



## Bekannschaft mit dem Aufsatzkreisel

Erich Korschineck <sup>1</sup>, Kornelius Peters <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Techn. Hochschule Wien, 1040 Wien, Karlsplatz 13*

<sup>2</sup> *Techn. Hochschule Wien, 1040 Wien, Karlsplatz 13*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **54** (6), S. 192–196

1966

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

```
@ARTICLE{Korschineck_VGI_196617,  
Title = {Bekannschaft mit dem Aufsatzkreisel},  
Author = {Korschineck, Erich and Peters, Kornelius},  
Journal = {{\0}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {192--196},  
Number = {6},  
Year = {1966},  
Volume = {54}  
}
```



[13] *Kobold, F.*: a) Die Bestimmung der Lotabweichungskomp. im Merid. d. St. Gotthardtaus Höhenwinkelmessungen. Commission Geodésique Suisse 1951. b) Hohenwinkelmess., Lotabweichung u. Meereshöhen, ZfV. 1955, S. 260.

[14] *Krames, J.*: Elementargeometrischer Nachweis des „gefährlichen“ Drehzylinders beim räumlichen Rückwärtseinschnitt. Elemente der Mathematik, X/5, 1955.

[15] *Láska, W.*: Über eine Erweiterung des Rückwärtseinscheidens. ZfV. 1900, S. 565.

[16] *Löschner, H.*: Über eine Erweiterung des Rückwärtseinscheidens. ZfV. Bd. XXX, 1901, S. 485.

[17] *Puller*: Trigonometrische Punktbestimmung (Erweiterung des Rückwärtseinscheidens), ZfV. 1902, S. 456.

[18] *Wunderlich, W.*: Über den gefährlichen Rückwärtseinschnitt. Jahresbericht der Deutschen Mathematikervereinigung, Bd. 53 (1943), Heft 2, S. 41.

## Bekannschaft mit dem Aufsatzkreisel

Von *Erich Korschineck* und *Kornelius Peters*, Wien

Dem Institut für Landes- und Katastervermessung der Technischen Hochschule Wien wurde freundlicherweise ein Aufsatzkreisel GAK 1 mit adaptiertem T 16 von der Fa. *Wild* zur Verfügung gestellt.

Bereits 1912 wurde, den immer größer werdenden Ansprüchen des Markscheidewesens entsprechend, der erste Vermessungskreisel entwickelt. Zu dieser Zeit war der Kreiselkompaß für Navigationszwecke schon in allgemeiner Verwendung. Damit war ein zwar schweres und unhandliches, aber zum unabhängigen Richtungsanschluß geeignetes Gerät geschaffen, das eine Beziehung nach Astronomisch-Nord ermöglichte. Erst nach 1945 nahm aber die Entwicklung des Vermessungskreisels solche Fortschritte, daß er zweckmäßig für praktische Arbeiten eingesetzt werden konnte. 1960 brachte die Konstruktion des Aufsatzkreisels die Befreiung von der Belastung des hohen Instrumentengewichtes und der einseitigen Verwendbarkeit.

Eine eingehende Beschreibung des Kreiselprinzipes sowie eine ausführliche Literaturangabe enthält [1], die Methodik der Messung mit dem GAK 1 wird in [2] behandelt, so daß sich unser Bericht auf die Erfahrungen, die wir bei einem kurzen Gebrauchstest sammeln konnten, beschränken kann.

Der erste Eindruck ist die überraschende Handlichkeit des Gerätes. Nur 1,8 kg wiegt der Kreiselaufsatz, der sich mit wenigen Manipulationen auf jeden Wild-Theodoliten montieren läßt. Die Aufsatzbrücke läßt sich auch nachträglich noch auf die Modelle anbringen. Auch mit aufgesetztem Kreisel kann der Theodolit in gewohnter Weise gehandhabt werden. Muß kein geographisches Azimut mehr bestimmt werden, wird der Kreisel mit einem einfachen Handgriff abgenommen. Die Ausrüstung vervollständigt ein Konverter, der zusammen mit der Batterie in einem tragbaren Gehäuse von Handtaschenformat untergebracht ist. Er liefert die Energie zum Betrieb des mit 24.000 Umdrehungen/min rotierenden Kreisels. Die Einfachheit der Bedienung wird durch die kurzen Einschulungszeiten unterstrichen. Ein Test mit Studenten zeigte, daß ein im Umgang mit geodätischen Geräten geübter Beobachter in einem halben Tag das Gerät und in zwei Tagen alle Meßmethoden vollkommen beherrschen kann.

