

# Inhaltverzeichnis

<b>1</b>	<b>Tunnelvermessung und Kreisel</b>	<b>2</b>
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

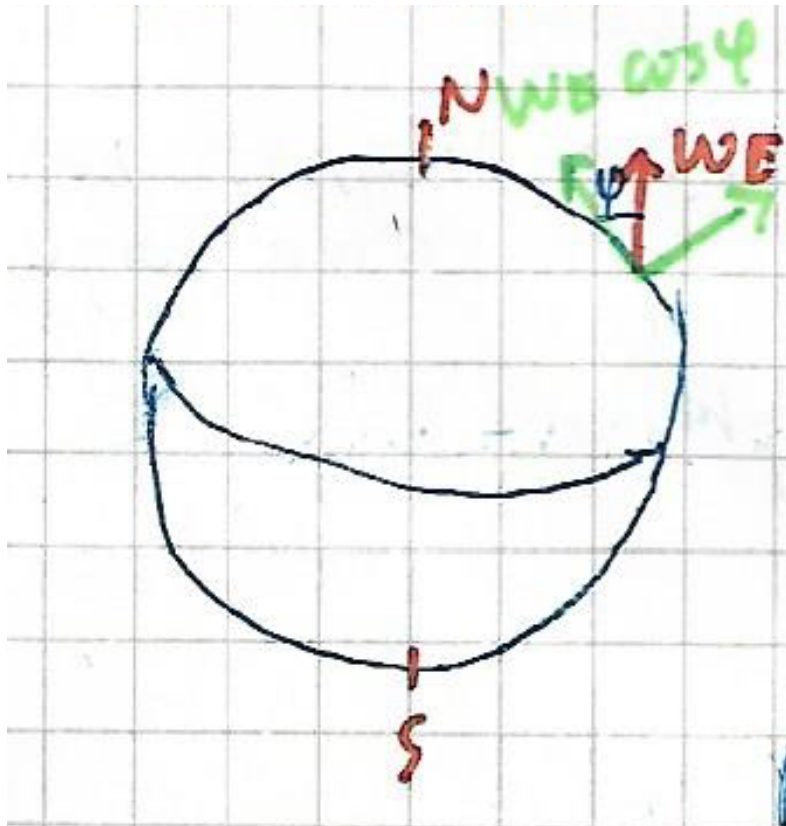
- Kontrollpolygon
- Monitoring der Umgebung (Setzung oberhalb des Tunnels)
- Konvergenzmessungen (Stabilitätsprüfung des Tunnels)

## 1.2 Vermessungskreisel

### 2-a Grundprinzip

- Kreisel weist aufgrund der Rotation um die eigene Achse einen Drehimpuls auf.
- Unter Wirkung der Erdrotation 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

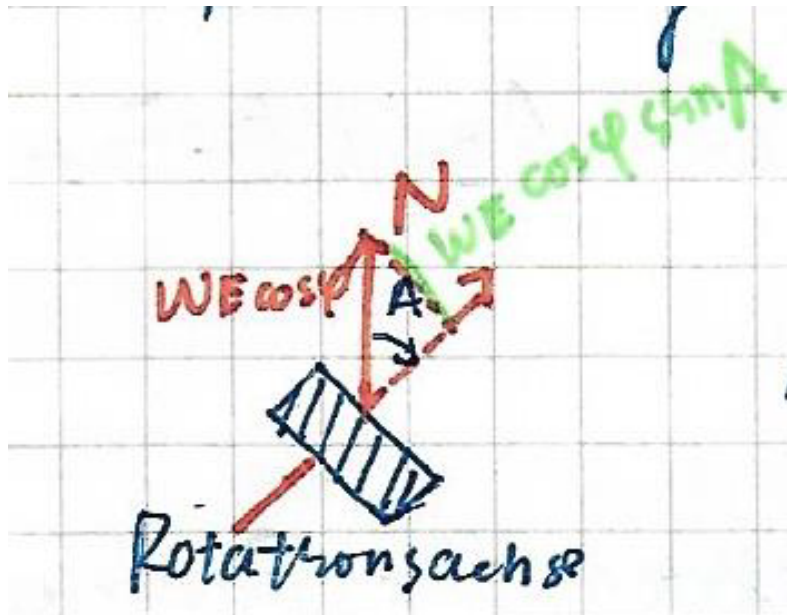
$$\omega_E = \text{Erddrehung}$$

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

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

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  $\varphi$   
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 des Lichtzeiger in der Skalarmitte
- Ablesen des Teilkreisens an den Umkehrpunkten
- aus jeweils 3 Messungen das Schulen-Mittel bilden

