

Paper-ID: VGI\_192203



## Einige Bemerkungen zum Wiederholungs-(Repetitions)-Theodolite und zum Verfahren der Winkelwiederholung

Franz Aubell <sup>1</sup>

<sup>1</sup> o. ö. Professor der Mont. Hochschule in Leoben

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **20** (1–2), S. 8–16

1922

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Aubell_VGI_192203,  
  Title = {Einige Bemerkungen zum Wiederholungs-(Repetitions)-Theodolite und zum  
          Verfahren der Winkelwiederholung},  
  Author = {Aubell, Franz},  
  Journal = {{\0}sterreichische Zeitschrift f{{\u}r Vermessungswesen},  
  Pages = {8--16},  
  Number = {1--2},  
  Year = {1922},  
  Volume = {20}  
}
```



## Einige Bemerkungen zum Wiederholungs-(Repetitions)-Theodolite und zum Verfahren der Winkelwiederholung.

Von **Dr. Franz Aubell**, o. ö. Professor der Mont. Hochschule in Leoben.

Die theoretischen Untersuchungen über den Einfluß der Achsfehler eines Theodolits auf dessen Horizontalkreisablesungen liefern das Ergebnis, daß es möglich ist, den ersteren durch die Anordnung einer Doppelmessung zu beseitigen, so zwar, daß zwischen diesen zwei Messungen ein Vorzeichenwechsel der betreffenden Fehler eintritt, oder mit anderen Worten, daß die fehlerhaft liegenden Achsen bei diesen Messungen eine zur richtigen gegengleiche Lage annehmen. Dies gilt von allen drei in Betracht kommenden Achsfehlern: dem Ziellinien-(Kollimations-), Kippachsen-(Inklinations-) und Aufstellungs-(Vertikalachsen-)Fehler. Der Uebergang von der einen Lage der Achse zur andern kann nur durch deren Drehung um  $180^\circ$  um eine Gerade erreicht werden, die in der Abweichungsebene\* gelegen ist und die zur richtigen Lage der betreffenden Achse entweder senkrecht- oder gleichgerichtet ist. Diese Drehachse ist z. B. für die Ziellinie des Fernrohrs dessen Kippachse (beim Durchschlagen) oder die richtige Lage der Ziellinie selbst (beim Umlegen), für die Kippachse des Fernrohrs die Vertikalachse. Es folgt daraus, daß für jene Achsen, bei welchen diese Drehung nicht durchführbar ist, eine Beseitigung des Einflusses ihrer fehlerhaften Lage im Wege einer Doppelmessung nicht erreicht werden kann, daß somit solche Achsen bei der Messung unbedingt ihre richtige Lage einnehmen müsse. Dies trifft nun bei Theodoliten mit einfachem Achsensysteme bezüglich der Vertikalachse, bei Theodoliten mit doppelten «in einander laufenden» Achsen (Repetitionstheodoliten) bezüglich der Teilkreisachse zu, für welche es keine weitere Drehachse gibt. Die Unschädlichmachung des Aufstellungsfehlers der Alhidadenachse gelingt hingegen bei Wiederholungstheodoliten, da für jene die Teilkreisachse die Drehachse ist. Hierbei wird von der französischen Ausführung der Wiederholungstheodolite abgesehen, bei welchen die Teilkreis- und die Alhidadenachse von einander unabhängig sind, da die Alhidade in der Büchse des Dreifußes, der Kreis außerhalb um die Büchse herumgeführt wird. (Vergl. hiezu Jordan, Hdb. d. V. K. 1914, 2. Bd., S. 292, u. Nippa, Zeitschr. f. V. 1896, S. 675 ff.)

