

# Beobachtungsmethoden für den Aufsatzkreisel

Autor(en): **Schwendener, H.R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie**

Band (Jahr): **62 (1964)**

Heft 9

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-219227>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie

Revue technique Suisse des Mensurations, du Génie rural et de Photogrammétrie

Herausgeber: Schweiz. Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik; Schweiz. Kulturingenieurverein; Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie

Editeur: Société suisse des Mensurations et Améliorations foncières; Société suisse des ingénieurs du Génie rural; Société suisse de Photogrammétrie

Nr. 9 · LXII. Jahrgang

Erscheint monatlich

15. September 1964

## Beobachtungsmethoden für den Aufsatzkreisel

*H. R. Schwendener, dipl. Ing., Heerbrugg*

### *Zusammenfassung*

Das Funktionsprinzip des Aufsatzkreisels wird kurz geschildert und anschließend eine Übersicht über die Beobachtungsmethoden gegeben. Die Ablesung von Umkehrpunkten der Drehschwingung und die Mittelbildung nach Schuler war bisher die einzig mögliche Methode. Neu ist die Bestimmung von Durchgangszeiten der Kreiselachse durch die Vertikalenebene der Ziellinie des Theodolitfernrohrs mit Hilfe einer Stoppuhr mit Schleppzeiger. Diese Methode ist anwendbar beim Aufsatzkreisel Wild GAK1.

