

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 98 (2000)

**Heft:** 12

**Artikel:** Orientierungskontrolle mit Hilfe von Präzisions-Kreismessungen

**Autor:** Heister, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-235696>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 30.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Orientierungskontrolle mit Hilfe von Präzisions-Kreiselmessungen

Zur präzisen Übertragung der Orientierung wurden Präzisionskreiselmessungen mit dem Gyromat durchgeführt. Es werden das Beobachtungsverfahren und die notwendigen Korrekturen und Reduktionen beschrieben. Weiterhin werden die in diesem Projekt erreichten Beobachtungsgenauigkeiten und Durchschlagsergebnisse vorgestellt.

*Pour le report de l'orientation, on procède à des mesures de précision gyroscopiques avec le Gyromat. L'auteur décrit les méthodes d'observation ainsi que les corrections nécessaires et les réductions. En outre, il présente les précisions d'observation et les résultats de percement atteints dans ce projet.*

Per ottenere un riporto preciso dell'orientamento, le misurazioni col giroscopio di precisione sono state effettuate con Gyromat, di cui si descrivono qui di seguito i processi osservati nonché le correzioni indispensabili. In aggiunta si presentano anche la precisione dei dati rilevati e i risultati di perforazione.

H. Heister

Zur Vortriebskontrolle und Überprüfung der Richtungsübertragungen in den Schächten Brunau Nord und Süd wurde der Präzisionskreiseltheodolit Gyromat der DMT, Bochum eingesetzt. Die Messungen wurden durch das Institut für Geodäsie der Universität der Bundeswehr München durchgeführt, das nunmehr eine über zwanzigjährige Erfahrung mit diesem hochgenauen, sensitiven Messinstrument nachweisen kann (Caspary, Heister, 1981). Prinzipiell ist der Messvorgang zur Bestimmung des Azimutes, bezogen auf die instantane Rotationsachse der Erde, beim Gyromat automatisiert. Das Messverfahren besteht aus einer elektro-optischen Integration der Amplituden eines frei schwingenden Kreiselrotors über eine volle Periode. Aus diesen Messungen wird die Schwingungsmittellage berechnet und als endgültiges Messergebnis angezeigt. Diese auf das Kreiselgehäuse bezogene Richtung muss auf den Kreisnullpunkt des Theodoliten transformiert werden. Die Beziehung wird numerisch durch den Kalibrierwert beschrieben.

Die kurze Darstellung des Messvorganges soll erläutern, dass generell durch die Abhängigkeit vom Kalibrierwert eine Kreiselmessung nur zur Richtungsübertragung dient und keine Absolutmessung darstellt. Konstanz des Kalibrierwertes sowie Temperatureinflüsse auf Sensorik und Mechanik des Gerätes charakterisieren wesentlich die Messgenauigkeit des Kreiseltheodoliten (Heister, Lechner, Schödlbauer, 1990). Vom Hersteller wird die erreichbare Messunsicherheit einer Kreiselmessung mit  $< 1$  mgon spezifiziert. Um diese Genauigkeit in der Praxis zu errei-

chen und garantieren, sind verschiedene Prüfverfahren und Beobachtungsmethoden anzuwenden:

## Überprüfungen vor dem Feldeinsatz

- Monatliche Überprüfung des Gyromaten auf einwandfreie Funktion; Durchführung von 5–10 Messungen und Bestimmung der Standardabweichung.
- Überprüfung des Kalibrierwertes auf astro-geodätischer Referenzlinie in regelmäßigen Intervallen von 4–6 Monaten.
- Stabilitätsprüfung des Kalibrierwertes alle 1–2 Monate auf Laborreferenz (Autokollimationsspiegel).
- Bestimmung der Temperaturkorrektur in Klimakammer zwischen 0 °C und 40 °C (s. Abb.1) Diese Kalibrierprozedur ist sehr zeitaufwendig und sollte einmal pro Jahr wiederholt werden.

