



Pendel, sorgfältig eingebaut und gemessen, stellen Messgeräte zur Neigungsmessung von Stauwerken dar, welche praktisch frei von Randeinflüssen sind. Die Abweichung infolge der Masse des gestauten Wassers gegenüber dem leeren Becken liegt in der Größenordnung von 10^{-6} , die Abweichung durch die Anziehung des Mondes bzw. der Sonne größtenfalls bei $5 \cdot 10^{-8}$ des Radianten. Die Qualität der Messung hängt im wesentlichen von der Güte des Ablesegerätes (Koordinometer) und der Sorgfalt der Ableseung selbst ab.

Es gibt zwei Ausführungsvarianten von Pendellotanlagen (Abb. 1):

- Gewichtslote und
- Schwimmlote (auch inverse Pendel genannt)

Die **Gewichtslote** bestehen aus einem Invardraht, der am oberen Ende der Messstrecke an einer Aufhängevorrichtung befestigt ist, einem ölgedämpften Pendelgewicht am unteren Ende des Drahtes, welches den Invardraht definiert vorspannt, und den Koordinometern, welche in unterschiedlichen Höhen die Abstände des Messdrahtes zu den fest installierten Bezugspunkten am Bauwerk zu messen gestatten. Mit dem Koordinometer werden zwei horizontale Verschiebungskomponenten des Messdrahtes gemessen (normalerweise orthogonal und parallel zum Bauteil). Unter der Voraussetzung, dass der Fußpunkt als fest angenommen werden kann, erhält man aus der Messung bei einem Bezugspunkt direkt über dem Pendelgewicht die absolute horizontale Verschiebung des Aufhängepunktes und bei der Messung mehrerer Bezugspunkte die Horizontalkomponenten einer Biegelinie zwischen Pendelgewicht und Pendelaufhängung.

Die **Schwimmlote** sind umgekehrt wie die Gewichtslote am tiefsten Punkt verankert und enden oben an einem Schwimmer, der sich in einem Schwimmergefäß frei bewegen kann. Die Spannkraft des Drahtes liegt bei beiden Bautypen zwischen 20 und 200 kg. Das Schwimmlot bietet den Vorteil, dass die Messstrecke durch eine vertikale Bohrung ins Fundament der Sperre hinein verlängert werden kann und zwar bis in eine Tiefe, die als fest anzusehen ist, was bei den Gewichtsloten häufig nicht angenommen werden kann.