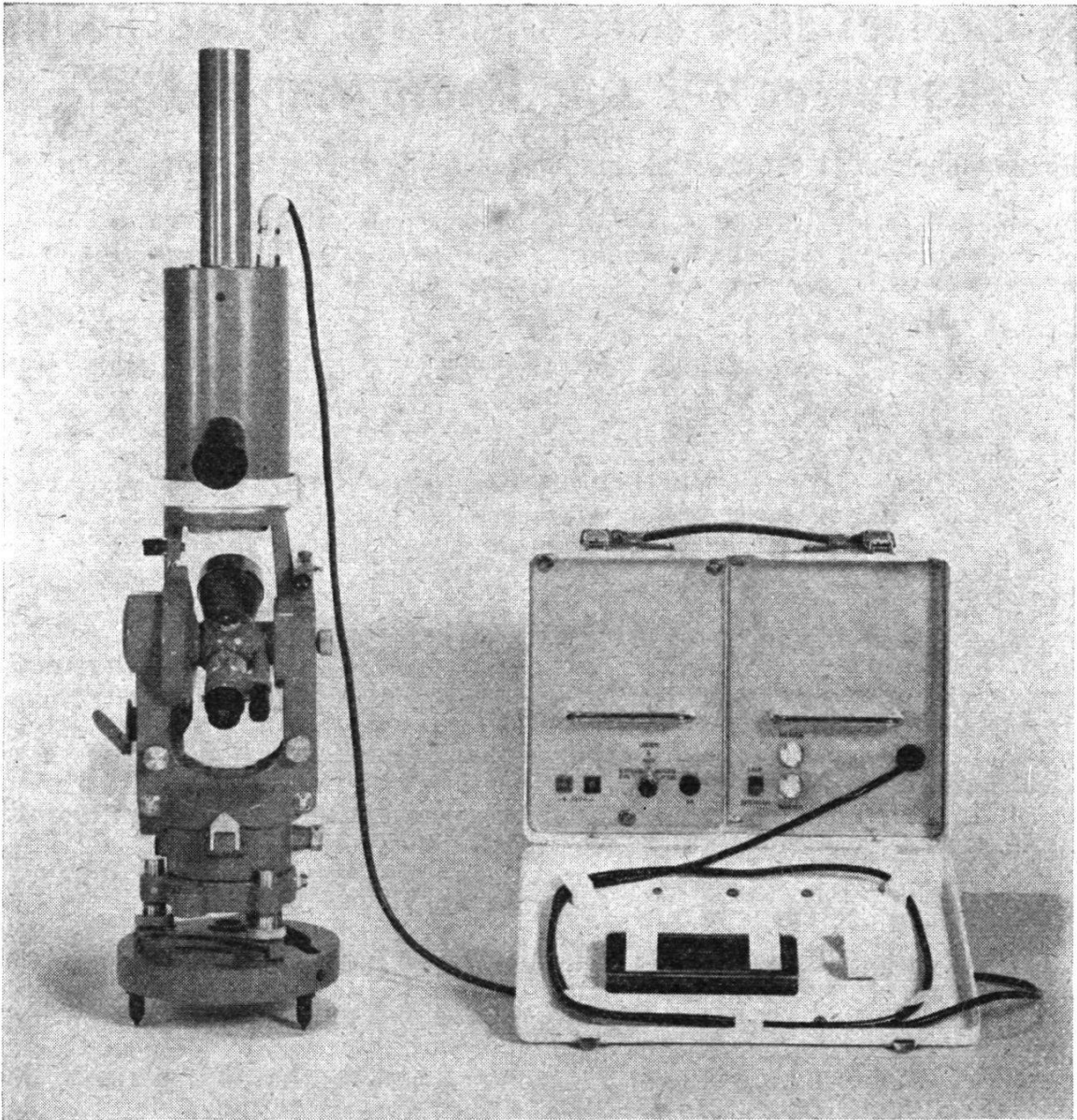
### *Résumé*

On indique brièvement le principe de fonctionnement de l'accessoire à gyroscope et on donne ensuite un aperçu des méthodes d'observation. La détermination des points d'élongation de l'oscillation et la formation de la moyenne d'après Schuler étaient jusqu'à présent la seule méthode possible. On décrit une nouvelle méthode d'observation, où les temps de passage de l'axe du gyroscope dans le plan vertical de l'axe de visée de la lunette du théodolite sont déterminés par un chronomètre à aiguille rattrapante. Cette méthode est utilisable avec le gyroscope Wild GAK1.

### *A. Allgemeines*

Der Vermessungskreisel gewinnt dank den neuesten Entwicklungen mehr und mehr wirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten auch außerhalb des Bergbaus, des klassischen Einsatzgebietes. Als Aufsatzkreisel ermöglicht er heute, in Verbindung mit einem beliebigen Theodolit die Richtung von einem Standpunkt nach Geographisch-Nord (Meridianebene) in etwa 20 Minuten mit einer reproduzierbaren Genauigkeit von  $\pm 1^\circ$  zu bestimmen. Die Ausrüstung umfaßt neben einem handelsüblichen Theodolit mit Stativ den Aufsatzkreisel mit Konverter und Batterie. Das Mehrgewicht der Kreiselausrüstung beträgt etwa 14 kg.

Im Aufsatzkreisel ist der Kreiselmotor durch Aufhängung an einem dünnen Band an das Lot gefesselt. Die Rotationsachse des laufenden Kreisels, die durch die Schwerkraft horizontal gehalten wird, führt unter



Aufsatzkreisel Wild GAK1 auf Wild T16, mit Konverter und Batterie

der Einwirkung der Erdrotation eine schwach gedämpfte Drehschwingung um das Lot als Drehachse symmetrisch zur Meridianebene aus. Das schwingende System projiziert eine Strichmarke auf einen gehäusefesten Index. Falls die Marke im Index genau zentriert ist, liegen für das justierte Instrument Rotationsachse des Kreisels und Zielachse des Theodolitfernrohrs sowie die bandtorsionsfreie Richtung der Kreiselachse in *einer* Vertikalebene.

Abgesehen von der Eichkonstanten, die abhängig ist vom Justierzustand des Instrumentes, entspricht die Mittellage der Drehschwingung der Kreiselachse der Richtung der Fernrohrzielachse nach Geographisch-Nord. Die Aufgabe des Beobachters besteht also darin, die Mittellage der Schwingung zu bestimmen. Die für den Aufsatzkreisel geeigneten Beobachtungsmethoden sollen hier erläutert werden.

## B. Beobachtung der Umkehrpunkte

Die Drehschwingung des Kreisels wird mit der Alhidade des Theodolits verfolgt, in der Art, daß die wandernde Strichmarke durch Nachdrehen des Alhidadentriebes so scharf wie möglich immer in Indexmitte gehalten wird. Dadurch wird zugleich das Aufhängeband torsionsfrei gehalten und somit der Torsionseinfluß auf die Schwingung ausgeschaltet. Der Schwingungsablauf ist sinusförmig (Fig. 1). In der Schwingungsmitte ist die Drehgeschwindigkeit am größten. In der Nähe des Umkehrpunktes ist die Verlangsamung deutlich spürbar. Im Umkehrpunkt selber steht die Strichmarke scheinbar für einige Sekunden still. Bevor die Alhidade im gegenläufigen Sinn wieder nachgeführt wird, liest man am Horizontalkreis des Theodolits die Kreisstelle für den Umkehrpunkt ab. Aus je drei aufeinanderfolgenden Umkehrpunkten wird nach Figur 1 die Mittellage der Drehschwingung berechnet. Nach Schuler wird das Einzel- oder Zwischenmittel  $a_i$  auch Schulermittel genannt. Die Dämpfung der Schwingung, also die Amplitudenabnahme, ist so gering, daß für die Mittelbildung Linearität angenommen werden kann.

