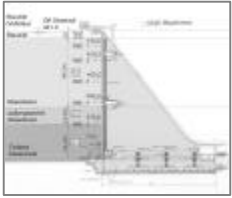


An aerial photograph of a large dam and reservoir, with a forested hillside in the background. The image is in grayscale, with the title text overlaid in red. The dam structure is visible in the center, with a reservoir extending to the left and right. The surrounding landscape is hilly and covered in trees.

Überwachungsmessungen an Talsperren

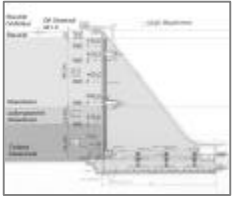


**Hochschule für Technik,
Wirtschaft und Kultur Leipzig (FH)**
Fachbereich Bauwesen, Lehrgebiet Vermessungskunde
Prof. Dr.- Ing. Hans-Peter Otto



Gliederung

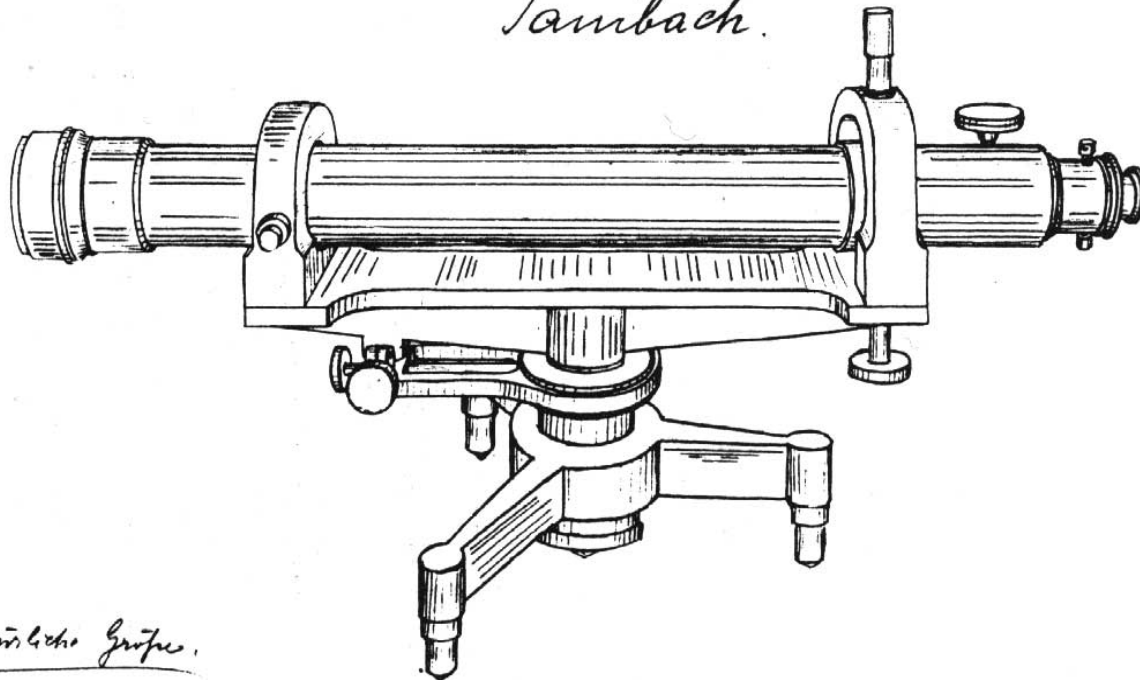
- **Überwachung von Stauanlagen - Anforderungen an die Planung**
- **Meßtechnische Bauwerksüberwachung am Beispiel eines Steinschüttdammes**
- **... und einer Gewichtsstaumauer**
- **Ausführung von Überwachungsmessungen - systematische Fehler bei der meßtechnischen Bauwerksüberwachung**
- **Interpretation von Verschiebungs- und Verformungsmessungen**



