der Hülse EE , den man ganz wegnehmen kann, gegen den mit dem Stativ festverbundenen Theil $a'b'$ der Hülse gedrückt, und somit unbeweglich gemacht. Der Stativkopf k hat drei parallelepipedische Aufsätze v, v, v , an welche durch die Schrauben u, u, u die Füße geklemmt, also festgestellt werden können.

Bouffsole mit Fernrohr, Fig. 86. Bei vollkommener Bouffsolen, wie überhaupt bei allen vollkommenen winkelmessenden Instrumenten, sind die korrespondirenden Diopter durch ein um eine Axe, die sogenannte Drehungsaxe, bewegliches Fernrohr vertreten, welches so angebracht ist, daß es — gleichwie das Lineal mit den Dioptern — mit der Büchse zugleich herum bewegt wird. Mit Hülfe des Fernrohrs kann man nicht allein weiter gelegene Gegenstände, wo das unbewaffnete Auge nicht mehr reicht, hell und deutlich sehen, sondern auch mit aller Schärfe nach denselben visiren, oder — wie man auch sagt — die Visur auf dieselben einstellen. Es ist

nämlich zu diesem Zwecke im Innern der Röhre des Fernrohrs bei *m*, in der Nähe der Okularlinse *o*, d. h. derjenigen Glaslinse durch welche der Beobachter sieht, ein sogenanntes Fadencreuz angebracht, das aus zwei sich senkrecht kreuzenden äußerst feinen Fäden gebildet wird. Den Kreuzungspunkt der beiden Fäden (Mittelpunkt des Fadencreuzes), oder wohl auch einen der Fäden selbst, bringt man, indem man durch die Mitte der Okularlinse sieht, zuerst durch Bewegung des Fernrohrs mit freier Hand, dann mit Hilfe einer an dem Instrumente angebrachten sogenannten Schraube ohne Ende *E*, oder einer Mikrometerschraube, mit einem Punkte oder einer Geraden des betrachteten Gegenstandes zur Deckung, wodurch resp. die Visirlinie oder Visirebene fest bestimmt ist, weil man offenbar in jedem Augenblicke wieder dieselbe angeben kann, indem man bei der obigen Einrichtung im Stande ist, dem Fernrohre mit aller Schärfe die frühere Lage wiederzugeben.

Das Ausführlichere über die Einrichtung der Fernröhre, über die Mikrometerschraube und die Schraube ohne Ende wird in Kap. VII. gegeben werden.

Bei Bouffolen mit einem Fernrohre muß stets die Drehungsaxe des Letztern der Glasplatte, oder vielmehr dem Limbus parallel sein, und die ideelle Verbindungslinie der Mitte der Okularlinse und des Mittelpunktes des Fadencreuzes, die sogenannte optische Aze des Fernrohrs, auf der Drehungsaxe des Letztern senkrecht stehen, damit die optische Aze bei der Drehung des Fernrohrs um seine Drehungsaxe eine Ebene, die Visirebene, beschreibe, welche auf dem Limbus senkrecht ist; gleichzeitig muß aber auch immer die Visirebene durch den Mittelpunkt des Limbus, und zwar durch die mit 180° und 360° bezeichneten

Punkte desselben gehen. Ist der Limbus horizontal gestellt, und sind die obigen Bedingungen erfüllt, so befindet sich die optische Aze in jeder beliebigen Lage des Fernrohrs in derjenigen Vertikalebene, welche man sich durch den die Theilungspunkte 180° und 360° des Limbus verbindenden Durchmesser gelegt denkt.

Prüfung der Richtigkeit der Boussolen. Nachdem wir Einrichtung und Zweck der Boussole und des Stativs kennen gelernt haben, müssen wir die Mittel angeben, welche uns in den Stand setzen, zu prüfen, ob auch wirklich das Instrument die seinem Zwecke entsprechende Einrichtung hat, und falls eine fehlerhafte Konstruktion des Instrumentes sich bei der Prüfung herausstellen sollte, zeigen, wie derselben, so weit es dem Feldmesser möglich, abzuhelfen ist, oder wie die durch dieselbe entstehenden Fehler bei Messung von Horizontalwinkeln zu corrigiren sind.

Die Prüfung der Richtigkeit darf bei keinem Instrumente unterlassen werden, weil ein jedes, selbst das einfachste, durch öftern oder längern Gebrauch in der gegenseitigen Lage seiner Theile Aenderungen erfährt, also mit der Zeit unzuverlässig wird; daher sind denn auch bei den wichtigern und bei den vorzüglichern Instrumenten, um verschiebbaren Theilen ihre frühere, richtige Lage und Stellung wiederzugeben, sogenannte Korrektionschrauben, wie wir solcher schon in Lief. 1, pag. 19 bei der Röhrenlibelle erwähnt haben, angebracht.

Leider wird gewöhnlich von den Landmessern nicht die gehörige Sorgfalt bei der Prüfung der Meßinstrumente verwendet, woraus denn natürlich bei ausgedehnteren Aufnahmen die größten Unrichtigkeiten entstehen müssen.

Aus §. 1 dieses Kapitels und aus dem, was wir bisher über die Einrichtung und den Zweck der Boussole gesagt haben, geht also hervor, daß die Boussole, mag sie nun mit Dioptern oder Fern-

rohr versehen sein, den nachfolgenden Bedingungen entsprechen muß, wenn sie zum Gebrauch geeignet sein soll.

1) Die Glasplatte oder der Limbus, wenn er genau horizontal gestellt worden ist, muß, bei Drehung der Bouffsole um die Axe *b* des Stativs, Fig. 83, fortwährend die horizontale Lage beibehalten.

2) Weder an dem eigentlichen Instrumente noch auch an dem Stativ dürfen, abgesehen von der Magnetnadel und der Stahlspitze, auf welcher sie schwebt, Eisentheile sich finden.

3) Die Magnetnadel muß gehörig stark magnetisirt und die Stahlspitze nicht abgenutzt sein.

4) Die Stahlspitze muß sich im Mittelpunkte des Limbus befinden, damit die magnetische Axe der Magnetnadel durch den Mittelpunkt geht.

5) Die Visirebene muß auf der Ebene der Glasplatte, also auch des Limbus senkrecht stehen, und möglichst genau durch den Mittelpunkt und durch die mit 180° und 360° bezeichneten Punkte des Limbus gehen.

Zu 1. Nachdem man mittelst des Dosenniveaus die Glasplatte horizontal gestellt hat, löstet man die Schraube *p* der Hülse *h*, Fig. 82, und dreht die Bouffsole vorsichtig um den Zapfen *b* des Stativs, Fig. 83; erhält sich hierbei die Luftblase des Niveaus beständig in der Mitte, so entspricht das Instrument der in (1) gestellten Bedingung, wo nicht, so kann der Grund nur der sein, daß die Hülse *h* der Bouffsole nicht senkrecht zur Glasplatte ist. Das Instrument ist im letztern Falle dem Mechanikus zur Reparatur zu übergeben.

Zu 2. Setzt man die Magnetnadel der Bouffsole auf eine außerhalb der letztern befindliche feine Stahlspitze, und bewegt man,

wenn die Magnetnadel zur Ruhe gekommen ist, das Instrument langsam an einem der beiden Enden der Magnetnadel vorüber, so enthält das Messing — Eisen, wenn man eine Bewegung der Magnetnadel bemerkt; in diesem Falle ist das Instrument gänzlich unbrauchbar. Die Prüfung des Stativs auf Eisengehalt geschieht auf gleiche Weise.

Zu 3. Stellt man die Glasplatte horizontal, und dreht man, wenn die Magnetnadel zur Ruhe gekommen ist, die Bouffsole vorsichtig, ohne daß sie dabei eine Erschütterung erleidet, um die Aze b des Stativs, Fig. 83, so ist die Magnetnadel entweder zu schwach magnetisirt, oder die Stahlspitze zu wenig spitz, oder beides ist der Fall, wenn gleichzeitig eine Bewegung der Magnetnadel wahrgenommen wird. Ob die Stahlspitze zu wenig spitz ist, läßt sich leicht mit Hülfe einer guten Loupe entscheiden. Jedenfalls muß vor Gebrauch des Instrumentes diesen Uebeln abgeholfen werden.

Zu 4. Stellt man die Glasplatte der Bouffsole horizontal, und gibt man der letztern, indem man die Schraube p der Hülse h lüftet, durch Drehung um die Aze b des Stativs, Fig. 83, verschiedene Lagen in der Horizontalebene, so werden die Enden der Magnetnadel, weil letztere ihre feste Stellung im magnetischen Meridiane beibehält, der Nullpunkt der Theilung aber seinen Ort ändert, auf verschiedene Grade des Limbus zeigen. Beträgt nun der Unterschied der an den beiden Enden der Magnetnadel gemachten Ablesungen, weil die Gradeintheilung auf dem Limbus von 0° bis 360° geht, 180° , so ist offenbar die Bouffsole, was die in Punkt (4) gemachte Bedingung anlangt, richtig. Ist der Unterschied aber nicht $= 180^\circ$, so ist es ein Zeichen, daß die magnetische Aze nicht durch den Mittelpunkt des Limbus

geht, daß sie, wie man es nennt, *excentrisch* liegt. Beide an den Enden der Magnetnadel gemachten Ableesungen sind in diesem Falle fehlerhaft; sie sind mit dem sogenannten *Excentricitätsfehler* behaftet. Aus den fehlerhaften Ableesungen lassen sich jedoch die richtigen d. h. diejenigen, welche man unter denselben Umständen an einer Boussole gemacht haben würde, deren Magnetnadel nicht *excentrisch* liegt, berechnen, woraus folgt, daß ein Instrument, dessen magnetische Aze *excentrisch* liegt, dennoch brauchbar ist.

Sind am Nordende der Magnetnadel einer Boussole, bei vier verschiedenen Stellungen derselben, z. B. die Ableesungen 34° , 118° , 212° , 315° , am Südensende der Nadel gleichzeitig die Ableesungen 214° , 298° , 32° , 135° gemacht worden, so geht die magnetische Aze der Magnetnadel nach dem Obigen durch den Mittelpunkt des Limbus, weil $214^\circ - 34^\circ = 180^\circ$, $298^\circ - 118^\circ = 180^\circ$, $212^\circ - 32^\circ = 180^\circ$, $315^\circ - 135^\circ = 180^\circ$ ist. Hat man aber am Südensende, anstatt der obigen Ableesungen, z. B. die vier Ableesungen 210° , 296° , 29° , 130° , gemacht, so liegt die magnetische Aze *excentrisch*, und es sind diese vier Ableesungen wie auch die vier am Nordende gemachten, fehlerhaft. Man findet die richtige Ableesung für das Nordende aus den am Nord- und Südensende gemachten fehlerhaften Ableesungen aber, wenn man zu der am Nordende gemachten fehlerhaften Ableesung die um 180° verkleinerte oder vergrößerte am Südensende gemachte Ableesung, je nachdem letztere größer oder kleiner als 180° ist, addirt, und die Summe halbirt. Für die vier obigen am Nordende gemachten fehlerhaften Ableesungen, nämlich 34° , 118° , 212° , 315° , erhält man demnach resp. die richtigen 32° , 117° , $210,5^\circ$, $312,5^\circ$, wie aus folgenden Ausdrücken ersichtlich ist:

$$\frac{34^\circ + (210^\circ - 180^\circ)}{2} = 32^\circ, \quad \frac{118^\circ + (296^\circ - 180^\circ)}{2} = 117^\circ,$$

$$\frac{212^\circ + (29^\circ + 180^\circ)}{2} = 210,5^\circ, \quad \frac{315^\circ + (135^\circ + 180^\circ)}{2}$$

$$= 312,5^\circ.$$

Der Beweis ist leicht geführt. a) Die am Südpol S gemachte fehlerhafte Ableitung σ ist größer als 180° . NS, Fig. 87, stellt die excentrisch gelegene, N'S' eine ideelle, im Mittelpunkt des Limbus balancirte Magnetnadel, welche stets der excentrischen parallel ist, — woher auch Bogen $NN' = \text{Bogen } SS'$ ist — ab den durch die Punkte 180° und 360° des Limbus gehenden Durchmesser, ν die Ableitung am Nordende N der excentrisch gelegenen, ν' die Ableitung am Nordende N' der ideellen Magnetnadel vor; die Gradeintheilung beginnt bei a mit 0° , und die Zahlen werden, wenn der Beobachter sich in den Mittelpunkt des Limbus versetzt denkt, von rechts nach links gezählt; hiernach ist offenbar $\text{Bogen } aN + \text{Bogen } bS = \text{Bogen } aN' + \text{Bogen } bS' = 2 \times \text{Bogen } aN'$, also $\nu + (\sigma - 180^\circ) = 2\nu'$, oder $\nu' = \frac{\nu + (\sigma - 180^\circ)}{2}$ wie zu beweisen war. b) Die am Südpol S gemachte fehlerhafte Ableitung σ ist kleiner als 180° . Die Größen ν , σ , ν' behalten ihre vorige Bedeutung, ebenso ab, NS und N'S', außerdem bleiben auch die Voraussetzungen dieselben, dann ist in Fig. 88 $\text{Bogen } bN + \text{Bogen } aS = \text{Bogen } bN' + \text{Bogen } aS' = 2 \times \text{Bogen } bN'$, also $(\nu - 180^\circ) + \sigma = 2(\nu' - 180^\circ) = 2\nu' - 360^\circ$, oder $\nu' = \frac{\nu + (\sigma + 180^\circ)}{2}$ wie zu beweisen war.