Von den in [2] beschriebenen Methoden kam hauptsächlich die Durchgangsmethode zur Anwendung, dann auch in zweiter Linie die Umkehrpunktmethode. Die Groborientierung erfolgte teils mittels der Schnellmethode, teils aus bekannten Richtungswinkeln.

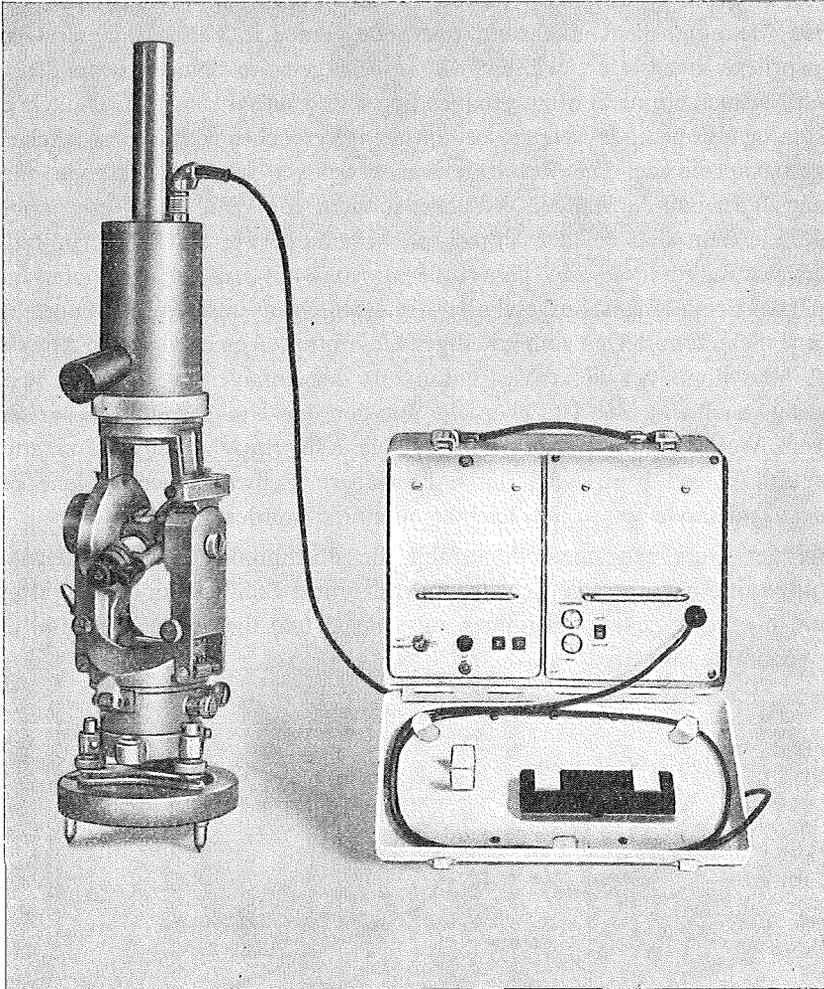


Abb. 1

Die Aufstellung des Gerätes dauert nur eine Minute länger als bei einem konventionellen Theodolitstandpunkt. Nach einer weiteren Minute, die der Kreisel zum Hochlauf benötigt, ist das Gerät messungsbereit. Die Schnellmethode zur Grobeinrichtung liefert in maximal 6 Minuten die näherungsweise Orientierung. Vorbedingung hierzu ist die Vororientierung mit der Röhrenbussole. Mit dieser Messungsanordnung liegt man auf jeden Fall innerhalb der für die Feineinrichtung geforderten Genauigkeit.