$$a_1 = \frac{1}{2} \left( \frac{u_1 + u_3}{2} + u_2 \right) \quad a_2 = \frac{1}{2} \left( \frac{u_2 + u_4}{2} + u_3 \right) \quad N = \frac{\sum a_i}{n}$$

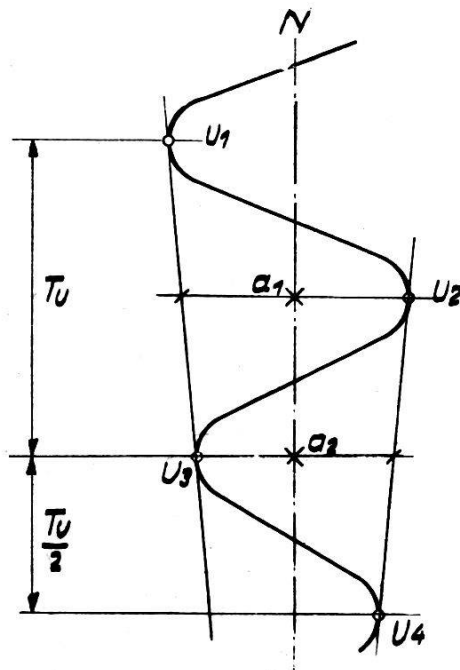


Fig. 1

Beim Aufsatzkreisel GAK 1 kann ein Umkehrpunkt auf  $\pm 25^{\circ}$  erfaßt werden. Die Verwendung eines Minutentheodolits mit  $0,1^{\circ}$ -Schätzung genügt deshalb immer zur Erreichung der vom Aufsatzkreisel her möglichen Genauigkeit.

### C. Schwingzeiten für die Umkehrpunktmethod

Die Schwingzeit ist von der Amplitude unabhängig. Für ein bestimmtes Gerät ist die Schwingzeit  $T_U$  für eine gesamte Schwingungsperiode (von  $u_1$  bis  $u_3$  nach Figur 1) lediglich abhängig von der Horizontalkomponente der Erdrotation, also von  $\cos \varphi$  ( $\varphi$  = geogr. Breite). Bezeichnet man  $T_{U_0}$  als Schwingzeit am Äquator ( $\varphi = 0$ ), so beträgt für eine beliebige Breite  $\varphi$  die Schwingzeit

$$T_{U\varphi} = \frac{T_{U_0}}{\sqrt{\cos \varphi}} \quad (1)$$

Falls die Schwingzeit für einen bestimmten Kreisel bei einer bestimmten geographischen Breite bekannt ist, kann also die Schwingzeit für jede andere Breite berechnet werden.

#### Beispiel: Aufsatzkreisel Wild GAK 1 Nr. 3

Geogr. Breite $\varphi^\circ$	Schwingzeit $T_U$	Schwingzeitänderung in sec pro $\Delta\varphi = 1'$
0°	6 <sup>m</sup> 46,4 <sup>s</sup>	0
30°	7 <sup>m</sup> 16,7 <sup>s</sup>	0,04
47° 25'	8 <sup>m</sup> 14,0 <sup>s</sup>	0,08
60°	9 <sup>m</sup> 34,7 <sup>s</sup>	0,14
75°	13 <sup>m</sup> 18,8 <sup>s</sup>	0,43

Die Schwingzeit wird gemessen, indem bei möglichst genauem Nachführen der Alhidade ein zweiter Beobachter am Ablesemikroskop des Theodolits (Fernrohrlage II) die Durchgänge des Kreisableseindex durch eine bestimmte Kreisstelle nahe der Schwingungsmittellage auf einer Stoppuhr mit Schleppezeiger fixiert. Die Beobachtung von zwei ganzen Schwingungsperioden ergibt die Schwingzeit bereits mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,2$  sec. Der Vergleich mit den Schwingzeitänderungen in der Tabelle zeigt, daß es in Breiten über 60° möglich wäre, mit einem geeichten Aufsatzkreisel neben der Nordrichtung durch Schwingzeitmessung auch die geographische Breite mit einer Genauigkeit unter einer Bogenminute (360°) zu bestimmen.