Die richtige Ableitung σ' für das Südpol wird, wie man leicht einseht, gefunden, wenn man zu der richtigen Ableitung ν' für das Nordende 180° addirt, oder von derselben 180° subtrahirt, je nachdem

sie kleiner oder größer als 180° ist. Für die vier am Südpol gemachten fehlerhaften Ablesungen, nämlich 210° , 296° , 29° , 130° , findet man also resp. 212° , 297° , $30,5^\circ$, $132,5^\circ$, denn $32^\circ + 180^\circ = 212^\circ$, $117^\circ + 180^\circ = 297^\circ$, $210,5^\circ - 180^\circ = 30,5^\circ$, $312,5^\circ - 180^\circ = 132,5^\circ$.

Zu 5. Ob die Visierebene einer Bouffsole mit Dioptern auf dem Limbus senkrecht steht, erfährt man, wenn man die Glasplatte horizontal stellt, und wenn man durch eines der Okularlöchelchen längs des Objektivfadens sehend die Visierebene durch Drehung der Bouffsole um den Zapfen *b* des Stativs auf eine so weit als möglich gelegene vertikale Linie richtet, wie z. B. auf den Faden eines frei und ruhig hängenden Lothes, oder auf eine deutlich sichtbare und scharf begrenzte, vertikale Kante eines Gebäudes. Streift hierbei der Faden des Objektivdiopters seiner ganzen Länge nach den Lothfaden oder die vertikale Kante des Gebäudes, so ist die durch den Faden des Objektivdiopters und die durch das in Rede stehende Okularlöchelchen gehende Ebene zur Ebene des Limbus senkrecht und mithin die Bouffsole brauchbar; will es hingegen nicht gelingen den Objektivfaden mit dem Lothfaden zusammenzufallen zu machen, so ist das ein Zeichen, daß der Objektivfaden nicht vertikale Lage hat, also die Visierebene nicht senkrecht zur Ebene des Limbus steht, und in diesem Falle ist der Objektivfaden vor dem Gebrauch des Instrumentes in die richtige Lage zu bringen. Daß auch die übrigen Okularlöchelchen in der in Rede stehenden und zur Ebene des Limbus senkrechten Visierebene liegen, ist nothwendige Bedingung, und wird dadurch erwiesen, daß man nach und nach durch alle Okularlöchelchen des Okulardiopters des in seiner anfänglichen Lage verbliebenen Lineals, längs des Objektivfadens visirt, wobei der letztere fortwährend den Lothfaden oder die vertikale Kante des Gebäudes streifen muß.

Ob die Bisirebene ein r Bouffsole mit Fernrohr zur Ebene des Limbus senkrechte Lage hat, läßt sich auf folgende Art prüfen. Man stellt die Glasplatte horizontal, und richtet den Mittelpunkt des Fadenkreuzes auf einen beliebigen Punkt des Fadens eines entfernten, ruhig hängenden Lothes oder auf irgend einen Punkt einer vertikalen, scharfbegrenzten Kante eines Gebäudes, sodann muß, wenn die Bisirebene auf dem Limbus senkrecht steht, beim Auf- und Abbewegen des Fernrohrs der Lothfaden oder die vertikale Kante beständig von dem Mittelpunkte des Fadenkreuzes gedeckt werden; weicht aber der Mittelpunkt hierbei von dem Lothfaden oder der vertikalen Kante ab, so ist die Bisirebene, welche die optische Aze bei der Bewegung des Fernrohrs um seine Drehungsaxe beschreibt, nicht zur Ebene des Limbus senkrecht, und zwar rührt dieses entweder daher, daß die Drehungsaxe des Fernrohrs nicht der Glasplatte oder dem Limbus parallel ist, während die optische Aze auf der Drehungsaxe senkrecht steht, oder daher daß die optische Aze nicht senkrecht auf der Drehungsaxe des Fernrohrs steht, während letztere dem Limbus parallel ist, oder endlich daher daß weder die Drehungsaxe dem Limbus parallel ist, noch auch die optische Aze auf der erstern senkrecht steht.

Man bemerkt, daß im erstern Falle der Mittelpunkt des Fadenkreuzes, indem man das Fernrohr um die Drehungsaxe bewegt, eine gerade Linie beschreibt, welche den Lothfaden oder die vertikale Kante des Gebäudes unter einem größern oder kleinern Winkel, je nachdem die Drehungsaxe mehr oder weniger gegen die horizontal gestellte Glasplatte geneigt ist, und zwar in demjenigen Punkte schneidet, auf welchen man anfänglich die Bisire einstellte. Die optische Aze beschreibt in dem erstern Falle offenbar eine Ebene.

Im zweiten Falle bemerkt man, daß der Mittelpunkt des Fadenkreuzes, indem man das Fernrohr um die Drehungsaxe bewegt, beständig an einer Seite des Lothfadens oder der vertikalen

Kante des Gebäudes bleibend, eine Curve beschreibt, welche den Lothfaden oder die vertikale Kante in demjenigen Punkte tangirt, auf welchen man anfänglich visirte. Die optische Aze beschreibt im zweiten Falle eine Kegelfläche.

Im dritten Falle endlich beschreibt der Mittelpunkt des Fadenkreuzes ebenfalls eine Curve, diese liegt aber nicht ganz auf einer Seite des Lothfadens, sondern schneidet letztern in zwei Punkten. Die optische Aze beschreibt auch hier eine Kegelfläche.

Nach dem Vorhergehenden wird sich im Allgemeinen leicht entscheiden lassen, ob die Richtung der optischen Aze, oder ob die der Drehungsaxe des Fernrohrs zu verbessern ist, oder ob beide genannte Azen, was ihre Richtung anlangt, eine Correktion erfahren müssen.

Gewöhnlich ist bei den bessern Instrumenten mit der Drehungsaxe des Fernrohrs ein kleines Nöhrenniveau fest verbunden, oder es läßt sich, was im Ganzen seltener ist, an die Drehungsaxe ein Hängeniveau (Sief. 1 pag. 21) anhängen, um die Drehungsaxe horizontal stellen zu können. Welches nun auch die Einrichtung des Instrumentes sein mag, so liegt, wenn die Luftblase des Niveaus in die Mitte einspielt, die Drehungsaxe horizontal. Hat man also die Glasplatte der Bouffsole in die horizontale Lage gebracht, so muß, wenn die Drehungsaxe des Fernrohrs der Glasplatte parallel, also in diesem Falle ebenfalls horizontal ist, die Luftblase des in Rede stehenden Niveaus in die Mitte einspielen; findet letzteres nicht Statt, so stellt man die Drehungsaxe vermittelst der Correktionschraube horizontal. Deckt jetzt beim Auf- und Abbewegen des Fernrohrs der Mittelpunkt des Fadenkreuzes nicht beständig den Faden eines freihängenden Lothes, sondern beschreibt eine krumme Linie, so hat man nur noch nöthig der optischen Aze des Fernrohrs durch Verrücken des in Rede stehenden Mittelpunktes vermittelst Correktionschrauben die richtige d. h. zur Drehungsaxe senkrechte Lage zu geben. Es versteht sich von selbst, daß die in Rede stehende Nöhrenlibelle gehörig berichtigt, d. h. ihre Aze der Dre-

hungsaxe des Fernrohres parallel sein muß (Lief. 1. pag. 19, 20, 21).

Zweckmäßiger und besser ist es, die Prüfung, über die senkrechte Lage der optischen Axe zur Drehungsaxe des Fernrohres, von der, über den Parallelismus der Drehungsaxe und der Glasplatte der Büchse, unabhängig zu machen, was bei dem vorhergehenden Prüfungsverfahren nicht der Fall war, indem die Drehungsaxe nothwendig zuerst mittelst einer Libelle horizontal und somit der Glasplatte parallel gestellt werden mußte. Zu dem Ende prüft man daher zuerst, ob die optische Axe auf der Drehungsaxe des Fernrohres senkrecht steht, und untersucht hierauf, nach geschעהener allenfalls erforderlicher Berichtigung der Lage der optischen Axe, ob die Drehungsaxe durch das Einspielen der Luftblase der Libelle in der Mitte, eine horizontale Lage erhält. Ehe wir aber das Prüfungsverfahren angeben, dessen man sich bedient, um zu erfahren, ob die optische Axe die richtige Lage habe, müssen vor allen Dingen zuerst einige Begriffe erläutert werden.

Die beiden mit dem Fernrohre fest verbundenen Arme az , $a'z'$, Fig. 89, werden die Zapfen des Fernrohres F genannt. Mittelst der Zapfenenden z , z' ruht das Fernrohr auf zwei in den Enden der Säulen S , S' , in den sogenannten Säulenköpfen befindlichen Zapfenlagern.

Soll das Fernrohr auf- und niederbewegt werden können, so müssen die Zapfenden vollkommen genau cylindrisch abgedreht und gleich dick, die Zapfenlager in diesem Falle offenbar auch cylindrisch gestaltet sein, und mit den Zapfenenden völlig gleichen Durchmesser haben. Die Axen der beiden cylindrischen Zapfenenden befinden sich in einer und derselben auf der optischen Axe senkrechten, geraden Linie, welche die Drehungsaxe des Fernroh-

res, von der schon oben die Rede war, heißt. Die Zapfenlager müssen sich durch feine Correktionschrauben etwas höher und etwas niedriger stellen lassen, wodurch die Drehungsaxe horizontal gestellt wird.

Bei der Mehrzahl der zu geodätischen Zwecken bestimmten Fernröhre liegen die Zapfenlager so hoch, daß man das Fernrohr, wie man sich auszudrücken pflegt, durchschlagen d. h. eine ganze Umdrehung machen lassen kann. Läßt sich ein Fernrohr nicht durchschlagen, so muß es sich wenigstens leicht aus den Zapfenlagern heben, und so umlegen lassen, daß das Zapfende z in dem Lager der Säule S' , das Zapfende z' aber in dem der Säule S zu liegen kommt, um nämlich die Prüfung von wegen der richtigen Lage der optischen Axe ausführen zu können.

Manche Fernröhre sind, wo es nicht gut anders möglich ist, nur mit einem Zapfen versehen, wie namentlich bei der in Fig. 86 abgebildeten Bouffole. Hier, wo das Fernrohr weder umgelegt, noch durchgeschlagen werden kann, ist dasselbe von seinem Zapfen abzuschrauben.

Die Prüfung, ob die optische Axe auf der Drehungsaxe senkrecht steht, geschieht nun bei der Fig. 86 dargestellten Bouffole auf folgende Weise. Man läßt, nachdem der Limbus horizontal gestellt worden ist, in der Richtung der Visirlinie, also der optischen Axe des Fernrohrs, in möglichst großer Entfernung vom Standpunkte, zwei Absteckestäbe, und zwar den einen wenigstens doppelt so weit als den andern, vertikal in die Erde stecken; schraubt das Fernrohr von der Drehungsaxe, d. h. also von dem Zapfen ab, dreht letztern in seinem Lager um 180° herum, schraubt jetzt das Fernrohr gehörig wieder auf den Zapfen auf und läßt abermals zwei Absteckestäbe, von der Beschaffenheit der obigen in entgegengesetzter Richtung, wie es offenbar nicht anders sein kann, in der Richtung der Visir-

ebene vertikal in die Erde stecken. Liegen nun die vier eingesteckten Stäbe in ein und derselben vertikalen Ebene, so steht die optische Axe auf der Drehungsaxe senkrecht; wo nicht, so muß die Lage der optischen Axe gegen die Drehungsaxe durch Verrückung des Mittelpunktes des Fadenkreuzes so lange verändert werden, wobei natürlich das beschriebene Verfahren hinreichend oft zu wiederholen ist, bis der Fehler ganz beseitigt ist.

Ob die Bisirebene, wie weiter in Punkt 5 gefordert wird, durch den Mittelpunkt des Limbus und dabei durch die mit 180° und 360° bezeichneten Punkte desselben geht, läßt sich folgendermaßen ermitteln. Man stellt, nachdem Drehungsaxe und optische Axe berichtigt sind, den Limbus horizontal, und läßt in der Richtung der Bisirebene zwei Absteckestäbe A und B, den einen B wenigstens doppelt so weit als den andern A, vertikal einstecken; legt, ohne das Instrument aus seiner Lage zu rühren, auf die Glasplatte der Büchse an zwei an dem Rande der Letztern gemachten und den durch 180° und 360° bezeichneten Punkten des Limbus entsprechenden feinen Marken*), ein Lineal mit Dioptern, wo die Bisirebene auf der Ebene des Lineals senkrecht steht und durch die Kante des Letztern geht — also ein sogenanntes Diopterlineal, oder, noch besser die Kippregel (welche beide Instrumente später ausführlich beim Meßtisch beschrieben werden sollen) und läßt wiederum zwei Absteckestäbe D und E, in der Richtung der Bisirebene der Kippregel einstecken. Hierauf untersucht man, ob die vier eingesteckten Stäbe A, B, D, E sich in

*) Die Marken sind so angebracht, daß eine durch dieselben gelegte und auf der Glasplatte, also auch auf dem Limbus und der Grundfläche der Büchse senkrecht stehende Ebene auch durch die mit 180° und 360° bezeichneten Punkte des Limbus geht.

einer und derselben Vertikalebene befinden; nur wenn dieses der Fall ist, geht die Visirebene des Fernrohrs oder der Diopter der Bouffsole durch den Mittelpunkt des Limbus und durch die mit 180° und 360° bezeichneten Punkte desselben. Findet man, daß durch die vier ausgesteckten Stäbe zwei Ebenen: AB und DE, bestimmt werden, so kann man leicht entscheiden, ob dieses daher rührt, daß die Visirebene des Fernrohrs oder der Diopter der Bouffsole wol durch den Mittelpunkt des Limbus, nicht aber durch die mit 180° und 360° bezeichneten Punkte desselben, oder dadurch, daß die in Rede stehende Visirebene nicht durch den Mittelpunkt, also auch nicht durch die fraglichen Punkte geht. Schneiden sich nämlich die beiden Vertikalebene AB und DE in dem Standpunkte, d. h. in dem vertikal unter dem Mittelpunkte des horizontalgestellten Limbus befindlichen, und durch ein Loth ermittelten Punkte C des Erdbodens, so geht die Visirebene durch den Mittelpunkt des Limbus; schneiden sich die beiden Ebenen dagegen in einem andern Punkte, so geht die Visirebene nicht durch den Mittelpunkt des Limbus, also noch viel weniger durch die mit 180° und 360° bezeichneten Punkte desselben. Im erstern Falle kann das Instrument zum Messen von Horizontalwinkeln benutzt werden; im zweiten Falle ist das Instrument unbrauchbar.