Die Umkehrpunktmethode mit Bildung des Schulermittels ist zwar die klassische und am längsten gebräuchliche der Beobachtungsarten, tritt jedoch wegen des langwierigen und ermüdenden Nachführens immer mehr in den Hintergrund. Zur Er-

leichterung des Nachführens werden die modifizierten Theodolite mit besonders großem Spielbereich des Horizontalfeintriebs von etwa  $16^s$  und beidseitiger Rändelschraube ausgestattet. Zweckmäßigerweise wird man darauf achten, daß die Bereiche des Feintriebs links und rechts der geklemmten Ausgangstellung möglichst gleich sind (auf  $1^s$  bis  $2^s$  genau). Abweichend zu der in manchen Veröffentlichungen geäußerten Meinung, die Umkehrpunktmethode gerade in Fällen höherer Genauigkeitsansprüche einzusetzen, würden wir vorschlagen, sie dann anzuwenden, wenn möglichst schnell ein nicht allzu genaues Ergebnis greifbar sein soll. Umkehrpunkt- und Durchgangsmethode zeigten bei unseren Versuchen keine wesentlichen Genauigkeitsunterschiede. Die Resultate waren weniger von der Methode oder der Messungsdauer und Anzahl der Versuche, sondern von Wind und Wetter abhängig. Beschränkte man sich bei der Umkehrpunktmethode auf ein Schulermittel, d. s. drei Umkehrpunkte insgesamt, dauert die Messung nur etwa zehn Minuten und der Nachteil der Ermüdung ist ausgeschaltet. Ein wahllos aus unseren Messungen herausgegriffenes Schulermittel hat vom jeweiligen Gesamtmittel eine maximale Abweichung von  $2^c$ . Vorteilhaft bei dieser Messungsart ist der einfache Rechen- und Beobachtungsgang, nachteilig die Unsicherheit, mit der der Umkehrpunkt besonders bei windigem Wetter erfaßt werden konnte. Die Kreiselmarke zeigt dann auch bei Pfeileraufstellungen beim Nachführen überlagerte Schwingungen, welche bei der Durchgangsmethode wesentlich leichter eliminiert werden können.

Bei der Durchgangsmethode erfolgt die Bestimmung der Orientierungsverbesserung mittelbar über die Schwingungszeit unter Zuhilfenahme einer Stoppuhr. Bei den folgenden Zeilen soll immer auf Abb. 2 und die Seiten 138—140 aus [2] Bezug genommen werden.

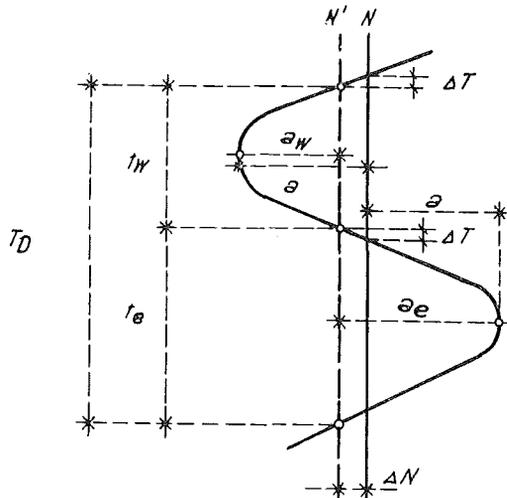


Abb. 2

Hat man  $c$  bestimmt, etwa wie auf S. 140 angegeben, wird es zweckmäßig sein, eine Leitertafel  $a \rightarrow c \cdot a$  aufzustellen, um bei der Rechenschieberauswertung der Bestimmungsformel  $\Delta N = c \cdot a \cdot \Delta t$  mit einer Zungenstellung durchzukommen.

Arbeitet man in einem begrenzten Gebiet mit einer Ost-Westerstreckung bis etwa 30 km, ist auch eine Leitertafel  $Y_{km} \rightarrow \gamma^c$  die Mühe der Anlegung wert. Als Unterlage hierfür dient etwa die DV 8 des Bundesvermessungsdienstes.

Die lineare Beziehung für  $\Delta N$  ergibt sich aus folgender Überlegung:

Aus Abb. 2 sieht man, daß  $2\Delta T = \frac{T_D}{2} - t_w$ , also  $T = \frac{T_D}{4} - \frac{t_w}{2} = \frac{t_w + t_e}{4} - \frac{t_w}{2} = \frac{1}{4}(t_e - t_w) = \frac{1}{4}\Delta t$ .  $\Delta T$  ist das Analogon zu  $\Delta N$ , also die Zeitdifferenz zwischen beobachteter Nullage und Durchgang durch den Meridian.  $\Delta t$  ist die Differenz, die sich aus dem Messungsgang direkt ergibt.

