

lungsfehler in Betracht kommt — derselbe Zweck erreicht, als durch eine Messung, wenn der Kreis mit 2 k Mikroskopen versehen wäre. Sollen also z. B. im Ganzen 6 Messungen gemacht werden, so wird man nach jeder Messung den Kreis um 30° , bei 10 Messungen um 18° drehen, u. s. w. Da hiebei die Ablesungen stets auf andere Stellen des Kreises fallen, so wird auch der Einfluss der zufälligen Beobachtungsfehler auf das Mittel aller Beobachtungen um so kleiner werden, je grösser die Anzahl der Beobachtungen ist.

Eine Bestimmung der absoluten Theilungsfehler der einzelnen Striche kann dadurch ausgeführt werden, dass man mit Hilfe zweier Mikroskope, deren Abstand beliebig verändert werden kann, einzelne Bögen der Kreis-theilung mit einander vergleicht und hiebei, mit den beiden halben Peripherien beginnend, durch successive Halbierung zu immer kleineren Bögen herabsteigt. Eine solche Untersuchung wird jedoch nur bei grossen Instrumenten mit Vortheil vorgenommen. Handelt es sich blos um die Kenntniss des mittleren oder wahrscheinlichen Werthes der Theilungsfehler, welche für ein gegebenes Instrument immerhin von Interesse ist, so gelangt man hiezu leicht durch die in §. 112 dargestellte Untersuchung behufs Bestimmung des Mikrometer-Werthes der Ablese-Mikroskope. In dem dort angeführten Beispiele ergab sich aus der Abmessung von 27 Intervallen als Mittel: 5 Minuten = $5^R - 0^p.34$. Vergleicht man dieses Mittel mit den Abmessungen der einzelnen Intervalle, so findet man die Fehler δ derselben, nämlich: $-0''.16$, $+0''.44$, $-0''.46$, u. s. w. Auf diese Weise ergab sich aus sämmtlichen abgemessenen 108 Intervallen: $[\delta\delta] = 59''.48$, voraus der wahrscheinliche Fehler eines Intervalles:

$$= 0.6745 \sqrt{\frac{59.48}{107}} = \pm 0''.503,$$

und hieraus durch Division mit $\sqrt{2}$ der wahrscheinliche Fehler eines Theilstriches: $\alpha = \pm 0''.356$ folgt. Dieser Werth enthält übrigens noch den zufälligen Beobachtungsfehler bei der Einstellung des Mikrometerfadens auf den Theilstrich; ist dieser $= \mu$ und ε der reine Theilungsfehler, so wird $\alpha^2 = \varepsilon^2 + \mu^2$. Aus wiederholten Einstellungen fand sich der wahrscheinliche Fehler einer Einstellung $= 0''.25$, und da immer aus drei Einstellungen das Mittel genommen wurde, so ist $\mu = \frac{0.25}{\sqrt{3}} = 0''.144$ zu setzen; hiemit erhält man den wahrscheinlichen Fehler eines Striches: $\varepsilon = \pm 0''.325$.

Das Azimuthal- und Höhen-Instrument.

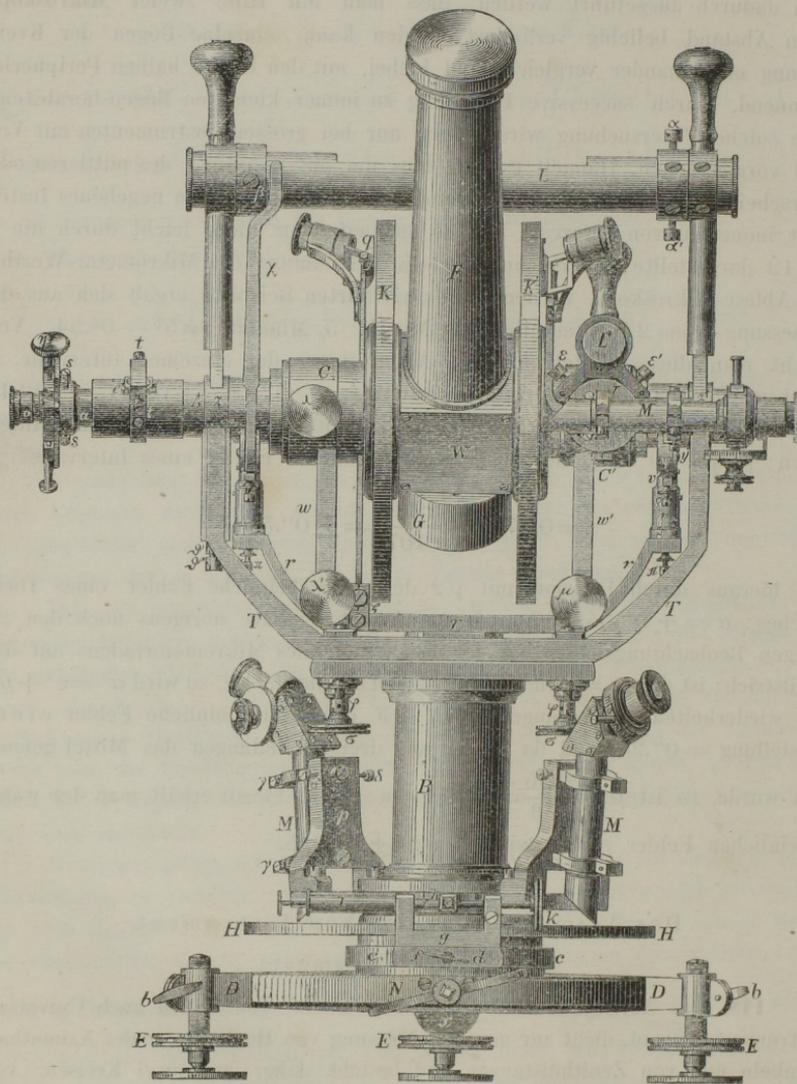
(Universal-Instrument.)

118. Das Azimuthal- und Höhen-Instrument, gewöhnlich auch Universal-Instrument genannt, dient zur genauen Messung von Horizontal- oder Azimuthal-Winkeln und von Zenithdistanzen und besteht daher aus zwei Kreisen, von

welchen der eine (der Horizontal- oder Azimuthal-Kreis) horizontal gestellt wird, der andere (der Vertical-Kreis) auf ersterem senkrecht steht und um eine durch den Mittelpunkt desselben gehende Axe gedreht und hiedurch in die Ebene eines beliebigen Vertical-Kreises gebracht werden kann.

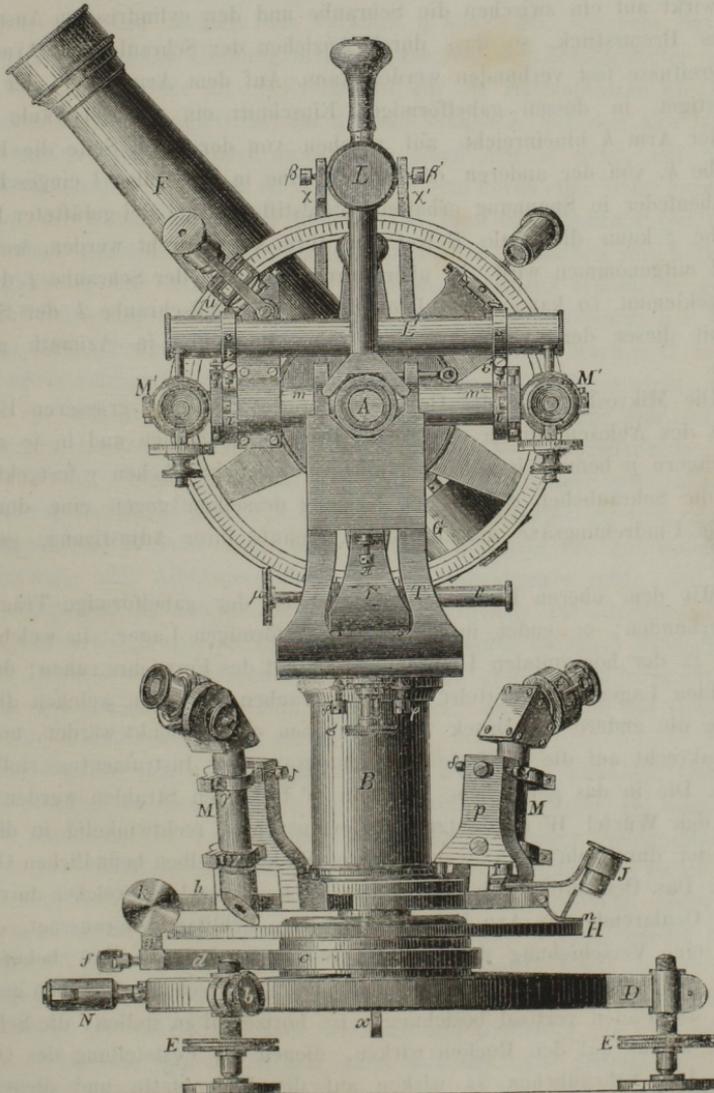
Zur Erläuterung der wesentlichen Einrichtung eines solchen Instrumentes mag das in den Fig. 51 und 52 dargestellte Universal-Instrument von Starke & Kammerer dienen.

Fig. 51.



Der Dreifuss *DD*, dessen drei Füße durch Ringsegmente miteinander verbunden sind, ruht auf drei Fußsschrauben *E*, welche zur Horizontalstellung des Instrumentes dienen und mittelst der Klemmschrauben *b* festgestellt werden können. Aus der Mitte des Dreifusses erhebt sich eine verticale Axe, um welche die Säule *B* gedreht werden kann. Diese trägt an ihrem unteren Ende die beiden Ablese-Mikroskope *MM* des Horizontalkreises *HH*, dessen Ebene

Fig. 52.



senkrecht steht auf der verticalen Umdrehungsaxe, und welcher mit dem Dreifusse in der Art verbunden ist, dass derselbe, zwischen zwei Flanschringen durch starke Reibung gehalten, mit freier Hand centrisch in Bezug auf die Drehungsaxe gedreht werden kann, um bei wiederholten Einstellungen des Fernrohrs in eine bestimmte Richtung die Ablesungen, behufs Elimination der Theilungsfehler, an verschiedenen Puncten des Kreises zu erhalten. c ist ein Bremsring, welcher um einen cylindrischen Ansatz am Dreifusse gelegt und mit einem Arme d versehen ist, durch welchen die Klemmschraube f geht; diese wirkt auf ein zwischen die Schraube und den cylindrischen Ansatz eingelegtes Bremsstück, so dass durch Anziehen der Schraube der Arm d mit dem Dreifusse fest verbunden werden kann. Auf dem Arme d ist der Ansatz g befestiget, in dessen gabelförmigen Einschnitt ein von der Säule B ausgehender Arm h hineinreicht, auf welchen von der einen Seite die Einstellschraube k , von der anderen der, durch eine in die Hülse l eingeschlossene Schraubenfeder in Spannung erhaltene Stahlstift i wirkt. Bei gelüfteter Klemmschraube f kann die Säule B frei um ihre Axe gedreht werden, wobei der Arm d mitgenommen wird; ist aber durch Anziehen der Schraube f der Arm d festgeklemmt, so kann durch Drehung der Einstellschraube k der Säule B und mit dieser dem Fernrohre eine feine Bewegung in Azimuth gegeben werden.