Historisches Aligniergerät Talsperre Tambach-Dietharz/Thüringen



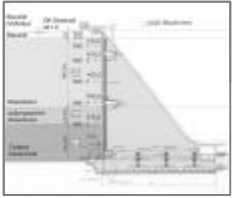
*Talsperren - Instrument
Tambach.*



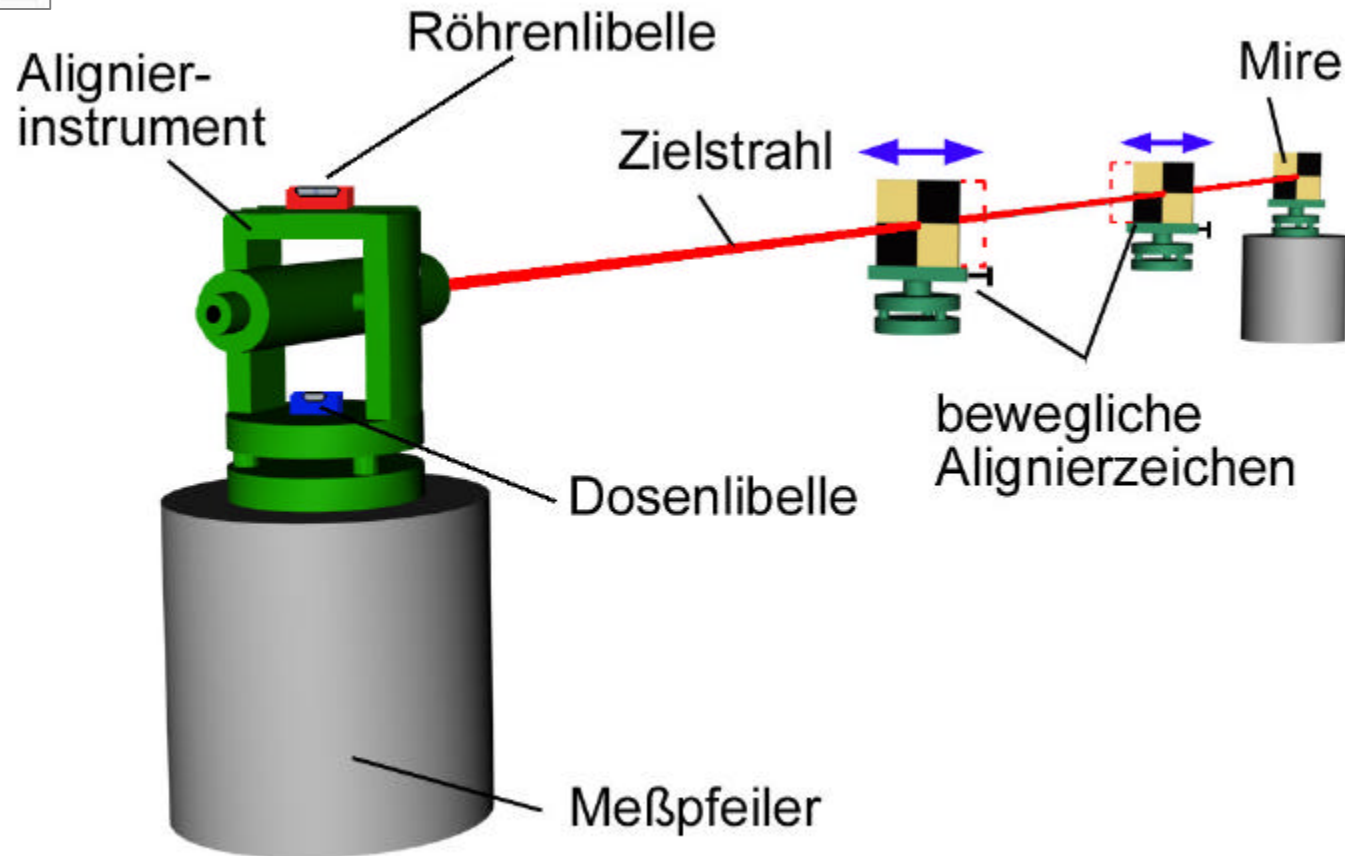
Halbe natürliche Größe.

*Wittenmann
17.4.08.*

Das geometrische Alignement ist eines der ältesten Überwachungsverfahren an Talsperren

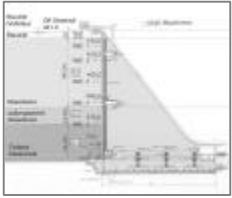


Geometrisches Alignment

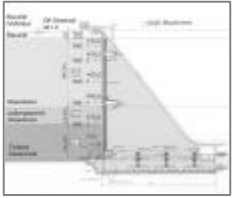


Prinzip des geometrischen Alignements:

Zwischen zwei Festpunkten (Meßpfeiler mit Aligniergrät und Meßpfeiler mit Mire) wird eine vertikale Ebene aufgespannt. Gemessen werden die kürzesten horizontalen Abstände der Alignementspunkte auf der Mauerkrone, signalisiert durch Alignierzielzeichen, und der vertikalen Ebene.



- **Überwachung von Stauanlagen - Anforderungen an die Planung**
- **Meßtechnische Bauwerksüberwachung am Beispiel eines Steinschüttdammes**
- **... und einer Gewichtsstaumauer**
- **Ausführung von Überwachungsmessungen - systematische Fehler bei der meßtechnischen Bauwerksüberwachung**
- **Interpretation von Verschiebungs- und Verformungsmessungen**



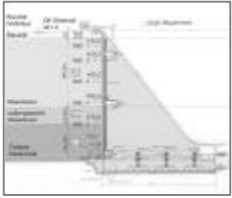
Nach E DIN 19700-10 Stauanlagen gilt:

„Zur Beurteilung der konstruktiven und betrieblichen Sicherheit einer Stauanlage ist ein an die Stauanlage **individuell angepaßtes Überwachungssystem mit Meßeinrichtungen** notwendig. ...

Die Meßeinrichtungen müssen geeignet sein, sowohl das Kurz- als auch das Langzeitverhalten der Stauanlagenteile einschließlich Stauraum und Unterwasserbereich zu erfassen. ...

Der Umgang mit dem Meß- und Kontrollsystem ist durch Meß- und Betriebsanweisungen sowie **Meßprogramme** eindeutig zu regeln. ...

Alle Meß- und Ergebniswerte bzw. Feststellungen sind zu dokumentieren, umgehend auf Plausibilität zu überprüfen und auszuwerten. ...“



In E DIN 19700-11 Talsperren wird geregelt:

„Für die Bauwerksüberwachung ist ... ein **Meß- und Kontrollprogramm** aufzustellen. Dieses hat unter Beachtung von **E DIN 18710-4** die Erfassung, Verarbeitung und Auswertung bzw. Archivierung von Meßdaten und die Durchführung von Kontrollen zu regeln. ...

Für die im Meßprogramm festgelegten Messungen sind Meßanweisungen aufzustellen. ...

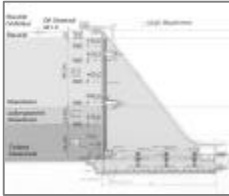
... Festlegungen über die Ausführung ...

... Prinzip der Gleichzeitigkeit ...

... Verminderung von systematischen Fehlern ...

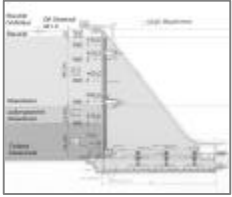
... Verminderung von subjektiven Fehlern ...“

Überwachungsmessungen an Talsperren



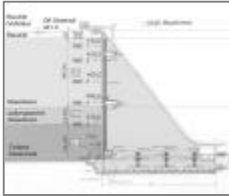
DEUTSCHE NORM		<i>Entwurf</i>	Oktober 1998
	Ingenieurvermessung Teil 1: Allgemeine Anforderungen	DIN	18710-1

DEUTSCHE NORM		<i>Entwurf</i>	August 1999
	Ingenieurvermessung Teil 4: Überwachung	DIN	18710-4
ICS	Vorgesehen als Ersatz für DIN 4107: 1978-01		



Warum Talsperrenüberwachung?

