

Lotung

1. Zweck der Lotung

Punktübertragung auf verschiedenen Höhen längs der Lotlinie (im Idealfall eine Gerade).

- Einmessen der Abweichungen von der Lotrichtung (linear in 2 Komponenten, z.B. E, N)
- Abstecken: Zielpunkt verschieben zum Sollpunkt (in der Lotlinie)

Die Methode des Einmessens ist einfacher und genauer als die des Absteckens.

2. Prinzipien

2.1. Lotverfahren

mechanische Lotung

- Verkörperung der Lotlinie (bzw. Tangente an die Lotlinie) durch Lotdraht
- Hänge- und Schwimmlote, speziell in Staumauern
- erreichbare Genauigkeit: ± 0.01 mm (Lotlänge wenige Dekameter)
- eher zur Überwachung/Deformationskontrolle
- Details: Siehe Vorlesung Ingenieurvermessung

optische Lotung

- Realisierung der Tangente an die Lotlinie durch optische Mittel (Ziellinie oder Laser)
- Zenit- und Nadirlotung möglich
- erreichbare Genauigkeit: bis zu 1 : 200'000 (Leica ZL und NL)
- eher zur Absteckung

2.2. Messanordnung

Ablotung

- optisch: Lotgerät mit Lotrichtungsverkörperung steht oben, gemessen wird die Tangente an die Lotlinie oben
- mechanisch: Lotgewicht hängt unten, gemessen wird die Tangente an die Lotlinie unten

Auflotung

- jeweils umgekehrt (mechanisch: realisiert durch Schwimmlot)

3. Instrumente zur optischen Lotung

Einfaches Lotgerät:

- Optisches Lot im Theodolit, im Dreifuss oder in Zielmarke, einfache Kontrolle, falls um Stehachse drehbar.

Spezielle Lotgeräte (auch mit Laser-Okular):

- Automatisch: 2 Kompensatoren zur Horizontierung in 2 Achsen: Wild ZL (Zenitlot), NL (Nadirlot), ZNL (Zenit-und Nadirlot)
- Mit Libelle: Kern OL für Auf- und Ablotung

Pentaprisma

- vor Objektiv (Nivellier, Theodolit): früher (Ersatz für Lotgerät)
- Auf- und Ablotung möglich bei horizontaler Visur.
- Exzentrische Zielung nötig: daher Messung in 2 Lagen und mitteln.
- Dasselbe auch mit Laser-Zusatzausrüstung: Sichtbarmachung der Ziellinie (Markierung)

Theodolit

- mit (gebrochenem) Zenit-Okular: Messung kleiner Zenitwinkel in 2 Lagen (Indexfehler eliminieren). Nur Auflotung möglich.

4. Praktische Hinweise

4.1. Messung

Die Abweichung von der Lotrichtung wird in zwei Komponenten gemessen: Direkt mit dem optischen Lot oder indirekt durch Zenitwinkelmessung mit dem Theodolit, wobei sich die Querabweichung unter Berücksichtigung der Lotdistanz bestimmen lässt. Mit allen Instrumenten sollte in beiden Lagen gemessen werden, um Exzentrizitäten, Index- bzw. Kompensationsrestfehler zu eliminieren. Zur Kontrolle ist sogar eine Messung in vier Lagen zu empfehlen.

4.2. Zentrierung:

Für ein optisches Lot ist die Grobzentrierung relativ zum zu übertragenden Punkt besonders wichtig, gegebenenfalls iterativ vorgehen!

Beim Theodoliten ist die Grobzentrierung nicht kritisch, da beliebig grosse Zenitwinkel gemessen werden können. Die Distanz muss um so genauer sein, je grösser der Zenitwinkel ist.

Soll die Ablage zwischen Boden- und Firstpunkt bestimmt werden, muss die Zentrierung des Messinstruments relativ zu beiden Punkten gewährleistet sein, gegebenenfalls ist das optische Lot im Dreifuss überprüfen. Ein technisches Hilfsmittel zur mechanischen Zentrierung stellt der Zentrierschlitten dar.

4.3. Zielmarke:

Entscheidend für die Genauigkeit sind Grösse, Form, Sichtbarkeit, Beleuchtung (eventuell Strichkreuzbeleuchtung des Theodoliten verwenden), Montage und Gestaltung des Koordinatensystems. Beim Koordinatensystem ist zu beachten, dass die Betrachtungsweise von oben und von unten unterschieden wird.

4.4. Organisation:

Die Sicherheit vor herabfallenden Gegenständen ist zu gewährleisten! Die Messstelle muss bewacht werden, generell gilt: besser abloten als aufloten.

5. Genauigkeit optischer Lote

Die Genauigkeit ist abhängig von Instrument (Libelle, Kompensator, Vergrößerung), von der Güte der Zielmarke, von den örtlichen Umständen (Wetter, Wasser, Wind), sowie von der Sorgfalt und der Erfahrung.

Wild ZNL mit Wendelibelle	1 : 30'000 = 1 mm pro 30 m
Kern OL mit Röhrenlibelle (alt)	1 : 50 000 = 1 mm / 50 m
Leica ZL / NL (mit 2-Achs-Komp.)	bis 1 : 200'000 = 1 mm pro 200 m bei guter Sicht und guter Zielmarke

6. Anwendungen

- Zentrierung eines Vermessungsgerätes (Theodolit etc.)
 - aufwärts: unter Hochpunkt, Firstpunkt, unter Stollenkalotte, etc
 - abwärts: über Bodenpunkt, durch Vertikal-Schächte, von Türmen
- Bauabsteckung: Hochhäuser, Türme, Kamine, Brücken, Schächte, Liftschächte, Silos, etc.
- Verschiebungs- und Deformationsmessungen
 - Beispiel: Bogenstaumauer: Verbindung der (äusseren) Triangulation (Konsolen auf der Staumauer) mit den Polygonzügen in den Kontrollgängen über einen Vertikalschacht: Messung eines Vektors und Ablotung bzw. Auflotung
- Richtungsübertragung in Vertikalschächten
 - Früher: Abloten von zwei Punkten mit bekanntem Azimut. Kritisch: grosse Auswirkung von Ablotungsfehlern auf das Azimut (kurze Distanz)
 - Heute: Unabhängige Azimutbestimmung an Ort mit Kreisel, z.B. Wild GAK1, Gyromat2000