Zur Lotrechtstellung der Umdrehungsachse finden Libellen Verwendung, von welchen die eine Gattung, die Alhidadenlibellen, unmittelbar auf die Umdrehungsachse wirken, während bei den Reiterlibellen deren Wirkung erst durch die Kippachse vermittelt wird, weshalb die Anordnung der Alhidadenlibellen als die theoretisch bessere zu bezeichnen ist, obzwar die Reiterlibellen mit größerer Schärfe herzustellen sind und auch beim Prüfungs- und Berichtigungsvorgang des Theodolits gewisse Vorteile aufweisen. Bei Wiederholungstheodoliten ist nach dem früher Gesagten die Berichtigung der Aufstellungslibellen nicht bezüglich der Alhidaden-, sondern der Teilkreisachse durchzuführen, zu welcher sie senk-

\* Darunter sei diejenige Ebene verstanden, die durch die Richtung der fehlerhaften und fehlerfreien Achslage bestimmt ist,

recht zu liegen haben. Da bei Reiterlibellen zuerst der Parallelismus zwischen diesen und der Kippachse hergestellt wird, so folgt weiters, daß auch die Kippachse nicht zur Alhidaden-, sondern zur Teilkreisachse senkrecht zu stellen ist. Da jedoch bei jeder Drehung der Alhidade die Libellen ihre Lage gegenüber der Teilkreisachse ändern, so würde bei jeder Stellung der Alhidade, die von der bei der Berichtigung innegehabten Lage abweicht, die Berichtigung der Libellen bezgl. der Teilkreisachse verloren gehen, weshalb es notwendig ist, diejenige Stellung der Alhidade durch eine Kreisablesung festzuhalten, bei welcher die Berichtigung durchgeführt wurde. Auf diesen Umstand wurde u. E. bisher noch nicht hingewiesen. Als solche Stellung eignet sich nun am besten jene für die Kreisablesung Null, welche auch sonst als Ausgangsstellung für die Winkelwiederholung sehr zweckmäßig erscheint und als solche sowohl bei den Markscheidern üblich ist als auch den Gepflogenheiten der d. ö. Katastralvermessung entspricht. Auf diese Ablesung ist bei jeder Neuaufstellung des Instrumentes die Alhidade einzustellen und dann erst ist die Aufstellung der Teilkreisachse vorzunehmen. Durch einen bestimmten Meßvorgang, auf welchen später noch zurückgekommen wird, wird dann die — im allgemeinen schief stehende — Alhidadenachse in je zwei gegengleiche Stellungen zu bringen sein, damit die Wirkung dieses Achsfehlers im Messungsergebnisse verschwindet. Da aber die Wiederholungstheodolite nicht nur zu Winkelrepetitionen, sondern auch zu einfachen Winkelmessungen und — die genaueren — allenfalls zu Richtungsbeobachtungen herangezogen werden, die nur die Drehung um die Alhidadenachse erfordern, so muß nun mit den für diese Achse unrichtigen Libellen deren Lotrechtstellung herbeigeführt werden, was nicht unschwer gelingt, wenn man sich den Prüfungsvorgang solcher Libellen vorstellt; man erreicht dann die Lotrechtstellung der Alhidadenachse bei nicht ganz einspielenden Libellen, deren Ausschlag für die weiteren Aufstellungen zu merken ist. Man kann jedoch in solchen Fällen auch von der Lotrechtstellung der Teilkreisachse ausgehen und hat dann beim Uebergang in die zweite Kreislage das zu beachten, was später bezüglich des richtigen Verfahrens der Winkelwiederholung gesagt wird. Statt die für die Lotrechtstellung der Teilkreisachse heranzuziehenden Libellen mit der Alhidade zu verbinden, wäre es richtiger, diese am Teilkreis anzubringen, was mechanisch kaum auf Schwierigkeiten stoßen dürfte, so daß ein solcher Theodolit gegebenenfalls drei Gattungen von Libellen aufweist, die für Zwecke der Aufstellung bezw. Berichtigung je nach Erfordernis in Verwendung kommen.