Die Mikroskope M des Horizontal-Kreises sind zur grösseren Bequemlichkeit des Ablesens durch eingesetzte Prismen gebrochen und in je zwei an den Trägern p befindlichen Ringen mittelst der Schräubchen γ festgeklemmt; durch die Schräubchen δ kann die Neigung derselben gegen eine durch die verticale Umdrehungsaxe gelegte Ebene, behufs ihrer Adjustirung, geändert werden.

Mit dem oberen Ende der Säule B ist der gabelförmige Träger TT fest verbunden; er endet in die beiden V-förmigen Lager, in welchen die Zapfen $z z$ der horizontalen Umdrehungsaxe AA des Fernrohrs ruhen; das eine der beiden Lager kann mittelst zweier Schrauben $g g'$, von welchen die eine auf Zug die andere auf Druck wirkt, gehoben oder gesenkt werden, um diese Axe senkrecht auf die verticale Umdrehungsaxe des Instrumentes stellen zu können. Die in das gebrochene Fernrohr F tretenden Strahlen werden durch ein in den Würfel W eingesetztes Reflexionsprisma rechtwinkelig in die eine Hälfte der durchbohrten Axe zu dem am Ende derselben befindlichen Oculare geleitet. Das Ocularrohr a ist mit einem Rücken versehen, welcher durch eine in dem Ocularende der Axe befindliche weitere Schlitze e herausragt, so dass sowohl eine Verschiebung des Ocularrohres a parallel zur Axe behufs Einstellung der Fäden in die Bildebene, als auch eine Drehung desselben gestattet ist, um die Fäden vertical beziehungsweise horizontal zu stellen; die Schräubchen tt , welche auf den Rücken wirken, dienen zur Feststellung des Ocularrohres. Die Schräubchen ss wirken auf die Fadenplatte und dienen zur

Correction des Collimationsfehlers. Das Ocular o ist auf eine besondere Platte aufgeschraubt, welche, zwischen zwei Führungsleisten verschiebbar, mittelst der Schraube η bewegt werden kann, um das Ocular über jeden einzelnen Faden stellen zu können, was wenigstens bei schärferen Ocularen nothwendig ist, um ein möglichst deutliches Bild zu erhalten. Das Gewicht des Objectivrohres F wird durch das Gegengewicht G balancirt.

Die Horizontalaxe AA trägt die beiden Kreise K und K' , von welchen der eine K als Aufsuchkreis dient und nur mit einer gröbereren Theilung versehen ist; sie wird mittelst des Verniers q abgelesen, welchem durch die Schraube ζ eine kleine Drehung behufs Correction des Zenithpunctes ertheilt werden kann. Auf Seite dieses Kreises ist auf die Horizontalaxe die Büchse C aufgesteckt, welche mittelst der Druckschraube λ mit der Axe fest verbunden werden kann und nach abwärts in einen Arm w endet, auf welchen die Einstellschraube λ' wirkt, an welche der Arm durch eine Feder angedrückt wird. Ist die Klemmschraube λ gelüftet, so kann das Fernrohr frei um die Horizontalaxe gedreht, bei angezogener Schraube λ demselben durch Drehung der Schraube λ' eine feine Bewegung in verticaler Ebene ertheilt werden.

Auf Seite des Kreises K' , welcher zur genauen Messung der Zenithdistanzen dient, befindet sich an der Axe eine ähnliche Büchse C' mit dem nach abwärts reichenden Arme w' , auf welchen die Schraube μ wirkt, mittelst welcher der mit der Büchse C' verbundene Mikroskopträger mm' senkrecht zur verticalen Umdrehungsaxe gestellt werden kann. Die Verbindung der Mikroskope MM' des Verticalkreises K' mit dem Mikroskopträger mm' ist in ähnlicher Weise bewerkstelliget wie bei jenen des Azimuthal-Kreises. An dem Mikroskopträger befinden sich zwei cylindrische Ringe $\tau\tau$, auf welchen die Versicherungs- oder Alhidaden-Libelle L' des Höhenkreises ruht; die an den Füßen derselben sichtbaren Schraubchen $\varepsilon\varepsilon'$ dienen zur Rectification der Libelle. Der Kreis K' ist, so wie der Horizontalkreis, zwischen Flanschringen drehbar. Beide Kreise sind von 5 zu 5 Minuten getheilt und jeder mit einem Index u , beziehungsweise n (Fig. 52) versehen, an welchem die Grade und Fünfer der Minuten abgelesen werden.

Um die Axe AA sammt dem Fernrohre leicht, und ohne den Untertheil des Instrumentes zu erschüttern oder zu verstellen, umlegen zu können, so dass die Zapfen zz die Lager vertauschen, dient ein eigener Umlege-Mechanismus. Die vom Dreifuss sich erhebende verticale Umdrehungsaxe ist zu diesem Zwecke durchbohrt, um einen cylindrischen Stab aufzunehmen, welcher mit seinem unteren Ende auf einer excentrischen Scheibe x ruht, welche mittelst des Griffes N gedreht werden kann. Mit seinem oberen Ende ist der Träger rr verbunden, dessen beide mit je zwei Frictionsrollen versehene Arme die Horizontalaxe untergreifen. Durch Drehung des Griffes N um 90° wird die Axe aus ihren Lagern gehoben und kann nun um 180° gedreht und wieder in die Lager gesenkt werden. Die an jedem Träger befindlichen zwei Frictions-

rollen sind an den Enden eines kurzen um den Stift y (Fig. 51) drehbaren Armes ψ angebracht, welchem durch zwei Stellschrauben q ein kleines Spiel gestattet ist. v und v' sind zwei ineinander gesteckte kurze Röhren, in welche eine starke Schraubenfeder eingeschlossen ist, welche die den Arm ψ tragende Hülse nach aufwärts drückt und die Rollen in Berührung mit der Axe erhält; der Druck der Schraubenfedern ist so bemessen, dass durch denselben der grösste Theil des Gewichtes der Horizontalaxe und der damit verbundenen Theile aufgehoben wird, so dass dieselbe, behufs Schonung der Zapfen, nur mit einem geringen Uebergewicht in den Lagern ruht. Die Schrauben π gestatten eine Regulirung, dass der Träger die Axe gleichförmig auf beiden Seiten hebt.

Bei den meisten Instrumenten dieser Art haben die Schrauben λ' , μ und ζ ihre Stützpunkte an dem Hauptträger TT und es muss vor Umlegung der Axe die Verbindung gelöst, und dann wieder hergestellt werden. Bei dem hier beschriebenen Instrumente befinden sich diese Stützpunkte an dem Träger rr der Umlege-Vorrichtung, wodurch der Vortheil erzielt ist, die Umlegung bewerkstelligen zu können, ohne diese Verbindung zu lösen. Diese Construction erfordert jedoch, namentlich mit Rücksicht auf die Schraube μ , welche auf den Mikroskopträger wirkt, dass der Träger rr in eine feste Verbindung mit dem Hauptträger TT gebracht werden könne. Zu diesem Zwecke befinden sich in letzterem vier Schrauben q , welche so gestellt werden, dass die Unterplatte des Trägers rr sich gleichmässig auf dieselben aufsetzt; mittelst zweier starker Schrauben σ mit doppeltem Gewinde und ränderirtem Kopfe, welche durch den Hauptträger frei hindurchgehen und ihre Mutter im Träger rr haben, kann letzterer auf die erwähnten vier Schrauben fest angezogen werden.

Die Libelle L wird auf die Zapfen der Horizontalaxe aufgesetzt und dient zunächst zur Verticalstellung der verticalen Umdrehungsaxe des Instrumentes. Sie wird zwischen zwei Armen x gehalten, welche von dem einen Arme der Umlege-Vorrichtung aufsteigen. Um die Messingfassungen beider Libellen sind Glasrohre (in der Fig. weggelassen) gelegt, um sie gegen den Einfluss rascher Temperatur-Änderungen von Aussen möglichst zu schützen.

Das Fadenkreuz besteht in seiner einfachsten Form aus einem horizontalen und einem verticalen Faden, welche sich in der Mitte des Gesichtsfeldes senkrecht schneiden; weil aber feine Objecte durch den Faden gedeckt werden, so ist es für die meisten Zwecke vortheilhafter, statt der einfachen Fäden je zwei parallele Fäden in geringem Abstände (von etwa $15''$ bis $20''$) anzubringen, wobei das zu beobachtende Object nach dem Augenmasse in die Mitte gestellt wird, was auf etwa $\frac{1}{6}$ des Abstandes der beiden Fäden sicher bewirkt werden kann. Meistens werden zu beiden Seiten des Verticalfadens parallel zu diesem und in gleichen Abständen noch zwei oder drei Seitenfäden eingezogen, um das Instrument auch als Passage-Instrument gebrauchen

zu können. Im folgenden kommt nur der mittlere Verticalfaden, welcher kurz der Mittelfaden genannt wird, in Betracht.

119. Betrachten wir zunächst den Gebrauch des Instrumentes zur Messung von Horizontal- oder Azimuthal-Winkeln, so wird hiezu offenbar erfordert, dass die Ebene des Azimuthalkreises horizontal sei und die von dem Mittelfaden gebildete Absehenlinie des Fernrohrs bei der Drehung desselben um die Horizontalaxe eine verticale Ebene beschreibe. Setzen wir vorläufig voraus, dass die Ebene des Azimuthalkreises auf der verticalen Umdrehungsaxe des Instrumentes senkrecht ist, so wird ersterer horizontal sein, wenn letztere vertical steht; die Absehenlinie des Fernrohrs wird aber eine verticale Ebene beschreiben, wenn sie senkrecht auf der Horizontalaxe, und diese horizontal ist. Diese Bedingungen lassen sich kurz dahin zusammenfassen, dass:

- a) die Absehenlinie senkrecht auf der Horizontalaxe,
- b) die Horizontalaxe senkrecht auf der verticalen Umdrehungsaxe,
- c) die verticale Umdrehungsaxe vertical stehen muss.

Die letztere Bedingung muss jedesmal bei Anwendung des Instrumentes erfüllt werden und ist daher kein Gegenstand der Rectification.

Man wird zunächst die beiden Umdrehungsaxen aufeinander senkrecht stellen, was mit Hilfe der auf die Horizontalaxe aufzusetzenden Libelle bewerkstelliget wird. Wir setzen hiebei voraus, dass diese Libelle nach §§. 100 und 105 berichtigt sei. Man bringe nun, durch Drehung um die verticale Umdrehungsaxe, die Horizontalaxe in die Richtung einer Fusschraube und mittelst dieser die Libelle zum Einspielen, wodurch die Horizontalaxe AA'

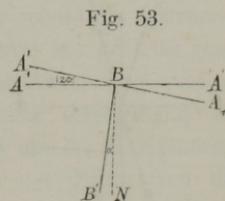


Fig. 53.