Weiters sieht man:  $a_w = a - \Delta N = a(1 - \sin \Delta T)$ .

$\Delta N = a - a_w = a \sin \Delta T$ ; den Umrechnungsfaktor Zeit  $\rightarrow$  Bogenmaß noch eingeführt, ergibt sich für  $\Delta N$ , die Richtungskorrektur, der Ausdruck  $a \sin$

$$\left( \frac{1}{4} \Delta t^{sec} \frac{2\pi}{T_D^{sec}} \right) = \Delta N.$$

$a = \frac{|a_w| + |a_e|}{2}$  ist sofort ersichtlich ( $a_w$  und  $a_e$  siehe Abb. 2).

Für  $T_D$  ist nun die beobachtete Zeit für einen Durchgang einzusetzen. Bei uns schwankte sie zwischen  $7^{min} 19^{sec}$  und  $7^{min} 20^{sec}$ , diese Differenz von  $1^{sec}$  entspricht aber nur einem Fehler von etwa  $2 \text{ } 0/_{00}$ , ist also unerheblich. Um  $\Delta N$  in  $^c$  zu erhalten, muß man noch  $a$ , das in eigenen Einheiten abgelesen wird, in  $^c$  umrechnen. Laut S. 136 ist  $\Delta N = 11 \cdot 5^c (a_e + a_w)$ .  $\Delta N$  ist aber auch durch die Beziehungen  $\Delta N = a^c + a_w^c$  und  $\Delta N = a_e^c - a^c$  auszudrücken, d. h.  $2 \Delta N = a_w^c + a_e^c$ , wenn man  $a_w$  und  $a_e$  vorzeichenrichtig einsetzt.  $2 \Delta N = (a_w + a_e) \cdot 23^c$  laut der ersten Formel, aus dem Vergleich mit der zweiten ergibt sich unmittelbar der Umrechnungsfaktor  $a$  (Skala) in  $a^c$  als Größe von  $23^c$ . Dieser Wert kann auch durch Beobachtungen gewonnen werden.

In unserem Fall lautet also die konkrete Formel:

$\Delta N^c = 23 a \sin (\Delta t \cdot 0,357 \cdot 10^{-2})$ , entwickelt  $\Delta N = 23 a \cdot \Delta t \cdot 0,357 \cdot 10^{-2} - 23 a \cdot \left( \frac{\Delta t \cdot 0,00357}{3} \right)^3 + \dots$  Der erste Ausdruck entspricht (3) aus [2] in Zahlen ausgeführt,

der zweite der Ungenauigkeit beim Linearisieren. Soll er kleiner als  $0^c 2$  sein, wird

$$\Delta t^{sec} \leq \sqrt[3]{\frac{0^c 6}{23 a}} \cdot 280; \text{ bei } a = 10 \text{ wird } \Delta t_{max} \doteq 40^{sec}, \text{ das sind etwa } 10\% \text{ von } T_D$$

$= 440^{sec}$ .  $\Delta N$  ist hier  $35^c$ . Wächst  $a$  um  $50\%$ , sinkt  $\Delta t_{max}$  um etwa  $15\%$ . Da man aber von vorneherein nicht weiß, wie groß  $\Delta N$  wird, trachte man immer,  $a$  möglichst groß zu machen, da sonst  $\Delta t$  außerhalb der Schranke für die lineare Beziehung fallen könnte. Die Einregulierung eines passenden  $a$  und einer gleichmäßigen Bewegung des Zeigers erfordert Fingerspitzengefühl und wäre leichter, wenn die Dämpfung des Kreisels feiner zu regulieren wäre. Bei unserem Gerät wurden Assoziationen zur schlecht eingestellten Kupplung eines Kraftwagens wach. Fühlt man sich hinsichtlich der inneren Genauigkeit unsicher, gibt die einfache Differentialformel  $d\Delta N = c(da \cdot \Delta t + a d\Delta t)$  Aufschluß. Sei etwa  $da = 0,1$  Skalenteile,  $d\Delta t = 0,3^{sec}$ ,