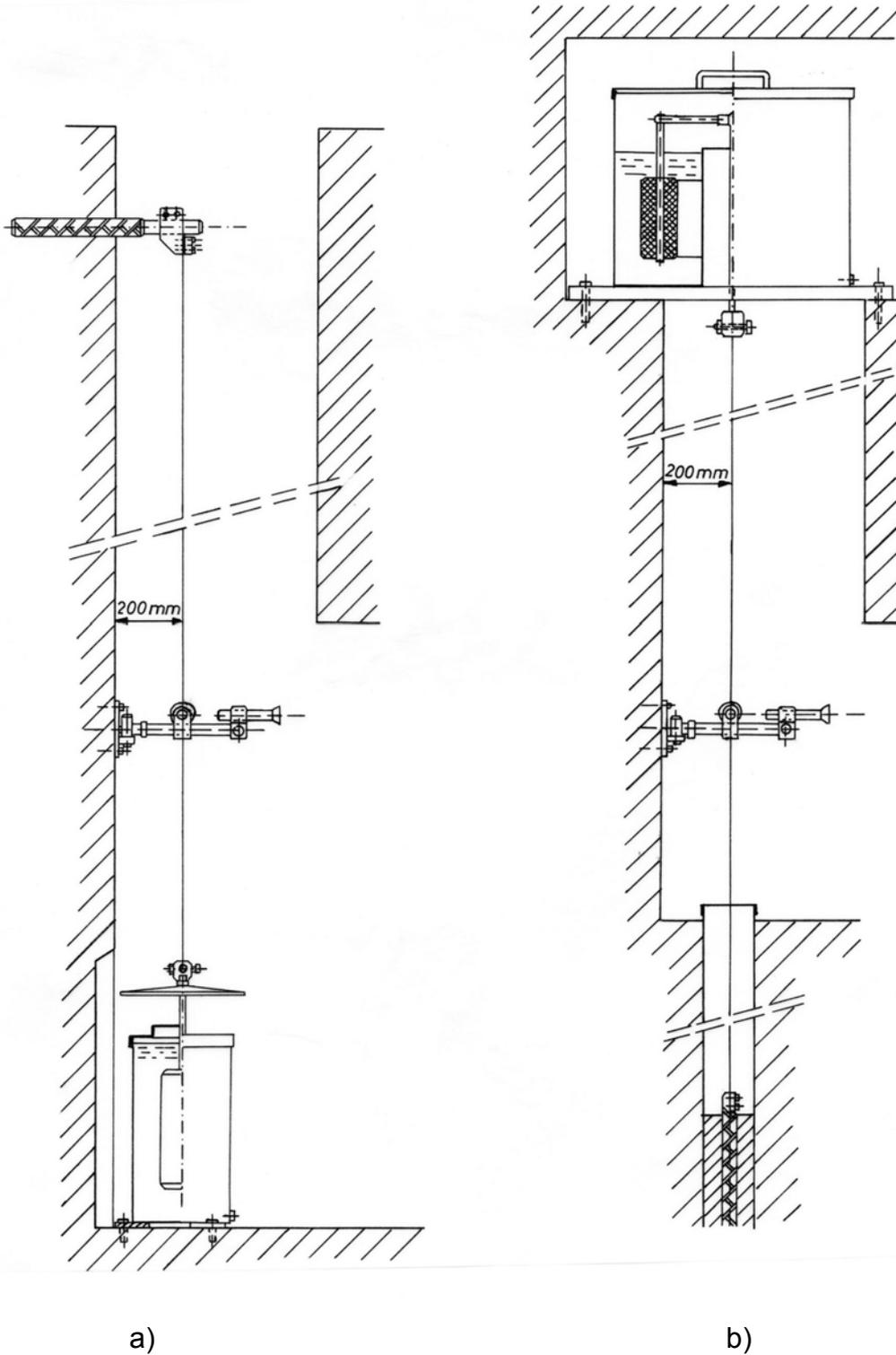


Abb. 1 Lotanlagen für Neigungsmessungen
 a) Gewichtslot; b) Schwimmlot oder inverses Pendel



Die Messung der relativen Lage des Lotdrahtes zum Bauwerk kann auf zweierlei Art ausgeführt werden:

1. Berührungslose **optische Messung** in zwei orthogonalen Richtungen mit einem sog. Koordinometer, bei dem mit einer Messlupe in den zwei orthogonalen Richtungen parallel zur Quer- und Längsachse des Bauwerkes der Lotdraht anvisiert und die relative Verschiebung zur Nullstellung mit einer Schublehre mit Nonius manuell registriert wird. Die Messgenauigkeit beträgt dabei $\pm 0,05$ mm. Das Koordinometer wird nur zur Messung in einer am Bauwerk befestigten Setzplatte eingehängt und justiert. Nach Durchführung der Messung wird es wieder abgenommen und empfehlenswerterweise periodisch auf einer Kontrollsetzplatte mit eingebautem Lotdrahtstück auf einwandfreie Funktion überprüft. Die Kontrollsetzplatte ist am besten in einer verschließbaren Nische eines Kontrollganges dauerhaft zu montieren, wobei die Setzplatte in Augenhöhe anzubringen ist.
2. Berührungslose **Laserdistanzmessung** in zwei orthogonalen Richtungen mit einem Laser-Koordinometer. Dieser Laser arbeitet nach dem Triangulationsprinzip, bei dem der Laserstrahl durch das Messobjekt reflektiert und auf einem positionserkennenden Detektorelement abgebildet wird. Eine Entfernungsänderung des Messobjektes bewirkt eine Positionsänderung des Lichtstrahls auf dem Detektor. Das Maß für die Entfernung des Messobjektes ist somit die Position des reflektierten Lichtes auf dem Detektorelement. Als Messobjekt wird am Pendeldraht ein zylindrischer Körper befestigt und dessen Entfernungsänderung in x- und y-Richtung mit zwei Laserdistanzmessgeräten fortlaufend oder intermittierend gemessen. Die beiden Messwerte können entweder an einem Messgerät mit Digitalanzeige abgelesen oder durch Fernübertragung in einer automatischen Datenerfassungsanlage registriert werden.

Bei beiden Ablesearten ist dafür zu sorgen, dass der Messdraht während der Messungen nicht durch Luftströmungen in Schwingung ist.

**Bestellhinweise****2.7.1 Gewichtslot** bestehend aus:

- 2.7.1.1 Aufhängevorrichtung (rostbeständig)
- 2.7.1.2 Gewicht 100 N (10 kg) mit Drahtklemme
- 2.7.1.3 Dämpfergefäß, $h = 500 \text{ mm}$, $\varnothing = 300 \text{ mm}$
Messbereich $\pm 75 \text{ mm}$
- 2.7.1.4 Lotdraht $\varnothing 1,0 \text{ mm}$, Invar
- 2.7.1.5 Tropfschirm $\varnothing 300 \text{ mm}$
- 2.7.1.6 Koordinometer, Messgenauigkeit $\pm 0,05 \text{ mm}$,
Messbereich $\pm 75 \text{ mm}$ in Querachse
bzw. $\pm 25 \text{ mm}$ in Längsachse
- 2.7.1.7 Setzplatte für Koordinometer
alternativ zum Koordinometer:
- 2.7.1.8 Laser-Koordinometer zur Fernregistrierung,
Ablesegenauigkeit $\pm 0,05 \text{ mm}$,
Messbereich 10 - 50 mm,
Ausgangssignal 0 - 10 V,
Arbeitstemperatur 0 - 50 ° C
- 2.7.1.9 Anzeigegerät für Laser-Koordinometer
mit digitaler Anzeige

2.7.2 Schwimmplot bestehend aus:

- 2.7.2.1 Verankerung im Bohrloch
- 2.7.2.2 Schwimmergefäß mit Schwimmer und
Drahtklemme, $h = 600 \text{ mm}$, $\varnothing = 560 \text{ mm}$,
Auftrieb 300 N (30 kg),
Messbereich $\pm 35 \text{ mm}$
- 2.7.2.3 Lotdraht $\varnothing 1,65 \text{ mm}$, Invar

alle übrigen Zubehörteile wie oben