(Fig. 53) horizontal wird. Dreht man nun das Instrument um 180° , wobei die Theilung am Horizontalkreise zu Hilfe genommen wird, so kommt, wenn die verticale Umdrehungsaxe um den Winkel α von der auf AA' Senkrechten BN abweicht, die Horizontalaxe in die Lage $A_1A'_1$, und es wird, weil $\angle A'_1BB' = A'BB' = 90^\circ + \alpha$ ist, $\angle A'_1BN = 90^\circ + 2\alpha$, also $\angle A'_1BA$, d. h. die Neigung der Horizontalaxe gegen den Horizont $= 2\alpha$ sein; dieser Winkel wird durch die Ausweichung der Blase gemessen, welche demnach den doppelten Fehler α angibt. Mit Hilfe der Correctionsschrauben $99'$ (Fig. 51), mittelst welcher das eine Lager gehoben oder gesenkt werden kann, führt man die Blase um die halbe Ausweichung zurück, bringt dieselbe mit der Fusschraube wieder zum Einspielen und wiederholt den Versuch, bis die Libelle in beiden Lagen genügend (etwa auf $\frac{1}{2}$ bis 1 Scalentheil) einspielt. Bei der Handhabung der Schrauben $99'$ ist darauf zu achten, dass dieselben gehörig festsitzen, ohne sie übermässig zu spannen, was überhaupt für alle derartigen Correctionsschrauben gilt.

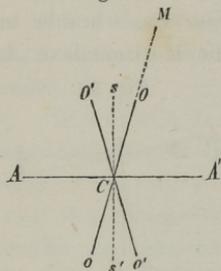
Ist diese Berichtigung gemacht, so kann bei jeder Aufstellung des Instrumentes die verticale Umdrehungsaxe leicht vertical gestellt werden. Man stellt zu diesem Zwecke die Horizontalaxe nahe parallel zur Richtung zweier Fusschrauben und bringt durch nahezu gleiche Drehung derselben in entgegengesetzter Richtung die Libelle zum Einspielen; hierauf dreht man das Instrument um 90° , und stellt mittelst der dritten Fusschraube die Libelle ein; die Operation wird wiederholt, bis die Libelle in beiden Lagen genügend einspielt.

Man sieht übrigens leicht ein, dass die verticale Stellung der verticalen Umdrehungsaxe daran erkannt wird, wenn bei langsamer Drehung des Instrumentes um 360° die Blase, gleichgiltig, wo dieselbe innerhalb der Grenzen der Scala stehen mag, ihren Ort nicht ändert, und man kann daher auf diese Weise die Axe vertical stellen, auch wenn die Libelle nicht genau berichtigt, und beide Umdrehungsaxen nicht genau aufeinander senkrecht stehen, vorausgesetzt, dass die Fehler nur klein sind. Man wird von dieser Bemerkung mit Nutzen Gebrauch machen, weil die scharfe Berichtigung der Libelle sowohl als der Stellung beider Umdrehungsaxen immerhin kleinen Aenderungen unterworfen ist. Bemerket man zuerst die Ausweichungen der Blase in zwei um 180° verschiedenen Lagen des Instrumentes, so gibt das Mittel aus beiden den Ort, welchen die Blase bei verticaler Stellung der Umdrehungsaxe einnimmt.

Um endlich die Absehenlinie des Fernrohrs oO (Fig. 54) auf die Horizontalaxe senkrecht zu machen, stelle man den Mittelfaden des Fernrohrs auf ein entferntes Object M (oder das Fadenkreuz eines Collimators) scharf ein, wodurch die Horizontalaxe in die Lage AA' kommt; ist nun die Absehenlinie gegen eine auf die Horizontalaxe Senkrechte ss' um den Winkel $sCO = c$, welcher der Collimationsfehler genannt wird, geneigt, und wird das Fernrohr umgelegt, so kommt, da die Axe AA' ihre Richtung nicht ändert, die Absehenlinie in die Lage $o'O'$, welche gegen die frühere Richtung um den Winkel $O'CO = 2c$ abweicht; um den Fehler c wegzuschaffen, wird man die Fadenplatte mittelst der Schraubchen ss (Fig. 51) verschieben, so dass der Verticalfaden um die halbe Ausweichung gegen das Object M hingeführt wird, und den Versuch wiederholen.

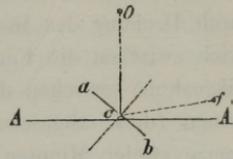
Diese Art, den Collimationsfehler durch Verschieben der Fadenplatte wegzuschaffen, wird immer bei geraden Fernröhren angewendet und verdient auch bei gebrochenen den Vorzug, wo dann der Sattel des Prisma mit seiner unteren Fläche unveränderlich auf der inneren Fläche des hohlen Würfels durch eine Schraube festgehalten wird; häufig findet man aber bei gebrochenen Fernröhren eine andere Einrichtung, bei welcher die Fadenplatte fest und das

Fig. 54.



Prisma beweglich ist. Sei nämlich (Fig. 55) AA' die Horizontalaxe, so kommt es offenbar darauf an, dass der vom optischen Mittelpuncte O des Objectivs senkrecht auf AA' auf die reflectirende Ebene ab fallende Strahl OC nach dem Verticalfaden f reflectirt werde. Bei der ersteren Einrichtung mit festem Prisma wird dies eben dadurch erreicht, dass man den Faden in den reflectirten Strahl rückt; bei der zweiten Einrichtung, wo der Faden feststeht, aber dadurch, dass man das Prisma um eine auf die Reflexionsebene senkrechte Axe dreht, bis die Normale auf ab den Winkel OCf halbirt. Zur Bewerkstelligung dieser Drehung dienen drei Schrauben hk (Fig. 36), auf welchen der Sattel des Prisma sitzt und durch die Zugschraube g festgehalten wird.

Fig. 55.



Hiebei wurde vorausgesetzt, dass das Fernrohr in der Mitte der Axe angebracht ist, also die Collimationslinie sehr nahe in einer durch das Centrum des Instrumentes gelegten Verticalebene liegt. Häufig sind jedoch die Universal-Instrumente in der Art construiert, dass das gerade Fernrohr an einem Ende der Axe sich befindet; der Abstand der Absehenlinien in beiden Lagen des Fernrohrs ist dann gleich dem doppelten Abstände derselben vom Centrum des Instrumentes und man wird daher das entfernte Object durch zwei Zielpuncte ersetzen müssen, deren horizontale Entfernung gleich ist diesem doppelten Abstände, und von welchen je einer (rechts oder links) für die correspondirende Lage des Instrumentes (Fernrohr rechts oder links) benützt wird; das weitere Verfahren bleibt wie oben ungeändert. Einfacher jedoch gelangt man auf dem in §. 122 angegebenen Wege zum Ziele.

120. Von den beiden Fäden des Fadenkreuzes soll, sobald das Instrument gehörig aufgestellt, also auch die Horizontalaxe horizontal ist, der eine genau vertical, der andere horizontal sein. Man stellt zu diesem Zwecke den Verticalfaden auf ein scharf begrenztes Object ein, nahe an dem einen Rande des Gesichtsfeldes, und führt durch Drehung des Fernrohrs um die Horizontalaxe das Bild gegen den anderen Rand hin; weicht hiebei der Faden von dem Bilde aus, so wird der Fehler durch Drehung des Ocularrohres mittelst der Schrauben tt (Fig. 51) weggeschafft. In ähnlicher Weise kann die Lage des Horizontalfadens untersucht werden, wobei das Instrument um die verticale Umdrehungsaxe gedreht wird. Stehen beide Fäden nicht genau senkrecht aufeinander, so ist es rätlich, den Vertical- oder Horizontalfaden scharf zu berichtigen, je nachdem eben das Instrument zur Messung von Horizontal- oder Vertical-Winkeln gebraucht werden soll, und überhaupt nahe am Kreuzungspuncte zu pointiren, also bei Doppelfäden in die Mitte des von denselben gebildeten kleinen Quadrates einzustellen.

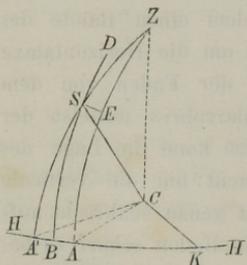
Die Mikroskope sollen so gestellt sein, dass ihre Axen nahe in einer auf die Ebene des Kreises senkrechten Ebene liegen und ihr Abstand nahe

gleich 180° sei, welche Bedingungen schon von Seite des Künstlers hinreichend erfüllt sein müssen. Stellt man beide Mikrometer auf 0, und bringt durch Drehung des Instrumentes um die verticale Umdrehungsaxe einen Theilstrich zwischen die Fäden des einen Mikroskopes, so soll auch im andern Mikroskope zwischen den Fäden ein Theilstrich erscheinen, damit im Allgemeinen (d. i. abgesehen von der Wirkung des Excentricitätsfehlers an der Grenze zweier Minuten) beide Mikroskope dieselbe Minute geben. Zeigt sich eine zu grosse Abweichung, so kann diese durch eine kleine Neigung des einen Mikroskopes mittelst der Schraubchen $\delta\delta$ beseitiget werden. Das Gleiche gilt von den Mikroskopen des Verticalkreises. Die weitere Adjustirung der Mikroskope bezüglich des Mikrometerwerthes u. s. w. wird nach §. 111 und 112 vorgenommen. Um endlich den Index, an welchem die Grade und Theile desselben am Kreise abgelesen werden, mit den Mikroskopen in Uebereinstimmung zu bringen, stelle man das Mikrometer eines Mikroskopes auf 0, und durch Drehung der Alhidade oder des Kreises einen Theilstrich zwischen die Fäden desselben; der Indexstrich wird dann mittelst der beiden Schraubchen, zwischen deren Spitzen der Index gehalten ist, mit dem nächsten Theilstriche zur Coincidenz gebracht.

121. Die in §. 119 angeführten Bedingungen werden nach gehöriger Berichtigung und Aufstellung des Instrumentes zwar mehr oder weniger nahe, nie aber in aller Strenge erfüllt sein; es werden kleine Fehler übrig bleiben, deren Einfluss auf die Messung von Azimuthal-Winkeln wir nun untersuchen wollen. Da diese Fehler immer sehr klein sind, so ist es gestattet, ihre Wirkung gesondert zu betrachten.

a) Einfluss des Collimationsfehlers. Sei C (Fig. 56) der Mittelpunkt des Instrumentes, HH' der grösste Kreis, in welchem eine aus C

Fig. 56.



beschriebene Kugelfläche von der Ebene des Horizontalkreises geschnitten wird, Z das Zenith, in welchem die verlängerte verticale Umdrehungsaxe der Kugelfläche begegnet; CS die Absehenlinie des Fernrohrs, auf irgend ein Object S gerichtet, dessen Zenithdistanz $SZ = z$; CK die nach dem Kreise verlängerte als horizontal angenommene Drehungsaxe des Fernrohrs, wobei also das Instrument in der Lage: Kreis links vorausgesetzt ist, wenn sich der Beobachter dem Objecte S zukehrt. Nehmen wir nun an, die Absehenlinie schliesse mit dem Kreise CK den Winkel $SCK = 90^{\circ} + c$ ein,

so beschreibt dieselbe bei der Drehung des Fernrohrs um CK einen kleinen Kreis BSD , welcher in dem Abstände $AB = c$ parallel ist zu dem sogenannten grössten Kreise AZ des Instrumentes, welcher von einer auf die Drehungsaxe des Fernrohrs senkrechten Geraden beschrieben wird, und es liegen, wenn

c positiv, der kleine Kreis und das Kreisende auf entgegengesetzten Seiten dieses grössten Kreises. Wäre nun $c=0$, so würde, um den Verticalfaden auf das Object S einzustellen, noch eine Drehung der Alhidade um den Winkel ACA' und zwar im Sinne der Bezifferung der Theilung erfordert*), so dass also durch die Wirkung des Collimationsfehlers die Lesung bei Kreis links um den Bogen AA' zu klein erhalten wird. Um dieselbe Grösse wird bei Kreis rechts die Lesung zu gross, weil dann der kleine Kreis links vom grössten Kreise des Instrumentes zu liegen kommt. Fällt man nun von S das Perpendikel SE auf AZ , so ist $SE=AB=c$ und man hat aus dem Dreiecke ESZ :

$$\sin EZS = \sin AA' = \frac{\sin c}{\sin z}, \text{ oder da } c \text{ sehr klein, } AA' = \frac{c}{\sin z}.$$