### D. Schnellmethode

Der Umstand, daß die Schwingzeit konstant ist beziehungsweise für größere Breitenänderungen mit dem Rechenschieber sofort vorberechnet werden kann, wird für eine rasche Grob- oder Näherungsorientierung benutzt. Die Alhidade wird dazu vom Zeitpunkt des Umkehrpunktes an während der Viertelschwingzeit nachgeführt und dann geklemmt. Diese Stellung der Alhidade entspricht einer genäherten Nordrichtung  $N'$ . Da

im Umkehrpunkt die Geschwindigkeit der Drehschwingung Null ist; kann der Zeitpunkt nicht genügend genau erfaßt werden. Das Nachführen der Alhidade wird deshalb bereits 20 bis 40 sec vor dem Umkehrpunkt, das heißt während der deutlich spürbaren Verlangsamung der Drehschwingung, abgebrochen. Dieser Moment wird auf eine Stoppuhr mit Schleppzeiger als Zeit 0 eingegeben (Fig. 2). Sobald die Strichmarke wieder durch

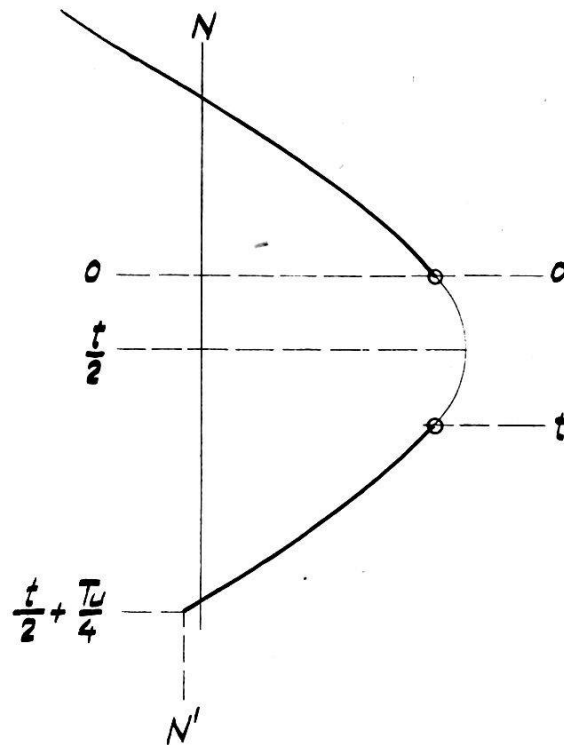


Fig. 2

die Indexmitte läuft, wird die Zeit  $t$  mit dem Schleppzeiger gestoppt. Die Alhidade wird wieder nachgeführt, bis die Uhr  $\frac{1}{2} t + \frac{1}{4} T_U$  anzeigt. Während der Zeit  $t$  bewirkt das tordierte Band eine Reduktion der bekannten Viertelsschwingzeit. Diese Reduktion ist abhängig von  $t$  und beträgt 1 bis 2 Zeitsekunden für ein  $t$  von 40 bis 80 sec.

Die Genauigkeit einer solchen Groborientierung ist abhängig von der Drehgeschwindigkeit im Meridian und somit von der Amplitude, die bei Beträgen über etwa 3 Grad vor allem von der Abweichung vom Meridian beim Freigeben des Kreisels bestimmt wird. Da die zeitliche Erfassung des Meridiandurchgangs mit einer Genauigkeit von  $\pm 1$  sec erfolgen kann, entspricht die Winkeländerung pro 1 sec im Meridian der zu erwartenden Genauigkeit. In mittleren Breiten ergeben sich folgende Werte:

Amplitude	Genauigkeit der Groborientierung
3g	$\pm 4^c$ ( $\pm 0,5\text{‰}$ )
10g	$\pm 13^c$ ( $\pm 2\text{‰}$ )
40g	$\pm \frac{1}{2}g$ ( $\pm 8\text{‰}$ )



Der Zeitaufwand für eine Groborientierung nach dieser Methode beträgt etwa 5 Minuten. Da der Bereich des Alhidadentriebes beschränkt ist, wird er meist nicht genügen für die Groborientierung. Das ungenaue Nachführen mit geöffneter Alhidadenklemme verursacht jedoch im Rahmen der für größere Amplituden zu erwartenden Genauigkeit keine Genauigkeitseinbuße.

