

Die Bussole ist am besten eine auf die Kippachse des Fernrohrs aufsetzbare Reitbussole, die bei Nichtbenutzung im Instrumentenkasten untergebracht werden kann; beim Aufsetzen der Bussole ist zu beachten, daß der Nullstrich ihrer Teilung z. B. stets über dem Objektiv des Fernrohrs liegen muß. Es gibt auch Instrumente, bei denen die Bussole zwischen den Fernrohrträgern eingebaut ist.

Zur Behandlung des Instruments ist besonders zu bemerken, daß man das Instrument beim Aus- und Einpacken und bei der Beförderung in verpacktem oder unverpacktem Zustand vor raschen und starken Stößen hüten soll; außerdem ist das Instrument vor Feuchtigkeit, Staub, Sonnenbestrahlung und starken Spannungen zu schützen.

2. Die Untersuchung und die Berichtigung des Tachymetertheodolits.

Nachdem die Untersuchung der auf das Fernrohr, die Ablesevorrichtungen und die Bussole sich beziehenden Anforderungen bereits früher besprochen wurde, ist im folgenden nur die Rede von der Untersuchung des Tachymetertheodolits für die Zwecke der Horizontalwinkelmessung, der Vertikalwinkelmessung und der Höhenmessung durch Nivellieren.

a) Bei der Messung von Horizontalwinkeln mit dem Theodolit kann man die Messung so anordnen, daß die wichtigsten der in Betracht kommenden Instrumentalfehler auf das Messungsergebnis ohne Einfluß sind; trotzdem trägt man dafür Sorge, daß die Fehler des Instruments möglichst klein sind. Bei der Horizontalwinkelmessung für tachymetrische Punktbestimmungen wendet man außerdem ein einfaches Verfahren an, bei dem der Einfluß der Instrumentalfehler nicht unschädlich gemacht wird; man muß deshalb das Instrument von Zeit zu Zeit — z. B. nach größeren Beförderungen — untersuchen und erforderlichenfalls berichtigen.

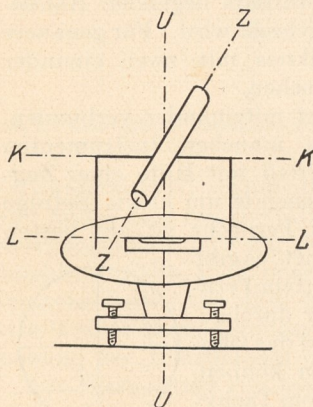


Abb. 44. Die vier Achsen eines Theodolits.

Bei einem Theodolit kann man vier Achsen unterscheiden: die Umdrehungsachse U (Abb. 44), die Kippachse K , die Zielachse Z und die Libellenachse L . An einen Theodolit stellt man die Anforderung, daß bei vertikal stehender Umdrehungsachse die Zielachse beim Kippen des Fernrohrs eine vertikale Ebene beschreibt. Damit die Umdrehungsachse U mit Hilfe der vorhandenen Libelle vertikal gestellt werden kann, muß U senkrecht zur Libellenachse L sein; die genannte Anforderung ist erfüllt, wenn zweitens die Zielachse Z senkrecht zur Kippachse K steht, so daß Z beim Kippen des Fernrohrs eine Ebene beschreibt, und wenn drittens die Kippachse K senkrecht zur Umdrehungsachse U steht, so daß bei vertikaler Stellung von U jene Ebene eine Vertikalebene wird. Bei den auf diese Einzelanforderungen sich beziehenden Untersuchungen hat man zu unterscheiden, ob die vor-

handene Libelle eine Alhidadenlibelle *J* (Abb. 41 a) oder eine Reitlibelle *M* (Abb. 41 b) ist.

α) Ist eine Alhidadenlibelle vorhanden, so wird die Untersuchung des Instruments folgendermaßen ausgeführt:

1. Umdrehungsachse *U* senkrecht zur Libellenachse *L*. Man stellt zunächst die Libelle parallel zur Verbindungsgeraden zweier Fußschrauben, hierauf über die dritte Fußschraube und läßt in beiden Lagen die Libelle einspielen (Abb. 45); damit ist die Umdrehungsachse *U* näherungsweise — so gut es die noch nicht untersuchte Libelle erlaubt — vertikal gestellt¹. Nun stellt man die Libelle entweder in die Richtung über zwei Fußschrauben oder über eine Fußschraube und läßt sie scharf einspielen; zeigt die Libelle nach einer Drehung um 180°