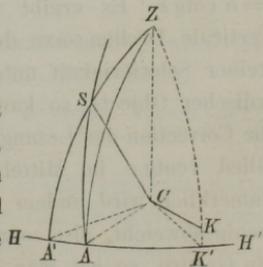
Bezeichnet man also mit a die Ablesung des Horizontalkreises, so ist die wegen des Collimationsfehlers corrigirte Lesung:

$$a' = a \pm c \operatorname{cosec} z. \quad \left\{ \begin{array}{l} + \text{ K. L.} \\ - \text{ K. R.} \end{array} \right. \quad (134)$$

Hiernach können die Lesungen verbessert werden, wenn c bekannt ist. Beobachtet man jedoch das Object in beiden Lagen des Instrumentes, indem man nach der ersten Beobachtung dasselbe um 180° um die verticale Axe dreht und das Fernrohr wieder auf das Object einstellt, so ist, wie man leicht sieht, das Mittel aus beiden Lesungen frei vom Einflusse des Collimationsfehlers.

b) Einfluss einer Neigung der Horizontalaxe gegen den Horizont. Sei CK (Fig. 57) die nach dem Kreisende verlängerte Drehungsaxe des Fernrohrs, welche gegen den Horizont HH' um den Winkel $KCK' = b$ geneigt sein möge, wobei b positiv angenommen wird, wenn der Punkt K über dem Horizonte liegt, also das Kreisende das höhere ist. Bei der Drehung um die Horizontalaxe beschreibt dann die auf das Object S gerichtete Absehenlinie CS , welche wir senkrecht auf CK annehmen, den grössten Kreis SA , welcher gegen den Horizont um den Winkel $SAA' = 90^\circ - b$ geneigt ist; die Alhidade müsste daher, wenn $b=0$ wäre, in welchem Falle die Absehenlinie den Verticalkreis AZ beschreiben würde, noch um den Winkel $AZA' = \text{arc } AA'$ im Sinne der Theilung gedreht werden, um den Verticalfaden auf S zu bringen. Bei der angenommenen Kreislage, Kreis links, wird also die Lesung um AA' zu klein erhalten; das umgekehrte findet bei Kreis rechts

Fig. 57.



*) Die Horizontalkreise sind immer in der Art beziffert, dass die Lesung zunimmt, wenn man das Fernrohr von einem links gelegenen Objecte nach einem rechts gelegenen bewegt.

statt, weil dann der Punct A auf die andere Seite von A' rückt. In dem bei A' rechtwinkligen Dreiecke $AA'S$ ist aber $A'S = 90^\circ - z$, $\angle SAA' = 90^\circ - b$, mithin $\sin AA' = \operatorname{tg} b \cotg z$, oder da b immer sehr klein: $AA' = b \cotg z$. Es ist demnach, wenn a die Lesung am Horizontalkreise bedeutet, die wegen der Neigung der Drehungsaxe des Fernrohrs verbesserte Lesung:

$$a' = a \pm b \cotg z. \quad \begin{cases} + \text{K. L.} \\ - \text{K. R.} \end{cases} \quad (135)$$

Die Neigung b wird unmittelbar durch die Libelle nach Gl. 128 [§. 102] erhalten, wenn man unter w_1, w_2 die Ablesungen der Blase auf Seite des Kreisendes versteht. Sind die Zapfenhalbmesser nicht gleich und bedeutet y die hieraus entstehende nach Gl. (129) oder (129*) bestimmte Correction, so ist, wenn z. B. der Kreiszapfen der dickere, für jede Kreislage die wahre Neigung $= b - y$, und daher die Correction der Lesung $= \pm (b - y) \cotg z$, woraus erhellt, dass, wenn die Beobachtung in beiden Kreislagen gemacht wird, der Einfluss einer Ungleichheit der Zapfendurchmesser in dem Mittel beider Beobachtungen verschwindet. Dies ist aber nicht mit dem Gliede $\pm b \cotg z$ der Fall, weil im Allgemeinen b in beiden Kreislagen verschiedene Werthe haben wird. Bezeichnet man nämlich mit $90^\circ + i$ und mit α die Winkel, welche die nach aufwärts verlängerte verticale Drehungsaxe einerseits mit dem Kreisende der Horizontalaxe, anderseits mit der durch das Centrum des Instrumentes und das Object gelegten Verticalalebene einschliesst, letzteren positiv genommen, wenn die Abweichung nach rechts stattfindet, so ist, wie man leicht findet, für K. L. $b = \alpha - i$, für K. R. $b' = -\alpha - i$, woraus folgt, dass nur der von i abhängige Theil der Correction der Lesung aus dem Mittel beider Lesungen verschwindet, nicht aber das von α abhängende Glied $= \alpha \cotg z$. Es ergibt sich hieraus die practische Regel, vornehmlich die verticale Drehungsaxe des Instrumentes mit Sorgfalt vertical zu stellen, was keiner Schwierigkeit unterliegt. Handelt es sich dann um die Beobachtung irdischer Objecte, so kann, wenn dieselbe in beiden Kreislagen gemacht wird, die Correction der Lesung nach Gl. (135) vernachlässigt werden, weil sich das Glied $i \cotg z$ im Mittel beider Lesungen eliminirt, das Glied $\alpha \cotg z$ aber unmerklich wird, indem die Zenithdistanz solcher Objecte gewöhnlich von 90° wenig abweicht, also $\cotg z$ sehr klein wird. Ist hingegen das beobachtete Object ein Gestirn, so hat man die Correction nach Gl. (135) stets anzubringen, weil sie bei grösserem Höhenwinkel auch für kleine Werthe von α merklich wird.

Nimmt man b positiv, wenn das linke Axenende das höhere ist, wo sich also b aus der Formel $b = \frac{1}{4} \mu [(l + l') - (r + r')]$ ergibt, so wird, wie leicht einzusehen, für jede Kreislage:

$$a' = a + b \cotg z, \quad (135^*)$$

was in so ferne bequemer ist, als man, ohne Rücksicht auf die Kreislage, die Correction stets mit ihrem Zeichen zur Lesung hinzuzufügen hat.

c) Einfluss einer Neigung der Kreisebene gegen den Horizont. Es sei HH' (Fig. 58) der Horizont, BB' der grösste Kreis, in welchem die gegen den Horizont um den Winkel e geneigte Ebene des Azimuthalkreises die Kugelfläche schneidet, A deren Durchschnittspunkt, und DEE' der von der Absehenlinie des auf irgend ein Object eingestellten Fernrohres beschriebene grösste Kreis, so ist die Differenz $AE' - AE$ der in Folge der Neigung des Kreises gegen den Horizont in der Ablesung entstehende Fehler. Setzen wir $AE = \lambda$, $AE' = \lambda'$, so folgt aus dem Dreiecke $AE'E'$: $\operatorname{tg} \lambda' = \cos e \operatorname{tg} \lambda$, oder:

$$\sin \lambda' \cos \lambda = \cos e \cos \lambda' \sin \lambda,$$

d. i., wenn man $\cos e = 1 - 2 \sin^2 \frac{1}{2} e^2$ setzt:

$$\sin(\lambda' - \lambda) = -2 \sin^2 \frac{1}{2} e^2 \sin \lambda \cos \lambda',$$

folglich, weil e immer sehr klein, in Bogensekunden:

$$\lambda' - \lambda = -\frac{1}{4} e^2 \sin 1'' \sin 2\lambda.$$

Da man nun die verticale Drehungsaxe immer bis auf wenige Secunden vertical stellen wird, so kann e nur dann einen grösseren Werth erreichen, wenn die Ebene des Kreises auf der erwähnten Axe nicht genau senkrecht stehen würde, was jedoch bei der Herstellung des Instrumentes von dem Künstler mit grosser Schärfe bewirkt werden kann, so dass bei einem guten Instrumente e kaum 1 Minute erreichen wird. Für $e = 1' = 60''$ und $\lambda = 45^\circ$ wird aber $\lambda' - \lambda = 0.0044$ Sec., eine verschwindende Grösse, so dass von dieser Seite kein merklicher Fehler entstehen kann.

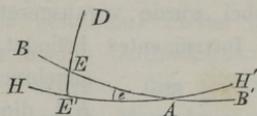
122. Wie schon im vorhergehenden §. bemerkt wurde, wird die Neigung b der Horizontal-Axe unmittelbar durch die Libelle erhalten.

Zur Bestimmung des Collimationsfehlers c stehen verschiedene Methoden zu Gebote.

1) Man stelle den Vertical-Faden des Fernrohres sowohl bei Kreis links, als bei Kreis rechts auf dasselbe irdische Object oder das Fadenkreuz eines Collimators ein, wobei übrigens die Horizontal-Axe nicht in den Lagern umgelegt, sondern das Instrument um 180° um die Vertical-Axe gedreht wird, und lese in beiden Lagen den Horizontalkreis ab. Ist die Visur nicht nahe horizontal, so wird auch die Neigung der Horizontal-Axe bestimmt, und die Zenith-Distanz des Objectes am Höhenkreise abgelesen. Ist nun a_l die Ablesung des Horizontalkreises bei Kreis links, a_r jene bei Kreis rechts, so sind die von der Neigung und dem Collimationsfehler befreiten Lesungen:

$$\left. \begin{array}{l} \text{K. L. } a'_l = a_l + c \operatorname{cosec} z + b \operatorname{cotg} z \\ \text{K. R. } a'_r = a_r - c \operatorname{cosec} z - b' \operatorname{cotg} z; \end{array} \right\} (m)$$

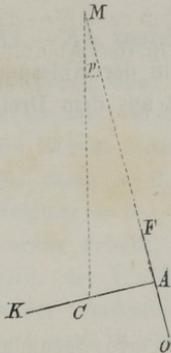
Fig. 58.