Um die Achsabweichung zwischen der Teilkreis- und der Alhidadenachse festzustellen, kann sowohl eine Alhidaden- als auch die Reiterlibelle herangezogen werden, doch wird man der letzteren wegen ihrer größeren Genauigkeit den Vorzug geben. Der hiebei einzuschlagende Vorgang, der auch mit unrichtiger Libelle und unrichtig liegender Kippachse zum Ziele führt, ist bekanntlich der folgende: Man stellt die Libelle in die Richtung zweier Fußschrauben, bringt sie zum Einspielen, vollführt eine Drehung um die Alhidadenachse um  $180^\circ$  und beobachtet danach den Libellenausschlag; hierauf geht man zur Anfangsstellung zurück und vollzieht, wieder nach dem Einspielen der Libelle, eine Drehung um  $180^\circ$  um die Teilkreisachse. Weicht der nun sich zeigende Libellenausschlag vom

ersten ab, so ist der Unterschied ein Maß der doppelten Abweichung  $\xi'$  der zwei Achsen, somit

$$\xi' = \frac{\tau''}{4} [(r_2 - l_2)_A - (r_2 - l_2)_T].$$

Diese Größe stellt noch nicht die wahre Abweichung zwischen den zwei Achsen, sondern nur deren Projektion auf die durch die Libellenlage gekennzeichnete Vertikalebene vor. Es kann sogar der Zufall wollen, daß trotz des Vorhandenseins einer Achsabweichung sich bei diesem Prüfungsvorgange kein Ergebnis zeigt, weil zufällig die Libelle eine Lage senkrecht zur Abweichungsebene der zwei Achsen eingenommen hat. Hierbei sei darauf hingewiesen, daß im allgemeinen die zwei Umdrehungsachsen nicht zwei sich schneidende, sondern zwei sich kreuzende Gerade vorstellen werden, deren Bewegung um einander nicht einen Rotationskegel, sondern ein Rotationshyperboloid als einhüllende Fläche aufweist. Aber man kann auch in diesem Falle von einer Abweichungsebene sprechen,

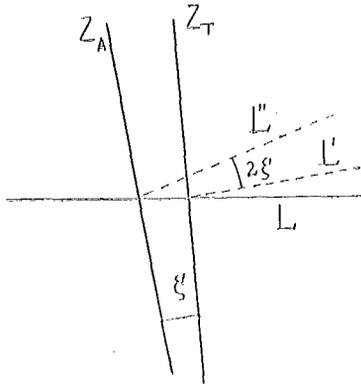


Fig. 1.

wenn man darunter jene Ebene versteht, die durch Parallelverschiebung der Alhidadenachse bis zum Schnitt mit der Teilkreisachse zustandekommt.

Die folgende Untersuchung weist nach, daß durch die Wiederholung der vorangeführten Untersuchung in einer zur ersten senkrechten Lage der Libelle sowohl die Größe als auch die Richtung dieser Achsabweichung feststellbar ist.

Ist  $\psi$  die Richtung der Abweichung, gezählt vom Nullpunkt der Kreisteilung aus,  $\xi$  deren Größe im Winkelmaße,  $\alpha_1$  die Ablesung bei Zeiger 1 der Alhidade, wobei dessen Lage mit jener der Kipp- bzw. Libellenachse gleichgehalten wird, was auch den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen dürfte, so ergibt sich aus dem bezeichneten sphärischen Dreiecke die Beziehung

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \xi' &= \operatorname{tg} \xi \sin [\alpha_1 - (\psi - 90)] \\ &= \operatorname{tg} \xi \cos (\psi - \alpha_1) \text{ oder} \\ \xi' &= \xi \cos (\psi - \alpha_1). \end{aligned}$$

Beobachtet man die Abweichung  $\xi'$  für die zwei Kreisablesungen  $\alpha_1$  und  $\alpha_1 + 90^\circ$ , so wird

$$\begin{aligned} \xi'_{\alpha_1} &= \xi \cdot \cos (\psi - \alpha_1) \text{ und} \\ \xi'_{\alpha_1 + 90} &= \xi \cdot \cos (\psi - \alpha_1 - 90) = \sin (\psi - \alpha_1), \end{aligned}$$

woraus  $\operatorname{tg}(\psi - \alpha_1) = \frac{\xi'_{\alpha_1+90}}{\xi'_{\alpha_1}}$  und  $\xi = \frac{\xi'_{\alpha_1}}{\cos(\psi - \alpha_1)} = \frac{\xi'_{\alpha_1+90}}{\sin(\psi - \alpha_1)}$  folgen,  
 ebenso aus  $\xi'^2_{\alpha_1} = \xi'^2_{\alpha_1+90} = \xi^2$   $\xi = \sqrt{\xi'^2_{\alpha_1} = \xi'^2_{\alpha_1+90}}$ .