## Durchführung der Feldmessungen

Zur Übertragung der lokalen Orientierung des projektbezogenen Grundlagnetz auf eine Seite des Tunnelpolygons wird folgendes Beobachtungsschema angewandt:

- Bestimmung des lokalen Kalibrierwertes auf einer Referenzlinie des Grundlagnetzes. Diese Linie muss sehr sorgfältig ausgewählt und beobachtet werden, da sie für den gesamten Bau-

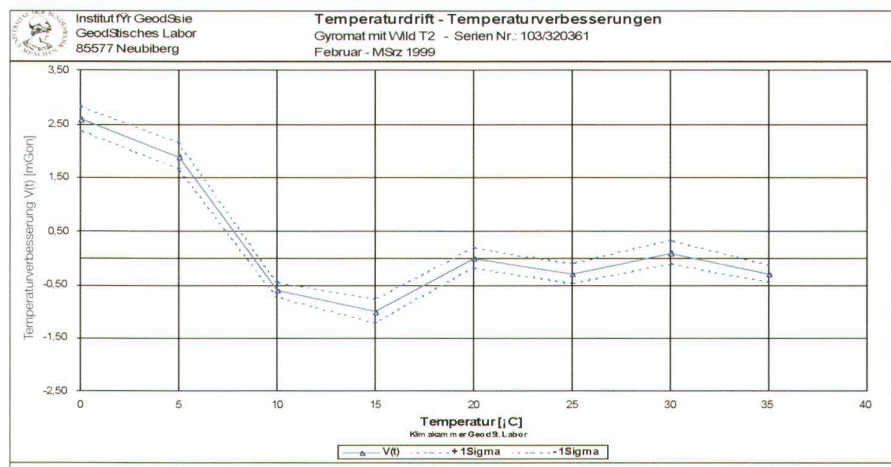


Abb 1: Temperatur-Kalibrierung des Gyromat.

ablauf die Orientierung des Vortriebs repräsentiert. Die Beobachtungspfeiler müssen stabil gegründet sein; die Visur sollte ca. 500 m betragen und möglichst gering durch Horizontalrefraktion gefährdet sein. Es sind mindestens drei Kreiselazimute jeweils im Hin- und Rückgang zu messen.

- Azimutmessungen im Tunnel. Jede Polygonseite, die vom Auftraggeber vorgegeben wird, wird durch je drei Kreiselmessungen im Hin- und Rückgang orientiert. Die Messungen sollten wenn möglich auf stabilen Konsolen durchgeführt werden. Bei Stativaufstellungen – hierfür wurde eine spezielle Adaption für schwere Kern-Stativ vorgesehen – ist eine Beobachtungsanordnung in Tunnelmitte anzustreben.
- Nach Abschluss der Messungen im Tunnel sind auf der Referenzlinie nach gleichem Beobachtungsschema Azimutmessungen zur Bestimmung und Überprüfung des lokalen Kalibrierwertes zu wiederholen.

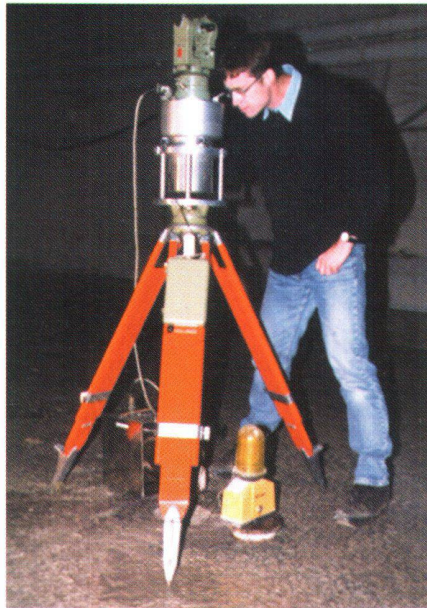


Abb. 2: Gyromat-Messungen im Zimmerbergtunnel.

Beobachtungsschema eingehalten werden. Zur Festlegung der Referenzlinie – ca. 390 m lang – wurden zwei Fixpunkte des Grundlagennetzes in der Nähe des Lüftungsschachtes Lätten bei Zürich-Wollishofen ausgewählt. Diese durch Bodenpunkte vermarkte Linie liegt in leichter Hanglage und ist bei bestimmten Witterungsbedingungen schwach refraktionsgefährdet. So konnten refraktionsbedingte Differenzen zwischen Hin- und Rückmessung von 2 mgon signifikant festgestellt werden.