- Talsperren stellen eine potentielle Gefahr dar
- Talsperren haben wichtige Versorgungsaufgaben zu erfüllen
- Talsperren stellen Anlagen von erheblichem Wert dar



Talsperrensicherheit [nach SIEBER, Weimar 2001]

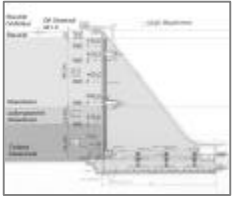
Planung,
Bau,
Betrieb nach
allgemein
anerkannten
Regeln
der Technik

Notfall-
vorsorge
durch
geeignete
Notfall-
konzepte/
-pläne

Überwachung durch
regelmäßige
Messungen,
Beobachtungen,
Kontrollen,
Funktionsproben

Eigen-
über-
wachung

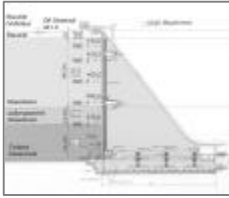
Fremd-
über-
wachung



Das Meßprogramm nach DIN 18710 - 4 Ingenieurvermessung - Überwachung

„Zur Aufstellung eines Meßprogrammes sind zumindest qualitative Vorstellungen über die mutmaßlichen Bewegungs- und Verformungsvorgänge in ihrem zeitlichen und örtlichen Verlauf erforderlich. ...

Das Meßprogramm bündelt und konkretisiert die Anforderungen an die Durchführung und Auswertung für ein bestimmtes Meßobjekt auf der Grundlage des vorliegenden Deformationsmodells.“



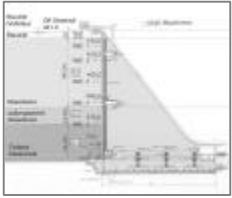
Planung von Überwachungs- vermessungen - Meßprogramm

Was ist zu messen?

- Lastenheft mit den Anforderungen des Bauingenieurs, des Tragwerksplaners und des Baugrundspezialisten
 - auch unter Beachtung der Vorstellungen des Bauherren
- ⇒ Plan der zu überwachenden Größen als Teil des Meßprogrammes

Wo ist zu messen?

- ⇒ Plan der zu überwachenden Objektpunkte als Teil des Meßprogrammes



Planung von Überwachungs- vermessungen - Meßprogramm

Wie und wie genau ist zu messen?

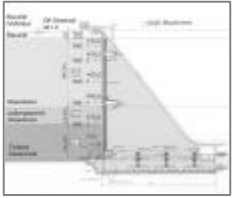
- messtechnische Lösung der Aufgabe, bearbeitet durch Bauingenieur, Geodät und Geotechniker
⇒ Meßprogramm

Wann ist zu messen?

- last- und zeitabhängige Messungsfolge
⇒ Beobachtungsplan als Teil des Meßprogrammes

Wie sind die Messungen aufzubereiten, auszuwerten, zu interpretieren und zu dokumentieren?

- ⇒ Meßprogramm



Plan der zu überwachenden Größen

Wirkgrößen

Temperatur, Niederschlag, Stauhöhe

absolute Verschiebungen und Verformungen

geodätische Verfahren wie Nivellement und Tachymetrie

relative Verschiebungen und Verformungen

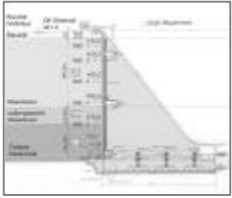
Extensometer-, Schlauchwaagemessung, Neigungsmessungen, Fugen- und Rissmessungen

hydrometrische und Spannungsgrößen

Bergwasserstands-, Sohlenwasserdruckmessungen, Sickerwassermengen-, Erddruckmessungen

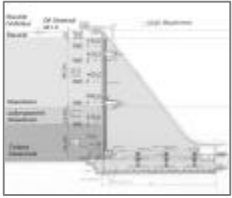
sonstige Verfahren

seismische Messungen



Einige Kriterien für die Auswahl der Meßverfahren

- Genauigkeit des Verfahrens
- Aufwand und Dauer der Messungsausführung
- Überprüfbarkeit der Meßwerte
- Messung nahe der Gründungssohle, wenig Beeinflussung durch Temperaturänderungen
- Messung an unzugänglichen Stellen
- Bezugssystem unbeeinflußt vom Objekt bei geodätischen Meßverfahren (absolute Verfahren)
- Überwachung der Drift der Anzeige und des Nullpunktes bei elektrischen Meßverfahren (relative Verfahren)



Plan der zu überwachenden Größen

Wirkgrößen

Temperatur, Niederschlag, Stauhöhe

absolute Verschiebungen und Verformungen

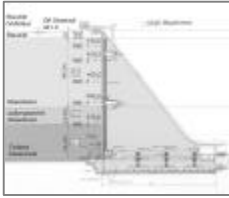
geodätische Verfahren wie Nivellement und Tachymetrie

relative Verschiebungen und Verformungen

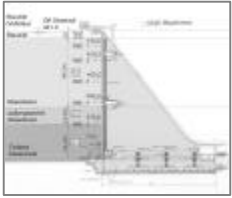
Extensometer-, Schlauchwaagemessung, Neigungsmessungen, Fugen- und Rissmessungen

hydrometrische und Spannungsgrößen

Bergwasserstands-, Sohlenwasserdruckmessungen, Sickerwassermengen-, Erddruckmessungen

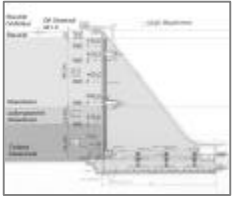


- Überwachung von Stauanlagen - Anforderungen an die Planung
- **Meßtechnische Bauwerksüberwachung am Beispiel eines Steinschüttdammes**
- ... und einer Gewichtsstaumauer
- Ausführung von Überwachungsmessungen - systematische Fehler bei der meßtechnischen Bauwerksüberwachung
- Interpretation von Verschiebungs- und Verformungsmessungen