Setzt man nach dem Früheren für  $\xi'$  den aus den Randablesungen der Libelle sich ergebenden Wert

$$\xi'_{\alpha_1} = \frac{\tau''}{4} [(r_2 - l_2)_A - (r_2 - l_2)_T]_{\alpha_1} = N \cdot \frac{\tau''}{4}$$

$$\text{und } \xi'_{\alpha_1+90} = \frac{\tau''}{4} [(r_2 - l_2)_A - (r_2 - l_2)_T]_{\alpha_1+90} = Z \cdot \frac{\tau''}{4},$$

so ist wieder

$$\operatorname{tg}(\psi - \alpha_1) = \frac{Z}{N} \text{ und } \xi = \frac{\tau''}{4} \frac{N}{\cos(\psi - \alpha_1)} = \frac{\tau''}{4} \frac{Z}{\sin(\psi - \alpha_2)} = \frac{\tau''}{4} \sqrt{Z^2 + N^2}.$$

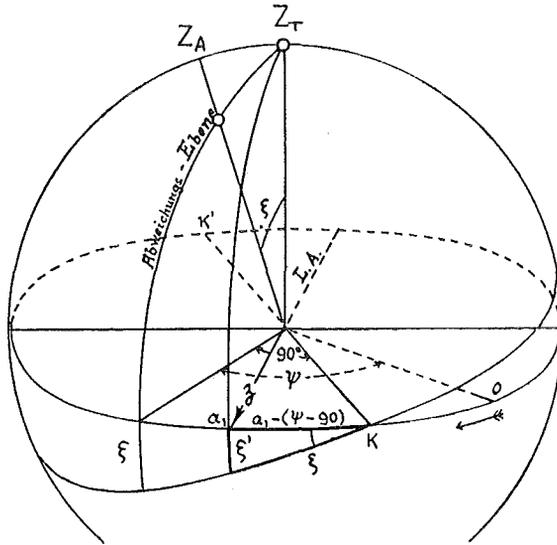


Fig. 2.

Die Änderung von  $\xi'$  vollzieht sich sonach nach einer  $\cos$ -Linie, die bei  $\alpha_1 = \psi - 90$  und  $\psi - 270$  ihren Nullwert, bei  $\alpha_1 = \psi$  ihr Maximum, bei  $\alpha_1 = \psi - 270$  ihr Minimum aufweist.

Es ist nun naheliegend, diese Ausdrücke dadurch zu vereinfachen, daß man  $\alpha_1 = 0$  und daher  $\alpha_1 + 90 = 90$  setzt. Bei der Durchführung der Beobachtung ist zu beachten, daß die Libellenablesung  $r$  stets auf der Seite des Zeigers 1 sich befindet und daß weiters das Vorzeichen von  $\xi'$  dann ein positives ist, wenn die Alhidadenachse bezüglich der Teilkreisachse entgegengesetzt dem Zeiger 1 ausweicht.

Die Untersuchung setzte voraus, daß der Zeiger 1 in die Richtung der Libelle fällt. Ist dies nicht der Fall, sondern weicht er von dieser um  $\omega$  im

Sinne der Teilung ab, so erhält man die Richtung der Achsenabweichung durch die Lage der Libelle gegeben, wenn der Zeiger 1 auf die Lesung  $\psi$  eingestellt wird, d. h. die Abweichungsebene schließt mit der Nullrichtung der Kreisteilung den Winkel  $\psi - \omega$  ein.

