

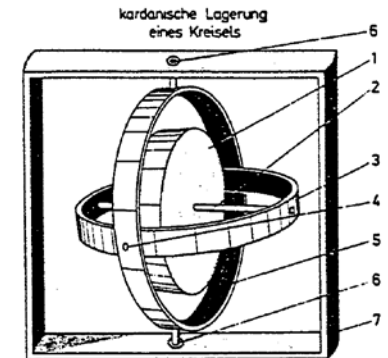
# *Engineering Geodesy Lab*

**Einführung Kreisel und Netzausgleichung**

# Kreisel

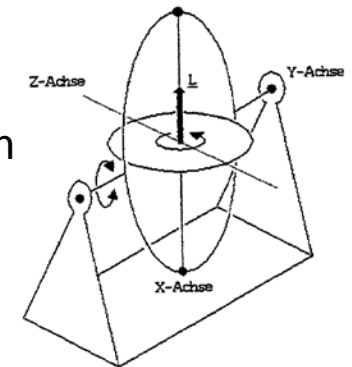
- **Freier Kreisel**

- Anwendung als Kurskreisel in Flugzeugen
- Einmal ausgerichtet behält er seine Richtung bei
- Auch Kurskreisel genannt



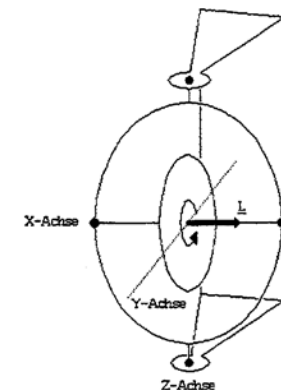
- **Polsuchender Kreisel**

- Angestrebte Ruhelage des Kreisels ist die Richtung zum Polarstern
- Abweichung der Kreiselachse gegenüber der Horizontalen entspricht der geographischen Breite
- Auch Inklinationskreisel genannt



- **Nordsuchender Kreisel**

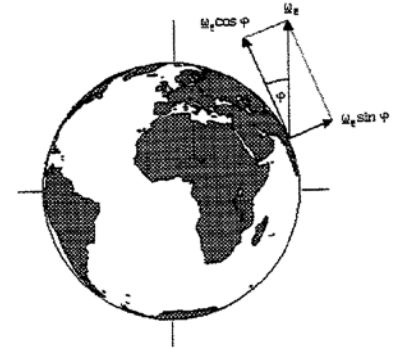
- Azimutbestimmung z.B. im Tunnelbau
- Auch Deklinationskreisel genannt



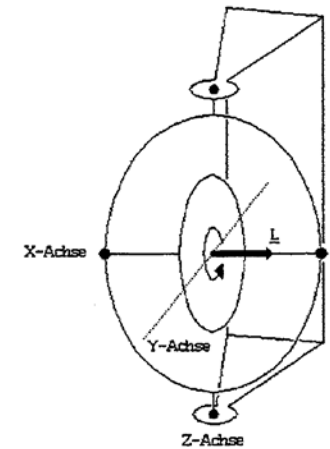
# Nordsuchender Kreisel I

- **Funktionsprinzip:**

- Aufhängung des Kreisel mit einem Tragband wie ein Torsionspendel
- Rotationsachse wird durch die Schwerkraft horizontal gehalten => Fesselung an das Lot
- Durch die Erddrehung wird dem Kreisel die Breitengradabhängige Horizontalkomponente des Erddrehvektors aufgezwungen
- Dies bewirkt ein Drehmoment und damit eine Drehimpulsänderung, die versucht, die Richtung der Kreiselachse zu ändern
- Die Reaktion des Kreisels ist eine Präzessionsbewegung um die Lotrichtung, bis seine Läuferachse in der Meridianebene (**astronomisch Nord**) zu liegen kommt => Drehimpulsvektor des Kreisels und der Vektor des äusseren Drehmomentes liegen parallel