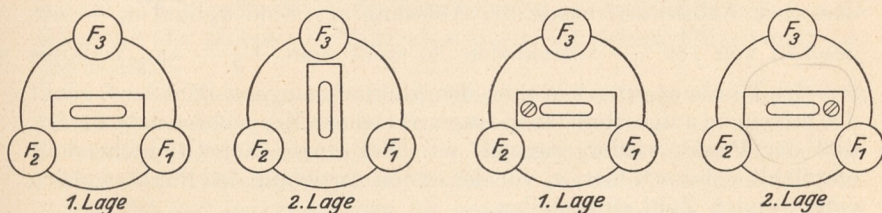


Abb. 45. Vertikalstellen der Umdrehungsachse eines Instruments mit einer Röhrenlibelle.

Abb. 46. Untersuchung einer Libelle.

(Abb. 46) einen Ausschlag, so entspricht dieser dem doppelten Libellenfehler und wird deshalb zur Hälfte mit einer Fußschraube und zur Hälfte mit der hierfür erforderlichen Berichtigungsrichtung der Libelle weggeschafft. Hat man die Vertikalstellung der Umdrehungsachse *U* mit der so berichtigten Libelle verbessert, so wird das Verfahren wiederholt.

2. Zielachse *Z* senkrecht zur Kippachse *K*. Zur Untersuchung dieser Anforderung gibt es verschiedene Verfahren; bei dem einfachsten davon wird der Horizontalkreis benutzt. Man zielt bei vertikal stehender Umdrehungsachse *U* und festgeklebtem Teilkreis einen gut bezeichneten, mit dem Instrument ungefähr in derselben Höhe liegenden, mindestens 100 m entfernten Punkt scharf an² und macht mit der einen Ablesevorrichtung die Ablesung a_1 am Teilkreis; hierauf schlägt man das Fernrohr durch, dreht den Oberbau um etwa 180°, zielt denselben Punkt wieder an und macht mit derselben Ablesevorrichtung die Ablesung a_2 . Stimmen — abgesehen von 180° — a_1 und a_2 nicht überein, so stellt man $\frac{a_1 + a_2}{2}$ mit der Feinbewegungsschraube der Alhidade am Teilkreis ein und verschiebt dann die Fadenkreuzplatte mit den für diesen Zweck vorhandenen Schrauben (Abb. 1) so weit, bis der Punkt

¹ Man könnte die Umdrehungsachse auch mit Hilfe der Dosenlibelle näherungsweise vertikal stellen.

² Einen Punkt mit dem Fernrohr anzielen, heißt den Vertikalfaden zur Deckung bringen mit dem Punkt; dies erfordert eine genäherte Einstellung des Fernrohres von Hand und eine genaue — nach Festklemmung der Obertheile des Instruments — mit Hilfe der Feinbewegungsschraube. Den Vertikalfaden benutzt man ungefähr in der Nähe des Horizontalfadens.

wieder angezielt ist. Ist der Theodolit ein Repetitionstheodolit, so läßt sich eine kleine Verschärfung des Verfahrens dadurch erreichen, daß man vor der Anzielung des Punktes a_1 genau z. B. gleich 0° einstellt.

Im allgemeinen empfiehlt sich eine Wiederholung des Verfahrens.

3. Kippachse K senkrecht zur Umdrehungsachse U . Auch für diese Anforderung gibt es verschiedene Verfahren; bei dem einfachsten wird ebenfalls der Horizontalkreis verwendet. Man zielt bei vertikal stehender Umdrehungsachse U und festgeklammtem Teilkreis einen im Vergleich zum Instrument sehr hoch gelegenen Punkt scharf an und macht am Teilkreis mit der einen Ablesevorrichtung die Ablesung a_1 ; hierauf schlägt man das Fernrohr durch, dreht den Oberbau um ungefähr 180° , zielt denselben Punkt wieder an und macht mit derselben Ablesevorrichtung die Ablesung a_2 . Sind a_1 und a_2 — abgesehen von 180° — verschieden, so stellt man $\frac{a_1 + a_2}{2}$ am Teilkreis

mit der Feinbewegungsschraube der Alhidade ein und hebt bzw. senkt das mit einem aufgeschnittenen Lager versehene Kippachsenende derart, daß der Punkt wieder angezielt ist. Bei einem Repetitionstheodolit empfiehlt sich auch hier, a_1 vor der ersten Anzielung des Punktes gleich einer runden Zahl einzustellen.