Die Größe  $\xi$  sowohl als insbesondere  $\psi$  sind mit einer Unsicherheit behaftet, für welche man sich mit Hilfe überschüssiger Beobachtungen einen Anhaltspunkt verschafft, die man gleichmäßig über den Bereich von 0 bis 180 verteilt. Die Ausmittlung der wahrscheinlichsten Werte von  $\xi$  und  $\psi$  fällt in die Gruppe der «vermittelnden Beobachtungen», für welche die Funktionsgleichung  $\xi' = \xi \cos(\psi - \alpha_1)$  durch Logarithmieren eine algebraische Form erhält. Setzt man

$$\log \xi' = \log \xi + \log \cos(\psi - \alpha_1) = o + v$$

und rechnet aus zwei um  $90^\circ$  von einander abweichenden Beobachtungen für  $\psi$  einen Näherungswert  $\psi_0$ , setzt weiters

$$\log \xi = x, \quad \psi = \psi_0 + y \quad \text{und} \quad \log \cos(\psi - \alpha_1) = \log \cos(\psi_0 - \alpha_1) + \lambda y,$$

worin  $\lambda$  die Tafeldifferenz für 1' des  $\log \cos$  vorstellt ( $\lambda < 0$  für Winkel im ersten und dritten,  $\lambda > 0$  für Winkel im zweiten und vierten Quadranten), so erhält man die Verbesserungsgleichung

$$v = x + \lambda y + \log \cos(\psi_0 - \alpha_1) - \log \xi' = x + \lambda y + 1,$$

in welcher die Vorzahlen für die Unbekannten und das unabhängige Glied 1 bekannte bzw. auswertbare Größen sind.

Um sich die Ueberzeugung zu verschaffen, ob die angegebene Methode praktisch zu brauchbaren Ergebnissen führt, wurden an einem Rost'schen Wiederholungstheodolite größerer Sorte (Nr. 2423, Durchm. = 16 cm, Angabe =  $10''$ ,  $\tau = 18''$ ) der geodätisch-markscheiderischen Sammlung der bergtechnischen Hochschule Leoben Beobachtungen angestellt, deren Ergebnisse sowie jene der Ausgleichung im Folgenden mitgeteilt sind. Bezüglich des für die Untersuchung in Verwendung gezogenen Theodolits sei bemerkt, daß dieser wiederholt über Tag sowohl wie in der Grube Unfällen ausgesetzt war und nach jedem derselben vom Erzeuger wieder in Stand gesetzt wurde, so daß die festgestellte Achsenabweichung nicht etwa der erzeugenden Firma zur Last fällt.

Nr.	$\alpha_1$	4 $\xi'$ in L. T.	$\xi'$ beob.	$\xi'$ verb.
			in Sekunden	
1	0°	— 5·6	— 25·2	— 23·3
2	30	— 4·7	— 21·2	— 18·2
3	60	— 1·3	— 5·9	— 8·4
4	90	+ 1·1	+ 5·0	+ 5·0
5	120	+ 3·3	+ 14·9	+ 15·1
6	150	+ 6·0	+ 27·0	+ 22·0

Jeder der Beobachtungswerte  $4 \xi'$  ist ein Mittel aus vier Beobachtungen.

Der Näherungswert für  $\psi$  wurde aus den Beobachtungen 2 und 5 mit  $\psi_0 = 174^{\circ} 56'$  gerechnet. Die Ausgleichung ergab:

$$\begin{aligned} x = \log \xi' &= 0.11631 \text{ oder } \xi = 1.31 \text{ L. T.} = 23.5'' \pm 2.5'' \\ y &= -4^{\circ} 28' \pm 1^{\circ} 18', \text{ somit} \\ \psi &= 170^{\circ} 28' \pm 1^{\circ} 18'. \end{aligned}$$

Daraus folgen die Nullwerte von  $\xi'$  für die Ablesungen  $\alpha_1 = 80^{\circ}$  und  $260^{\circ}$ , der Maximalwert  $\xi' = 23.5''$  für  $\alpha_1 = 170^{\circ}$ , der Minimalwert  $\xi' = -23.5''$  für  $\alpha_1 = 350^{\circ}$ .