Das Weitere über das Nichtgelegen sein des Limbusmittelpunktes in der Visirebene des Fernrohrs oder der Diopter der Bouffsole und über den daraus entstehenden Fehler bei Messung von Winkeln, wird in Kap. VII. zur Sprache kommen.

§. 3. Ueber die Anwendung der Bouffsole.

Die Bouffsole gewährt bei Aufnahmen eine nur geringe Genauigkeit, indem sie bei einer Eintheilung des Limbus in Vier-

telgrade, im günstigsten Falle *) die Winkel bis auf 5' gibt; ungeachtet dessen wird sie doch, wo es weniger auf Genauigkeit ankommt, wegen der Schnelligkeit mit welcher Horizontalwinkel gemessen werden können, zur Aufnahme, nur kleiner Vertikalitäten, weil hier blos geringe Fehler, was die gegenseitige Lage der Punkte anlangt, entstehen können, und zwar vorzugsweise da gebraucht, wo die Umfangspunkte schon mit einem andern, genauern Instrumente der Lage nach bestimmt sind, und es sich nur noch um die Bestimmung der zwischenliegenden Punkte handelt. Beim Ziehen von Parallellinien und Fällen von Perpendikeln in Waldungen leistet die Bouffsole wesentliche Dienste.

Die fraglichen Entfernungen und Winkel werden aus den mit der Bouffsole bestimmten Winkeln und den mit der Meßkette gemessenen Linien nicht durch trigonometrische Rechnungen, sondern durch Verzeichnung gefunden.

Beim Gebrauch der Bouffsole als winkelmessendes Instrument werden die §. 1 pag. 93 und 94 gemachten Bemerkungen vorausgesetzt, nämlich, daß die Richtungen der Magnetnadel für Orte eines nur kleinen Erdoberflächenstückes, und während einer nur wenige Stunden dauernden Aufnahme beständig einander parallel sind.

*) An Orten, wo sich Eisenmassen in der Erde angehäuft finden, entstehen oft Fehler von mehrern Graden. Kleine Fehler in der Richtung der Magnetnadel finden bei jeder Bouffsole immer Statt, welches seinen Grund in der allmäligen Abnutzung der Stahlspitze und dem allmäligen Schwächerwerden der magnetischen Intensität der Nadel hat. Die magnetische Aze einer Magnetnadel mit Folgepunkten weicht nicht selten um mehrere Grade von der richtigen Lage ab.

Zum Verstehen des Nachfolgenden muß auch erwähnt werden, daß das Okularglas des Fernrohrs, oder das Okulardiop-
ter, wenn es eine Bouffole mit Dioptern ist, sich auf der Seite
des mit 180° , das Objektivglas oder das Objektivdiop-
ter also auf der Seite des mit 360° bezeichneten Punktes des Limbus be-
findet und daß, wenn man sich vor das Okularglas stellt, um es
nochmals in Erinnerung zu bringen, die Gradeintheilung von 0°
bis 360° nach der linken Seite hin verläuft.

Bei Arbeiten mit der Bouffole muß der Feldmesser alle Ei-
sentheile entfernen, die er etwa bei sich trägt.

Im Nachfolgenden werden die wichtigsten in der Praxis
vorkommenden Aufgaben gelöst.

1. Aufgabe. Es soll der Winkel bestimmt
werden, welchen eine auf dem Felde abgesteckte
gerade Linie MO mit dem Nordende der magne-
tischen Aze einer horizontalschwebenden Magnet-
nadel bildet, oder mit andern Worten, der Neigungs-
winkel (magnetisches Azimuth) gemessen werden,
welchen eine auf dem Felde durch vertikal einge-
steckte Absteckestäbe der Lage nach gegebene Ver-
tikalebene mit dem magnetischen Meridian bildet.
Es ist hier von dem Winkel die Rede, welcher sich ergibt, wenn
man die Grade auf dem Limbus der in irgend einem Punkte der
Linie MO aufgestellten Bouffole vom Nordende der Magnetnadel
bis zur Richtung der abgesteckten Linie MO nach derselben
Seite hin abzählt, nach welcher die Zahlen auf dem Limbus gezählt
werden.

Auflösung. Man stellt die Bouffole in einem beliebigen
Punkte C der Linie MO so auf, daß der Limbus horizontal
und der Mittelpunkt desselben vertikal über dem Punkte C liegt.

Hierauf richtet man zuerst aus dem Groben, also aus freier Hand, dann mit Hülfe der Schraube ohne Ende die optische Aze des Fernrohrs genau auf einen in der Linie MO befindlichen vertikalen Absteckestab P, liest am Nordende der vollkommen zur Ruhe gekommenen Magnetnadel auf dem Limbus die Zahl ν ab, und subtrahirt dieselbe, je nachdem sie kleiner oder größer als 180° ist von 180° oder von 360° , so gibt der Rest den verlangten Neigungswinkel. Bei excentrischer Lage der Magnetnadel muß man stets auch die Zahl σ am Südense der Nadel ablesen, und aus beiden Ablesungen dann, wie auf pag. 109 zu ersehen ist, den wahren Werth des in Rede stehenden Winkels berechnen.

Geht die Visirebene durch den Mittelpunkt des Limbus, nicht aber durch die mit 180° und 360° bezeichneten Punkte desselben, bildet also die Visirebene mit dem die Punkte 180° und 360° verbindenden Durchmesser des Limbus einen Winkel, den sogenannten Collimationsfehler, so fällt dadurch offenbar das magnetische Azimuth um diesen Winkel entweder zu klein oder zu groß aus, und es muß in diesem Falle eine Correction angebracht werden. Jeder wird nach einiger Ueberlegung ohne weitere Anweisung die Correction mit dem richtigen Zeichen zu addiren wissen.

Der Collimationsfehler der Bouffole wird durch Messung des Winkels ACD, welchen die auf pag. 116 in Rede stehenden Vertikalebene AB, DE, Fig. 90, mit einander bilden, mittelst des später zu beschreibenden Theodoliten erhalten.

Wie man zu verfahren hat, wenn umgekehrt eine Linie auf dem Felde abzustrecken ist, welche mit der magnetischen Aze der Magnetnadel einen bestimmter Winkel bildet, wird Jeder ohne Weiteres angeben können.

Ist c , Fig. 91, der dem Punkte C auf dem Felde entsprechende Punkt auf dem Papier, stellt ferner ns auf dem Papier die Richtung der Magnetnadel NS im Punkte C , n das Nordende, s das Südende von ns vor, so geschieht die Verzeichnung des magnetischen Azimuths ACN auf die Weise, daß man dasselbe von cn aus, indem man die Grade nach derselben Richtung zählt, wie die Zahlen auf dem Limbus der Bouffole gezählt werden, so mittelst des hunderttheiligen Maasstabes (Lief. 1. pag. 14), oder mit Hülfe eines mit einem Nonius versehenen Transporteurs, von welchem in Cap. VII. die Rede sein wird, abträgt, daß sein Scheitel in den Punkt c zu liegen kommt.

2. Aufgabe. Es sind auf dem Felde zwei gerade Linien MO , $M'O'$ abgesteckt, man soll den Winkel bestimmen, den sie mit einander bilden.

Auflösung. Man stellt in dem Punkte C , dem Durchschnittspunkte der Linien MO und $M'O'$, die Bouffole so auf, daß die Ebene des Limbus horizontal und der Mittelpunkt des letztern vertikal über dem Punkte C liegt; richtet, theils aus freier Hand, theils mit Hülfe der Schraube ohne Ende die Aze des Fernrohrs zuerst genau auf den zur Linken gelegenen Punkt B der Linie $M'O'$, und macht, wenn die Magnetnadel zur Ruhe gekommen ist, an dem Nord- und Südende derselben auf dem Limbus resp. die Ablesungen ν und σ . Hierauf richtet man wie vorher die optische Aze des Fernrohrs auf den Punkt A der Linie MO , und macht abermals an dem Nord- und Südende der Magnetnadel resp. die Ablesungen ν' und σ' . Um nun den Winkel ACB aus den abgelesenen Zahlen ν , σ , ν' , σ' zu finden, hat man zunächst die beiden Fälle zu unterscheiden: a) die Enden der Magnetnadel liegen, wenn man die Bouffole im Scheitelpunkte C des Winkels aufgestellt hat, beim Visiren nach B und A inner-

halb der Winkelräume MCM' und OCO' , und b) die beiden Enden liegen außerhalb der in Rede stehenden Winkelräume. Im ersten Falle gibt Fig. 92 die Gleichungen: $\angle ACB = \angle ACN + \angle BCN$, und $\angle ACB = \angle OCO' = \angle OCS + \angle O'CS$, also $\angle ACB = \nu' + (360^\circ - \nu) = (\nu' - \nu) + 360^\circ$ und auch $= (\sigma' - 180^\circ) + (180^\circ - \sigma) = \sigma' - \sigma$; Fig. 93 gibt: $\angle ACB = \angle ACS + \angle BCS$ und $\angle ACB = \angle OCO' = \angle OCN + \angle O'CN$, also $\angle ACB = \sigma' + (360^\circ - \sigma) = (\sigma' - \sigma) + 360^\circ$ und auch $= (\nu' - 180^\circ) + (180^\circ - \nu) = \nu' - \nu$. Im zweiten Falle gibt Fig. 94 die Gleichungen $\angle ACB = \angle ACN - \angle BCN$ und $\angle ACB = \angle OCO' = \angle OCS - \angle O'CS$, also $\angle ACB = \nu' - \nu$ und auch $= (\sigma' - 180^\circ) - (\sigma - 180^\circ) = \sigma' - \sigma$; Fig. 95: $\angle ACB = \angle ACS - \angle BCS$ und $\angle ACB = \angle OCO' = \angle OCN - \angle O'CN$, also $\angle ACB = \sigma' - \sigma$ und auch $= (\nu' - 180^\circ) - (\nu - 180^\circ) = \nu' - \nu$.

Man ersieht aus diesen Gleichungen, daß der Winkel ACB sowohl aus den am Nordende, als aus den am Südense der Magnetnadel gemachten Ablesungen bestimmt werden kann, und leitet leicht folgende praktische Regel ab: Man subtrahire, in Bezug auf jedes Ende der Magnetnadel, die erste Ableseung von der zweiten, und addire, falls die letztere zu klein ist, zuvor 360° zu derselben hinzu, so ist das Resultat dem fraglichen Winkel ACB gleich.

Daß man auch hier die Ablesungen ν , σ , ν' , σ' , falls der Unterschied von ν und σ und von ν' und σ' nicht 180° beträgt, zuvor nach dem auf pag. 108 und 109 Angeführten verbessert, versteht sich von selbst, und bedarf wohl kaum noch einer Erinnerung.

Es seien z. B. zur Bestimmung eines auf dem Felde abgesteckten Winkels ACB , Fig. 96, an den beiden Enden der Magnetnadel einer Bouffsole die folgenden vier Ablesungen gemacht worden: am Nordende: erste Ablesung $312^{\circ} 20'$ *), zweite Ablesung $355^{\circ} 50'$; am Südenende: erste Ablesung $132^{\circ} 25'$, zweite Ablesung $175^{\circ} 55'$. Da der Unterschied der resp. Ablesungen am Nord- und Südenende der Magnetnadel nicht $= 180^{\circ}$ beträgt, was im Ganzen selten zutreffen wird, weil die Minuten nach Augenmaaß geschätzt werden, so müssen die Ablesungen zuvor verbessert werden. Die verbesserten Ablesungen sind nach dem auf pag. 108 und 109 Angeführten: am Nordende: erste Ablesung $312^{\circ} 22,5'$, zweite Ablesung $355^{\circ} 52,5'$; am Südenende: erste Ablesung $132^{\circ} 22,5'$, zweite Ablesung $175^{\circ} 52,5'$. Der fragliche Winkel ACB ist nach dem Vorhergehenden demnach $= 355^{\circ} 52,5' - 312^{\circ} 22,5' = 43^{\circ} 30'$, welches sich auch aus den am Südenende gemachten Ablesungen ergibt: $175^{\circ} 52,5' - 132^{\circ} 22,5' = 43^{\circ} 30'$.

Die Prüfung der Bouffsole in Bezug auf den Collimationsfehler ist nur dann anzustellen, wenn außer gewöhnlichen Winkeln auch magnetische Azimuthe gemessen werden sollen; denn bei der Bestimmung eines gewöhnlichen Winkels fällt der Collimationsfehler δ heraus. **), weil der Unterschied der Ablesungen gebildet wird.

Die Bezeichnung der mit der Bouffsole gemessenen gewöhnlichen Winkel übergehen wir hier, da sie auf ähnliche Weise

*) Zeigt die Spitze der Magnetnadel nicht gerade auf einen Theilstrich des in Viertelgrade getheilten Limbus, so wird das zwischen der Spitze der Magnetnadel und dem zunächstgelegenen Theilungsstrich befindliche Bogenstück des Limbus nach Augenmaaß gemessen.