hieraus folgt, da $a'_r - a'_l = 180^\circ$ sein muss:

$$c = [\frac{1}{2}(a_r - a_l) - 90^\circ] \sin z - \frac{1}{2}(b + b') \cos z.$$

Hiebei wurde vorausgesetzt, dass das Fernrohr sich über dem Mittelpunkte des Instrumentes befindet. Ist aber dasselbe an dem einem Ende der Axe angebracht, so sei C (Fig. 59) das Centrum des Instrumentes, KA die Horizontal-Axe, OF die Absehenlinie des Fernrohres, bei Kreis links auf das Object M eingestellt, somit der Winkel $FAK = 90^\circ + c$. Offenbar kommt hiebei die Horizontalaxe in dieselbe Lage, und es wird daher auch dieselbe Ablesung erhalten, als wenn die Absehenlinie, durch das Centrum C des Instrumentes gehend, die Richtung CM hätte, also mit dem Kreise den Winkel $KCM = KAM + AMC = 90^\circ + c + p$ einschliesse, mithin der Collimationsfehler $= c + p$ wäre, wo $p = \angle AMC$. Man hat also in der obigen Formel $c + p$ statt c zu setzen, wodurch



$$c = [\frac{1}{2}(a_r - a_l) - 90^\circ] \sin z - p - \frac{1}{2}(b + b') \cos z$$

wird. Zur Bestimmung des Winkels p muss der Abstand $AC = e$ der Axe des Fernrohres vom Mittelpunkte des Instrumentes, welcher leicht genügend genau gemessen werden kann, und die Entfernung $CM = D$ des Objectes bekannt sein. Man hat dann aus dem Dreiecke CMA , weil c immer sehr klein ist:

$$\operatorname{tg} p = \frac{c}{D}.$$

Man kann dieses Verfahren auch zur Correction der Collimation mit Vortheil benützen. Für $c = 0$ gibt nämlich die obige Gleichung, wenn wir der Kürze wegen $z = 90^\circ$ annehmen:

$$a_r = a_l + 180^\circ + 2p;$$

hat man also bei Kreis links die Ablesung a_l erhalten, so drehe man das Instrument um $180^\circ + 2p$ und corrigire die halbe Abweichung des Fadens vom Objecte nach §. 119.

2) Ein anderes Verfahren zur Bestimmung von c setzt die Benützung zweier Collimatoren voraus, wozu irgend zwei mit Fadenkreuzen versehene Fernröhre verwendet werden können, wenn sie nur eine feste Aufstellung in einer beliebigen Richtung zulassen. Die beiden Collimator-Fernröhre A und B werden zu beiden Seiten des Universal-Instrumentes so aufgestellt, dass ihre Objective gegen einander gekehrt sind, und die Axen der drei Fernröhre näherungsweise in eine gerade Linie fallen. Man erreicht dies am einfachsten, wenn man zuerst den einen Collimator, z. B. A , aufstellt und auf das Fadenkreuz des Fernrohres des Universal-Instrumentes collimirt, sodann, nachdem

letzteres aus der Linie gebracht ist, *) den Collimator B aufstellt und auf A collimirt. Diese Collimirung wird nun mit Sorgfalt gemacht, indem man z. B. den Verticalfaden des Collimators B auf den Kreuzungspunct der (am besten unter einem Winkel von 45° gegen den Horizont gestellten) Fäden des Collimators A einstellt, wodurch die Absehenlinien beider Collimatoren in Bezug auf eine verticale Ebene, oder mit anderen Worten, ihre auf den Horizont projectirten Richtungen zu einander parallel werden. Man stelle nun das Fernrohr des Instrumentes zuerst auf den einen, dann, nachdem dasselbe um die Horizontal-Axe um 180° gedreht worden, auf den anderen Collimator scharf ein und lese jedesmal den Horizontalkreis ab; sind wieder a_l und a_r diese Ablesungen, und zwar a_l diejenige, bei welcher dem vom Instrumente aus gegen den benützten Collimator gewendeten Beobachter der Kreis links liegt, so gelten wieder die Glgn. (m), und man erhält durch Subtraction derselben:

$$c = \frac{1}{2}(a_r - a_l) \sin z,$$

wenn man berücksichtigt, dass im vorliegenden Falle $a'_r - a'_l = 0$, $b = b'$ ist, und die Zenithdistanzen beider Visuren sich zu 180° ergänzen, also $\cotg z$ in beiden Gleichungen entgegengesetztes Zeichen erhält.

3) Bisweilen ist bei grösseren Universal-Instrumenten das Ocular mit einem Schraubenmikrometer versehen, ganz ähnlich dem an den Ablesemikroskopen [§. 109] angebrachten, wobei der bewegliche Faden parallel zum Verticalfaden in einer auf letzteren senkrechten Richtung durch die Schraube bewegt wird. In diesem Falle kann der Collimationsfehler direct mit dem Mikrometer gemessen werden, ohne den Horizontalkreis in Anspruch zu nehmen, indem man (ausgenommen bei der letzterwähnten Methode mit Benützung zweier Collimatoren) das Fernrohr in den Lagern umlegt.

Man messe nämlich mittelst des Mikrometers, **) in beiden Lagen des Instrumentes, den Abstand des Bildes eines entfernten Objectes vom Verticalfaden; es seien diese Abstände M_l bei Kreis links, M_r bei Kreis rechts,

*) Zu diesem Zwecke muss bei Instrumenten mit gebrochenem Fernrohr dieses von den Lagern entfernt werden; befindet sich hingegen das Fernrohr an einem Ende der Axe, so genügt hiezu eine kleine Drehung des Instrumentes um die Vertical-Axe.

**) Man bedarf hiezu der Kenntniss des Winkelwerthes eines Schraubenumganges, wozu man gelangt, wenn man den beweglichen Faden in einige Entfernung vom Verticalfaden stellt und den Abstand beider am Horizontalkreise misst, indem man abwechselnd den einen und anderen Faden auf ein entferntes Object oder einen Collimator einstellt; der so erhaltene Winkel, durch die Entfernung der Fäden, in Schraubengängen ausgedrückt, dividirt, gibt den Winkelwerth eines Schraubenumganges, welcher noch mit $\cos h$ zu multipliciren ist, wenn der Höhenwinkel der Visur $= h$ war. Auch kann man diese Bestimmung nach dem in §. 96 gelehrteten Verfahren vornehmen.

und zwar stets positiv genommen, wenn das Bild links vom Mittelfaden sich befindet, negativ, wenn rechts; dann ist, wie eine leicht zu entwerfende Figur zeigt, wenn das Fernrohr in der Mitte der Axe:

$$c = \frac{1}{2}(M_r - M_l),$$

und wenn dasselbe an einem Ende der Axe:

$$c = \frac{1}{2}(M_r - M_l) - p,$$

wo p die frühere Bedeutung hat; bedient man sich aber des in 2) angegebenen Verfahrens, so ist auch in letzterem Falle der Ausdruck $c = \frac{1}{2}(M_r - M_l)$ anzuwenden. Die Formeln gelten unmittelbar für ein gerades Fernrohr; ist dasselbe ein gebrochenes, oder, wenn an einem Ende der Axe, mit einem prismatischen Oculare versehen, dessen Axe, bei horizontaler Lage des Fernrohrs, horizontal liegt, so sind M_r und M_l mit entgegengesetztem Zeichen zu nehmen, weil das Prisma die Lage der Bilder in horizontalem Sinne umkehrt.

Die bisher angegebenen Methoden gestatten die Bestimmung von c nur in nahe horizontaler Lage des Fernrohres, da auch bei Benützung von Collimatoren nur mässige Höhenwinkel erreichbar sind. Ist aber das Fernrohr an einem Ende der Axe angebracht, so wird der Collimationsfehler in Folge der Biegung der Drehungsaxe, an deren beiden Enden die Gewichte des Fernrohrs, beziehungsweise des Kreises u. s. w. wirken, veränderlich und von der Zenithdistanz abhängig. Bei horizontaler Lage des Fernrohrs ist offenbar die in verticaler Ebene stattfindende Biegung ohne Einfluss; je kleiner aber die Zenithdistanz wird, desto grösser wird der Winkel werden, welchen die Absehenlinie des Fernrohrs in der Richtung gegen das Objectiv mit dem Kreise einschliesst. Der Collimationsfehler wird sich daher durch die Form:

$$c = a + b \cos z$$

darstellen lassen, wobei sich die Constanten a und b ergeben, wenn man mit einer Bestimmung des Collimationsfehlers bei horizontaler Lage des Fernrohrs eine andere bei möglichst geringer Zenithdistanz, am zweckmässigsten in verticaler Lage des Rohres verbindet; zu letzterer gelangt man durch folgende Methode.

4) Richtet man das Fernrohr vertical abwärts nach dem Nadir, und setzt unter dasselbe einen Quecksilber-Horizont, d. i. Quecksilber in eine flache Schale gegossen, welches eine vollkommen horizontale spiegelnde Ebene darbietet,*) so werden Strahlen, welche, vom Verticalfaden ausgehend, aus dem

*) Ein solcher Horizont bedarf wegen der grossen Beweglichkeit des reinen Quecksilbers eine vollkommen feste Aufstellung, welche sehr selten zu Gebote steht. Zweckmässiger ist daher der Gebrauch eines sogenannten angequickten Horizontes, welcher aus einer kupfernen Kugelschale von grossem Halbmesser besteht. Nachdem dieselbe mit einigen Tropfen Salpetersäure befeuchtet und mit Baumwolle abgerieben ist, wird Quecksilber aufgegossen, welches eine horizontale Oberfläche annimmt, die viel ruhiger ist, als jene von reinem Quecksilber. Das sich bildende Oxyd wird vor der Beobachtung mit Papier abgestrichen.

Objective parallel austreten und auf den Horizont fallen, von diesem reflectirt, und erzeugen, indem sie beim Objective wieder eintreten, im Brennpunkte ein Bild des Fadens. Um dieses sichtbar zu machen, muss durch das Ocular Licht auf den Horizont geleitet werden, damit die Fäden und ihre Bilder als dunkle Linien auf hellem Grunde erscheinen. Dies wird am einfachsten dadurch bewerkstelliget, dass man aussen auf das Ocular ein geneigtes Planglas oder Glimmerplättchen setzt, durch welches das Licht einer seitwärts gehaltenen Lampe nach den Fäden hin reflectirt wird. Das Planglas soll so eingerichtet sein, dass man seine Neigung gegen die Axe beliebig ändern kann, um eine möglichst günstige Wirkung zu erzielen.

Nehmen wir, um die beiden Lagen des Instrumentes unterscheiden zu können, an, die Drehungsaxe des Fernrohrs habe die Richtung von Ost nach West, und sei AK (Fig. 60) diese Axe in der Lage Kreis West, α deren wahre Neigung, positiv, wenn das westliche Ende das höhere; f der Verticalfaden, O der optische Mittelpunkt des Objectivs, also fO die Absehenlinie, $\angle OAK = 90^\circ + c$. Die vom Faden f ausgehenden Strahlen fallen in der Richtung fOB auf den Horizont HH' und werden von diesem in der Richtung BG reflectirt, so dass, wenn Be das Einfallslot, $\angle eBG = \angle eBO$. Zieht man daher Of' parallel zu BG , so entsteht in der Richtung Of' in f' das Bild des Fadens f . Nun ist, wenn Ah horizontal, $\angle hAB = 90^\circ + c - \alpha$, somit der Winkel fBH' , welchen der Strahl fO mit dem Horizonte bildet, $= 180 - hAB = 90^\circ - (c - \alpha)$, der Einfallswinkel $eBO = c - \alpha$ und $\angle fOf' = 2(c - \alpha)$. Ist daher der Abstand des Bildes vom Faden, mit dem Mikrometer gemessen, $= M$, positiv, wenn das Bild östlich vom Faden, so hat man $M = 2(c - \alpha)$, somit:

$$c = \frac{1}{2} M + \alpha.$$

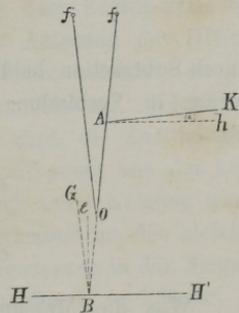
Sei b die Neigung der Axe AK mit der Libelle gemessen, und y die Correction derselben wegen Ungleichheit der Zapfenhalbmesser, positiv, wenn der Kreiszapfen der dickere, so hat man bei K. W. $\alpha = b - y$ [Gl. 127], folglich:

$$c = \frac{1}{2} M + b - y.$$

Hieraus erhält man also c , wenn b und y bekannt sind. Umgekehrt kann man auf diese Art die wahre Neigung der Axe, somit auch y finden, wenn c aus anderen Beobachtungen, so wie b bekannt sind.