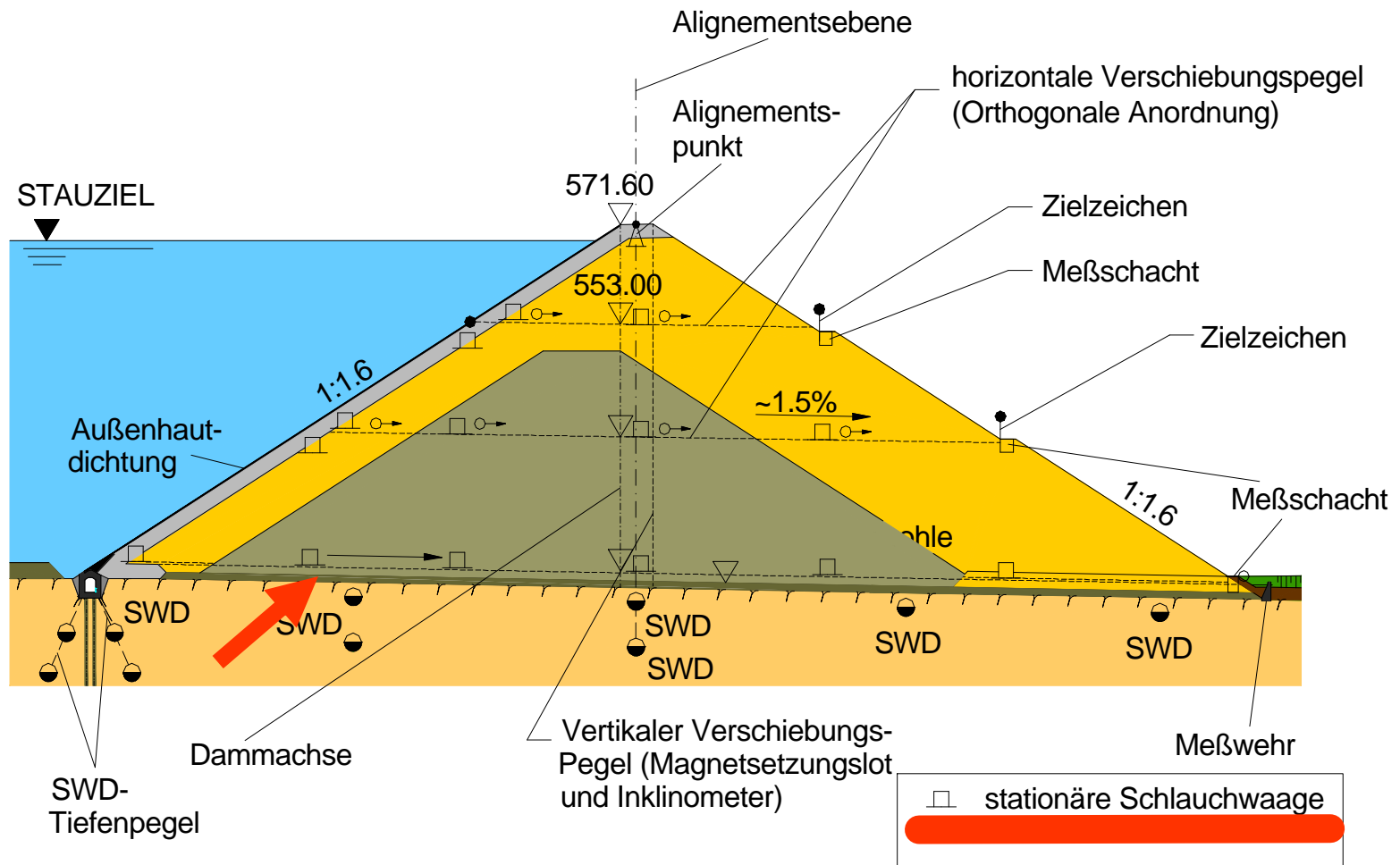


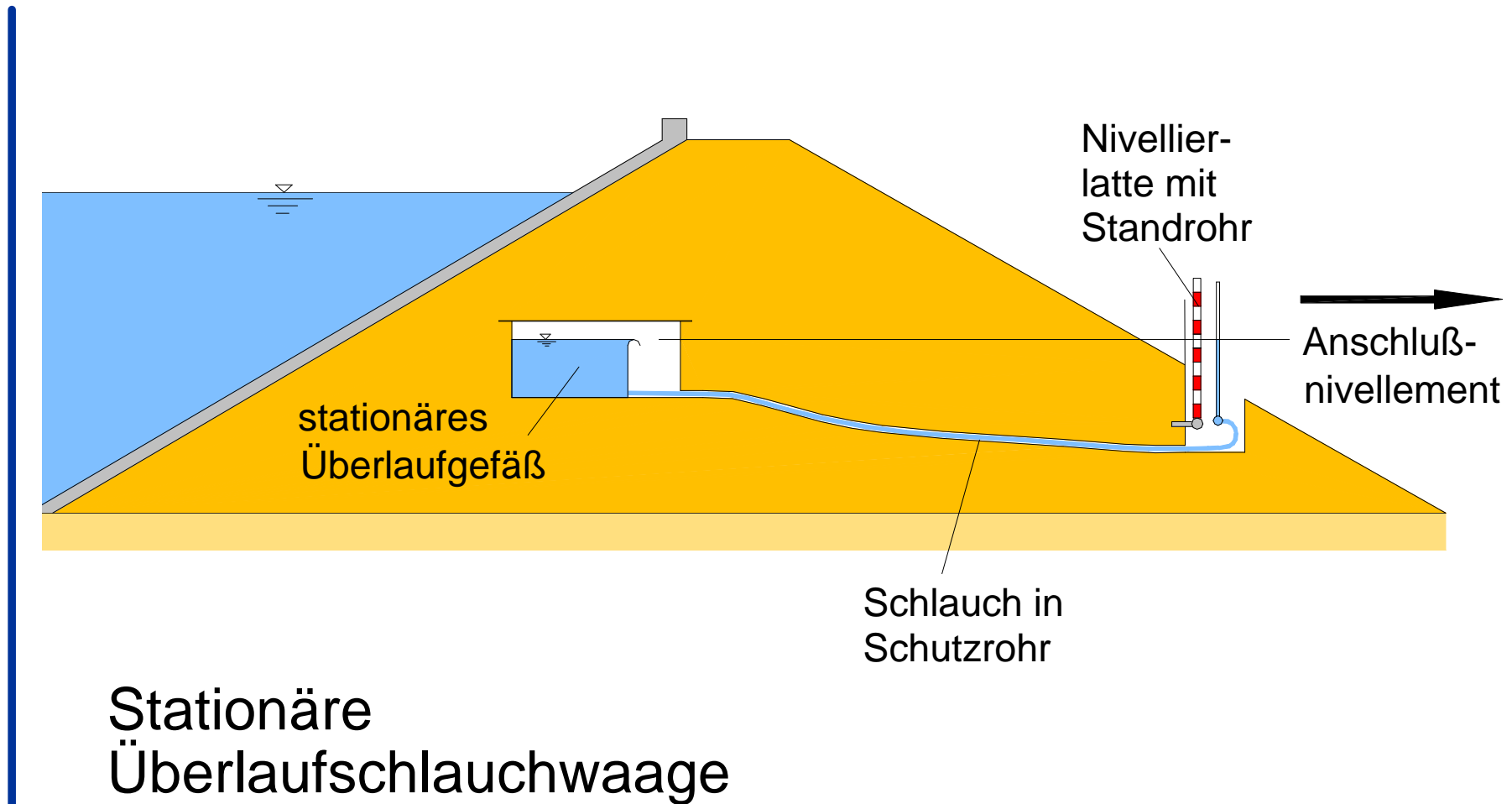
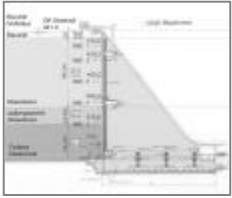
Ausgewählte Verfahren für das Messen von relativen Verschiebungen und Verformungen an unzugänglichen Stellen in der Schüttung des Dammes längs einer horizontalen Linie

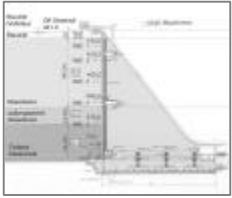
- stationäre Überlaufschlauchwaage - Messen von Setzungen
- mechanisches Extensometer - Messen von horizontalen Verschiebungen



