

Inhaltverzeichnis

1	Tunnelvermessung und Kreisel	2
1.1	Vermessungsaufgaben beim Tunnelbau	2
1.1.1	Absteckung	2
1.1.2	Abnahme und Überwachung	2
1.2	Vermessungskreisel	3
1.2.1	Grundprinzip	3
1.2.2	Bauformen und Gerätesysteme	4
1.2.3	Messverfahren	4
1.2.4	Korrekturen und Reduktion	7

1 Tunnelvermessung und Kreisel

1.1 Vermessungsaufgaben beim Tunnelbau

1-a Absteckung

Tunnelnetze und deren Aufbau

- Hauptnetz verbindet die Portale (GNSS oder Tachymeter)
- Portalnetz: Grundlagen für Tunnelpolygon, 3-4 Punkte + Hauptnetzpunkte, tachymetrisch
- Tunnelpolygon: (a) für den Vortrieb. (b) zur Kontrolle
 - Problem:
 - * Lange einseitig angeschlossenen Polygonzug
 - * Unsicherheit des Richtungswinkel
 - * Querabweichung steigt mit zunehmende Länge
 - Lösung
 - * Bestimmung der Richtungswinkel ohne Anschlußpunkte durch Vermessungskreisel

Kreiselanwendungen

- Tunnelbau
- Bergbau
- Anschluss terrestrische Messungen an GNSS Punkte

Alternative Lösung

- Magnetische Orientierung (zu ungenau)
- Astronomische Orientierung (nicht möglich)
- GNSS Messung (nicht möglich)

1-b Abnahme und Überwachung

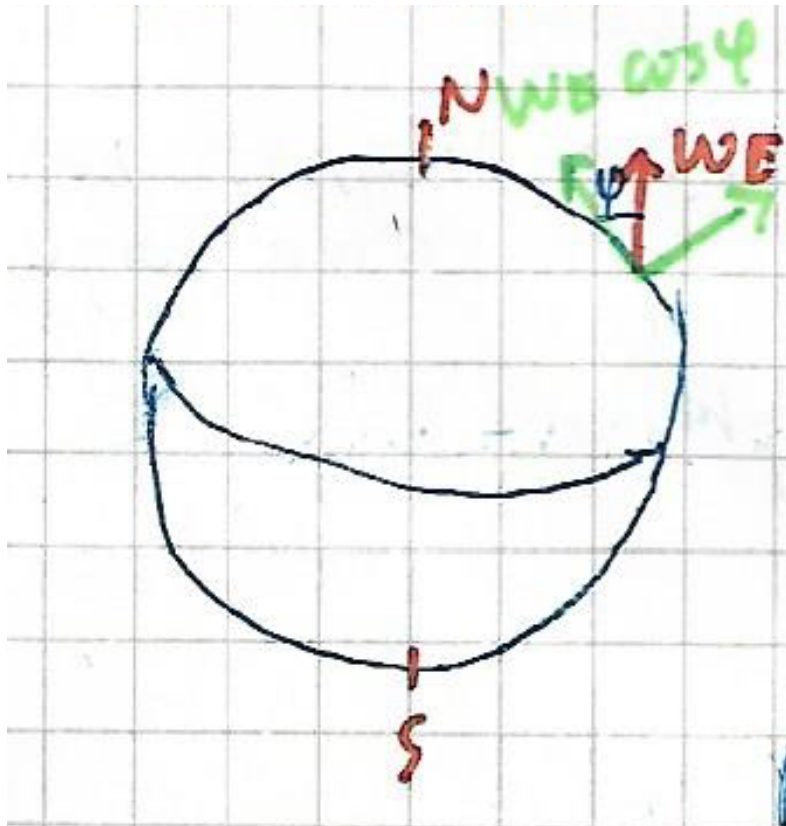
- Kontrollpolygon
- Monitoring der Umgebung (Setzung oberhalb des Tunnels)
- Konvergenzmessungen (Stabilitätsprüfung des Tunnels)

1.2 Vermessungskreisel

2-a Grundprinzip

- Kreisel weist aufgrund der Rotation um die eigene Achse einen Drehimpuls auf.
- Unter Wirkung der Erddrotation wirkt die Schwerkraft als äußere Kraft auf die Rotationsachse des Kreisels
- Kreisel verschwenkt seine Rotationsebene
- Kreisel weicht mit den Präzessionsbewegung rechtwinklig aus Rotationsachse des Kreisels zeigt noch Nord.

1) Einfluss der Breite:



(a) Einfluss der Breite

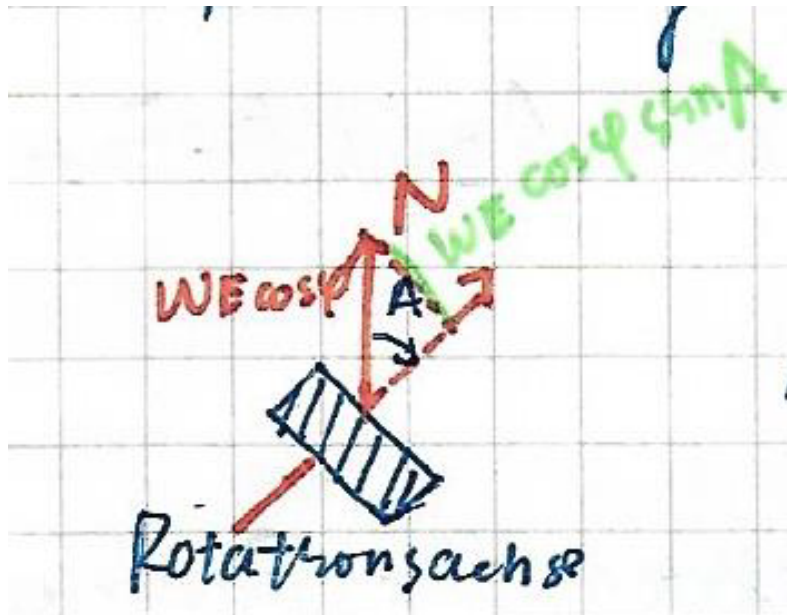
$$\omega_E = \text{Erddrehung}$$

$$\varepsilon = \text{Kreisdrehung}$$

$$M = I_w \cdot \omega_E \cdot \cos(\varphi)$$

2) Einfluss der Auslenkung (Kreiselazimuth) Gesamt Drehmoment:

$$D = I_w \cdot \omega_E \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(A)$$