Macht man jedoch die Beobachtung in beiden Lagen des Kreises, so bestimmt sich sowohl c , als auch die wahre Neigung der Axe ohne Zuhilfenahme der Libelle, wenn nur y bekannt ist. Die obigen Gleichungen gelten nämlich für Kreis West. Legt man das Instrument um, und ist nun α' die

Fig. 60.



wahre Neigung der Drehungsaxe, wieder positiv, wenn das westliche Ende das höhere, so wird der Winkel, welchen der Strahl fO mit dem Horizonte bildet, $= 90^\circ - (c + \alpha')$, mithin der Einfallswinkel $= c + \alpha' = \frac{1}{2} fOf'$. Ist nun $M' = \sphericalangle fOf'$ der Abstand des reflectirten Bildes vom Faden, wieder positiv, wenn das Bild östlich vom Faden, so ist, weil jetzt das Bild westlich vom Faden fällt, $-M' = 2(c + \alpha')$, somit

$$c = -\frac{1}{2}M' - \alpha'.$$

Diese Gleichung, mit der 1^{ten} der beiden vorhergehenden durch Addition verbunden, gibt:

$$c = \frac{1}{4}(M - M') + \frac{1}{2}(\alpha - \alpha'),$$

oder, weil $\frac{1}{2}(\alpha - \alpha') = \frac{\mu A}{\sin g} = y \frac{\sin \lambda}{\sin g}$ ist [Gl. (e), §. 101]:

$$c = \frac{1}{4}(M - M') + y \frac{\sin \lambda}{\sin g}.$$

Durch Subtraction beider Gleichungen erhält man aber $\frac{1}{2}(\alpha + \alpha') = \frac{1}{4}(M + M')$, woraus in Verbindung mit dem vorhergehenden Ausdrucke von $\frac{1}{2}(\alpha - \alpha')$ folgt:

$$\alpha = -\frac{1}{4}(M + M') + y \frac{\sin \lambda}{\sin g},$$

$$\alpha' = -\frac{1}{4}(M + M') - y \frac{\sin \lambda}{\sin g}.$$

Was die Messung des Abstandes des reflectirten Bildes vom Mittelfaden betrifft, so ist es am zweckmässigsten, den Mikrometerfaden zuerst so zu stellen, dass der Mittelfaden genau in der Mitte zwischen seinem reflectirten Bilde und dem Mikrometerfaden erscheint, dann aber so, dass das Bild zwischen dem Mittel- und dem Mikrometerfaden erscheint. Da der letztere auch ein reflectirtes Bild liefert, so sieht man in der ersten Stellung

Fig. 61 a, b. die zwei Fäden f, m und die zwei Bilder f', m' nebeneinander in gleichen Entfernungen (Fig. 61, a), in der zweiten abwechselnd einen Faden und ein Bild (Fig. 61, b). Der Abstand des Mittelfadens von seinem Bilde ist dann gleich $\frac{1}{3}$ des Unterschiedes der beiden Lesungen des Mikrometers.

In Ermangelung eines Mikrometers kann der Collimationsfehler auch mit Hilfe der Libelle bestimmt werden. Gibt man nämlich der Horizontalaxe AK eine solche Neigung, dass die Absehenlinie Of vertical wird, was daran erkannt wird, dass der Faden mit seinem reflectirten Bilde zusammenfällt, so ist offenbar die wahre Neigung der Axe gleich dem Collimationsfehler; man hat dann in obigen Gleichungen $M = M' = 0$, somit:

$$\text{bei K. W. } c = b - y; \quad \text{bei K. O. } c = -b' - y.$$

Wie der Collimationsfehler durch astronomische Beobachtungen gefunden werden kann, wird später gezeigt werden.

123. Betrachten wir nun den Gebrauch des Instrumentes zur Messung von Zenithdistanzen. Hiebei wird der Vertical- oder Höhenkreis in Anspruch genommen, dessen Ebene senkrecht steht auf der Drehungsaxe des Fernrohrs und daher vertical ist, wenn letztere horizontal. Die Absehenlinie wird durch den optischen Mittelpunkt des Objectivs und jenen Punkt des Horizontalfadens gebildet, welchen man auf das Object einstellt; wir nehmen vorläufig an, dass diese Absehenlinie zum Höhenkreise parallel sei, was mindestens sehr nahe der Fall sein wird, wenn das Instrument nach §. 119 gehörig berichtigt, also namentlich der Collimationsfehler sehr klein ist und der Horizontalfaden nahe am Verticalfaden auf das Object eingestellt wird.

Denkt man sich die Absehenlinie vertical nach dem Zenith gerichtet, so nennt man die bei dieser Richtung stattfindende Ablesung des Höhenkreises den Zenithpunkt des Kreises. Ist dieser Punkt bekannt, so gibt offenbar die Differenz zwischen demselben und jener Ablesung, welche wir erhalten, wenn das Fernrohr auf ein Object gerichtet wird, die Zenithdistanz dieses Objectes. Man sieht aber leicht ein, dass der Zenithpunkt von der Lage des Mikroskopträgers abhängt und dass, wenn letzterer seine Neigung gegen den Horizont um den Winkel α ändert, auch der Zenithpunkt um den gleichen Betrag sich verändert. Es ist daher nothwendig, jede Aenderung in der Neigung des Mikroskopträgers bestimmen und in Rechnung bringen zu können, zu welchem Zwecke mit demselben eine Libelle (L , Fig. 51 und 52) verbunden wird, gewöhnlich in der Art, dass dieselbe auf zwei an demselben angeordnete cylindrische Ringe aufzusetzen ist. Man berichtigt diese Libelle (häufig die Alhidaden- oder Versicherungslibelle genannt) nach §§. 100 und 105 so, dass sie in beiden Lagen auf den Träger gesetzt einspielt, wobei man sich zur Aenderung der Neigung des Trägers der Schraube μ (Fig. 51 und 52) bedient; stellt man dann die verticale Drehungsaxe sorgfältig vertical und bringt mittelst der Schraube μ die Alhidadenlibelle zum Einspielen, so steht die Tangente am Nullpunkte derselben senkrecht zur verticalen Drehungsaxe und es wird daher bei jeder Stellung des Instrumentes die Blase nahe in der Mitte stehen.

Mit Benützung dieser Libelle kann nun der Zenithpunkt genauer als diejenige Ablesung des Höhenkreises definirt werden, welche wir erhalten, wenn die Absehenlinie des Fernrohrs nach dem Zenith gerichtet ist und die Alhidadenlibelle genau einspielt. Bezeichnen wir diese Ablesung mit Z . Es sei nun, bei Kreis rechts,*) die Absehenlinie auf ein Object gerichtet,

*) Die Bezeichnungen K. R., K. L. beziehen sich stets auf den Hauptkreis K' (Fig. 51), an welchem die Zenithdistanzen gemessen werden, nicht aber auf den Aufsuchkreis K .

dessen Zenithdistanz $= z$; die Ablesung des Kreises sei $= R$; ferner a, i die Ablesung der Libelle und zwar a jene des nach Aussen oder gegen das Object, i jene des nach Innen oder gegen den Beobachter gekehrten Blasenendes; dann ist $\frac{1}{2}\mu(i - a)$ die Ausweichung der Mitte der Blase vom Nullpuncte, und somit $R + \frac{1}{2}\mu(i - a)$ die auf jene Lage des Mikroskopträgers, bei welcher die Libelle einspielt, reducirte Lesung, wenn wir annehmen, dass bei Kreis rechts die Lesung am Kreise mit zunehmender Zenithdistanz zunimmt. Es ist dann für:

$$\text{K. R. } z = [R + \frac{1}{2}\mu(i - a)] - Z.$$

Drehen wir nun das Instrument um die verticale Axe um 180° und stellen das Fernrohr wieder auf das Object ein, so wird, wenn wir mit L die Ablesung des Kreises, mit a', i' jene der Libelle bezeichnen, und berücksichtigen, dass jetzt, bei Kreis links, die Lesung des Höhenkreises mit wachsender Zenithdistanz abnimmt, bei

$$\text{K. L. } z = Z - [L - \frac{1}{2}\mu(i' - a')].$$

Durch Addition beider Gleichungen erhält man nun die Zenithdistanz:

$$z = \frac{1}{2} \{ [R + \frac{1}{2}\mu(i - a)] - [L - \frac{1}{2}\mu(i' - a')] \}, \quad (136)$$

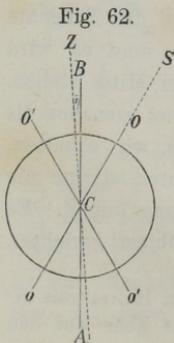
und durch Subtraction derselben den Zenithpunct:

$$Z = \frac{1}{2} \{ [R + \frac{1}{2}\mu(i - a)] + [L - \frac{1}{2}\mu(i' - a')] \}. \quad (137)$$

Es ist daher die Zenithdistanz gleich der halben Differenz, der Zenithpunct gleich der halben Summe der auf jene Lage des Mikroskopträgers reducirten Lesungen, bei welcher die Alhidadenlibelle einspielt, wobei selbstverständlich, wenn $R < L$, R um 360° zu vermehren ist. *) Der Stand der Libelle ist hierbei offenbar ganz gleichgiltig, wenn nur die Blase noch innerhalb der Skale sich befindet; da jedoch der Winkel-

*) Man kann die Gl. (136) auch in der Form:

$$z = \frac{1}{2}(R - L) + \frac{1}{4}\mu[(i + i') - (a + a')] \quad (m)$$



schreiben, zu welcher man unmittelbar auf folgende Weise gelangt. Sei Fig. 62 oO die Absehenlinie des Fernrohrs, bei Kreis rechts auf das Object S gerichtet, dessen Zenithdistanz $ZCS = z$; ACB die verticale Umdrehungs-Axe (oder vielmehr ihre Projection auf die Ebene des Kreises), gegen die Verticale CZ um den Winkel $BCZ = \eta$ geneigt; die Ablesung des Kreises $= R$. Dreht man nun das Instrument um 180° um die Axe AB , wodurch das Fernrohr in die Lage $o'O'$ kommt, und stellt letzteres wieder auf das Object S ein, so hat dasselbe sammt dem Kreise den Winkel $O'CO = 2BCO$ durchlaufen. Bezeichnet daher L die Lesung bei K. L., so ist unter der Voraussetzung, dass die Verbindungslinie der Nullpuncte beider Mikroskope ihre

werth μ der Skalentheile gegen die Enden der Röhre hin häufig sich etwas ändert, und überhaupt der Einfluss eines kleinen Fehlers in diesem Werthe um so geringer wird, je kleiner die Ausweichung der Blase ist, so ist es zweckmässig, vor der scharfen Einstellung auf das Object, nachdem das Fernrohr näherungsweise auf dasselbe gerichtet ist, die Blase mittelst der Schraube μ nahe in die Mitte zu stellen, zu welchem Zwecke diese Schraube mit einem ränderirten Kopfe versehen sein soll.*)