ist die Richtungsverbesserung bei  $a = 10$  und  $\Delta t = 30^{\text{sec}}$  um etwa  $0^{\circ}5$  unrichtig. Das kleinste  $d \Delta N$  erhält man, wenn sich  $da:d \Delta t$  wie  $a:\Delta t$  verhalten. Doch auch hier gilt das bei der Linearisierungsformel Gesagte. Allgemein möge man sich immer wieder vor Augen halten, daß der Aufsatzkreisel kein Präzisionsgerät im Sinne des Vermessungswesens, sondern im Sinn der Mechanik ist und sein großer Vorteil darin besteht, daß er dann Orientierungen liefert, wenn alle konventionellen Mittel versagen oder unrationell sind. Die zu erwartende Genauigkeit liegt im Minutenbereich. Durch den rein mechanischen Aufsatz kann die Parallelität Zielachse-Kreiselachse nur in begrenzten Rahmen gewahrt werden. Unmittelbar hintereinander gemessene Gegenazimute streuten bei idealen äußeren Bedingungen um mehr als  $1^{\circ}$ . Bei windigem Wetter waren auch bei der Durchgangsmethode die Resultate noch schlechter. Auch hier gilt das schon in [2] Gesagte: eine große Zahl von Beobachtungen einer Richtung erhöht keinesfalls die äußere Genauigkeit; sie kann den Beobachter je nach Veranlagung beruhigen oder beunruhigen. So zeigte sich etwa in den  $\Delta t$  bei manchen Aufstellungen ein deutlicher Gang in Form einer überlagerten Schwingung; die Werte sanken zuerst, stiegen dann und fielen zum Ausgangswert zurück. Die Art und Größe der Änderungen schließt einen eventuellen Beobachtungsfehler einer Durchgangszeit aus. Man beobachte bei der Durchgangsmethode also nur so lange, bis man eine Grobkontrolle erhalten hat. Als solche ist bereits die Konstanz der Durchgangszeit  $T_D$  anzusehen. In diesem Fall erfordert dann diese Methode etwa 10–13 Minuten ab Beginn der Messung.

Die Einsatzmöglichkeiten dieses Gerätes ergeben sich daher z. B. für die Richtungskontrolle langer Polygonzüge. Überraschend, aber leicht nachzuweisen, ist die Tatsache, daß ein richtungsmäßig nicht abgeschlossener Zug von 7 Seiten bereits mit der dreifachen Winkelgenauigkeit gemessen werden muß wie ein gleichwertiger, nach der Springstandmethode beobachteter Kreiselzug. (Weiteres über Polygonzugkontrollen in [3]). Unbestritten ist auch die Leistungsfähigkeit des Kreisels unter Tage. So konnten die Verfasser mit dem Kreisel einen Stollen abstecken, der von zwei 15 m tiefen Schächten je 60 m vorgetrieben wurde; auf einer Seite schloß an den abgeloteten Punkt direkt ein dreifacher Korbbogen von 15 m Länge mit  $100^{\circ}$  Richtungsänderung und extrem kurzen Visurmöglichkeiten an. Durch die fehlende Fehlerfortpflanzung des Kreisels bei Richtungen und sorgfältige Bauausführung betrug die Querdifferenz beim Durchschlag 1 cm.

Abschließend sei noch einmal gesagt, daß wir in dem Aufsatzkreisel ein überaus handliches und überraschend schnell und sicher zu manipulierendes Gerät kennenlernen durften, das dem Praktiker gerade dann gute Resultate liefert, wenn klassische geometrische oder astronomische Richtungsübertragungen oder -angaben nicht in Frage kommen. Die Genauigkeit entspricht allen Anforderungen des Markscheidewesens und den meisten der Niederen Geodäsie und des Katasters, natürlich aber nicht jenen von ausgesprochenen Feinmessungen.

#### Literatur

- [1] *Strasser*: Der Kreisel. Soldat und Technik, Heft 5, 6, 7 u. 8/1963.
- [2] *Schwendener*: Verfahren und Erfahrungen mit dem Aufsatzkreisel. AVN Heft 4/1966.
- [3] *Halmos*: Untersuchungen der Kreiseltheodolite sowie deren Anwendungsmöglichkeiten. Internationale Geodät. Meß- u. Instrumententechn. Konferenz, Budapest 1966.