Zerlegung des Erddrehvektors



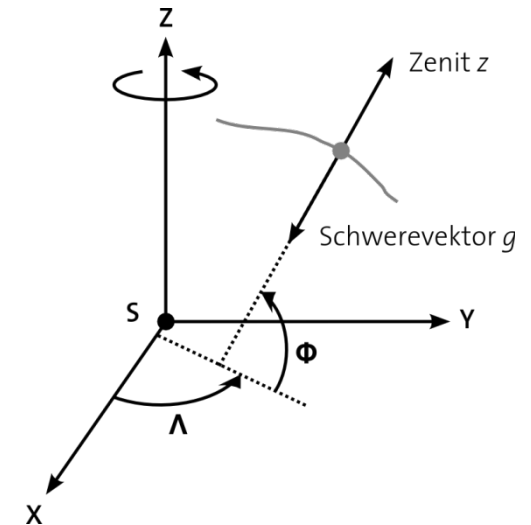
Nordsuchender Kreisel

## ***Nordsuchender Kreisel II***

- ***Bandnulllage B***
  - Ruhelage des hängenden Systems in Bezug auf die Gehäuseskala bei nicht rotierendem Kreisel
  - Bestimmung durch Beobachtung der Torsionsschwingung bei nichtlaufendem Kreisel
- ***Nordablage N***
  - Winkel zwischen astronomisch Nord und Teilkreisnull
- ***Meridiankonvergenz  $\gamma$*** 
  - Winkel zwischen Geografisch-Nord und Kartennord

# Nordsuchender Kreisel II

- **Erdrotation und lokale Lotrichtung haben Einfluss auf die Kreiselmessungen**  
-> Gleichsetzung mit astronomischen Azimuten
- **Messung findet im astronomischen, krummlinigen Koordinatensystem statt**
  - Erdschwerpunkt S
  - Astronomischer Meridian von Greenwich X
  - mittlere Rotationsachse Z (CIO-Pol)
  - senkrechte zur (X, Z)-Ebene in Ostrichtung Y
- **Daraus folgende Reduktionen**
  - Polhöschwankung (momentane Rotationsachse -> erdfester CIO-Pol)
  - Lotabweichung (astronomisches Azimut -> ellipsoidisches Azimut)
  - Meridiankonvergenz (ellipsoidisches Azimut -> ebenes Azimut)
  - Richtungsreduktion (Grosskreis -> Gerade)



# Nordsuchender Kreisel III

## ➤ **Messprinzipien**

### ➤ **Absolute Azimutbestimmung**

- **Berücksichtigung von**
  - Polbewegung
  - Lotabweichung
  - Höhenreduktion
  - Meridiankonvergenz
  - Richtungsreduktion

### ➤ **Relative Azimutbestimmung**

- **Übertragung eines Referenzazimutes einer geeigneten oberirdischen Linie auf eine unterirdische Polygonseite**
- **Berücksichtigung von Einflüssen je nach örtlichen Verhältnissen.**  
**In der Regel werden die folgenden Einflüsse korrigiert:**
  - Lotabweichung
  - Meridiankonvergenz
  - Richtungsreduktion

# Nordsuchender Kreisel IV

- **Korrekturen**

- **Lotabweichungen (Laplace'sche Orientierungsgleichungen)**

$$A = \alpha - \eta \cdot \tan \varphi - (\xi \cdot \sin \alpha - \eta \cdot \cos \alpha) \cot z$$