**) $(\nu' \pm \delta) - (\nu \pm \delta) = \nu' - \nu$ und $(\sigma' \pm \delta) - (\sigma \pm \delta) = \sigma' - \sigma$.

geschieht, wie in Aufgabe 1 die Verzeichnung der magnetischen Azimuthe.

Jeder wird nach einiger Ueberlegung ohne weitere Anweisung angeben können, wie zu verfahren ist, wenn umgekehrt ein in Graden zc. gegebener Winkel mit Hülfe der Bouffsole auf dem Felde abgesteckt werden soll.

3. Aufgabe. Man soll von einem auf dem Felde gegebenen Punkte P auf eine der Lage nach gegebene Linie MO eine Senkrechte fällen.

Auflösung. Man stellt in einem beliebigen Punkte A der Linie MO die Bouffsole so auf, daß der Limbus horizontal und sein Mittelpunkt vertikal über dem Punkte A liegt. Hierauf richtet man die optische Axe des Fernrohres auf einen entfernten, in der Linie MO vertikal eingesteckten Absteckestab, und macht am Nordende der Magnetnadel die Ablesung ν , welche bei einer excentrischen Lage der Nadel noch zu berichtigen ist. Endlich trägt man die Bouffsole auch nach dem Punkte P hin, stellt sie hier so auf, daß der Limbus horizontal und der Mittelpunkt desselben vertikal über P liegt, und gibt der optischen Axe eine solche Lage, daß man am Nordende der Magnetnadel, wenn $\nu < 90^\circ$, Fig. 97, die Ablesungen $\nu + 90$ oder $(360^\circ + \nu) - 90^\circ$; wenn $\nu > 90^\circ$, aber $< 180^\circ$, Fig. 98, die Ablesungen $\nu + 90^\circ$ oder $\nu - 90^\circ$; wenn $\nu > 180^\circ$, aber $< 270^\circ$, Fig. 99, die Ablesungen $\nu + 90^\circ$ oder $\nu - 90^\circ$; wenn $\nu > 270^\circ$, Fig. 100, die Ablesungen $\nu - 90^\circ$, oder $(\nu + 90^\circ) - 360^\circ$ macht. Läßt man jetzt in der Richtung der optischen Axe eine gerade Linie abstecken, so steht diese auf der gegebenen Linie MO senkrecht.

4. Aufgabe. Man soll mit der auf dem Felde gegebenen Linie MO eine Parallellinie M'O' abstecken, welche durch den Punkt P geht.

Auflösung. Man stellt in einem beliebigen Punkte A der Linie MO, Fig. 101, die Bouffsole so auf, daß ihr Limbus horizontal und der Mittelpunkt desselben vertikal über A liegt, richtet die optische Axe auf bekannte Weise auf einen entfernten in der Linie MO vertikal eingesteckten Absteckestab, und macht am Nordende der Magnetnadel auf dem Limbus die Ablesung ν . Hierauf begibt man sich nach P, stellt hier die Bouffsole wie im Punkte A auf, und gibt der optischen Axe eine solche Richtung, daß man am Nordende der Magnetnadel dieselbe Ablesung ν macht, wie im Punkte A. Läßt man jetzt, ohne das Instrument zu rühren, in der Richtung der optischen Axe eine gerade Linie M'O' abstecken, so ist diese, wie verlangt wurde, offenbar der Linie MO parallel.

Sowohl bei der vorigen Aufgabe als auch bei dieser, war es nicht nöthig, daß man vom Punkte P aus die Linie MO sah, daher eignet sich die Bouffsole sehr dazu, um mit Hülfe derselben im Walde Senkrechte zu fällen und Parallellinien zu ziehen.

5. Aufgabe. Es ist auf dem Felde ein Dreieck ABC gegeben, man soll dasselbe aufnehmen, und eine ihm ähnliche, nach einem gegebenen verjüngten Maßstabe $\left(\frac{1}{\mu}\right)$ verkleinerte Zeichnung liefern.

1. Auflösung. Man mißt, wo es möglich ist, die drei Winkel A, B, C des gegebenen Dreiecks nach Aufgabe 2; findet man, daß die Summe der drei Winkel etwas kleiner, oder etwas größer als 180° ist, daß also $180^\circ - (A + B + C) = \pm F$, so verbessert man die gemessenen Winkel, indem man für A, B, C resp. $A \pm \frac{1}{3} F$, $B \pm \frac{1}{3} F$, $C \pm \frac{1}{3} F$ nimmt. Hierauf mißt man auch eine der Seiten des aufzunehmenden Dreiecks, etwa die Seite AB. Nachdem man die Verjüngung von AB in den Plan getragen hat, so daß also ab, Fig. 102, $= \frac{AB}{\mu}$ ist, und a dem Punkte A, b dem

Punkte B auf dem Felde entspricht, verzeichnet man die verbesserten Winkel $A + \frac{1}{3} F$ und $B + \frac{1}{3} F$ mit Hülfe des hunderttheiligen Maasstabes, oder eines mit einem Nonius versehenen Transporteurs, auf die Weise, daß der Scheitel des erstern in a, der des zweiten in b zu liegen kommt, der eine ihrer Schenkel mit ab zusammenfällt, die beiden andern Schenkel aber nach ein und derselben Seite der Linie ab gelegen sind; verlängert man nun die letztern, bis sie sich im Punkte c durchschneiden, so ist offenbar, wie verlangt wird, das Dreieck abc der Zeichnung dem Dreieck ABC auf dem Felde ähnlich, und im verlangten Sinne verjüngt.

Welchen Grad der Uebereinstimmung das Dreieck der Zeichnung und das Dreieck auf dem Felde besitzt, ergibt schon der absolute Zahlenwerth von F, doch ist gut, wenn man noch eine der Seiten ac, bc des Dreiecks abc, etwa ac, mit der verjüngten Längeneinheit mißt, und die gefundene Zahl mit dem Zahlenergebniß der resp. Seite AC des Dreiecks ABC vergleicht, welche man durch die wirkliche, der verjüngten entsprechende Längeneinheit gemessen hat.

Es versteht sich von selbst, daß man, wenn die Richtung der magnetischen Axe der Magnetnadel durch die Linie ns auf dem Plane gegeben ist, die Linie ab so in den Plan tragen muß, daß sie mit ns einen Winkel bildet, welcher dem magnetischen Azimuthe der Linie AB auf dem Felde gleich, und ähnlich gelegen ist. Auch weiß man, wenn ns der Lage nach gegeben ist, offenbar nach welcher Seite von ab die Schenkel der abzutragenden Winkel zu liegen kommen müssen.

2. Auflösung. Man stellt die Bouffole zuerst im Punkte A, Fig. 103, so auf, daß der Limbus horizontal und sein Mittelpunkt vertikal über A liegt; richtet hierauf die optische Axe des Fernrohrs auf den Punkt C, und macht am Nordende der

Nadel die Ablefung ν auf dem Limbus, fo gibt diese offenbar den Winkel CAN, welcher in der Figur durch die Bogenlinie ω bezeichnet wird. Jetzt begibt man sich nach B hin, stellt die Bouffole hier auf dieselbe Weise wie in A auf, richtet die optische Aze auf den Punkt C, und macht am Nordende der Magnetnadel eine zweite Ablefung ν' , durch welche der durch die Bogenlinie ω' bezeichnete Winkel CBN gegeben wird, so kann man mit Hülfe der beiden Ablefungen ν, ν' ein Dreieck abc verzeichnen, welches dem Dreieck ABC auf dem Felde ähnlich und nach einem gegebenen verjüngten Maafstabe verkleinert ist. Zu dem Zwecke trägt man die Verjüngung von AB, also $\frac{AB}{\mu} = ab$, Fig. 104, wo a dem Punkte A, b dem Punkte B auf dem Felde entspricht, in den Plan, zieht durch a und b die beiden einander parallelen und die Richtung der Magnetnadel in den Punkten A und B der Vertikalheit repräsentirenden Linien ns, n's', wo n, n' die Nordpole, s, s' die Südpole vorstellen, und verzeichnet die durch die Ablefungen ν und ν' gegebenen Winkel vermittelst des hunderttheiligen Maafstabes so, daß ihre Scheitel resp. in den Punkten a und b der Zeichnung liegen, daß die einen ihrer Schenkel resp. mit an, bn zusammenfallen, und daß ihre Grade von an nach Osten, also in entgegengesetzter Richtung wie die Zahlen auf dem Limbus gezählt werden. Verlängert man jetzt die beiden andern mit ab nicht zusammenfallenden Schenkel der verzeichneten Winkel gehörig, so entspricht ihr Durchschnittspunkt c dem Punkte C auf dem Felde, und es ist offenbar das Dreieck abc im verlangten Sinne verjüngt und dem Dreieck ABC ähnlich und ähnlich gelegen.

Wenn auch die Winkel mit der Bouffole, so genau als es möglich ist, gemessen worden sind, so würde die Zeichnung doch ungenau werden müssen, wenn die auf dem Papier gezogenen

Linien ns , $n's'$ einander nicht parallel sind; daher muß man, außer auf die möglichst genaue Messung der Winkel, zunächst sein Augenmerk auf das Bestehen des Parallelismus von ns und $n's'$ richten.

Daß man immer auch das magnetische Azimuth der Linie AB bestimmen muß, weil die Lage von ns und $n's'$ gegen ab von demselben abhängig ist, braucht wohl kaum in Erinnerung gebracht zu werden.

3. Auflösung. Wenn man die Bouffole nur in einem der Eckpunkte des aufzunehmenden Dreiecks, etwa in dem Punkte C , aufstellen kann, so bestimmt man nach Aufgabe 1 die magnetischen Azimuthe der den Winkel ACB einschließenden Seiten AC und BC , Fig. 105, nämlich resp. die Winkel NCM und NCM' , und mißt die Länge der beiden Seiten AC und BC . Ist nun c , Fig. 106, der dem Punkte C auf dem Felde entsprechende Punkt im Plane; bedeutet wie vorher die durch c gezogene Linie ns die Richtung der Magnetnadel im Punkte C , und trägt man die magnetischen Azimuthe nach Aufgabe 1, pag. 120, so ab, daß sie ihre Scheitel im Punkte c haben, so erhält man die Richtungen cm und cm' . Setzt verlängert man die letztern nach o und o' hin, und trägt von c aus auf co und co' resp. die verjüngten Längen $\frac{CA}{\mu}$ und $\frac{CB}{\mu}$ ab, so werden dadurch zwei Punkte a und b bestimmt, welche den Punkten A und B der Vertikalheit entsprechen. Folglich ist das Dreieck abc des Planes im verlangten Sinne verjüngt, ist ferner dem Dreieck ABC auf dem Felde ähnlich, und hat auch eine ähnliche Lage wie das Dreieck ABC .

6. Aufgabe. Es sind auf dem Felde zwei Punkte A und B gegeben, man soll die Entfer-

nung derselben von einander, wenn die unmittelbare Ausmessung mit der Kette nicht ausführbar ist, mit Hülfe der Bouffsole auf mittelbarem Wege bestimmen.

a) Nur einer der Punkte, etwa der Punkt A, ist zugänglich.

1. Auflösung. Man wählt einen Punkt C, Fig. 107, in der Verlichkeit, so daß die Punkte A, B, C ein Dreieck ABC bilden; mißt die Entfernung des Punktes C vom Punkte A mit der Meßkette; stellt die Bouffsole in A horizontal auf, richtet die optische Axe des Fernrohres auf den Punkt B, und macht am Nordende der Magnetnadel auf dem Limbus die Ablesung ν . Hierauf nimmt man in der Linie CA einen Punkt D an, der so liegt, daß $CD = \left(\frac{1}{\mu}\right) CA$, wo μ jede beliebige Zahl bedeutet; stellt in D die Bouffsole horizontal auf; gibt der optischen Axe eine solche Richtung, daß man am Nordende der Magnetnadel auf dem Limbus wiederum die Zahl ν abliest; läßt im Punkte E, dem Durchschnittspunkte der Bistrebene und der Verbindungslinie der Punkte C und B, einen Absteckestab einstecken, und mißt mit der Meßkette die Entfernung des Punktes D vom Punkte E; dann ist offenbar die zu findende Entfernung der Punkte A und B von einander $= \mu \cdot DE$.

Diese erste Auflösungsmethode ist jedenfalls der nachfolgenden zweiten vorzuziehen, erstlich weil sie offenbar ein genaueres Resultat liefert, zweitens weil man keine Zeichnung zu entwerfen nöthig hat.

Ist $CA = 264^\circ$, und hat man D so gewählt, daß $CD \frac{1}{3}$ von 264° d. i. 88° beträgt, so ist, wenn man $ED 53^\circ$ lang findet $AB = 3 \times 53^\circ = 159^\circ$.

2. *Auflösung.* Man wählt in der Vertlichkeit einen Punkt C, Fig. 108, so daß die Punkte A, B, C ein Dreieck bilden, und man von C nach A und B visiren und von C nach A mit der Meßkette messen kann; stellt in C die Bouffsole horizontal auf und bestimmt nach Aufgabe 2 den Winkel ACB; begibt sich hierauf, indem man dabei die Entfernung der Punkte C und A von einander mit der Meßkette ausmißt, nach dem Punkte A hin, und bestimmt mit der Bouffsole auch den Winkel BAC. Construiert man jetzt nach Aufgabe 5 mit Hülfe eines verjüngten Maasstabes ein dem Dreieck ACB ähnliches Dreieck acb, und mißt mit Hülfe desselben Maasstabes die der Seite AB auf dem Felde entsprechende Seite ab, Fig. 109, des verjüngten Dreiecks acb, so erhält man eine Zahl, welche die Entfernung der Punkte A und B in wirklichen Längeneinheiten gibt.