### Vorteile:

- Vororientierung von geringer Bedeutung

### Nachteile:

- Umkehrpunkten unsicher ablesbar
- Nachführen erforderlich

### b) Ohne nachführen

- Ablesung der Umkehrpunkten an den Hilfsskalar
- 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) Korrektur a) Gerätekonstante $E$

- Abweichung der Nullmarken der Skala gegenüber dem Momentanpol (Nullpunktfehler)
- Bestimmung Kreiseln aus Soll-Azimuths

### b) Fehlwinkel $\alpha$

- nur bei Aufsatzkreiseln
- zwischen Kreislage und Zielfernrohr des Theodolites

### c) In der Regel werden $E$ und $\alpha$ in einem Wert zusammengefasst

$$A_m = \bar{z} - N + E - \alpha \Rightarrow A_m = \bar{z} - N + E$$

### 2) Reduktion

#### a) Polbewegung

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

- aktuelle Polkoordinate:  $x_P, y_P$
- astronomische Standpunktkoordinate:  $\Lambda_S, \Phi_S$
- Querkrümmungsradius der Erde:  $R$

Abschätzung:

- Polschwankung  $< 0,3''$
- $\Rightarrow \beta < 0,15\text{gon}$
- vernachlässigbar

b) Übergang zum Ellipsoid

- Ellipsoidisches Azimut  $\alpha = A + \varepsilon$
- Laplace-Reduktion(verkürzt):  $\varepsilon = -\eta \tan(\Phi_S)$
- Komponente der Lotabweichung:  $\eta = (\Lambda - \lambda) \cos(\varphi)$ , ( $\Phi_S$  kann durch  $\phi_S$  ersetzt werden)

Abschätzung: (mit  $z = 100\text{gon}$ , und  $h_z \leq 1\text{km}$ )

- $\varepsilon \leq 1\text{mgon}$

Bei Gyromat zu berücksichtigen

Bei Fennel TK4 nicht berücksichtigen

c) Übergang in die Ebene

- Richtungswinkel:  $T = \alpha - \gamma$
- Meridiankonvergenz:  $\gamma = (\lambda_s - \lambda_0) \cdot \sin(\varphi_s) = \frac{200\text{gon}}{\pi R} y_s \tan(\varphi_s)$
- ellipsoidische Breite des Standpunkts:  $y_s$
- ellipsoidische Länge des Standpunkts, des Zentralmeridians:  $\lambda_s, \lambda_0$
- Abstand des Standpunkts von Zentralmeridian im UTM-System

Abschätzung:

$$\begin{aligned}\varphi_s &= 49^\circ \\ \lambda_s - \lambda_0 &\leq 1,5^\circ \\ \Rightarrow \gamma &= 1,25\text{gon} \\ &\Rightarrow \text{wichtigste Reduktion}\end{aligned}$$

d) Berücksichtigung der Abbildungsreduktion

- Richtungswinkel:  $t = T - \delta$



- Richtungsreduktion  $\delta = \frac{\rho}{b \cdot R^2} (x_z - x_s) \cdot (2y_s + y_z)$
- Zielpunkt:  $x_z, y_z$
- Standpunkt:  $x_s, y_s$

Abschätzung:

$$\begin{aligned} y_s &= y_z < 100km \\ x_z - x_s &< 1km \\ \Rightarrow \sigma &< 0,08mgon \\ \Rightarrow &ohne\ Bedeutung \\ \Rightarrow T &= t \end{aligned}$$

Zusammenfassung

- Gyromat:  $t = A + \varepsilon - \gamma$
- Fennel:  $t = A - \gamma$

### 1.3 Bestimmung des Durchschlagspunktes