$\xi$ : Nord-Süd Komponente der Lotabweichung

$\eta$ : Ost-West Komponente der Lotabweichung

- **Meridiankonvergenz**

$$T = A - \lambda$$

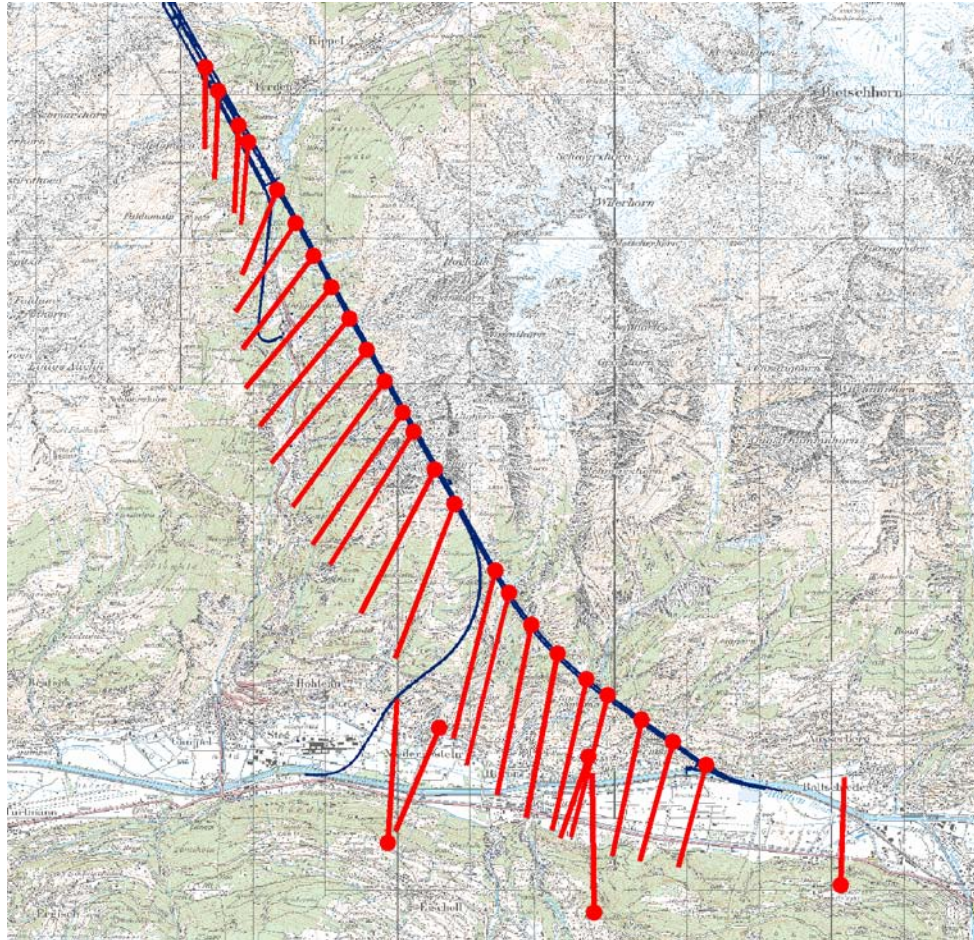
- **Richtungsreduktion**

$$t = T + \frac{\rho^{\text{gon}}}{6R^2} (y_z - y_s) (x_z + 2x_s)$$

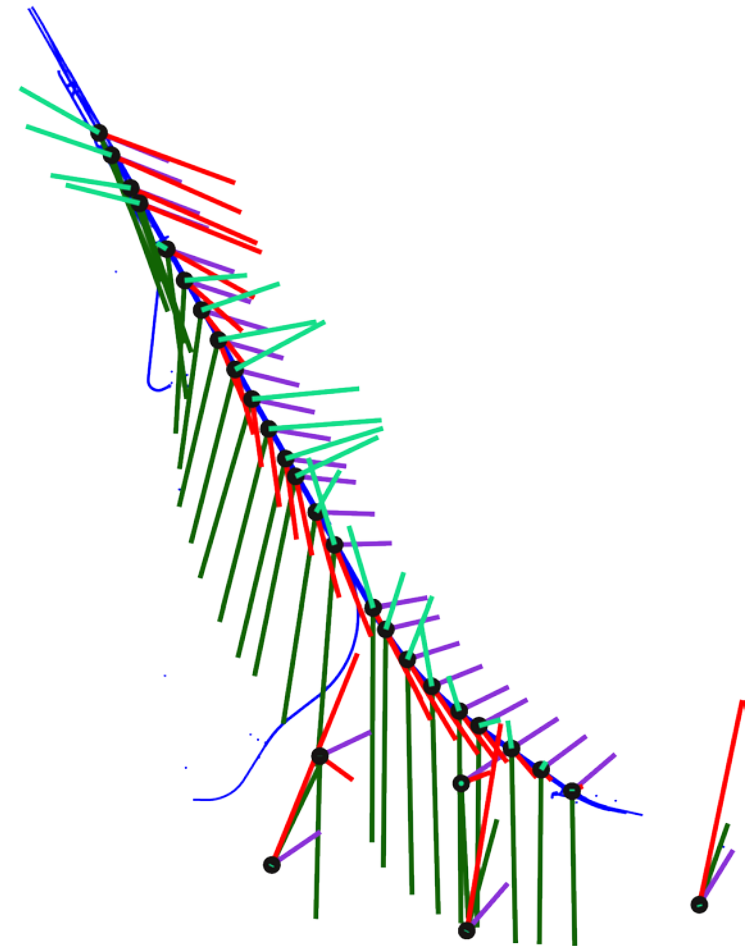


# Kreisel V

- **Problematik Lotabweichungen**



**Lotabweichungen aus CHGeo04**

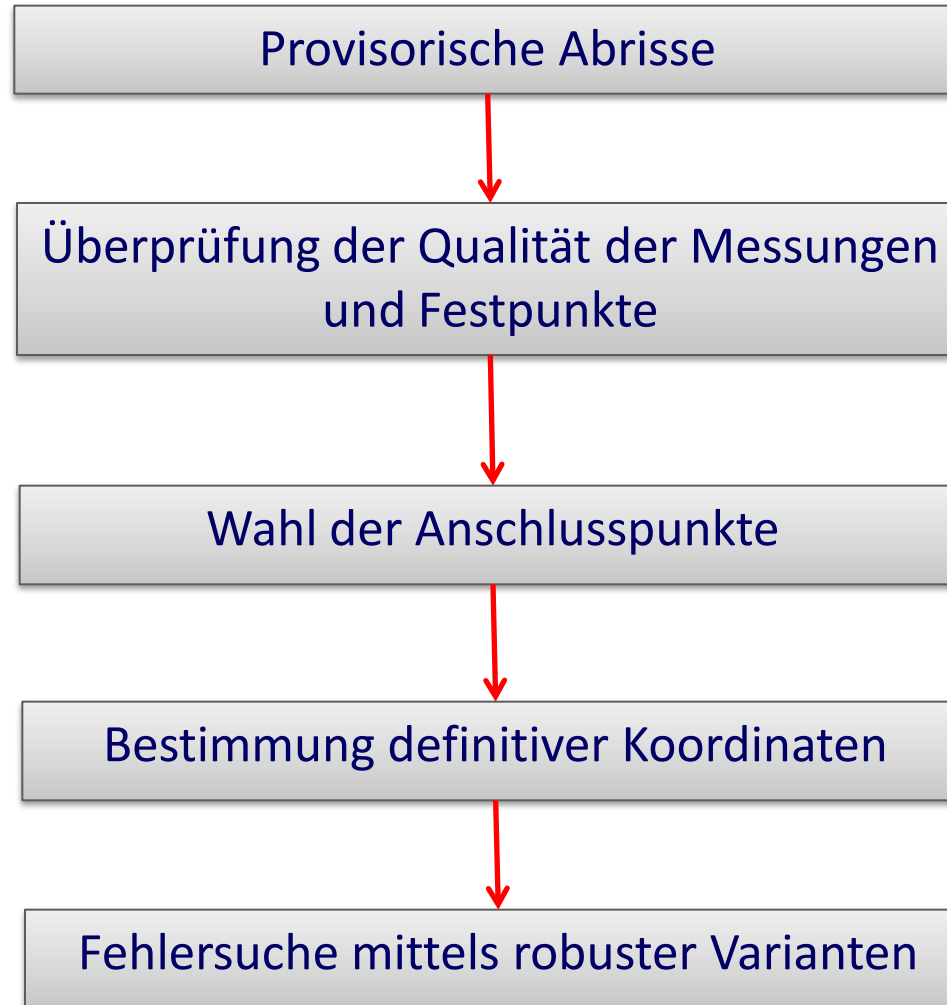


- CHGeo04 Tunnel-EGM96 Tunnel
- CHGeo04 Tunnel-Topo25 Tunnel
- CHGeo04 Tunnel-Topo10'000 Tunnel
- CHGeo04 Tunnel-CHGeo04 Topo

┌───┐ 25 CC



# Vorgehen Netzausgleichung LTOP I



# Vorgehen Netzausgleichung LTOP II

- **Provisorische Abrisse**
  - Bereinigung formaler Fehler (Nummerierungsfehlern)
  - Bei genügend genauen Näherungskordinaten auch Detektion grober Fehler möglich
- **Überprüfung Qualität Messungen und Festpunkte**
  - **Variante 1: Freie Netzausgleichung und Helmerttransformation**
    - **Beurteilung Qualität der Messungen mittels freier Netzausgleichung**