Wie aus obigen Gleichungen erhellt, ist bei der angenommenen Richtung der Bezifferung des Kreises, die Correction $\frac{1}{2} \mu (i - a)$ bei K. R. mit ihrem Zeichen, bei K. L. mit entgegengesetztem Zeichen an die Lesung anzubringen. Man kann diesen Unterschied der Zeichen vermeiden, wenn man den Nullpunkt der Libellen-Skale nicht, wie obige Formeln voraussetzen, in der Mitte,

Neigung gegen die verticale Drehungsaxe nicht geändert hat, und bei der oben angenommenen Richtung der Bezifferung des Kreises: $R - L = 2BCO = 2(z - \eta)$, folglich:

$$z = \frac{1}{2} (R - L) + \eta. \quad (n)$$

Der Neigungswinkel η wird aber durch eine Libelle gemessen, welche auf irgend eine Weise mit dem um AB drehbaren Theile des Instrumentes, parallel zur Kreisebene und senkrecht auf AB , fest verbunden ist. Werden die Ablesungen der Libelle in beiden Kreislagen wieder wie oben bezeichnet, so ist, zufolge der am Schlusse des §. 99 gemachten Bemerkung:

$$\eta = \frac{1}{4} \mu [(i + i') - (a + a')],$$

wonach die Gl. (n) mit jener (m) übereinstimmt. Hierbei könnte also, wenn es sich nur um die Neigung η handelt, die Libelle auch mit dem Träger TT (Fig. 51) verbunden sein, wie dies in der That bisweilen an kleinen Instrumenten angetroffen wird; in diesem Falle geben aber die Gln. (m) oder (136) die richtige Zenithdistanz nur unter der oben bezüglich der Verbindungslinie der Nullpunkte der Nonien gemachten Voraussetzung, welche jedoch bei genauen Beobachtungen unzulässig ist. Um von dieser unabhängig zu werden, wird eben die Libelle mit dem Mikroskopträger verbunden; die durch obige Gleichungen gegebene Zenithdistanz ist dann immer richtig, nur wird das 2^{te} Glied in (m) nicht mehr den Winkel η darstellen, wenn in der Neigung des Mikroskopträgers gegen die Verticalaxe eine Veränderung stattgefunden hat.

Nichts hindert aber, den Mikroskopträger, statt ihn mittelst einer Büchse auf die Drehungsaxe des Fernrohrs zu setzen, mit dem Träger TT derselben fest zu verbinden, eine Construction, die häufig namentlich auch bei grösseren Instrumenten ausgeführt wird.

*) Bei vielen Instrumenten kann eine Drehung dieser Schraube nur mittelst Schlüssels oder Stiftes bewirkt werden; sie dient dann nur als Correctionsschraube, um, wie weiter oben bemerkt wurde, die Tangente der Libelle am Nullpunkte senkrecht auf die verticale Umdrehungsaxe zu stellen; bei den Beobachtungen selbst bleibt dieselbe unberührt. Bei dieser Einrichtung sind jedoch grössere Ausweichungen der Blase nicht leicht zu vermeiden, daher die im Texte angegebene Praxis die zweckmässigere ist.

sondern an einem Ende der Skale anbringt. Wird dann die Libelle so aufgesetzt, dass bei Kreis rechts der Nullpunct nach Aussen liegt, und bezeichnet m den Strich in der Mitte der Skale, so ist offenbar zu setzen:

$$\begin{aligned} \text{bei K. R. statt } \frac{1}{2}(i - a) & \dots \frac{1}{2}(i + a) - m, \\ \text{bei K. L. statt } \frac{1}{2}(i' - a') & \dots m - \frac{1}{2}(i' + a'); \end{aligned}$$

hiermit wird die Correction für jede Kreislage:

$$= + \frac{1}{2} \mu (i + a - 2m),$$

welche stets mit ihrem Zeichen zur Lesung hinzuzufügen ist. Man kann auch statt dieser die stets positive Correction:

$$+ \frac{1}{2} \mu (i + a)$$

nehmen, weil das constante Glied μm in der Differenz beider Lesungen sowohl, als einer Lesung und des Zenithpunctes sich aufhebt und daher weggelassen werden kann. Da in diese Ausdrücke die Summe $a + i$ eingeht, so ist auch bei der Ablesung der Libelle die Gefahr einer Verwechslung der beiden Lesungen a und i vermieden.

Beispiel. Auf dem astronomisch-trigonometrischen Dreieckspuncte: Hohe Schneeberg wurde die Zenithdistanz des Dreieckspunctes Bösig beobachtet, wie folgt:

Kreislage	Mikroskop		Mittel	Libelle	
	I	II		a	i
K. R.	90° 18' 12".2	18' 39".9	90° 18' 26".05	19.6	19.7
K. L.	269° 44' 35".2	44' 50".0	269° 44' 42".60	20.5	18.6

Die Libelle wurde von der Mitte aus nach beiden Seiten gelesen; der Werth eines Niveanthelles $\mu = 2''.26$. Es sind daher die Correctionen der Lesungen:

$$\begin{aligned} \text{bei K. R. } + \frac{1}{2} \mu (i - a) &= 1''.13 (19.7 - 19.6) = + 0''.11 \\ \text{bei K. L. } - \frac{1}{2} \mu (i - a) &= - 1.13 (18.6 - 20.5) = + 2.15 \end{aligned}$$

somit die corrigirten Lesungen:

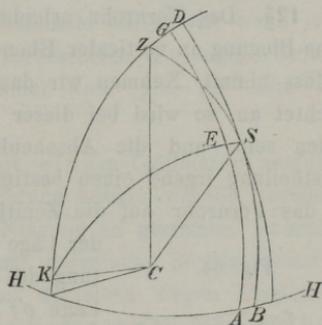
$$\begin{array}{r} \text{K. R.} \dots 90^\circ 18' 26''.16 \\ \text{K. L.} \dots 269^\circ 44' 44''.75 \\ \hline \text{Differenz} = 180^\circ 33' 41''.41 \\ \text{Summe} = 720^\circ 3' 10''.91 \\ \hline \text{Zenithdistanz } z = 90^\circ 16' 50''.70 \\ \text{Zenithpunct } Z = 0^\circ 1' 35''.45 \end{array}$$

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass zur Erlangung eines genaueren Resultates die Messungen zu wiederholen sind, wobei man, gemäss der in §. 117 gegebenen Vorschrift, den Zenithpunct des Kreises durch Drehung desselben entsprechend ändern wird.

Ist das beobachtete Object ein Gestirn, dessen Zenithdistanz sich beständig ändert, so müssen die zu verschiedenen Zeiten gemachten Ablesungen des Höhenkreises auf einen gemeinschaftlichen Zeitmoment reducirt werden, was auf verschiedene Art geschehen kann, und wozu wir am entsprechenden Orte die geeignetsten Methoden werden kennen lernen.

124. Wir haben im Vorhergehenden vorausgesetzt, dass die Ebene des Höhenkreises vertical und die Abschenlinie zu dieser Ebene parallel sei. Untersuchen wir nun den Einfluss, welchen Fehler in diesen Beziehungen auf die gemessene Zenithdistanz ausüben, wobei wir wieder (wie in §. 121 bezüglich des Horizontalkreises) annehmen können, dass der Höhenkreis auf der Drehungsaxe des Fernrohres senkrecht stehe. Es sei C (Fig. 63) der Mittelpunkt des Instrumentes, CK das verlängerte Kreisende der Horizontalaxe, b deren Neigung gegen den Horizont, positiv, wenn das Kreisende das höhere; Z das Zenith; CS die Abschenlinie des Fernrohres, auf ein Object S gerichtet, dessen Zenithdistanz $ZS = z$; sie schliesse mit dem Kreisende den $\angle KCS = 90^\circ + C$ ein, und beschreibt daher bei der Drehung des Fernrohres um CK einen kleinen Kreis BD , in einem Abstände $= C$ vom grössten Kreise AG des Instrumentes, in welchem die Kugelfläche von der Ebene des Höhen-

Fig. 63.



kreises geschnitten wird, und dessen Pol der Punct K ist. Eine Ebene, durch CK und CS gelegt, schneidet nun, wenn die Abschenlinie einmal auf das Object S und dann vertical gerichtet wird, die Kugelfläche in den grössten Kreisen KS und KD , welche ihrerseits dem grössten Kreise AG in den Puncten E und G begegnen; die am Höhenkreise abgelesene Zenithdistanz ist daher $EG = \angle EKG = z'$. Man hat nun in dem Dreiecke KSZ : $SZ = z$; $KZ = 90^\circ - b$; $KS = 90^\circ + C$; $\angle SKZ = z'$, mithin:

$$\cos z = -\sin b \sin C + \cos b \cos C \cos z'.$$

Hieraus folgt, wenn man mit Vernachlässigung der dritten Potenzen der immer sehr kleinen Bögen b und C , $\sin b = b$, $\cos b = 1 - \frac{1}{2}b^2$, etc. setzt:

$$\cos z' - \cos z = 2 \sin \frac{1}{2}(z + z') \sin \frac{1}{2}(z - z') = bC + \frac{1}{2}(b^2 + C^2) \cos z',$$

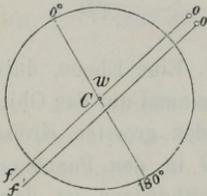
oder, da man mit demselben Grade der Annäherung $\sin \frac{1}{2}(z - z') = \frac{1}{2}(z - z')$ und $\sin \frac{1}{2}(z + z') = \sin z'$ setzen kann, in Bogensekunden:

$$z - z' = \frac{1}{2}(b^2 + C^2) \sin 1'' \cotg z' + bC \sin 1'' \operatorname{cosec} z'.$$

Diese Gleichung zeigt, dass der Fehler $z - z'$ mit abnehmender Zenithdistanz zunimmt, übrigens wegen des kleinen Factors $\sin 1''$ nur für beträchtlichere Werthe von b oder C bei kleinen Zenithdistanzen merklich wird. Denn setzt man z. B. $b = 10''$, $C = 1' = 60''$ so wird $z' - z = 0''.00897 \cotg z' + 0''.00291 \operatorname{cosec} z'$, eine Grösse, welche selbst für $z = 1^\circ$ erst den Werth $0''.68$ erreicht. Ist nun das Instrument sorgfältig berichtigt und aufgestellt, so wird die Neigung b immer nur wenige Secunden betragen; stellt man dann noch den Horizontalfaden nahe am Mittelfaden auf das Object ein, so wird sehr nahe $C = c$, wenn c den Collimationsfehler des Mittelfadens bedeutet, und daher auch C sehr klein werden, wenn c nach §. 119 nahezu weggeschafft ist. Um daher einen merklichen Fehler zu vermeiden, hat man die Einstellung möglichst nahe am Mittelfaden (bei Parallelfäden zwischen denselben) vorzunehmen, und diese Regel um so genauer zu beachten, je kleiner die Zenithdistanz ist.