Ist z. B. $CA = 30^{\circ}5'$, $\angle ACB = 30^{\circ}20'$, $\angle BAC = 34^{\circ}30'$, und der verjüngte Maasstab $\frac{1}{1050}$, so findet man mit Hülfe des hunderttheiligen Maasstabes die Seite ab, Fig. 109, des dem Dreiecke ACB ähnlichen Dreiecks acb $1'' 3,7''$ lang, und es ist folglich $AB = 1'' 3,7'' \times 1050$ d. i. $17^{\circ} 11''$.

b) Keiner der beiden Punkte A, B ist zugänglich.

Auflösung. Man steckt eine gerade Linie MO ab, Fig. 110, stellt im Punkte M die Bouffsole horizontal auf, und mißt die Winkel AMO und BMO; stellt hierauf auch das Instrument im Punkte O auf, und mißt die Winkel AOM und BOM. Verzeichnet man nun nach Aufgabe 5, pag. 126, die beiden den Dreiecken AMO, BOM resp. ähnlichen Dreiecke amo und bom, Fig. 111, so ist das Viereck amob bekanntlich dem Viereck AMOB auf dem Felde ähnlich, und folglich enthält die Seite ab ebensoviele verjüngte Einheiten des beim Ver-

zeichnen der in Rede stehenden beiden Dreiecke gebrauchten verjüngten Maasstabes, als sich entsprechende wirkliche Einheiten zwischen den beiden Punkten A und B auf dem Felde abtragen lassen, mithin erhält man durch Ausmessen von ab mittelst des verjüngten Maasstabes eine Zahl, welche die Länge der Linie AB in wirklichen Einheiten gibt. Ist der bei der Verzeichnung des Vierecks AMOB gebrauchte verjüngte Maasstab $\frac{1}{840}$, und hat man ab $4'' 6'''$ d. i. $46'''$ lang gefunden, so beträgt die Entfernung der beiden Punkte A und B von einander 46° weil $1''' = 1^\circ$ ist.

7. Aufgabe. Es ist auf dem Felde ein Viereck ABCD gegeben, man soll dasselbe mit Hilfe der Bouffole aufnehmen, und eine nach einem gegebenen verjüngten Maasstabe verkleinerte Zeichnung entwerfen.

1. Auflösung. Man stellt die Bouffole in einem der Eckpunkte, etwa in A, Fig. 112, horizontal auf, richtet die optische Axe des Fernrohrs, wenn man das Gesicht dem Innern des Vierecks ABCD zugewendet hat, auf den zunächst links von A gelegenen Punkt des Vierecks, also auf den Punkt B, und macht am Nordende der Magnetnadel auf dem Limbus die Ablefung ν , so gibt diese, wie aus dem Vorhergehenden bekannt ist, den Winkel BAN, welcher in der Figur durch die Bogenlinie ω bezeichnet ist. Hierauf begibt man sich nach dem Punkte B hin, indem man dabei die Seite AB des Vierecks mißt; stellt in demselben die Bouffole ebenfalls horizontal auf, richtet die optische Axe auf den zunächst links von B gelegenen Punkt C des Vierecks, und macht am Nordende der Nadel auf dem Limbus die Ablefung ν' , welche den Winkel CBN gibt, der in der Figur durch die Bogenlinie ω' bezeichnet ist. Auf diese Weise

fährt man fort, bis nach und nach alle Seiten des Vielecks gemessen, und für alle Eckpunkte desselben die entsprechenden Ablesungen an dem Nordende der Magnetnadel gemacht worden sind. Hat man nun am Nordende der Magnetnadel für die Eckpunkte A, B, C, D, auf dem Limbus der Bouffsole resp. die Zahlen ν , ν' , ν'' , ν''' , abgelesen; für die Seiten AB, BC, CD, DE, die Zahlenwerthe m , m' , m'' , m''' , gefunden, so ist die Anfertigung einer dem Vielecke ABCD ähnlichen, nach einem gegebenen verjüngten Maassstabe verkleinerten Zeichnung ein Leichtes.

Durch den Punkt a im Plane, Fig. 113, welcher dem Punkte A der Vertlichkeit entsprechen mag, zieht man die Linie ns, welche die Richtung der Aze der Magnetnadel im Punkte A, und zwar n den Nordpol, s den Südpol derselben vorstellt, und trägt den Winkel ν , seine Grade vom Nordende an aus in entgegengesetzter Richtung zählend, wie die Zahlen auf dem Limbus gezählt werden, so ab, daß sein Scheitel in a zu liegen kommt, so wird dadurch die Richtung aa' erhalten. Auf die Richtung aa' trägt man von a aus die Verjüngung von m , also $\frac{m}{\mu}$ ab, wodurch man den Punkt b erhält, welcher dem Eckpunkte B des aufzunehmenden Vielecks entspricht. Durch b zieht man jetzt wiederum eine die Richtung der Aze der Magnetnadel im Punkte B repräsentirende Linie n's', die der Linie ns offenbar parallel sein muß, und verzeichnet den Winkel ν' auf ähnliche Weise, wie den Winkel ν , so wird dadurch die Richtung bb' erhalten. Auf die Richtung bb' trägt man von b aus die Verjüngung von m' , also $\frac{m'}{\mu}$ ab, wodurch man den Punkt c erhält, welcher dem Eckpunkte C des gegebenen Vielecks entspricht. Auf diese Weise wird mit der Verzeichnung fortgefahren, bis die Figur geschlossen ist.

Das auf diese Weise erhaltene Vieleck $abcd$ ist dann, nach einem bekannten Sage der Geometrie, dem Vieleck $ABCD$ ähnlich, ist im verlangten Sinne verjüngt, und hat auch eine ähnliche Lage wie das Vieleck $ABCD$

Es muß bemerkt werden, daß man die Bouffole im Punkte I eigentlich nicht aufzustellen nöthig hat, für diesen Punkt also auch nicht die Ablefung am Nordende der Magnetnadel zu machen, auch die Seite AI des Vielecks $ABCD$ nicht zu messen braucht, ohne deshalb außer Stand zu sein, die verlangte ähnliche Zeichnung $abcd$ zu entwerfen, denn die der Linie AI der Vertikalität entsprechende Linie ai der Zeichnung, mit welcher das Vieleck $abcd$ geschlossen wird, ergibt sich offenbar von selbst. Anzurathen ist es jedoch in allen Fällen die Ablefung für den Punkt I zu machen, und auch die Seite AI zu messen, um nämlich eine Prüfung, was die entworfenene Zeichnung und die Aufnahme des Vielecks anlangt, veranstalten zu können. Die Prüfung geschieht, indem man die Entfernung der Punkte a und i der Zeichnung mit der zu Grunde gelegten verjüngten Längeneinheit, den Außenwinkel $aiah'$, mit dem Transporteur ausmißt, und die erhaltenen numerischen Resultate resp. mit den bei der Aufnahme gefundenen vergleicht, also mit den Zahlen, welche durch Messung von IA mit der wirklichen Längeneinheit, und welche durch Subtraktion der mit der Bouffole in I und H gemessenen Winkel von einander hergeleitet worden sind — wo dann der Grad der Uebereinstimmung zugleich den Grad der bei der Operation mit der Bouffole erreichten Genauigkeit bestimmen wird.

Diejenigen von den Winkeln ν , ν' , ν'' ,, welche größer als 180° sind, verzeichnet man auf die Weise, daß man ihren Ueberschuß über 180° resp. von den Südenden as , bs u. s. w. abträgt.

Bei der so eben entwickelten Verzeichnungsmethode des aus dem Umfange mit Hülfe der Bouffole aufgenommenen Vielecks

ABCD kommt es, wenn übrigens die Winkel und Längen richtig gemessen und abgetragen sind, damit die Zeichnung abcd schließe *), wie man zu sagen pflegt, auf den Parallelismus (ein solcher wird, was die Richtungen der magnetischen Axen der Magnetnadel der in den Eckpunkten des Vielecks aufgestellten Bouffole anlangt, vorausgesetzt) der Linien ns, n's' u. s. w. des Planes an. Weil nun aber das Ziehen von Parallellinien zeitraubend ist, so berechnet man lieber aus den gemachten Ablesungen die Außenwinkel I'AB, A'BC, B'CD, C'DE, des Vielecks ABCD, Fig. 112, und verzeichnet diese. Den Winkel I'AB findet man, wenn man von der in A gemachten Ablesung die im nächst vorhergehenden Eckpunkte I gemachte Ablesung subtrahirt; den Winkel A'BC, wenn man von der im Eckpunkte B die im Eckpunkte A gemachte Ablesung subtrahirt, und so weiter verfahren erhält man alle übrigen Außenwinkel. Findet man hierbei einen nachfolgenden Winkel kleiner (z. B. Winkel E ist $<$ als Winkel D) als den nächst vorhergehenden, so addirt man zu ersterem 360° und zieht von der Summe den letztern ab; die Differenz giebt den fraglichen Außenwinkel. Hierbei muß aber bemerkt werden, daß man in dem Falle, wo die Differenz sich größer als 180° erweist, was stets bei einspringenden Winkeln, wie z. B. C, der Fall ist, ganz einfach den kleinern, nachfolgenden Winkel von dem größern, nächst vorhergehenden subtrahirt; den auf diese Weise erhaltenen Differenzwinkel aber dafür auch in entgegengesetzter Richtung, als die andern Differenzwinkel abgetragen werden, abträgt, indem man z. B. bei c, Fig. 113, von der Verlängerung der Seite bc, also

*) Man sagt „das Vieleck abcd schließt“ wenn die von i nach a gezogene, das Vieleck schließende Linie ai der Seite AI des Vielecks ABCD proportional, und der mittelst des Transporteurs gemessene Winkel aih' des Planes dem Winkel AIH' auf dem Felde gleich ist.

von cb' aus die Grade beim Abtragen des in Rede stehenden Winkels in der Richtung zählt, wie die Zahlen auf dem Limbus gezählt werden.

Daß das Vieleck ABCD ebenso gut aufgenommen werden kann, wenn man in entgegengesetzter Richtung nach und nach in allen Eckpunkten die Bouffsole aufstellt, also mit A anfangend die Bouffsole zunächst nach I, dann nach H, dann nach G u. s. w. trägt, versteht sich von selbst. Um in diesem Falle die zur Verzeichnung nöthigen Außenwinkel zu erhalten, muß man offenbar jeden folgenden Winkel von dem nächst vorhergehenden abziehen.

2. A u f l ö s u n g. In der vorhergehenden Auflösung wurde ein Vieleck aus dem Umfange, durch Aufstellen der Bouffsole in den Eckpunkten aufgenommen; in dieser soll gezeigt werden, wie ein Vieleck ABCD nur durch zweimaliges Aufstellen der Bouffsole, durch sogenanntes Basiren, aufgenommen und hierauf verzeichnet werden kann. Zu dem Zwecke mißt man eine Linie MO ab; die nicht zu lang und nicht zu kurz, auch nicht in zu großer Nähe des aufzunehmenden Vielecks abgesteckt sein muß, damit die Linien im Plane sich nicht unter zu spitzen oder zu stumpfen Winkeln schneiden, stellt die Bouffsole in M, Fig. 114, horizontal auf, und mißt nach der Reihe die Winkel AMO, BMO, CMO, DMO, ENO, FMO, GMO, HMO, IMO; hierauf stellt man die Bouffsole auch in O auf, und mißt die Winkel AOM, BOM, COM, DOM, EOM, FOM, GOM, HOM, IOM, so hat man alle zur Verzeichnung nöthigen Größen. Nachdem man die Linie mo im Plane abgetragen hat, welche ebensoviele verjüngte Einheiten eines gegebenen verjüngten Maßstabes enthält, als die entsprechende Linie MO wirkliche Längeneinheiten, verzeichnet man nach Aufgabe 5, pag. 125, die gemessenen Winkel dazu benutzend, auf mo, Fig. 115, die den Dreiecken AMO, BMO, CMO, DMO, EMO,

FMO, GMO, HMO, JMO resp. ähnlichen und ähnlich liegenden Dreiecke amo, bmo, cmo, dmo, emo, fmo, gmo, hmo, imo, so ist, nach dem bekannten Satze der Geometrie: Geradlinige Figuren, welche aus ähnlichen Dreiecken auf ähnliche Weise zusammengesetzt worden sind, sind einander ähnlich, das durch die Ecken a, b, c, d, ... der verzeichneten Dreiecke bestimmte Vieleck abcd dem Vieleck auf dem Felde ABCD ähnlich, und im verlangten Sinne verjüngt.

Daß die Linie MO auch eine Seite, oder eine Diagonale des aufzunehmenden Vielecks sein, überhaupt auch jede beliebige Lage im Innern des Vielecks haben kann, versteht sich von selbst.

Diese Methode der Aufnahme eines Vielecks, die übrigens nur dann Anwendung finden kann, wenn das Innere des Vielecks nicht bewaldet ist, eignet sich vorzüglich in den Fällen, wo man bereits einen Plan des Umfanges des in Rede stehenden Vielecks besitzt, und nur noch die Ortsbestimmung der innerhalb gelegenen Punkte bewerkstelligen soll.

Indem wir die übrigen Methoden übergehen, welche man bei der Aufnahme eines Vielecks anwenden könnte, führen wir nur noch an, daß eine krummlinige Figur mittelst der Boussole aufgenommen wird, wenn man zuerst ein der krummlinigen Figur sich so nahe als möglich anschließendes, geradliniges Vieleck absteckt, dieses nach einer der so eben gegebenen Methoden aufnimmt, und hierauf, nach Aufgabe 3, pag. 73 und 74 der 2. Lief., die Lage der krummen Umfangslinie annäherungsweise durch die Coordinatenmethode bestimmt.