### E. Durchgangsmethode

Hauptmerkmal der Durchgangsmethode ist die feste, mit der Schnellmethode genähert nach Norden orientierte Richtung  $N'$  (Fig. 3) der den Aufsatzkreisel tragenden Alhidade. Für die Bestimmung der

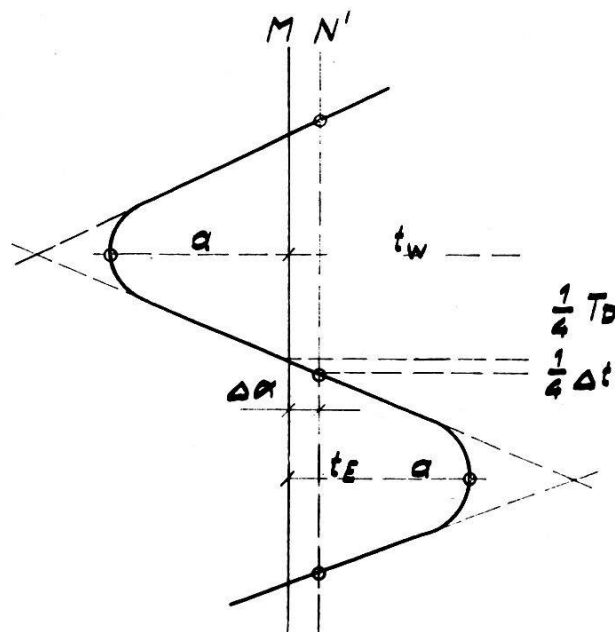


Fig. 3

Mittellage  $M$  der Kreiseldrehschwingung werden die Durchgänge der Strichmarke durch die Indexmitte an einer Stoppuhr mit Schleppeiger gestoppt. Falls die Zeiten  $t_W$  (West) und  $t_E$  (Ost) genau gleich sind, entspricht die Richtung der Fernrohrzielachse genau der gesuchten Schwingungsmittellage  $M$ . Zwischen einer Differenz  $\Delta t = t_E - t_W$  und der Winkelkorrektur  $\Delta \alpha$  besteht im linearen Bereich der Sinusschwingung Proportionalität. Der lineare Bereich beträgt im Rahmen der geforderten Genauigkeiten etwa 20% der Amplitude. Die Korrektur  $\Delta \alpha$  kann einfach hergeleitet werden als

$$\Delta \alpha = a \cdot \arcsin \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\Delta t}{T_D},$$

wobei

$a$  = die Amplitude der Schwingung, deren Dämpfung für diese Beobachtungsmethode vernachlässigbar ist,

$T_D$  = die Schwingzeit einer ganzen Periode für die Durchgangsmethode.

Beim Aufsatzkreisel Wild GAK 1 kann die Amplitude an einer einfachen Hilfsteilung im etwa 6 Grad breiten Ablesebild beobachtet werden, indem man die Umkehrpunkte mit der hierfür genügenden Genauigkeit von  $\pm 2^{\circ}$  abliest. An der Hilfsteilung wird also im einen Umkehrpunkt der Ausschlag  $(a + \Delta\alpha)$  abgelesen, im anderen Umkehrpunkt der Ausschlag  $(a - \Delta\alpha)$ . Das Mittel ergibt die Amplitude  $a$  mit einer Genauigkeit von  $\pm 1,5^{\circ}$ . Da die Hilfsteilung zweckmäßigerweise nicht in einer Winkelteilung beziffert ist, liest man in Einheiten dieser Hilfsteilung ab. Der Ausdruck für  $\Delta\alpha$  lautet dann

$$\Delta\alpha = \frac{m}{T_D} \cdot \arcsin \frac{\pi}{2} \cdot a \cdot \Delta t, \quad (2)$$

wobei

$a$  = die Amplitude in Einheiten der Hilfsteilung,  
 $m$  = die bekannte Maßstabszahl (GAK 1  $19,2^{\circ}$  bzw.  $10,4'$  bzw.  $3,1^{\circ}/_{00}$ ).