Die erwähnte Untersuchung könnte auch in entsprechender Abänderung eines Verfahrens durchgeführt werden, das Hammer (Lehrbuch der ebenen praktischen Geometrie, 1 Bd., S. 353) angibt, um den Vertikalachsenfehler eines Theodolits zu bestimmen bzw. seinen Einfluß von jenem des Kippachsenfehlers zu trennen: führt man für eine (zum Zwecke der Ausgleichung) genügend große Anzahl von Alhidadenstellungen die zugehörigen Libellenlesungen durch, aus welchen sich für jede einzelne Lage der Kippachse deren Neigung  $i$  gegen die Wagrechte angeben läßt, so besteht für diese (in der dort gebrauchten Bezeichnung) die Beziehung:  $i = i_0 + v \sin \beta$ , in welcher Gleichung  $i_0$  den reinen (konstanten) Kippachsenfehler,  $v$  den Vertikalachsenfehler,  $\beta$  den Winkel zwischen der Zielrichtung und der Abweichungsebene der Umdrehungsachse vorstellt. Handelt es sich nun um die Feststellung der Abweichung der Alhidadenachse von der Teilkreisachse, so ist dieses Verfahren unter der Abänderung anwendbar, daß man vorher eine genaue Lotrechtstellung der Teilkreisachse durchführt, indem dann die in der angeschriebenen Gleichung erscheinende Größe  $v$  den Vertikalachsenfehler der Alhidadenachse, somit deren Abweichung von der lotrechten Teilkreisachse vorstellt. Bei diesem Wege hängt man jedoch von der richtigen Lotrechtstellung der Teilkreisachse ab, während das oben erörterte Verfahren eine solche Forderung nicht aufstellt.

Mit der Frage der Unschädlichmachung der Abweichung der Alhidaden von der Teilkreisachse beschäftigte sich schon Helmert (Ztschr. f. Verm. 1876, S. 296 f.) und kam zu dem Ergebnisse, daß es bei lotrechter Teilkreisachse möglich sei, einen Nullwert für die infolge des Schiefstehens der Alhidadenachse beim Repetieren sich zeigende Fehleranhäufung zu erreichen, wenn die Anzahl der Repetitionen so gewählt werde, daß das Produkt aus dem zu messenden Winkel und der Wiederholungszahl ein Vielfaches von  $360^{\circ}$  sei.

Es wurde nun im Früheren bemerkt, daß beim Verfahren der Winkelwiederholung der Fehlereinfluß des Schiefstehens der Alhidadenachse dadurch beseitigt werden kann, daß an die erste eine zweite Messung mit gegengleicher Stellung der Alhidadenachse angefügt wird. Es sei zunächst eine kurze Betrachtung über die bei den Verfahren der Winkelwiederholung eintretenden Fälle der Wanderung der Alhidadenachse um die (lotrecht gestellte) Teilkreisachse durchgeführt. Zu diesem Zwecke vollführen wir die Aufzeichnung dieser Wanderung auf einer

oberhalb des Theodolits gedachten wagrechten Ebene. Bei dem am meisten geübten Verfahren, «in der zweiten Fernrohrlage genau in derselben Art weiterzumessen, wie wenn die Fernrohrlage 1 noch vorhanden wäre» (Hammer a. a. O. S. 396), stellt sich der Fall so dar, daß die Alhidadenachse in der zweiten Kreislage keine gegengleichen Stellungen zur ersten einnimmt. Denn während in der ersten Kreislage durch die Linksdrehung des Teilkreises (Darstellung *a*)

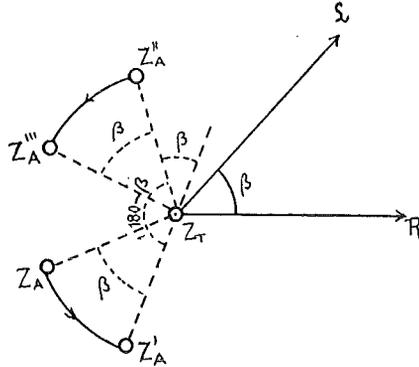


Fig. 3 (a).

$Z_A$  nach  $Z'_A$  kommt (wobei der Einfachheit halber in jeder Kreislage nur eine zweimalige Winkelwiederholung vorausgesetzt ist), wird durch das Durchschlagen und die Drehung des Teilkreises auf den linken Punkt die Alhidadenachse nach einer Drehung um den Winkel  $180 - \beta$  in die Stellung  $Z''_A$  gebracht, nach einer weiteren Linksdrehung des Teilkreises nach  $Z'''_A$ , welche Stellungen im allgemeinen jenen der ersten Kreislage nicht gegengleich liegen. Es ist daher dieser

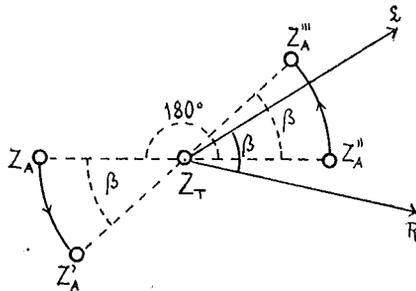


Fig. 3 (b).