125. Das Fernrohr erleidet durch den Einfluss der Schwerkraft eine kleine Biegung in verticaler Ebene, welche auf die gemessenen Zenithdistanzen Einfluss nimmt. Nehmen wir das Fernrohr zuerst vertical nach dem Zenith gerichtet an, so wird bei dieser Lage ein Bestreben zur Biegung nicht vorhanden sein, und die Absehenlinie mit dem Durchmesser $0^\circ - 180^\circ$ der Kreistheilung irgend einen bestimmten Winkel $= w$ einschliessen. Stellt man nun das Fernrohr auf die Zenithdistanz z , so kommt die Absehenlinie aus

Fig. 64.



der Lage of (Fig. 64), welche sie bei verticaler Richtung des Fernrohrs eingenommen haben mag, in die Lage $o'f'$, indem in Folge der Biegung des Fernrohrs sowohl der optische Mittelpunkt o des Objectivs als der Horizontalfaden f sich etwas gesenkt haben werden. Bei geraden Fernröhren ist es nun wohl möglich, dass $o'f'$ parallel zu of ist, in welchem Falle die Biegung offenbar keinen Einfluss auf die Zenithdistanz ausübt, weil die Neigung zwischen der Absehenlinie und dem Durchmesser $0^\circ - 180^\circ$ sich

nicht ändert, folglich beide Gerade bei der Drehung des Fernrohrs um denselben Winkel sich drehen. Im Allgemeinen, und selbstverständlich bei gebrochenen Fernröhren ist dies jedoch nicht der Fall, und wenn für die Zenithdistanz z der Winkel w übergeht in $w + dw$, so wird die wahre Zenithdistanz offenbar $= z + dw$ sein. Da die Biegung des Rohres der auf die Richtung derselben senkrechten Componente seines Gewichtes und diese dem Sinus der Zenithdistanz proportional ist, so kann man $dw = a \sin z$ setzen, wo a eine Constante ist, welche, wie leicht einzusehen, die Wirkung der Biegung bei horizontalem Fernrohr bedeutet und gewöhnlich kurz die

Biegung im Horizonte genannt wird. Ist a bekannt und z irgend eine beobachtete Zenithdistanz, so ist dann

$$z + a \sin z$$

die wegen der Biegung des Fernrohres verbesserte Zenithdistanz.

Die Constante a kann mit Hilfe zweier auf einander gerichteter Collimatoren bestimmt werden, zwischen welchen das Fernrohr des Universal-Instrumentes aufgestellt wird, in derselben Art, wie im §. 122, 2) erklärt wurde, nur mit dem Unterschiede, dass jetzt der Kreuzungspunct der schief gestellten Fäden des einen Collimators auf den Horizontalfaden des andern Collimators scharf eingestellt wird. Dieser Faden und jener Kreuzungspunct stellen dann zwei unendlich entfernte Objecte dar, deren Winkelabstand in verticaler Ebene genau $= 180^0$ ist. Stellt man nun den horizontalen Doppelfaden des Fernrohres zuerst auf den einen, dann, durch Drehung des Fernrohres um die Horizontalaxe, auf den anderen Collimator ein, und liest jedesmal die Mikroskope, so wie die Alhidadenlibelle ab, so ist, wenn A die Differenz der beiden wegen der Libelle verbesserten Lesungen bedeutet, $180^0 - A = 2 a \sin z$, oder, da hiebei immer nahe $z = 90^0$ sein wird, $a = 90^0 - \frac{1}{2} A$.

Man kann diese Bestimmung auch mit einem Collimator ausführen, wenn dieser die in §. 107 angegebene Einrichtung besitzt, um die Horizontalstellung und die scharfe Bestimmung seiner Neigung zu gestatten. Ist nämlich B die durch die Libelle gemessene Neigung desselben, positiv, wenn das Objectiv-Ende das höhere, y die Correction derselben wegen Ungleichheit der Ringdurchmesser, positiv, wenn der Objectivring der dickere, so ist die wahre Neigung der Ringaxe, mit welcher wir die optische Axe des Collimators parallel annehmen wollen, $= B - y$, und die Zenithdistanz derselben $= 90^0 + B - y = \zeta$. Findet man nun diese Zenithdistanz durch Messung mit dem Universalinstrumente $= z$, so ist offenbar

$$a = \zeta - z.$$

Das Resultat einer Messung ist noch mit einem etwaigen Fehler im Parallelismus der optischen und der Ringaxe des Collimators behaftet; macht man aber eine zweite Beobachtung, nachdem der Collimator um 180^0 um seine Ringaxe gedreht wurde, so ist das Mittel aus beiden frei von diesem Fehler.

Beispiel. Nach der letzteren Methode wurden die folgenden Beobachtungen zur Bestimmung der Biegung des gebrochenen Fernrohres eines 12-zölligen Theodolithen älterer Construction gemacht.

Collimator			Kreislage	Mikroskop		Libelle	
Lage	Libelle			I	II	a	i
	Ocul.	Object.					
T. u.	28.7	28.7	K. R.	273° 38' 12".0	37' 54".3	16.9	12.5
	27.3	30.3	K. L.	93 38 20 .8	38 1 .6	14.8	14.4
T. o.	29.1	28.4	K. L.	93 38 5 .8	37 48 .9	14.65	14.6
	27.6	29.8	K. R.	273 38 26 .5	38 8 .3	16.75	12.6
T. u.	28.7	28.7	K. R.	273 38 11 .7	37 55 .0	16.75	12.6
	27.2	30.3	K. L.	93 38 19 .0	38 1 .0	15.3	14.0
T. o.	28.7	28.6	K. L.	93 38 6 .0	37 49 .1	14.7	14.5
	28.0	29.5	K. R.	273 38 20 .8	38 3 .5	15.2	14.1
T. u.	28.5	28.9	K. R.	273 38 6 .4	37 48 .3	15.2	14.1
	27.1	30.4	K. L.	93 38 20 .0	38 2 .1	14.7	14.4

Die Buchstaben T. u., T. o. in der 1^{ten} Spalte bezeichnen die zwei verschiedenen Lagen des Collimators in seinen Lagern; der Werth eines Scalentheiles der Collimator-Libelle war 2".147, der Alhidadenlibelle des Höhenkreises 4".404; die Correction der Neigung des Collimators wegen Ungleichheit der Ringdurchmesser $y = -2".10$.

Hiemit erhält man:

B	$\zeta = 90^\circ + B - y$	Lesung am Kreise	$\frac{\mu}{2}(i-a)$	Corr. Lesung	$2z$ z	$\zeta - z$	a
+1".61	90° 0' 3".71	273° 38' 3".15	-9".69	273° 37' 53".46	179° 59' 41".38	+13".02	+5".26
		93 38 11 .20	-0 .88	93 38 12 .08	89 59 50 .69		
+0 .80	90 0 2 .90	93 37 57 .35	-0 .11	93 37 57 .46	180 0 10 .80	- 2 .50	
		273 38 17 .40	- 9 .14	273 38 8 .26	90 0 5 .40		
+1 .66	90 0 3 .76	273 38 3 .35	-9 .14	273 37 54 .21	179 59 41 .35	+13 .08	
		93 38 10 .00	- 2 .86	93 38 12 .86	89 59 50 .68		
+0 .75	90 0 2 .85	93 37 57 .55	-0 .44	93 37 57 .99	180 0 11 .74	- 3 .02	
		273 38 12 .15	- 2 .42	273 38 9 .73	90 0 5 .87		
+1 .99	90 0 4 .09	273 37 57 .35	- 2 .42	273 37 54 .93	179 59 43 .22	+12 .48	
		93 38 11 .05	-0 .66	93 38 11 .71	89 59 51 .61		
Mittel: a = + 5".08							

Es erfordert daher jede mit diesem Instrumente gemessene Zenithdistanz z die Correction $+ 5''.1 \sin z$. Die Biegung ist hier, wie man sieht, sehr beträchtlich, wovon die Ursache in der verhältnissmässig grossen Länge des cylindrischen Objectivrohres liegt. Gibt man letzterem, wie dies in neuerer Zeit gewöhnlich geschieht, eine conische Gestalt und gehörige Stärke, so wird die Biegung bedeutend kleiner, und übersteigt im Horizonte selten 1 bis 2 Sekunden.

126. Um das Fernrohr auf eine gegebene Zenithdistanz einstellen zu können, ist gewöhnlich ein besonderer Aufsuch- oder Einstellkreis K (Fig. 51) angebracht, welcher so adjustirt wird, dass die Lesung am Nonius q unmittelbar die Zenithdistanz gibt. Zu diesem Zwecke misst man mit dem Hauptkreise K' die Zenithdistanz z eines terrestrischen Objectes, stellt das Fernrohr auf das Object ein, und bringt dann mittelst der Schraube ζ den Nonius q auf die Lesung z . Uebrigens ist die Einrichtung zu diesem Zwecke bei verschiedenen Instrumenten verschieden und immer leicht zu erkennen. Erweist sich dieselbe als unzureichend, so bleibt ein Fehler, der sogenannte Indexfehler übrig, welcher sich durch das oben angegebene Verfahren bestimmt. Ist nämlich, wenn das Fernrohr z. B. bei K. R. auf die Zenithdistanz z eingestellt ist, die Lesung am Aufsuchkreise $= E$, so ist der Indexfehler $\Delta z = E - z$, wodurch Δz bekannt wird, und man hat dann für die Einstellung auf eine gegebene Zenithdistanz: $E = z \pm \Delta z$, wo das obere Zeichen für K. R., das untere für K. L. gilt, wenn, wie gewöhnlich, die Bezifferung des Aufsuchkreises von 0^0 nach beiden Seiten bis 180^0 läuft.

Das Durchgangs- oder Passage-Instrument.

127. Das Durchgangs- oder Passage-Instrument dient zur Beobachtung der Zeit des Durchganges eines Gestirnes durch einen gegebenen Verticalkreis. Es besteht daher aus einem um eine horizontale Axe drehbaren Fernrohr, dessen auf diese Axe senkrechte Absehenlinie bei der Drehung um dieselbe eine verticale Ebene beschreibt, welche die scheinbare Himmelskugel in einem Verticalkreise schneidet. Man sieht hieraus, dass jedes Universal-Instrument als Passage-Instrument verwendet werden kann, indem man das Fernrohr in die verlangte Verticalebene bringt, und sodann die Drehung um die Verticalaxe durch Festziehen der Klemmschraube aufhebt. Da jedoch bei den Beobachtungen am Passage-Instrumente möglichste Unveränderlichkeit des Azimuthes, oder des Verticals, welchen die Absehenlinie beschreibt, eine wesentliche Bedingung ist, so erhalten diese Instrumente eine andere einfachere Aufstellung, welche keine Drehung um eine verticale Axe zulässt.