Um nun auch eine der aufgenommenen krummlinigen Figur ähnliche Zeichnung nach einem gegebenen verjüngten Maasstabe zu entwerfen, wird zuerst das bei der Aufnahme der krummlinigen

Figur zu Grunde gelegte geradlinige Vieleck verzeichnet; hierauf werden die verjüngten Abscissen und Ordinaten gehörig abgetragen (siehe 2. Lief. pag. 68), und endlich die Endpunkte der letztern durch ganz kurze gerade Linien verbunden.

8. Aufgabe. Es soll der Flächeninhalt eines auf dem Felde gegebenen geradlinigen Vielecks ABCD ermittelt werden.

Auflösung. Man nimmt das geradlinige Vieleck mittelst der Bouffole nach einer der vorhergehenden Methoden auf, verzeichnet ein ähnliches nach einem bestimmten verjüngten Maasstabe — je größer der Maasstab desto besser — verkleinertes Vieleck abcd, und zerlegt dieses entweder in Dreiecke, oder beschreibt um dasselbe ein Rechteck.

Im erstern Falle mißt man entweder die drei Seiten der einzelnen Dreiecke abc, aci, cdi, dhi, dgh, dfg, def, Fig. 116, mit der verjüngten Längeneinheit, und berechnet den Flächeninhalt F der einzelnen Dreiecke nach der auf pag. 83 der 2. Lief. gegebenen Formel: $F = \sqrt{s(s-u)(s-v)(s-w)}$, wo $s = \frac{1}{2}(u+v+w)$ und u, v, w die Zahlenwerthe der drei Seiten eines Dreiecks bedeuten; oder man fällt die Höhen ba, ib, iy, id, de, dZ, d7 in den einzelnen Dreiecken, mißt die erstern und die entsprechenden Grundlinien ac, cd, dh, gh, fg, ef mit der verjüngten Längeneinheit und berechnet den Flächeninhalt der einzelnen Dreiecke nach der bekannten Formel: $F = \frac{1}{2} g \cdot h$, wo g den Zahlenwerth der Grundlinie, h den der Höhe eines Dreiecks bedeutet. Summirt man jetzt die einzelnen den Flächeninhalt der verjüngten Dreiecke ausdrückenden numerischen Resultate, so erhält man eine Zahl, welche offenbar angibt, wie viel wirklicher Flächeneinheiten das auf dem Felde gegebene Vieleck enthält. Man habe z. B. den Flächenraum des verzeichneten Vielecks abcd 1114,24 □“

gefunden, und sich bei der Verzeichnung und Ausmessung des Vielecks $abcd$ des verjüngten Maassstabes $\frac{1}{120}$ bedient, so beträgt der Flächeninhalt des ähnlichen auf dem Felde gegebenen Vielecks, weil $1''$ im Plane $\frac{1}{2}^\circ$ auf dem Felde repräsentirt, also $1 \square'' = \frac{1}{4} \square^\circ$ ist, $1114,24 \times \frac{1}{4}$ Quadratfaden d. i. $278,56 \square^\circ$.

Im zweiten Falle, wo man ein Rechteck $pqrs$, Fig. 117, um das verzeichnete Vieleck $abcd$ beschrieben hat, fällt man von den Eckpunkten a, b, c, \dots des letztern Perpendikel auf die Seiten des Rechtecks, berechnet nach bekannten Formeln den Flächeninhalt der dadurch außerhalb des Vielecks $abcd$, aber innerhalb des Rechtecks $pqrs$ entstehenden Trapeze, Rechtecke und Dreiecke, summirt die gefundenen numerischen Resultate, und subtrahirt die Summe von der den Flächeninhalt des umschriebenen Rechtecks repräsentirenden Zahl, so gibt die als Rest erhaltene Zahl augenscheinlich den Flächeninhalt des fraglichen Vielecks $ABCD$ in wirklichen Flächeneinheiten.

§. 4. Ueber das Orientiren und die Orientir- boussole.

Um sich in einer Vertlichkeit mit Hülfe eines Planes derselben zurechtfinden oder orientiren zu können, wie man es nennt, d. h. um diejenigen Punkte und Linien einer Vertlichkeit auffinden zu können, welche den auf einem Plane gegebenen Punkten und Linien entsprechen, müssen, außer dem verjüngten Maassstabe, mittelst dessen der Plan entworfen wurde, im Plane zwei Punkte x und y gegeben sein, welche zweien in der Vertlichkeit befindlichen und gewöhnlich durch zwei aufgeworfene, kegelförmige Erdhügel ihrer Lage nach bestimmten Punkten X und Y entsprechen.

Soll z. B. die der Linie mo im Plane proportionale und ähnlich liegende (entsprechende) Linie MO in der Vertlichkeit aufgesun-

den werden, so verlängert man die Linie mo des Planes bis sie die Richtungs- oder Orientirungslinie, wie wir sie nennen wollen, xy des Planes im Punkte z schneidet, und mißt mit dem verjüngten Maasstabe des Planes die Entfernungen xz , zm , und auch den Winkel mzx ; hierauf trägt man vom Punkte X aus auf der Linie XY die der Entfernung xz entsprechende wirkliche Länge XZ , versteht sich in der entsprechenden Richtung, also, wenn der Durchschnittspunkt z zwischen x und y liegt, von X nach Y hin ab; stellt im Punkte Z die Boussole, oder ein anderes winkelmessendes Instrument auf, und gibt der optischen Axe des Fernrohrs eine solche Richtung, daß dieselbe mit der Linie XY einen dem gemessenen Winkel mzx gleichen Winkel bildet; endlich mißt man vom Punkte Z aus, in der Richtung der optischen Axe des Fernrohrs, die der verjüngten Länge zm entsprechende wirkliche Länge ZM ab. Der gefundene Endpunkt M in der Vertlichkeit entspricht offenbar dem Punkte m im Plane. Der zweite Punkt O der Linie MO wird gefunden, wenn man auf dem Plane die Linie mo mißt, und die ihr entsprechende wirkliche Länge, in der Richtung der optischen Axe, von M aus abträgt. Der Maasstab des Planes sei $\frac{1}{4200}$, die Entfernung des zwischen den Punkten x und y , Fig. 118, gelegenen Durchschnittspunktes z vom Punkte x betrage $2'' 4,7'''$, die Entfernung des z. B. rechts von xy , wenn man von x nach y sieht, befindlichen Punktes m vom Punkte z sei $3'' 2,3'''$, der gemessene Winkel zähle $34^\circ 25'$, und die Länge der Linie mo sei $1'' 6,4'''$, so ist die vom Punkte X in der Vertlichkeit nach Y hin abzutragende, der Länge xz im Plane entsprechende Länge $XZ = 123,5''$; das von Z aus, rechts von XY , wenn man von X nach Y sieht, abzutragende, unter dem Winkel von $34^\circ 25'$ gegen XZ geneigtliegende und der Länge zm entsprechende Stück

ZM auf dem Felde $= 161,5^\circ$, und der Punkt O in der Richtung von ZM 82° vom Punkte M gelegen.

Ein Jeder sieht ein, daß, wenn man die Linie xy des Planes mit der entsprechenden Linie XY der Vertikalität zusammenfallen macht, dadurch eine jede Linie des Planes mit der ihr entsprechenden Linie der Vertikalität parallel sein wird.

Das Zusammenfallen der Linien xy und XY wird bewirkt, wenn man den Plan auf eine ebene Unterlage, am besten auf die Platte des in Kap. VIII. zu beschreibenden Meßtisches befestigt; hierauf den Meßtisch in dem Punkte X der Vertikalität so aufstellt, daß die Platte horizontal und der Punkt x des Planes vertikal über dem Punkte X liegt*), und endlich die Kante des auf pag. 115 in Rede stehenden Diopterlineals, oder noch besser der Kippregel, genau an die Linie xy legend, der Platte durch Drehen eine solche Lage gibt, daß der Objektivfaden des Diopterlineals, oder der zuvor vertikal gestellte Faden des Fadenkreuzes der Kippregel mit der Mittellinie eines in irgend einem Punkte der Linie XY der Vertikalität vertikal eingesteckten Absteckestabes zusammenfällt.

Zm Vorhergehenden ist ausführlich gezeigt worden, wie eine Linie MO in der Vertikalität aufgefunden werden kann, wenn die entsprechende Linie mo im Plane, zwei Punkte x und y im Plane und die denselben entsprechenden Punkte X und Y in der Vertikalität gegeben sind; - jetzt wollen wir zeigen, wie dasselbe auf einfachere und zweckmäßigere Weise erreicht werden kann, wenn statt zweier Punkte x, y nur einer, dafür aber die die Richtung der magnetischen Axe der Magnetnadel repräsentirende gerade Li-

*) Wie solches zu bewerkstelligen ist, wird ausführlich beim Meßtisch gezeigt werden.

nie ns im Plane gegeben ist. Man zieht durch den Punkt x eine der Linie ns parallele Linie $n's'$, befestigt den Plan auf der Platte des Meßtisches, welchen man im Punkte X so aufstellt, daß die Platte horizontal und der Punkt x vertikal über dem Punkte X liegt, und gibt jetzt der Meßtischplatte durch Drehen eine solche Lage, daß die Linie $n' s'$ in den magnetischen Meridian fällt, und der Nordpunkt n' derselben nach Norden gerichtet ist; endlich verlängert man die in der Vertikalität aufzufindende Linie mo des Planes, bis sie die Linie $n's'$ im Punkte z schneidet, mißt das Stück xz mit dem verjüngten Maasstabe, und verfährt weiter ganz auf dieselbe Weise wie im Vorhergehenden verfahren wurde, um die Punkte M und N in der Vertikalität zu erhalten.

Das Einfachere und zugleich Zweckmäßigere dieser Methode des Orientirens besteht darin, daß in der Vertikalität nur ein Punkt, der Punkt X , der Lage nach bekannt zu sein braucht, und man also wohl nie, was das Orientiren anlangt, in Verlegenheit gerathen kann — weil sich ja in allen Fällen in der Vertikalität ein Punkt auffinden lassen wird, welcher einem Punkte im Plane entspricht — wie es bei der zuerst gegebenen Methode doch leicht geschehen kann, wenn z. B. die Lage irgend eines der Punkte X , Y unbekannt wird, indem die Marke *) auf irgend eine Weise verschwindet; oder die Strecke zwischen den Punkten X und Y mit Bald verwächst, wo dann das Orientiren nach der ersten Methode nur nach vorhergegangenerm Aushauen des Baldes möglich ist.

Die durch den Punkt x gezogene, der gegebenen Linie ns des Planes parallele Linie $n's'$ bringt man mit Hülfe der so ge-

*) z. B. ein Erdhügel, ein in die Erde gerammter Pfahl u. dgl.

nannten Orientirbouffole in die in Rede stehende Richtung des magnetischen Meridians.

Die Orientirbouffole hat sonst ganz dieselbe Einrichtung wie die auf pag. 98 beschriebene Bouffole, nur beträgt der Durchmesser der Grundfläche der cylindrischen Büchse etwa 3 Zoll, die Höhe der Büchse etwa 7 bis 8 Linien, der Abstand des eingetheilten Ringes im Innern der Büchse von der Grundfläche derselben 5 bis 6 Linien, und die Büchse ist, anstatt auf einem messingenen Lineal, mit ihrer Grundfläche am zweckmäßigsten so auf einer quadratförmigen Messingplatte befestigt, daß der durch 0° und 180° der Theilung gehende Durchmesser mit zweien der Seiten des Quadrats vollkommen parallel ist.

Legt man nun die Orientirbouffole mit einer der beiden in Rede stehenden Seiten an die durch den Punkt x gezogene Linie $n's'$ des Planes, nachdem vorher der Meßtisch mit dem auf seiner Meßtischplatte befestigten Plane im Punkte X gehörig, d. h. so wie wir oben auf pag. 140 bemerkt haben, aufgestellt worden ist, und gibt der Meßtischplatte durch allmähliges Drehen eine solche Lage, daß das Nordende der Nadel genau auf den Nullpunkt der Theilung zeigt, so ist dadurch offenbar die Linie $n's'$ in den magnetischen Meridian gebracht worden.

Um nun auch noch die der Linie $n'xs'$ des Planes entsprechende Linie $N'XS'$, wie es erforderlich ist, ihrer Lage nach zu bestimmen, legt man die Kante des Diopterlineals, oder besser der Kippregel, genau an die Linie $n'xs'$ an, und läßt in der Richtung der Wirstrebene einen Absteckestab vertikal einstecken, so ist offenbar durch diesen und den Standpunkt X die verlangte Linie $N'XS'$ ihrer Lage nach gegeben.

Wir wissen aus § 1, pag. 93, daß sich die Richtung der Magnetenadel mit der Zeit ändert. Hieraus aber folgt, daß das

Orientiren nach der so eben beschriebenen Methode nach Verlauf von mehreren Jahren offenbar nur dann möglich ist, wenn die Aenderung in der Richtung der Magnetnadel in Graden und Theilen des Grades bekannt ist, damit man in diesem Falle zuvor die Richtung der Linie *ns* des Planes, also auch der Linie *n's'* corrigiren kann. Die in Rede stehende Aenderung aber wird gefunden, wenn man den Unterschied oder die Summe der magnetischen Declination zur Zeit der Aufnahme des Planes und der Declination zur Zeit, wo das Orientiren geschehen soll, bildet, jenachdem die fraglichen Declinationen beide westlich oder beide östlich sind, oder jenachdem die eine westlich, die andere östlich ist.

Aus dem Gesagten geht nun die Nothwendigkeit hervor auf einem jeden Plane, um das Orientiren nach der letztern Methode jederzeit ausführen zu können, außer die Richtung *ns* der magnetischen Aze der Magnetnadel anzugeben, auch noch die magnetische Declination zur Zeit der Aufnahme des Planes zu vermerken, und bei einem jeden Orientirungsgeschäft zuvor die magnetische Declination zu bestimmen.