Steinschüttdamm - Hauptmeßquerschnitt mit Meßeinrichtungen

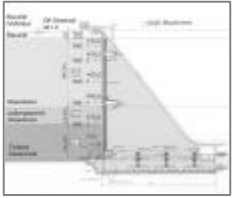






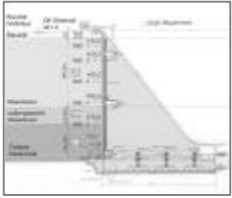
Stationäre Schlauchwaage - Überlaufgefäß





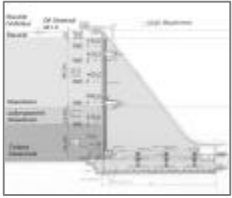
Überlaufgefäß geöffnet, mit Überlauf





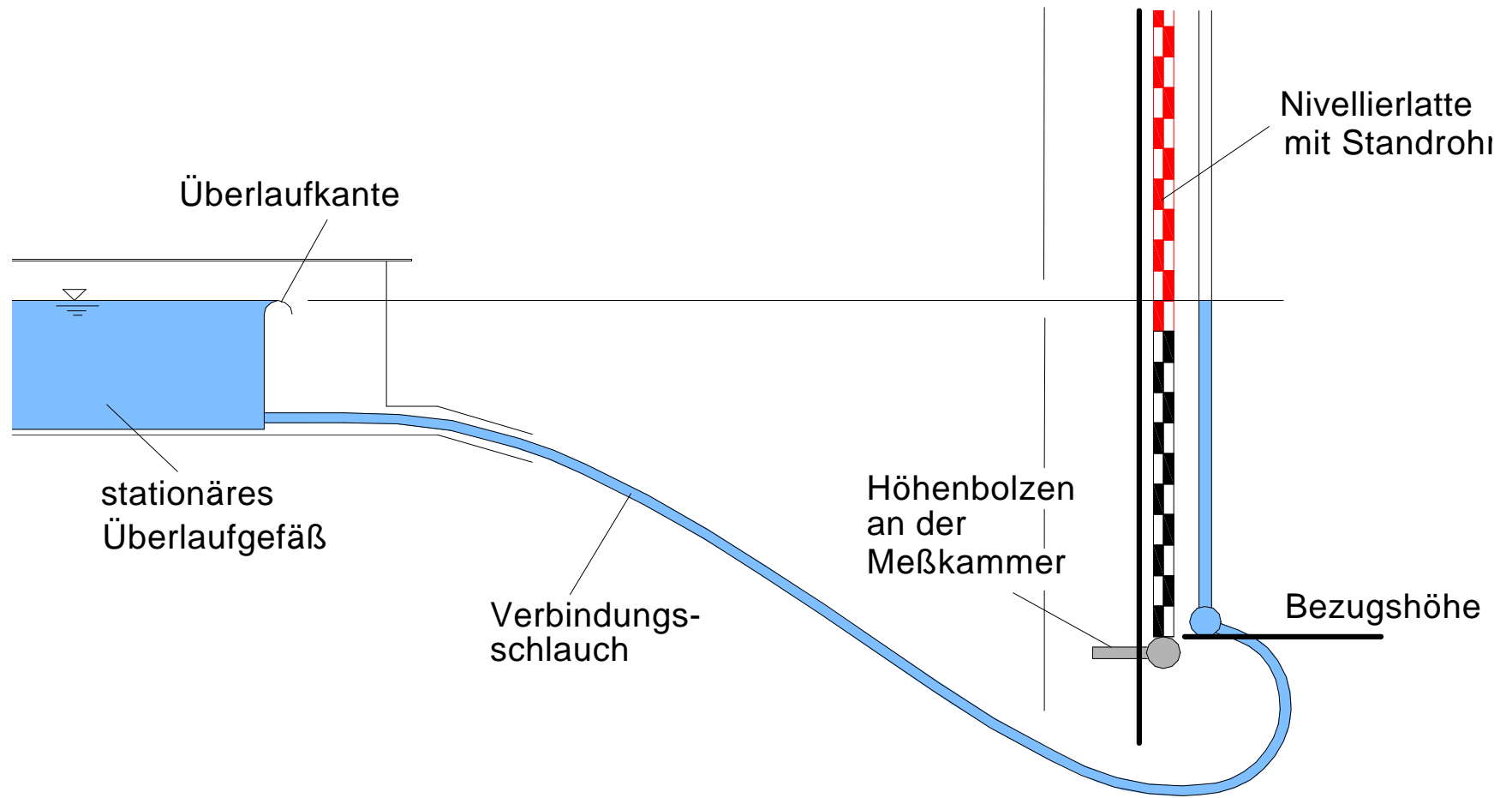
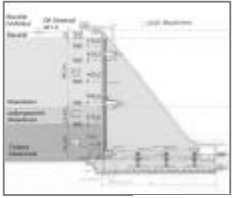
Stationäre Schlauchwaage - Einmessung durch geometrisches Nivellement