Vorgang vom Standpunkte der Unschädlichmachung der Alhidadenachsenschiefe nicht richtig. Anders wird die Sache, wenn man die Winkelwiederholung in der zweiten Kreislage mit derselben Ablesung (also im besonderen wieder mit der Ablesung Null) bei Zeiger 1 beginnt, wie in der ersten Kreislage, wodurch der Teilkreis eine Anfangsstellung einnimmt, die von jener der ersten Kreislage genau um  $180^\circ$  abweicht. Die Stellungen der Alhidadenachse in der zweiten Kreislage sind dann (Darstellung *b*)  $Z''_A$  und  $Z'''_A$ , welche zu den Stellungen  $Z_A$

und  $Z'_A$  genau gegengleich liegen, wenn in der zweiten Kreislage mit der Einstellung des Teilkreises auf den linken Punkt begonnen wird.

Aber auch der nach Friebes Mitteilung (Ztschr. f. V. 1894, S. 333 ff. «Ueber das Schiefstehen des Limbus und verwandte Fehler bei den Repetitions-theodoliten Reichenbach'scher Bauart») schon von Dr. Benzenberg 1810 angewandte, seitdem vielfach, u. a. von Hammer (a. a. O. S. 401) besonders empfohlene Vorgang, zu erreichen, «daß die zweite Reihe der Beobachtungen zweckmäßig den negativen Winkel liefert», der ursprünglich den Zweck hatte, den durch das «Limbusmitschleppen» entstehenden systematischen Fehler zu beseitigen, erfüllt außerdem den Zweck, den Einfluß der Alhidadenachsenschiefe zu beheben, und ist daher dieser Vorgang als der für die Winkelwiederholung einzig richtige zu bezeichnen. Denn es nimmt (Darstellung c) in der zweiten Kreislage die Alhidadenachse nach der Einstellung des Teilkreises auf den rechten Punkt die

Stellung  $Z''_A$  (also genau gegengleich zu  $Z'_A$ ), nach der nächsten Rechtsdrehung des Teilkreises die Stellung  $Z'''_A$  (also gegengleich zu  $Z_A$ ) ein. Dieses Verfahren bietet noch die schöne Beobachtungsprobe, daß in der zweiten Kreislage, abgesehen von den durch die Achsfehler hervorgerufenen kleinen Unstimmigkeiten, sich dieselben Ablesungen ergeben wie in der ersten, somit die Endlesung der Winkelwiederholung mit deren Anfangs-

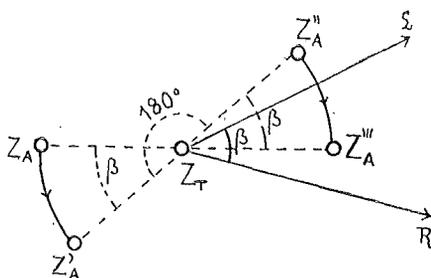


Fig. 3 (c).

lesung übereinstimmt. Wenn daher Hammer sagt (a. a. O. S. 402), daß bei diesem Verfahren der Repetitionsmessung «auch sonst alle eliminierbaren Fehler herausfallen», so ist dabei insbesondere auf den Fehler infolge Alhidadenachsenschiefe hinzuweisen, da ja die übrigen Achsfehler auch bei den anderen Verfahren der Winkelwiederholung, sofern sie in beiden Kreislagen durchgeführt werden, herausfallen. Uebrigens weist auch Friebe am Schlusse der erwähnten Abhandlungen auf diesen Umstand hin, indem er dort, allerdings ohne es näher zu begründen, bemerkt, daß «hiedurch auch gleichzeitig ein anderer Fehler getilgt wird, der durch etwaige Konvergenz zwischen Limbus- und Alhidadenachse entstehen würde».