§ 5. Bestimmung der Richtung der Mittagslinie und der magnetischen Declination eines Ortes.

Aus § 1, pag. 93, weiß man, daß die magnetische Declination eines Ortes derjenige Winkel ist, welchen der magnetische Meridian mit dem astronomischen, oder welchen das Nordende der Magnetnadel mit der nördlichen Hälfte der Mittagslinie des in Rede stehenden Ortes bildet. Der magnetische Meridian eines

Ortes ist veränderlich, weil die Richtung der Magnetenadel an dem letztern sich ändert; der astronomische Meridian behält dagegen beständig dieselbe Richtung. Daher bestimmt man, wenn es sich um die Größe der magnetischen Declination eines Ortes handelt, zuerst die Richtung seines astronomischen Meridians, oder, was auf eins herauskommt, die Richtung seiner Mittagslinie, und nicht die Richtung des magnetischen Meridians.

Bestimmung der Richtung der Mittagslinie eines Ortes. Es giebt verschiedene Methoden die Richtung der Mittagslinie zu bestimmen, welche jedoch nicht gleiche Genauigkeit gewähren. Ehe wir aber die Methoden angeben, müssen wir zuvor noch Einiges über die Eintheilung der Himmelskugel und der Erdkugel, und über die Bewegung der Gestirne vorausschicken.

Wenn wir uns in eine ebene Gegend oder auf die hohe See begeben, so erscheint uns die Oberfläche der Erdkugel als eine von einem Kreise begrenzte Ebene, als eine große Scheibe, in deren Mittelpunkt wir uns befinden. Der Himmel über uns, an dem wir die Gestirne erblicken, erscheint uns als eine hohle Halbkugelschaale, deren Durchmesser dem der Scheibe gleich ist, und deren Mittelpunkt mit dem der letztern zusammenfällt. Der ganze Himmel würde uns als eine hohle Kugelschaale erscheinen.

Denkt man die in Rede stehende Scheibe bis an das Himmelsgewölbe erweitert, so stellt dieselbe den sogenannten scheinbaren Horizont des Beobachters vor. Die durch den Mittelpunkt der Erdkugel dem scheinbaren Horizonte parallel gedachte Ebene wird der wahre Horizont des Beobachters genannt.

Stellt man sich eine gerade Linie vor, welche auf dem Horizonte eines Beobachters senkrecht steht, und durch den Beobachtungsort geht, so wird dieselbe genugsam verlängert durch den

Mittelpunkt der Erdfugel gehen (weil sie in der Richtung des Halbmessers der Erdfugel liegt, welchen man sich nach dem Beobachtungsorte gezogen denkt, mithin vertikal ist), und die Himmelsfugel in zwei Punkte treffen, von denen der über dem Beobachtungsorte befindliche der Scheitelpunkt, das Zenith, der andere senkrecht unter den Füßen des Beobachters gelegene, der Fußpunkt, das Nadir des Beobachters genannt wird. In Fig. 119 stellt KZK die Himmelsfugel, eze die Erdfugel, HzH den scheinbaren Horizont des Beobachtungsortes z, Z das Zenith, Z' das Nadir und H'cH' den wahren Horizont von z vor.

Durch den wahren Horizont eines Beobachters wird die Himmelsfugel in zwei gleiche Theile getheilt, und zwar hat derjenige Theil in welchem das Zenith liegt den Namen der sichtbaren, der andere den der unsichtbaren Hemisphäre erhalten, weil die Gestirne der letztern dem Beobachter unsichtbar sind. Der scheinbare Horizont sowohl, als auch der wahre ändert offenbar seine Lage, sobald der Beobachter seinen Ort auf der Oberfläche der Erde ändert.

Die größten Kreise der Himmelsfugel, welche man sich durch das Zenith und das Nadir eines Beobachters gelegt denkt, heißen Scheitel- oder Vertikalkreise; ihre Ebene steht auf der des Horizontes senkrecht. In Fig. 120 sind ZM, ZM' z. B. Quadranten zweier Scheitel- oder Vertikalkreise, weil die Ebene HM der wahre Horizont des Beobachtungsortes z ist. Der zwischen dem Punkte P der Himmelsfugel und dem Horizonte HM gelegene Theil des durch P gelegten Vertikalkreises ZM' wird die Höhe des Punktes P genannt; die Ergänzung der Höhe PM' zu 90° , also der Bogen ZP, heißt die Zenithdistanz des Punktes P.

Wenn man die Sterne des Himmels beobachtet, so bemerkt man, daß sie alle sich täglich nach ein und derselben Richtung, und zwar so um die Erde bewegen, als ob sie an der Himmelskugel befestigt wären und letztere sich um eine Aze drehte, die durch den Mittelpunkt C der Erde geht. Entfernter liegt es die Bewegung der Sterne durch die Azen-drehung der Erde in entgegengesetzter Richtung — wie es in der That der Fall ist —, so daß also die Bewegung der Sterne eine nur scheinbare wäre, zu erklären. Die sich durch Annahme einer Drehung der Himmelskugel ergebende Drehungsaxe, welche eine unveränderliche Lage hat, nennt man die Weltaxe, ihre beiden Endpunkte N und S an der Himmelskugel heißen Weltpole, und zwar heißt derjenige von ihnen, welcher dem Zenith Z eines in unsern Gegenden gelegenen Beobachtungsortes näher ist, also der Punkt N, der Nordpol, der andere, S, der Südpol. Die Durchschnittspunkte der Weltaxe mit der Erdoberfläche werden den Weltpolen entsprechend irdische Pole, und zwar n der Nordpol, s der Südpol der Erde genannt. Die gerade Verbindungslinie der Pole n und s heißt die Erdaxe.

Die auf der Weltaxe senkrechte und durch den Mittelpunkt der Erde gehende Ebene schneidet die Himmelskugel und die Erde in einen größten Kreis, in den himmlischen Aequator AQ und in den irdischen Aequator aq. Der himmlische Aequator theilt die Himmelskugel, der irdische Aequator die Erdfugel in die nördliche und südliche Hemisphäre. Die dem himmlischen Aequator parallel gedachten Kreise der Himmelskugel, wie BR, DT, ..., nennt man himmlische Parallel-

kreise; sie haben ihre Mittelpunkte offenbar in der Weltaxe. Die den himmlischen Parallelfreisen entsprechenden Kreise br , dt , der Erde heißen irdische Parallelfreise.

Die durch den Nord- und Südpol der Hemisphäre, also durch die Punkte N und S gedachten größten Kreise NLS , $NL'S$, stehen auf dem Aequator senkrecht, und heißen Declinations- oder Stundenkreise. Ein durch das Zenith, also auch durch das Nadir eines Beobachtungsortes gehender Stundenkreis, welcher sowohl auf dem Aequator, als auch auf dem Horizont des in Rede stehenden Beobachtungsortes senkrecht steht, wird der Meridian oder Mittagskreis des letztern genannt. Der Meridian $NZMH$ wird mit dem Beobachtungsorte ein anderer, also ändert auch die im Meridian und Horizont $HOMW$ zugleich liegende Mittagslinie HCM ihre Richtung. Der Endpunkt H der Mittagslinie, welcher dem Nordpole N näher liegt, heißt Nordpunkt oder Mitternacht, der andere, M , Südpunkt oder Mittag. Die Durchschnittspunkte O und W des Aequators und des Horizonts eines Ortes werden Ost oder Morgen und West oder Abend genannt und durch O und W bezeichnet. Ost liegt dem mit dem Gesicht nach Norden gewendeten Beobachter rechts. Die Verbindungslinie der Punkte O und W des Horizonts steht auf der Mittagslinie senkrecht, daher sind die zwischen den Punkten H , O , M , W gelegenen Bogenstücke des Horizonts einander gleich und betragen 90° .

Den zwischen dem Nordpol N und dem Horizonte $HOMW$ enthaltenen Bogen HN des Meridians $NZMH$ nennt man die Polhöhe des Ortes z . Die Polhöhe eines Ortes ist immer gleich der geographischen Breite desselben, d. h. gleich dem Abstände des gedachten Ortes vom Aequator der Erde; für den Ort z ist also

der dem Bogen HN zugehörige Winkel gleich dem Winkel, dessen Bogen qz ist.

Horizont, Meridian und Aequator dienen dazu, um die Lage der Gestirne am Himmel zu jeder Zeit bestimmen zu können.

Wir haben im Vorhergehenden erwähnt, daß die Sterne des Himmels sich alle täglich nach derselben Richtung und zwar so um die Erde bewegen, als ob die Himmelskugel sich um eine feste Axe drehte, die durch den Mittelpunkt C der Erde geht, und können noch hinzufügen, daß die Sterne in gleichförmiger Bewegung von Ost nach West an unserem Auge vorüberziehen, und zwar in Kreisen, deren Ebenen mit den Parallellkreisen der Himmelskugel zusammenfallen, um stets am folgenden Tage wieder denselben Ort am Himmel einzunehmen, und von neuem dieselbe Bahn zu beginnen.

Die Drehung der Himmelskugel um die Weltaxe ist nur eine scheinbare, wofür es viele Beweise gibt; — die Erde ist es, die sich von West nach Ost um ihre Axe dreht, daher scheint es uns, als bewegten sich die Sterne von Ost nach West. Die Mehrzahl der Gestirne hat eine durchaus feste, unveränderliche Lage an der Himmelskugel, man nennt sie daher Fixsterne; nur wenige besitzen außer der ihnen durch die Umdrehung der Erde um ihre Axe ertheilten scheinbaren Bewegung noch eine eigene, welches man daraus entnimmt, daß sie mit verschiedener Geschwindigkeit von einem Fixsterne zum andern wandern. Diese wandernden Gestirne nennt man Planeten. Der Merkur, die Venus, die Erde, der Mond und einige andere sind Planeten. Die tägliche Bahn eines Planeten fällt nicht, wie es bei den Fixsternen der Fall ist, genau mit einem Paral-

lebkreise der Himmelskugel zusammen; auch ist die Bewegung keine gleichförmige.

Alle Gestirne erreichen bei ihrer Bewegung ihre größte Höhe über dem Horizonte irgend eines Ortes im Meridiane des letztern. Alle Sterne, die für einen bestimmten Horizont weder auf- noch untergehen, sondern deren Bahnen ganz über dem Horizont liegen, erreichen im entsprechenden Meridiane sowohl ihren höchsten, als niedrigsten Stand (Jeder Stern ist, je nach der Lage des Horizontes, bald ein auf- und untergehender, bald ein fortwährend über dem Horizonte freisender, bald ein beständig unterhalb des Horizontes sich bewegendes), und werden also, während ihrer Umlaufszeit, im Meridian zweimal gesehen; — man nennt solche Sterne *Circumpolarsterne*.

Wenn ein Gestirn, mag es ein Fixstern oder Planet sein, bei seiner scheinbaren Bewegung sich gerade im Meridian befindet, so sagt man „*er culminirt*“; es gibt demnach für jedes Gestirn eine obere und untere Culmination; für auf- und untergehende Gestirne ist die untere Culmination unsichtbar.

Gleiche Zeit vor und nach der Culmination irgend eines Fixsternes sind die Höhen, in welchen sich der letztere über einem bestimmten Horizonte befindet, einander gleich; die einander gleichen Höhen heißen *correspondirende Höhen*. Gleiche Zeit vor und nach der Culmination eines Planeten hat der letztere nicht genau gleiche Höhe.

Ein großer Theil der Erscheinungen am Himmel ist von der Lage des Horizonts gegen die Weltaxe abhängig. Versetzen wir uns in Gedanken nach einem der Pole der Erdfugel hin, so steht unser Horizont offenbar auf der Erd- also auch auf der Weltaxe senkrecht, und unser Zenith fällt mit dem entsprechenden Weltpole zusammen. Die Fixsterne bewegen sich scheinbar Jahr

ein Jahr aus in Kreisen, welche mit dem Horizonte parallel sind, und die nach unserem Zenith oder dem Weltpole hin immer kleiner und kleiner werden. Am Pole findet kein Auf- und Untergehen der Fixsterne Statt. Die Sonne geht das eine halbe Jahr hindurch weder auf noch unter, während des andern halben Jahres ist sie ganz unsichtbar.

Denken wir uns an irgend einem Orte des Aequators der Erde, so ist unser Horizont der Erd- oder Weltaxe parallel; das Zenith liegt im himmlischen Aequator; die Weltpole, also auch die Pole der Erde befinden sich im Horizonte. Alle Gestirne ohne Ausnahme steigen auf der einen Seite über dem Horizonte senkrecht herauf, und auf der andern Seite wieder senkrecht unter den Horizont hinunter; die eine Hälfte einer jeden der beschriebenen Bahnen fällt über, die andere unter den Horizont.

Gehen wir endlich vom Aequator nach einem der Pole der Erde zu, so erhebt sich der entsprechende Pol aus dem Horizonte in dem Maasse, als wir uns dem Pole nähern, es wächst, mit andern Worten, die Polhöhe mit der geographischen Breite des Beobachtungsortes. Die Gestirne beschreiben Bahnen, welche mit dem Horizonte des jedesmaligen Beobachtungsortes einen um so kleinern Winkel bilden, je entfernter der Beobachtungsort vom Aequator liegt. Die Zahl der Fixsterne, welche weder auf noch untergehen, nimmt zu, bis wir endlich, im Pole angelangt, die vorhin erwähnten Erscheinungen eines Polarbewohners haben.

Wir kommen jetzt zu der Beschreibung der Methoden, welche am gebräuchlichsten sind, um die Richtung der Mittagslinie eines Ortes zu bestimmen.