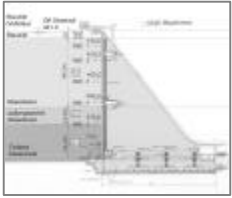


**Kontrollgang –
Ablesestelle für
drei stationäre
Schlauchwaagen,
parallel zur
Dammachse unter
der Dichtung
angeordnet**

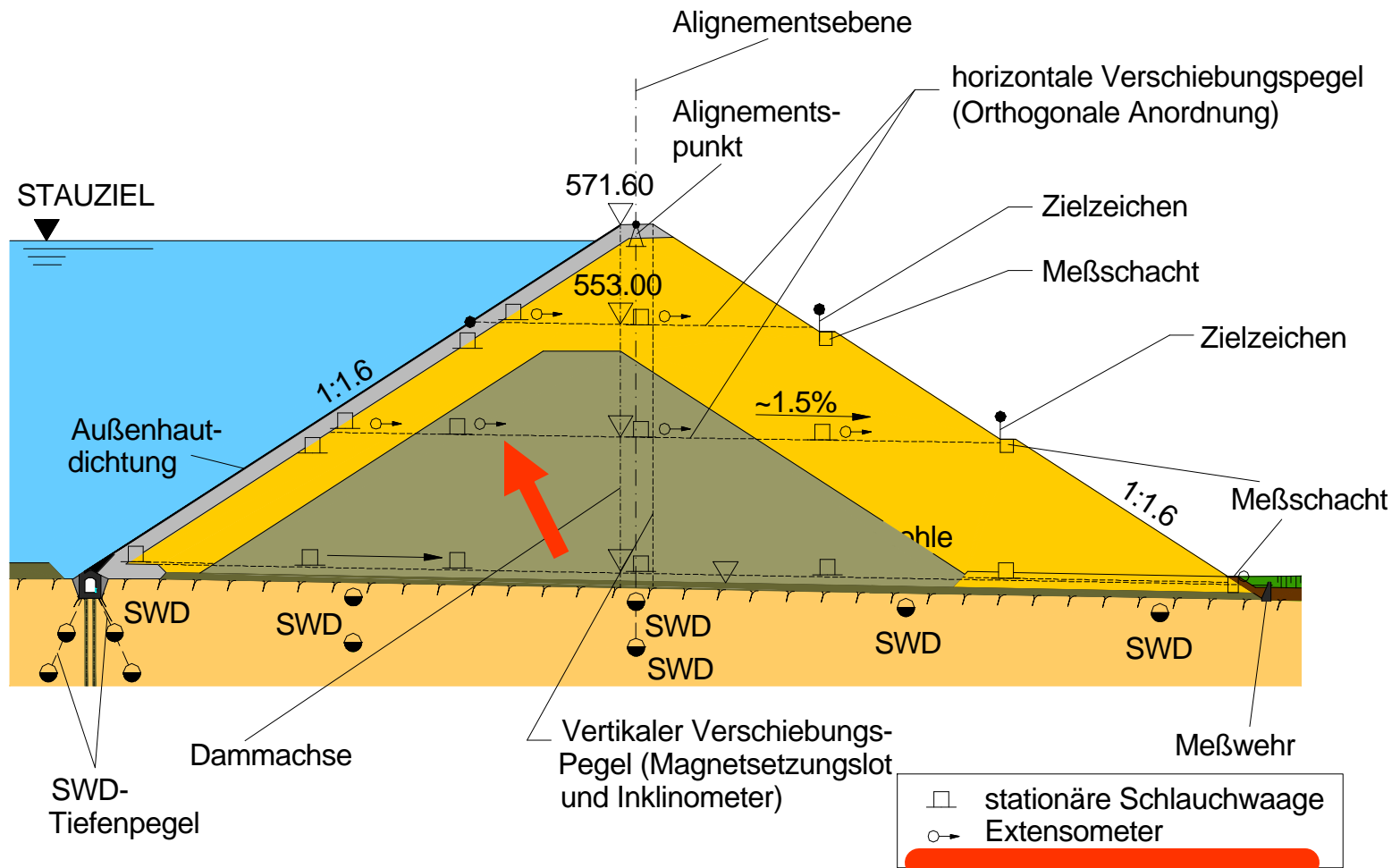


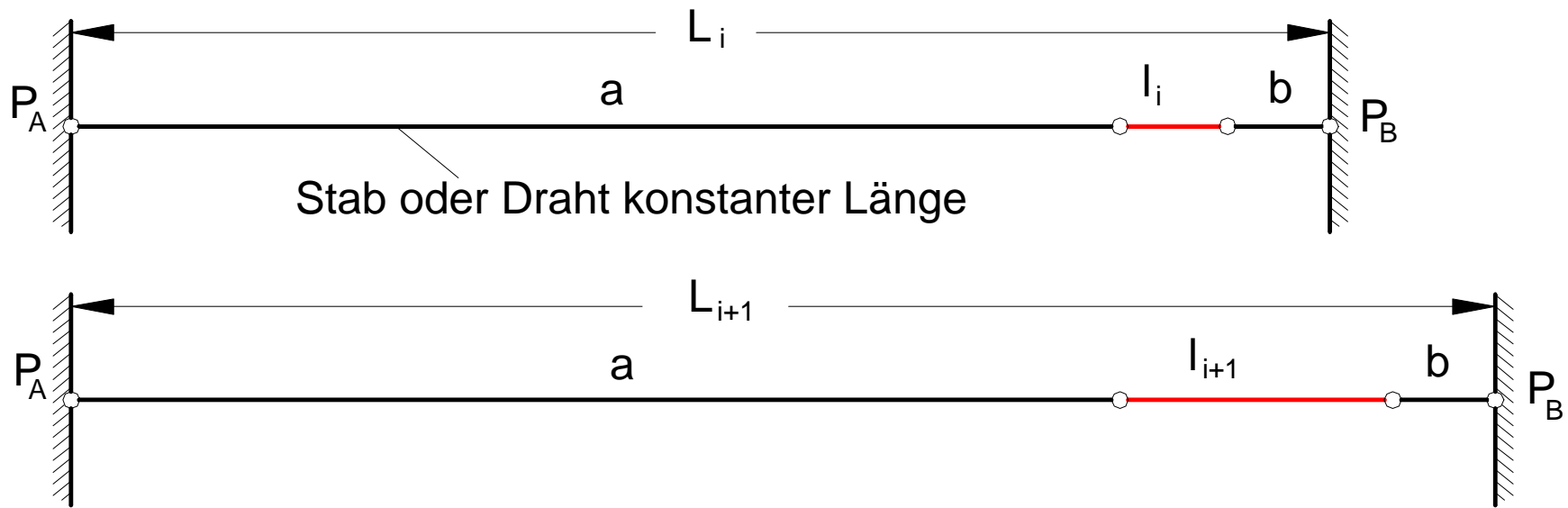
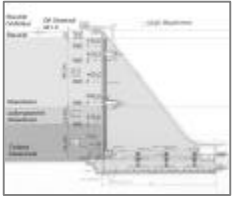


Stationäre Überlaufschlauchwaage