Da während der Messung die Alhidade und somit die obere Bandklemme fest bleibt, ist am Schwingungsablauf neben der Horizontal-

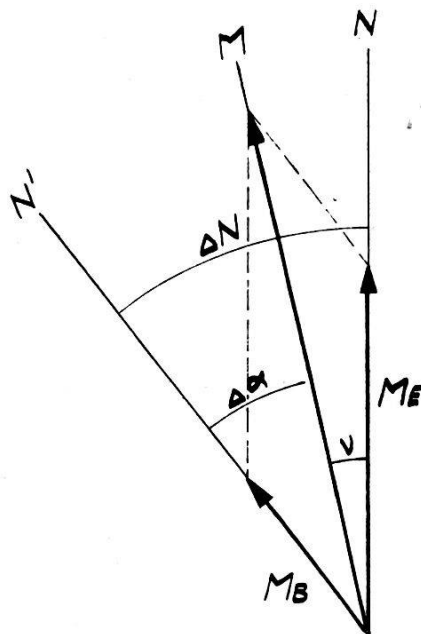


Fig. 4

komponente der Erdrotation auch die Bandtorsion beteiligt. Die genäherte Nordrichtung sei mit  $N'$  bezeichnet (Fig. 4). Die Bestimmung der Winkelkorrektur  $\Delta\alpha$  nach (2) führt auf die Schwingungsmittellage  $M$ , die durch das zusätzliche Richtmoment  $M_B$  der Bandtorsion um den Winkel  $\nu$  aus der gesuchten Nordrichtung verschwenkt ist.

Die Schwingungsmittellage  $M$  ist festgelegt durch das aus dem Richtmoment der Erdrotation  $M_E$  und der Bandtorsion  $M_B$  resultierende



Richtmoment  $M$ . Da  $\Delta\alpha$  und  $\nu$  sehr kleine Winkel sind, gilt für die zusätzliche Korrektur

$$\nu = \frac{M_B}{M_E} \Delta\alpha \quad (3)$$

Das Verhältnis  $M_B : M_E$  wird am zweckmäßigsten aus den Schwingzeiten bestimmt. Falls durch Nachführen der Nullage die Bandtorsion ausgeschaltet wird, ist nur  $M_E$  für die Schwingzeit  $T_U$  maßgebend (siehe C). Falls die Alhidade fest bleibt, ergibt sich durch die Zeitmessung die Schwingzeit  $T_D$  für die Durchgangsmethode, für die das resultierende Richtmoment  $M \approx M_B + M_E$  maßgebend ist. Für einen bestimmten Kreisel gilt

$$T_U = \frac{k}{\sqrt{M_E}} \quad \text{und} \quad T_D = \frac{k}{\sqrt{M_B + M_E}};$$

daraus

$$\frac{M_B}{M_E} = \frac{T_U^2}{T_D^2} - 1 \quad (4)$$

Die Kombination (2), (3) und (4) ergibt für die gesuchte Korrektur  $\Delta N$  nach Geographisch-Nord

$$\Delta N = m \cdot \arcsin \frac{\pi}{2} \cdot \frac{T_U^2}{T_D^3} \cdot a \cdot \Delta t \quad \text{oder} \quad \underline{\Delta N = c \cdot a \Delta t}, \quad (5)$$

wobei der Proportionalitätsfaktor  $c = m \cdot \arcsin \frac{\pi}{2} \cdot \frac{T_U^2}{T_D^3}$

Der Faktor  $c$  kann also nach Messung der Schwingzeiten berechnet werden. Einfacher ist die Bestimmung von  $c$  durch praktische Messungen. Für zwei Richtungen  $N'$ , die je etwa  $20^\circ$  westlich und östlich des Meridians liegen, werden  $a$  und  $\Delta t$  gemessen. Für  $c$  gilt dann

$$c = \frac{N'_2 - N'_1}{a_1 \Delta t_1 - a_2 \Delta t_2}$$

Falls zur Bestimmung von  $c$  mehrere Messungen zur Verfügung stehen, wird  $c$  durch eine Ausgleichung für die Unbekannten  $N$  (Nordrichtung) und  $c$  ermittelt.

Für die Schwingzeit  $T_D$  in Funktion der Breite  $\varphi$  gilt analog (1)

$$T_{D\varphi} = \frac{T_{U0}}{\sqrt{\cos \varphi + M_B}},$$

wobei  $M_B$  das konstante Richtmoment der Bandtorsion als Verhältniszahl zum Richtmoment  $M_E$  für die Breite  $\varphi = 0$  bedeutet. Falls für einen bestimmten Kreisel bei einer bestimmten geographischen Breite die Schwingungszeiten  $T_U$  und  $T_D$  gemessen und  $T_{U0}$  für  $\varphi = 0$  nach Ab-

schnitt  $C$  berechnet sind, kann der konstante Torsionseinfluß  $M_B$  und somit die Schwingzeit  $T_D$  für jede andere Breite berechnet werden. Somit kann auch der breitenabhängige Proportionalitätsfaktor  $c$  und das eventuell interessierende Verhältnis der Richtmomente  $M_B : M_E$  für jede geographische Breite vorberechnet werden.