Alle Reduktionen wurden unter Vorgabe des geodätischen Datums für die schweizerische Projektion (Bessel Ellipsoid, CH 1903+) berechnet. Die Terme  $dA$  zur Berücksichtigung der Lotabweichungen, die aus dem Marti-Geoid abgeleitet wurden, betragen maximal 1 mgon, ihre Differenz zwischen Referenzlinie und Tunnel-Polygonseite 0,24 mgon.

Für die Messungen im Tunnel wurden Stativaufstellungen notwendig (Abb. 2), da keine Beobachtungskonsolen vorgesehen waren. Die Zentriergenauigkeit bei dem bereits erwähnten Kern-Zentriersystem kann mit ca. 2 mm angegeben werden. Die Polygonseiten verlaufen in dem grossen Tunnelquerschnitt von ca. 12.3 m bis ca. 2 m ausserhalb der Achse, so dass

durch diese Asymmetrie ebenfalls ein leichter Refraktionseinfluss von ca. 2 mgon messbar wurde. Insgesamt wurde jedoch durch die relativ stabilen Temperaturverhältnisse während der Messungen dieser systematische Fehler durch die Beobachtungsanordnung nahezu kompensiert (Heister, 1992, 1997).

Obwohl die Temperaturen teilweise unter «Null» °C lagen, konnte bei allen Kreiselmessungen für die Richtungsübertragung eine Standardunsicherheit des Azimutmittels von  $s_M < 0,5$  mgon erreicht werden. Diese hohe Genauigkeit ist durch die Lotungen im Schacht Lätten und Kilchberg bestätigt worden. Sie weisen – für die für Orientierungsmessungen relevanten Querabweichungen – Werte von maximal 15 mm auf. Dies entspricht einer Verdrehung von nur 0,2 mgon, bezogen auf den 4,47 km entfernten Startschacht Brunau.

#### Literatur:

Caspary W., Heister H.: Erfahrungen mit Vermessungskreisen in einem Testnetz. FIG, XVI Internationaler Kongress, Bd. 5, Montreux, Schweiz 1981, S. 503.4/1–503.4/10.

Heister H., Lechner W., Schödlbauer A.: Zur Genauigkeit und Kalibrierwertstabilität automatisierter Vermessungskreisele. In: Schödlbauer A. (Ed.): Moderne Verfahren der Landesvermessung, Schriftenreihe des Studiengangs Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 38–2, Neubiberg 1990, S.501–528.

Heister H.: Zur Anordnung von Kreiselmessungen unter besonderer Berücksichtigung von systematischen Fehlereinflüssen. In: Matthias H.J., Grün A. (Hrsg.) Ingenieurvermessung 92 – Beiträge zum XI Intern. Kurs für Ingenieurvermessung, Bd. 2, Fer. Dümmlers Verlag, Bonn 1992.

Heister H.: Experimentelle Untersuchungen zur Horizontalrefraktion im Tunnelbau. XI. Intern. Geodätische Woche Obergurgl 1997, Institutsmittellungen des Instituts für Geodäsie der Universität Innsbruck, Heft 17, Innsbruck 1997, S. 79–92.

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Heister  
Institut für Geodäsie  
Universität der Bundeswehr München  
D-85579 Neubiberg  
e-mail: h.heister@unibw-muenchen.de

## Auswertung der Azimutmessungen

Um die gemessenen Weisungen mit den ebenen Richtungswinkeln im vorgegebenen, lokalen Koordinatensystem zu vergleichen, sind folgende Korrekturen und Reduktionen anzubringen:

- Instrumentebezogene Korrekturen
  - Kalibrierwert  $E$
  - Lokale Kalibrierwertkorrektur  $\Delta E$
  - Reduktion  $v_T$  auf Bezugstemperatur  $T_0$
- Reduktionen zur Projektion auf die Bezugsfläche
  - Term  $dA$  zur Berücksichtigung der Lotabweichungen
  - Reduktion  $d$  wegen Zielpunkthöhe
  - Meridiankonvergenz  $c$  nach der Formel von Zanini
  - Übergang  $dT$  vom ellipsoidischen Richtungswinkel  $T$  zum ebenen Richtungswinkel  $t$

Im hier vorgestellten Projekt konnte im wesentlichen das vorweg beschriebene