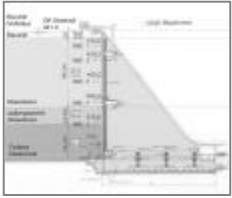


Steinschüttdamm - Hauptmeßquerschnitt mit Meßeinrichtungen



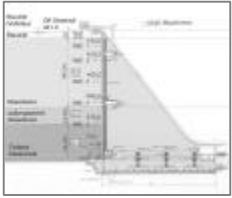


Extensometerprinzip



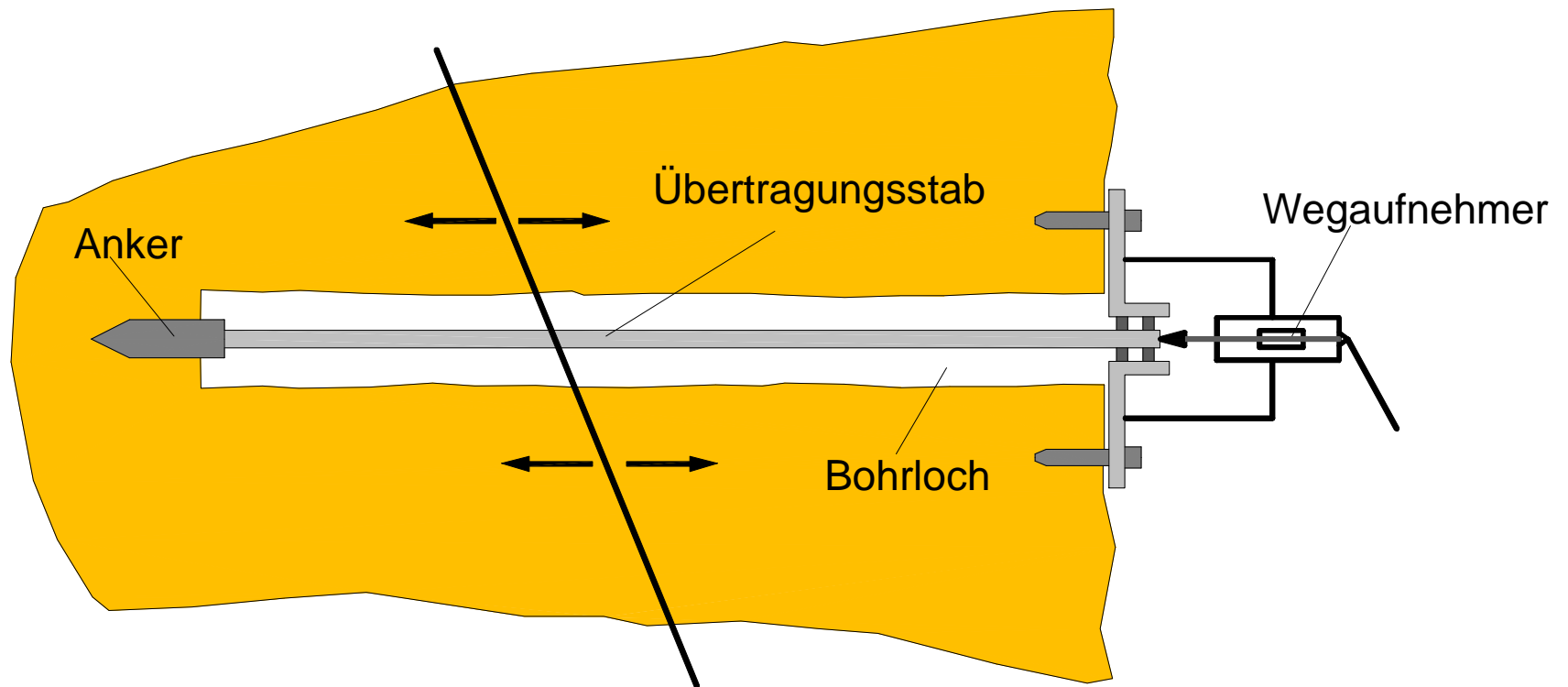
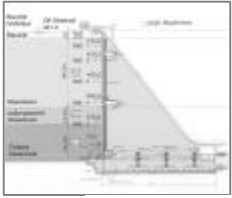
Kontrollgang – Meßstellen für Extensometer, stationäre Schlauchwaage und Sohlenwasserdruck