*Beispiel: Aufsatzkreisel Wild GAK 1 Nr. 3*

Geogr. Breite	Schwingzeit $T_U$	Schwingzeit $T_D$	Prop. Faktor $c$	$\frac{M_B}{M_E}$
0°	6 <sup>m</sup> 46,4 <sup>s</sup>	6 <sup>m</sup> 02,9 <sup>s</sup>	0,104 <sup>c</sup> /sec	25,4 %
30°	7 <sup>m</sup> 16,7 <sup>s</sup>	6 <sup>m</sup> 23,9 <sup>s</sup>	0,102 <sup>c</sup> /sec	29,4 %
47° 25'	8 <sup>m</sup> 14,0 <sup>s</sup>	7 <sup>m</sup> 01,2 <sup>s</sup>	0,099 <sup>c</sup> /sec	37,6 %
60°	9 <sup>m</sup> 34,7 <sup>s</sup>	7 <sup>m</sup> 47,9 <sup>s</sup>	0,097 <sup>c</sup> /sec	50,9 %
75°	13 <sup>m</sup> 18,8 <sup>s</sup>	9 <sup>m</sup> 27,3 <sup>s</sup>	0,105 <sup>c</sup> /sec	98,3 %

Aus der Tabelle sind folgende interessante Punkte ersichtlich:

Die Schwingzeit und somit die Beobachtungsdauer der Durchgangsmethode ist, verglichen mit derjenigen der Umkehrpunktmethode, erheblich kürzer.

Der Proportionalitätsfaktor  $c$  ist nicht empfindlich gegen Breitenänderungen. Falls für die Näherungsorientierung nach der Schnellmethode eine Genauigkeit von 10<sup>c</sup> bis 20<sup>c</sup> erreicht wird, genügt die Annahme eines mittleren  $c$  auch für große Einsatzgebiete zur Erreichung der dem Gerät innewohnenden Genauigkeit von  $\pm 0,5^c$ .

Der Azimutbestimmung mit dem Kreisel sind in hohen Breiten Grenzen gesetzt. Das Verhältnis  $M_B : M_E$  zeigt, daß für den Aufsatzkreisel bei etwa 75° Breite die Richtmomente infolge Bandtorsion und Erdrotation gleich groß werden. Die Grenze für einen sinnvollen Einsatz des Aufsatzkreisels liegt deshalb etwa bei 75° Breite.

Die reine Beobachtungsgenauigkeit der Durchgangsmethode kann wie folgt abgeschätzt werden:

Der Durchgang wird mit einer guten Stoppuhr mit Schleppzeiger für Amplituden über 1 Grad mit einem mittleren Fehler von  $\pm 0,1$  sec erfaßt. Die Zeitkorrektur  $\Delta t$  ist also mit einem mittleren Fehler von  $\pm 0,2$  sec behaftet.

Für

$$c = 0,100 \text{ } ^c/\text{sec}$$

$$a = 10,0 \text{ Einheiten (etwa } 2g)$$

$$\Delta t = 10,0 \text{ sec}$$

$$m_c = \pm 0,001 \text{ } ^c/\text{sec}$$

$$m_a = \pm 0,1 \text{ E } (\pm 2^c)$$

$$m_{\Delta t} = \pm 0,2 \text{ sec}$$

ergibt sich

$$\Delta N = 10,0^c$$

$$m_{\Delta N} = \pm 0,25^c$$

Für das Schwingungsmittel liegt also die Beobachtungsgenauigkeit in der Größenordnung  $\pm 20^{\text{cc}}$  bis  $\pm 30^{\text{cc}}$ .