(b) Einfluss der Auslenkung

Drehmoment / Präzessionsgeschwindigkeit wird umso größer:

- je größer die Auslenkung A
- je größer die geographische Breite φ
bei $\cos(\varphi) = 1$ um Äquator maximal
am Pol $\cos(\varphi) = 0$ Kein Drehmoment.
in der Praxis $|\varphi| \leq 75^\circ$

Problem: Massenträgheit schwingt der Kreisel um den Meridianen.

- Schwingungsdauer T_0 hängt von Konstruktionsprinzip ab

$$T \approx \frac{T_0}{\sqrt{\cos(\varphi)}}$$

breitenabhängig.

2-b Bauformen und Gerätesysteme

2-c Messverfahren

Kreiselschwingung ist durch Ablesereinrichtung und Lichtzeigen ablesbar:

1) Schnellorientierung

- Grobverfahren auf 0,05 gon
- Nachführen des Lichtzeigens auf der Skalermittel durch Drehen der Alhidade(Theodolitoberbau) bis zu den Umkehrpunkte v_W und v_E
- An der Umkehrpunkte die Ablesung A_W (West) und A_E (Ost) durchführen



(c)

- $N = \frac{A_E + A_W}{2}$
- Mittelwert N aus Theodolit einstellen
- Nordwert N ist ungenau, die die Schwingung gedämpft ist.

2) Umkehrpunktmethode

- Feinorientierung $\sigma_N = 5 - 10$ mgon bei 4 bis 6 Umkehrpunkten

a) Mit nachführen:

- Drehe der Alhidade führt zum Holten das Lichtzeiger in der Skalarmitte
- Ablesen des Teilkreisens an den Umkehrpunkten
- aus jeweils 3 Messungen das Schulen-Mittelbilden

Vorteile:

- Vororientierung von geringer Bedeutung

Nachteile:

- Umkehrpunkten unsicher ablesbar
- Nachführen erforderlich

b) Ohne nachführen

- Ablesung der Umkehrpunkten an den Hilfskalar
- Bildung des Schulemittels aus Hilfsskalarmitte, danach Transformation in Teilkreiswerte
- Diesmal schwingt der Lichtzeiger im Gesichtsfeld. Hierfür muss die Vororientierung sehr gut sein. bzw. der Kreisel mechanisch abgebremst werden.

Parameter

- a_i : Ablesung an der Hilfsskala in s_E
- N' : Nordwert aus Vororientierung
- $\Delta N = c \cdot S$: Korrekturwert aus 2b)

- c : Gerätekonstante/Umrechnungsfaktor

Vorteile:

- Kein Nachführung
- gut automatisiert
- gute Vororientierung erforderlich
- zum Teil mechanisches Abbremsen nötig

3) Durchgangsmethode

- Feinorientierung
- $G_N = 5 - 10$ mgon bei 4 – 5 Durchgängen
- Vororientierung und Abbremsen wie bei 2b)
- Beobachten von Durchgangszeiten t_i des Lichtzeigers durch Skalennull mit der Stoppuhr
- Zusätzliche Ablesung der Amplituden an der Hilfsskala

$$\begin{aligned}T_{E,i} &= t_{2i} - t_{2i-1} & T_{W,i} &= t_{2i+1} - t_{2i} \\T_E &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m T_{E,i} & T_W &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m T_{W,i} \\m &= \frac{n}{2} - 1 \\T_E &= \frac{T}{2} + 2\delta T & T_W &= \frac{T}{2} - 2 \cdot \delta T \\ \Rightarrow T_E - T_W &= 4 \cdot \delta T \\ \Rightarrow \delta T &= \frac{T_E - T_W}{4} \\ \text{und : } T &= T_E + T_W\end{aligned}$$

Amplituden aus Hilfsskala

$$\begin{aligned}a &= \frac{a_E - a_W}{2} \\S &= a \cdot \sin\left(2\pi \cdot \frac{\delta T}{T}\right) \rightarrow S = a \cdot 2\pi \cdot \frac{\delta T}{T} \\N &= N' + c \cdot S\end{aligned}$$

Vorteile:

- Kein Nachführen erforderlich

- Durchgänge präziser beobachtbar
- automatisiertbar

Nachteile:

- gute Vororientierung notwendig
- mechanisches Abbremsen schwierig
- Stoppuhr notwendig

4) Schwingungsintegration (für Kreiseltheodolite)

$$\Delta N = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_1} \Delta N(t) dt \approx \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \Delta N_k$$

Vorteile

- Kein Nachführen, keine Stoppuhr
- Komplette automatisiert
- höchste Genauigkeit: ca. 1 mgon

2-d Korrekturen und Reduktion

1) Korrekturen

a) Polbewegung

- CIO: Conventional International Origin
- Astronomisches Azimut: $A = A_m - \beta$
- Polreduktion: $\beta = \frac{x_p}{den}$