Es eignet sich das zuletzt besprochene Verfahren auch zur Durchführung von Satzbeobachtungen (was bisher noch nicht in Uebung sein dürfte), wenn für diese kein genaueres Instrument als ein Wiederholungstheodolit zur Verfügung steht, wobei man gegenüber der bisher üblichen Wiederholung der einzelnen Winkel eine größere Schnelligkeit erreicht. Ein solcher «Satz mit Winkelwiederholung», für welchen am Schlusse ein Beispiel gegeben ist, erfordert die rechtsläufige Einstellung der Alhidade in der ersten Kreislage, die linksläufige in der zweiten, wobei in jeder Kreislage sämtliche Winkel nacheinander gleichoft wiederholt werden.

**Geodäsie.  
Theodolitvermessung.**

Sunk, im Jänner 1918.

Ausgeführt: Dr. Franz Aubell.

**Winkelwiederholung**

Instrument: Rost, Grubenrep.-Theod.

a) des einfachen Winkels, [b) des Satzes].

Angabe: 30".

Standpunkt	Winkel 2)	2) Kreislage	Wiederholungs- zahl	Einstellung auf	A b l e s u n g [Satz K. I.]						[Satz K. r.]						Satzmittel der zweifachen Richtung			Auf die erste bezogene						Anmerkung und Lagenskizze							
					1 und 2			Mittel			einzeln [1 und 2]			Mittel			zweifache			einfache													
																	Richtungen			1)													
					0	i	''	0	i	''	0	i	''	0	i	''	0	i	''	0	i	''	0	i	''								
A			0	Q	↓	—	—	—	0	0	0				359	59	22	0	0	—	19	0	0	0	0	0	0						
			2	γ	Y	—	—	—	5	59	45				5	58	45	5	59	15				5	59	34	2	59	47				
			2	z		—	—	—	21	34	35				21	34	10	21	34	22	5	21	34	41	5	10	47	20	7				
			2	p		—	—	—	62	19	22	5				62	17	57	5	62	18	40				62	18	59	31	9	29	5	
			2	III		—	—	—	136	13	45				136	13	25	136	13	35				136	13	54	68	6	57				
			2	C		—	—	—	172	10	35	A			172	10	15	172	10	25				172	10	44	86	5	22				
			2	B		—	—	—	222	15	45	↓			222	15	45	222	15	45				222	16	04	111	8	02				

1) Entfällt bei a) 2) Entfällt bei b)

**Rückwärtseinschneiden im Raum bei Aufnahmen  
aus Luftfahrzeugen.**

Von Dr. P. Werkmeister, Professor in Eßlingen-Württemberg.

Besteht die Aufgabe photogrammetrischer Aufnahmen aus einem Luftfahrzeug in der Festlegung von Neupunkten in einem Netz von einzelnen Festpunkten, so werden die Neupunkte durch Vorwärtseinschneiden von den Punkten aus bestimmt, in denen die Aufnahmen gemacht wurden; man muß daher zunächst für jede einzelne Aufnahme ihren Ort im Raum ermitteln. Diese Punktbestimmungen erfordern die Ausführung von Messungen auf Grund der aufgenommenen Bilder.

Nachdem der im Grundgedanken von C. Koppe angegebene Bildmeßtheodolit auch für die Verhältnisse der Luftbildmessung ausgebildet worden ist,<sup>1</sup> wird man in Zukunft die Ausmessung der Bilder möglichst mit Benützung des Bildmeßtheodolits vornehmen; da dieser die Messung von Horizontal-, Vertikal- und Positionswinkeln auf Grund der aufgenommenen Bilder gestattet, so wird man für die Festlegung der Neupunkte Horizontal- und Vertikalwinkel messen. Die Messung von solchen Winkeln auf Grund eines Bildes erfordert aber, daß das Bild in einer seiner Aufnahme entsprechenden Lage im Bildmeßtheodolit betrachtet werden kann; man muß zu diesem Zwecke das Bild mit der Neigung und der Kantung im Theodolit einstellen können, die die Kammerachse und die

<sup>1</sup> Vgl. R. Hegershoff und H. Cranz. Grundlagen der Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen. Stuttgart 1919 und C. Pulfrich. Ueber Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen und die ihr dienenden Instrumente. Jena 1919.