β) Ist eine Reitlibelle vorhanden, so gestaltet sich die Untersuchung des Instruments folgendermaßen:

1. Libellenachse L parallel zur Kippachse K . Nach — wenigstens genäherter — Vertikalstellung der Umdrehungsachse U mit der noch nicht untersuchten Libelle oder mit der Dosenlibelle läßt man die Reitlibelle bei festgeklammtem Oberbau entweder mit zwei Fußschrauben — erste Lage in Abb. 45 — oder mit einer Fußschraube — zweite Lage in Abb. 45 — scharf einspielen und setzt die Libelle durch Vertauschen ihrer beiden Enden um; zeigt sich nun ein Ausschlag bei der Libelle, so entspricht er dem doppelten Fehler zwischen L und K und wird deshalb zur einen Hälfte mit einer Fußschraube und zur anderen Hälfte mit der Berichtigungsvorrichtung der Libelle weggeschafft. Das Verfahren wird so lange wiederholt, bis kein Ausschlag nach dem Umsetzen der Libelle auftritt.

2. Umdrehungsachse U senkrecht zur Libellenachse L . Bei der hierauf sich beziehenden Untersuchung verfährt man in derselben Weise, wie wenn die Libelle eine Alhidadenlibelle wäre; zeigt sich dabei nach der Drehung des Oberbaus um 180° ein Ausschlag der Libelle, so entspricht er ebenfalls dem doppelten Fehler und wird zur Hälfte mit einer Fußschraube und zur anderen Hälfte durch Heben bzw. Senken des aufgeschnittenen Lagers beseitigt. Auch hier empfiehlt sich eine Wiederholung der Untersuchung nach erforderlicher Berichtigung.

3. Zielachse Z senkrecht zur Kippachse K . Die Untersuchung und die Berichtigung werden genau in derselben Weise ausgeführt wie für den Fall, daß eine Alhidadenlibelle vorhanden ist.

Da bei der Untersuchung eines Instruments mit Alhidadenlibelle ein sehr hochgelegener Punkt erforderlich ist und ein solcher z. B. im freien Felde nicht ohne weiteres zu haben ist, so ist es bequem, wenn

dem Instrument neben der festen Alhidadenlibelle eine bei der Benutzung des Instruments zu Messungen im Kasten untergebrachte Reitlibelle beigegeben ist.

Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, kann man von den Instrumentalfehlern den Umdrehungsachsenfehler — davon herrührend, daß die Umdrehungsachse nicht senkrecht zur Libellenachse steht —, den Zielachsenfehler — davon herrührend, daß die Zielachse nicht senkrecht zur Kippachse steht — und den Kippachsenfehler — davon herrührend, daß die Kippachse nicht senkrecht zur Umdrehungsachse steht — in einfacher Weise beseitigen bzw. so klein machen, daß sie ohne Einfluß auf das Messungsergebnis sind; nicht unmittelbar möglich ist dies bei dem von einer Exzentrizität der Alhidade herrührenden Fehler. Ein solcher ist vorhanden, wenn der Schnittpunkt der Alhidadenumdrehungsachse mit der Ebene des Teilkreises nicht mit dessen Mittelpunkt zusammenfällt.

b) Bei der Messung von Vertikalwinkeln soll die Umdrehungsachse des Theodolits vertikal stehen; da dies mit einer Libelle — am einfachsten in Gestalt einer Alhidadenlibelle — bequem zu erreichen ist für den Fall, daß die Umdrehungsachse senkrecht zur Libellenachse steht, so untersucht und berichtigt man die gegenseitige Stellung dieser beiden Achsen in der oben angegebenen Weise.

Ein besonders bei tachymetrischen Punktbestimmungen benutztes Verfahren zur Messung von Vertikalwinkeln setzt voraus, daß das Instrument mit einer Nonienlibelle (Abb. 42 b) und einer Fernrohrlibelle (Abb. 42 c) versehen ist; man stellt dabei die Anforderung, daß die Ablesung am Vertikalkreis bei horizontal liegender Zielachse und einspielender Nonienlibelle genau 0° sein soll. Die Horizontallegung der Zielachse geschieht mit der Fernrohrlibelle; sie setzt voraus, daß die Achse dieser Libelle parallel zu der Zielachse ist. Die hierauf sich beziehende Untersuchung ist besonders einfach für den Fall, daß die Fernrohrlibelle eine Doppellibelle (Abb. 7) ist; sie besteht darin, daß