    - **Beurteilung Qualität der Anschlusspunkte mittels Helmerttransformation**
    - **Realisierung: minimale Lagerung**
      - *Lage: Festhalten von zwei Punkten und Massstabsunbekannte oder festhalten eines Punktes und Einführung eines fiktiven Azimutes (F bei Fehlergruppe)*
      - *Höhe: Festhalten eines Punktes*
  - **Variante 2: Weiche Lagerung**
    - **Messungen und Anschlusspunkte werden gleichzeitig beurteilt**
    - **Realisierung: Festpunkte als Beobachtungen**

# ***Vorgehen Netzausgleichung LTOP III***

- ***Wahl der Anschlusspunkte***
- ***Bestimmung definitiver Koordinaten***
  - **Variante 1: Gezwängte Ausgleichung**
    - Harte Lagerung auf Festpunkten
  - **Variante 2: Interpolation**
    - Bei grossen und/oder systematischen Zwängen
- ***Robuste Varianten zur Fehlersuche verwenden***
- ***Notwendige Berechnungsschritte werden durch die Anforderungen an das Netz definiert***
  - Hohe innere Genauigkeit: Freies Netz mit Helmerttransformation als Lösung
  - Amtliche Vermessung: gezwängte Ausgleichung (kein Verändern der Anschlusspunkte)

# Vorgehen Netzausgleichung LTOP IV

- **Hinweise / Tipps**
  - Fehlerbehaftete Messungen nicht löschen, sondern mittels „9999.“ eliminieren (Dokumentation)
  - Jeweils nur einen „Fehler“ beheben
  - Sinnvolle und überlegte Wahl a priori Werte
  - Sorgfältiges editieren der Eingabedateien (LTOP ist heikel: exakte Textposition entscheidend, überflüssige unsichtbare „Steuerzeichen“ wie Zeilenumbruch)
  - LTOP Fehlermeldungen -> Anleitung

# ***Vorgehen Netzausgleichung LTOP V***

- ***Nützliche Literatur:***

- ***Hochpräzise Azimutbestimmung mit Vermessungskreiseln***

[http://www.igp-data.ethz.ch/berichte/Graue\\_Berichte\\_PDF/209.pdf](http://www.igp-data.ethz.ch/berichte/Graue_Berichte_PDF/209.pdf)

- ***Anleitung LTOP***

<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/software/software.parsys.70848.downloadList.27775.DownloadFile.tmp/ltopd.pdf>