Erste Methode. Man setzt auf eine horizontale feststehende Ebene, welche Vor- und Nachmittag von der Sonne beschienen wird, einen geraden Ke gel von Messing, oder

Holz, dessen Basis ein Kreis ist; beschreibt, indem man längs der Grundfläche des Kegels mit einem Bleistift herumfährt, einen Kreis von dem Durchmesser der in Rede stehenden Grundfläche; hebt den Keel von der Ebene ab; bestimmt den Mittelpunkt des beschriebenen Kreises; beschreibt aus demselben mit einem Zirkel mehrere concentrische Kreise, deren Radius größer ist, als der der Grundfläche des Kegels, und setzt den Iegtern wieder auf die Ebene so auf, daß die Peripherie seiner Grundfläche mit der Peripherie des zuerst um seine Grundfläche beschriebenen Kreises zusammenfällt. Hierauf gibt man genau darauf Acht, wann die äußerste Spitze des Kegelschattens in einen Punkt der Peripherie eines der gezogenen concentrischen Kreise fällt, und bezeichnet den Punkt der Peripherie. Zu einem jeden Vormittags auf diese Weise erhaltenen Punkte wird man einen correspondirenden d. h. in derselben Peripherie befindlichen Punkt am Nachmittage sich merken können. Die Halbierungspunkte der zwischen den correspondirenden Punkten enthaltenen Bogen und der Mittelpunkt der concentrischen Kreise bestimmen eine gerade Linie, welche mit der Mittagslinie des Beobachtungsortes zusammenfällt.

In Fig. 121 sei C der Mittelpunkt der concentrischen Kreise; die durch die äußerste Spitze des Kegelschattens erhaltenen correspondirenden Punkte seien A und A', B und B', D und D', so hat man die Halbierungspunkte E, F, G der Bogen AA', BB' und DD' zu finden, und diese dann mit dem Mittelpunkt durch die gerade Linie EFGC zu verbinden, um die mit der Mittagslinie zusammenfallende Linie graphisch zu erhalten.

Bei der so eben entwickelten Methode, welche sich auf die Wahrheit stützt, daß ein sich gleichmäßig bewegendes Himmelskörper, in gleicher Höhe am Vor- und Nachmittage, auch gleichen Abstand vom Meridian hat, und

auch gleiche Schattenlängen gibt, sind nachträglich folgende Bemerkungen zu machen: 1) Die Höhe des Kegels oder auch der Radius der concentrischen Kreise muß so lang sein, daß die äußerste Spitze des Schattens die Peripherie der Kreise zu erreichen vermag; auch ist es anzurathen, die Beobachtungen nicht um die Mittagszeit zu machen, weil dann die Sonnenhöhe sich nur um ein sehr Geringes ändert. 2) Wegen der nicht ganz gleichförmigen Bewegung der Sonne entsprechen gleichen Höhen am Vor- und Nachmittage nicht genau gleiche Abstände vom Meridian, daher hat auch die die Richtung der Mittagslinie angegebende Linie EFGC keine vollkommen genaue Lage. Ueberhaupt gewährt die beschriebene Methode, wenn man noch bedenkt, daß wegen des Halbschattens der Punkt, wo das Schattenende die Kreisperipherie trifft, sich nie genau angeben läßt, eine im Ganzen nur geringe Genauigkeit. 3) Die Bestimmung der Richtung der Mittagslinie geschieht am vortheilhaftesten um die Zeit der Sommer-sonnenwende, d. h. um die Zeit im Sommer, wo die Sonne sich in einem derjenigen beiden Punkte befindet, welcher am weitesten vom Aequator absteht, d. i. also um die Zeit des 21. Junius, weil die Sonne dann, gleich wie die Fixsterne, sich fast gleichförmig bewegt, d. h. sehr nahe zu in gleichen Zeiten gleiche Bogen beschreibt, und daher also auch die erhaltene Verbindungslinie EFGC von der Richtung der richtigen Mittagslinie (diese bestimmt man aus den Beobachtungen correspondirender Fixsternhöhen) um ein Geringeres abweicht, als es bei jeder andern Verbindungslinie der Fall sein würde, welche sich aus den zu irgend einer andern Zeit gemachten Beobachtungen ergeben würde. Am ungünstigsten für die Bestimmung der Richtung der Mittagslinie ist die Zeit der Tag- und Nachtgleichen d. h. wo die Sonne sich im Aequator befindet, und die eigene Bewe-

gung der Sonne am größten ist. 4) Die Verbindungslinie der einzelnen Halbierungspunkte E, F, G der Kreisbogen mit dem Mittelpunkt C sollten eigentlich ein und dieselbe Linie geben, und somit also auch zur Bestimmung der Richtung der Mittagslinie schon zwei correspondirende Punkte A und A' genügen; da aber kleine Fehler, was die Lage der correspondirenden Punkte A und A' , B und B' , D und D' , also auch der Halbierungspunkte E, F, G anlangt, unvermeidlich sind, so liegen die letztern Punkte nicht in einer und derselben durch den Mittelpunkt C der concentrischen Kreise gehenden geraden Linie, und man erhält anstatt einer Linie $EFGC$ drei gerade Linien EC, FC, GC ; — zwischen den drei geraden Linien nimmt man nun die mittlere Richtung*), und erhält in dieser die verlangte Richtung der Mittagslinie.

Vor dieser ersten Methode verdient jedenfalls die folgende den Vorzug.

Zweite Methode. Man stellt die Bouffole an einem hochgelegenen Orte, dessen Horizont möglichst ausgedehnt und nicht von Bergen oder Waldungen begrenzt ist, horizontal auf, richtet die optische Aze des Fernrohrs auf den Mittelpunkt oder etwa auf den obern Rand der aufgehenden Sonne in dem Augenblicke, wo der untere Rand eben den Horizont berührt, und macht am Nordende der Magnetnadel der Bouffole die Ablefung v . Am Abend desselben Tages richtet man die optische Aze auf

*) Zwischen zwei Linien CE, CF , Fig. 122, ist die mittlere Richtung die Halbierungslinie CG des Winkels ECF . Zwischen drei Linien CE, CG, CI , Fig. 123, findet man die mittlere Richtung, wenn man zuerst die Halbierungslinie CF des Winkels ECG und hierauf die des Winkels FCI sucht, die letztere, nämlich CH , ist die verlangte mittlere Richtung.

den Mittelpunkt oder den obern Rand der untergehenden Sonne in dem Augenblicke, wo der untere Rand den Horizont berührt, und macht abermals am Nordende der Nadel die Ablesung v' . Gibt man jetzt dem Fernrohr der Bouffole eine solche Richtung, daß man am Nordende der Magnetnadel die Ablesung $\frac{(v + v') - 360^\circ}{2}$ macht, so fällt offenbar die optische Axe mit der Halbierungslinie CN' des Winkels, Fig. 124, zusammen, welchen die vom Beobachtungsorte aus auf die auf- und untergehende Sonne gerichteten Visirlinien CV und CV' mit einander bilden, und liegt mithin in der Richtung der Mittagslinie. Läßt man in der Richtung der optischen Axe Absteckestäbe ausstecken, so ist die Richtung der Mittagslinie ein für alle Mal fixirt. Diese Methode läßt sich aber, wie man einseht, nur dann in Ausführung bringen, wenn die Sonne im Augenblicke ihres Aufganges sowohl, als bei ihrem Untergange nicht von Wolken verhüllt ist.

Dritte Methode. Sie ist die genaueste, indem hier nicht die Sonne zur Bestimmung der Richtung der Mittagslinie, sondern Fixsterne gewählt werden, und folglich der Meridian und die in ihr liegende Mittagslinie, nicht wie bei der Sonne nahe zu, sondern genau in der Mitte zwischen den beiden Orten liegt, welche der Stern Vor- und Nachmittag bei gleicher Höhe einnimmt. Die in Rede stehende Methode, welche noch in der Beziehung den andern vorzuziehen ist, daß sie zu jeder Zeit ausführbar ist, kann aber erst gegeben werden, nachdem die Einrichtung des Theodolits beschrieben worden ist, was im nächsten Kapitel geschehen soll.

Bestimmung der magnetischen Declination.
Wenn man nach der ersten Methode auf einer festen, horizonta-

len Ebene die Richtung der Mittagslinie gezogen hat, und das Nordende derselben durch N' , das Südende durch S' bezeichnet hat, setzt man auf die feste Ebene die Orientirbouffsole so auf, daß die eine derjenigen beiden Kanten ihrer quadratförmigen Messingplatte, welche dem durch die Punkte 0 und 180° der Theilung gehenden Durchmesser parallel sind, so genau als möglich mit der Richtung der Mittagslinie zusammenfällt, und dabei, wie Fig. 125 zeigt, der Nullpunkt der Theilung zunächst dem Nordende der Mittagslinie zu liegen kommt. Weicht nun die Magnetnadel der Orientirbouffsole mit ihrem Nordende nach West von dem durch die Punkte 0° und 180° gehenden Durchmesser ab, so ist die Declination westlich, und die am Nordende der Magnetnadel gemachte, und, falls es nöthig sein sollte, zuvor corrigirte Ablesung gibt geradezu die Größe der fraglichen Declination in Graden; weicht aber das Nordende der Magnetnadel nach Ost ab, so ist die Declination östlich und ihrer Größe nach durch den Unterschied von 360° und der am Nordende der Magnetnadel gemachten Ablesung gegeben.

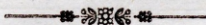
Die auf diese Weise gefundene magnetische Declination ist gewöhnlich mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 1^\circ$ behaftet.

Nach der zweiten Methode mußte, um die Richtung der Mittagslinie eines Ortes zu erhalten, der optischen Aze des Fernrohrs der Bouffsole eine solche Richtung gegeben werden, daß man am Nordende der Magnetnadel die Ablesung $\frac{1}{2} [(\nu + \nu') - 360^\circ]$ macht. Dieser Ausdruck gibt nun auch zugleich die magnetische Declination des Beobachtungsortes, und zwar ist dieselbe westlich, wenn der Ausdruck etwas Positives, östlich, wenn derselbe etwas Negatives gibt. Es sei z. B. $\nu = 31^\circ$, $\nu' = 345^\circ$, so ist die De-

clination westlich, und zwar beträgt sie 8° , denn $\frac{1}{2} (345^\circ + 31^\circ - 360^\circ)$ ist $= + 8^\circ$; ist aber $\nu = 16^\circ$, $\nu' = 322^\circ$, so ist die Declination östlich und beträgt 11° , denn $\frac{1}{2} (322^\circ + 16^\circ - 360^\circ)$ ist $= - 11^\circ$.

Selbst im ungünstigsten Falle, d. h. zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen, beträgt der Fehler der auf diese Weise erhaltenen magnetischen Declination kaum $\frac{1}{4}^\circ$.

Schließlich muß in Bezug auf den Fall, wo die Formel $\frac{1}{2} (\nu + \nu') - 360^\circ$ eine negative Zahl $-\zeta$ gibt, bemerkt werden, daß man dem Fernrohre der Boussole eine solche Lage zu geben hat, daß das Nordende der Magnetnadel der Boussole auf die Zahl $(360^\circ - \zeta)$ des Limbus zeigt, also, wenn z. B. wie oben $-\zeta = -11^\circ$ ist, auf die Zahl $(360^\circ - 11^\circ)$ d. i. auf 349° , damit die optische Aze des Fernrohrs in die Richtung des wahren Meridians zu liegen kommt; man sieht nämlich leicht ein, daß das Vorzeichen minus ($-$) vor der Zahl ζ nur so gedeutet werden kann, daß die Büchse der Boussole eine solche Lage erhalten muß, daß das Nordende der Magnetnadel von der optischen Aze des Fernrohrs, also auch von dem durch 0° und 180° gehenden Durchmesser des Limbus der Boussole nicht um ζ° nach West, sondern um ζ° nach Ost liegt, also nicht auf die Zahl 11, sondern auf die Zahl 349 zeigt.



Berichtigungen und Druckfehler in Lief. 2 und 3.

- Seite 60 Zeile 7 von unten setze hinter „ist“ „**AB** =“.
- „ 75 „ 6 und 7 ist der eingeschaltete Satz „wie z. B. das Ufer eines Sees oder eines Teiches“ wegzulassen, und auf derselben Seite Zeile 11 von unten hinter „Waldes“ der Satz „eines Sees oder eines Teiches“ hinzuzufügen.
- „ 76 „ 14 von oben lies: „Dreiecke“ statt „Vielecke“.
- „ 82 „ 6 von oben füge hinter „derselben“ die Worte „d. h. ihrer horizontalen Projektion“ hinzu.
- „ 83 „ 7 von unten ist hinter der Formel ein Komma (,) zu setzen.
- „ 85 „ 12 von oben ist hinter „hat“ einzuschalten „oder besser durchbrochen ist“.
- „ 85 „ 15 von oben ist hinter „hindurch“ zu setzen „oder durch den durchbrochenen Theil des Spiegels“.
- „ 85 „ 5 von unten ist hinter „unbelegten“ zu setzen „oder durchbrochenen“
- „ 93 „ 1 von oben ist hinter „mit“ hinzuzufügen „dem Nordende“.
- „ 93 „ 7 von oben ist hinter „liegt“ hinzuzufügen „wenn man nach Norden sieht“.
- „ 96 „ 14 von oben ist hinter „Magnetbündels“ zu setzen: **m**’.
- „ 117 „ 4 von oben füge vor „nur“ hinzu „aber“.
- „ 129 „ 4 von unten ist hinter „ähnlichen“ hinzuzufügen „und ähnlich liegenden“.
- „ 129 „ 5 von unten ist hinter „nun“ hinzuzufügen „über der Verjüngung von **MO** d. h. über **mo**“.