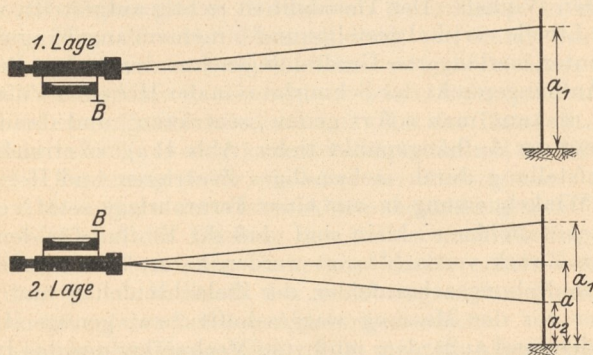


Abb. 47. Untersuchung der Fernrohrlibelle eines Tachymetertheodolits.

man zuerst in der einen Fernrohrlage — mit Libelle unten — und dann in der anderen Fernrohrlage — mit Libelle oben — (Abb. 47) bei scharf einspielender Libelle an einem in etwa 40—50 m Entfernung vertikal

aufgestellten Maßstab abliest. Werden dabei zwei verschiedene Ablesungen a_1 und a_2 gemacht, so liegt die Zielachse nicht parallel zu den beiden Libellenachsen, also bei einspielender Libelle nicht horizontal; da die horizontale Lage der Zielachse durch die Ablesung $a = \frac{a_1 + a_2}{2}$ bestimmt ist, so stellt man diese ein und bringt die dann ausschlagende Libelle wieder zum Einspielen mit Hilfe ihrer Berichtigungsvorrichtung B . Das Einspielen der Libelle vor der Ausführung der Ablesungen a_1 und a_2 , sowie das Einstellen der Ablesung a erreicht man bei festgeklebtem Fernrohr mit Benutzung der Feinbewegungsschraube des Fernrohrs.

Ist dafür gesorgt, daß die Zielachse parallel zur Achse der Fernrohrlibelle liegt, so läßt man diese scharf einspielen und stellt dann mit der auf die Nonienlibelle wirkenden Feinbewegungsschraube S (Abb. 42 b) die Ablesung 0° mit dem Nonius ein; schlägt die Nonienlibelle jetzt aus, so bringt man sie mit ihrer Berichtigungsschraube zum Einspielen.

c) Wird der Tachymetertheodolit zur **Höhenmessung durch Nivellieren** verwendet, so muß er mit einer Fernrohr- oder Nivellierlibelle (Abb. 42 c) ausgerüstet sein, mit deren Hilfe die Zielachse horizontal gelegt werden kann; es muß dann die Zielachse parallel zu den beiden Achsen der Fernrohrlibelle liegen. Die Untersuchung dieser Anforderung geschieht in der vorhin angegebenen Weise (Abb. 47).

3. Die Messung von Horizontalwinkeln.

Bei der Messung von Horizontalwinkeln kann man zwei Verfahren unterscheiden; bei dem einen mißt man jeden Winkel nur einmal oder in einer Fernrohrlage, bei dem anderen mißt man jeden Winkel zweimal, und zwar in jeder der beiden möglichen Fernrohrlagen je einmal.

Jeder Winkelmessung voraus geht die Aufstellung des Theodolits in oder über dem auf dem Boden gegebenen Scheitelpunkt des zu messenden Winkels. Der Theodolit ist richtig aufgestellt, wenn seine mittels der Libelle vertikal gestellte und mit einem angehängten Schnurlot nach unten verlängerte Umdrehungsachse durch den Punkt geht. Liegt der Aufhängepunkt des Schnurlotes in der Höhe der Fußschrauben (Abb. 41 b), so kann man sofort genau „zentrieren“ und dann „horizontieren“; liegt der Aufhängepunkt tiefer (Abb. 41 a), so erreicht man die richtige Aufstellung durch mehrmaliges Zentrieren und Horizontieren.

a) Die **Winkelmessung in nur einer Fernrohrlage** setzt voraus, daß die Instrumentalfehler so klein sind, daß ihr Einfluß für den in Frage kommenden Zweck vernachlässigt werden kann; bei ihr müssen demnach der Umdrehungsachsenfehler, der Zielachsenfehler und der Kippachsenfehler vor der Messung weggeschafft bzw. genügend klein gemacht werden, und außerdem muß vom Mechaniker aus das Instrument so gebaut sein, daß der Alhidadenexzentrizitätsfehler und die Fehler in der Teilung des Horizontalkreises verschwindend klein sind.

Soll in einem Standpunkt S der Winkel φ gemessen werden zwischen zwei Punkten A („Punkt links“) und B („Punkt rechts“), so zielt man