#### F. Einfluß eines Nullagefehlers der Bandtorsion

Bisher wurde die für das justierte Instrument gültige Annahme getroffen, daß bei Indexmittelstellung der Strichmarke keine Bandtorsion auftritt. Die Bandtorsionsnullage kann bestimmt werden durch Beobachtung der Torsionsschwingung bei nichtlaufendem Kreisel und fixierter Alhidade. Die Umkehrpunkte werden an der Hilfstellung im Index ab-

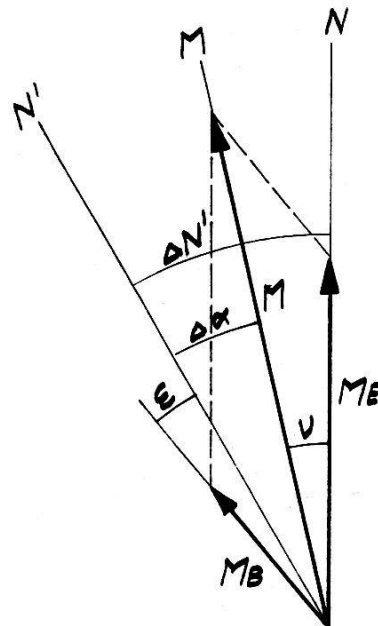


Fig. 5

gelesen und nach Schuler gemittelt. Die Nullage kann in etwa 2 Minuten mit einer Genauigkeit von  $\pm 1^{\circ}$  bestimmt werden. Eine Abweichung  $\varepsilon$  (Fig. 5) der Nullage von der Indexmitte bewirkt eine Verschwenkung der Schwingungsmittellage, die rechnerisch berücksichtigt werden kann. Für die Korrektur  $\Delta\alpha$  zur verschwenkten Schwingungsmittellage gilt wieder die Formel (2). Für  $\nu$  ergibt sich jetzt aber

$$\nu = (\Delta\alpha + \varepsilon) \frac{M_B}{M_E}$$

und somit für

$$\Delta N' = \Delta N + \varepsilon \cdot \frac{M_B}{M_E}$$

Zu der nach (5) angebrachten Korrektur  $\Delta N$  wird also noch die Nullagekorrektur  $\varepsilon (M_B : M_E)$  zugefügt. Die gleiche Nullagekorrektur ergibt

sich für die Umkehrpunktmethode, falls nicht die wirkliche Torsionsnullage nachgeführt wird.

Im allgemeinen ist es nicht notwendig, bei Messungen mit dem Aufsatzkreisel eine Nullagekorrektur anzubringen. Die obere Bandklemme ist fest und wird nur zur Justierung gelöst. Die Variationen der Nullage sind bei sachgemäßer Behandlung des Instrumentes so gering, daß ihr Einfluß im Rahmen der zu erwartenden Genauigkeit bleibt. Ein Justierfehler wirkt sich als Eichkonstante aus, allerdings nur solange der Kreisel nicht über große Breitenunterschiede in hohen Breiten eingesetzt wird. Immerhin wird ein erfahrener Beobachter die Nullagekorrektur eventuell zur Erreichung extremer Genauigkeiten heranziehen.

#### *G. Vergleich Umkehrpunktmethode/Durchgangsmethode*

Die Umkehrpunktmethode bedingt beim Aufsatzkreisel fortwährendes Beobachten der Schwingung und möglichst regelmäßiges Nachführen der Alhidade, was auf die Dauer ermüdend ist. Unregelmäßiges und ungenaues Nachführen stören den Schwingungsablauf und können rechnerisch nicht erfaßt werden. Der handelsübliche Theodolit muß durch Anbringen eines beidseitig bedienbaren, erweiterten Alhidadentriebes modifiziert werden. Die Methode kann allerdings ohne Uhr durchgeführt werden. Falls die Alhidade auf  $\pm 1$  Grad vororientiert ist, kann sofort mit der Feinmessung begonnen werden. Die Genauigkeit ist bei gutem Nachführen der Durchgangsmethode ebenbürtig. Die Gefahr von Ablesefehlern für die Umkehrpunkte ist jedoch relativ groß.

Für die Durchgangsmethode ist eine Stoppuhr mit Schleppzeiger erforderlich. Jedoch erübrigt sich die Montage eines erweiterten Alhidadentriebes am handelsüblichen Theodolit, was den Aufsatzkreisel allgemeiner anwendbar macht. Die Näherungsorientierung ist auf  $\pm 20^\circ$  genau notwendig, was nach der Schnellmethode auch bei großen Ausgangsabweichungen bis etwa 20 Graden innert 5 Minuten möglich ist. Die Feinmessung ist für den Beobachter in keiner Weise anstrengend, da lediglich in Abständen von 3 bis 5 Minuten der Durchgang gestoppt beziehungsweise die Amplitude abgelesen werden muß. Da man nicht am Gerät manipulieren muß, kann der Schwingungsablauf vom Beobachter nicht gestört werden. Die laufende Auswertung kann vom Beobachter während der Messung durchgeführt werden.