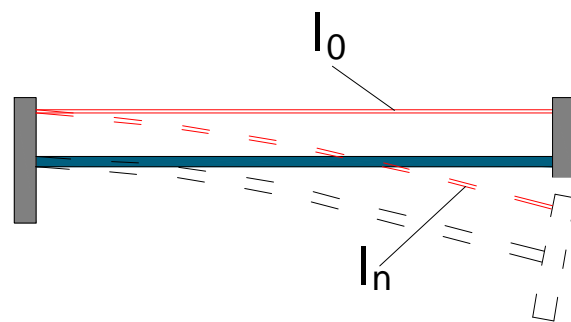
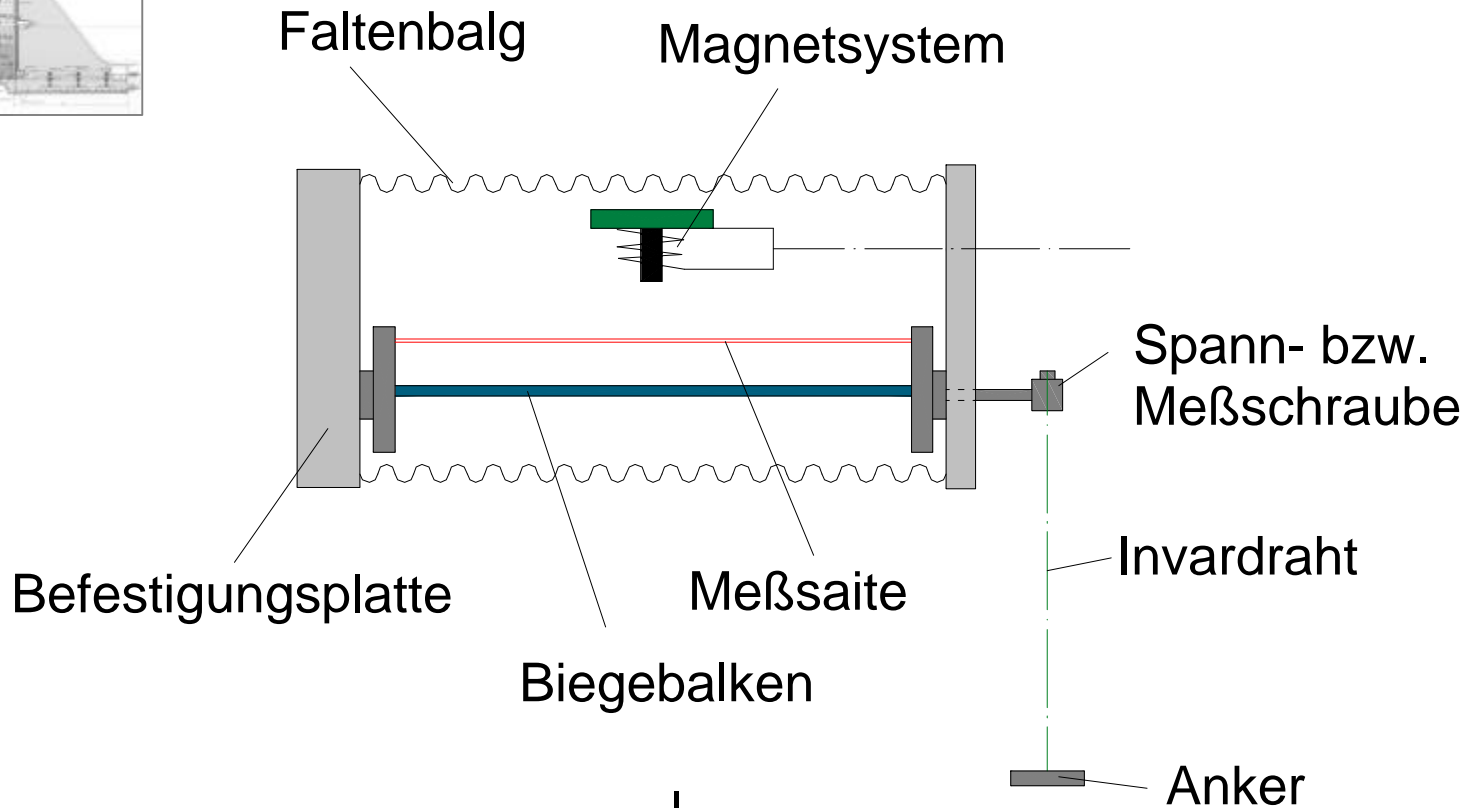
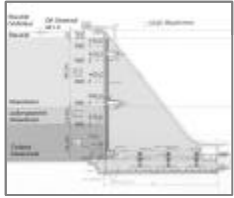


Digitaler Meßschieber

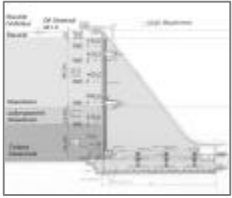




Stangenextensometer zur Messung von Längenänderungen

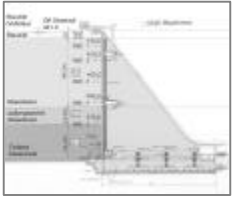


Schwingsaiten-
Extensometer

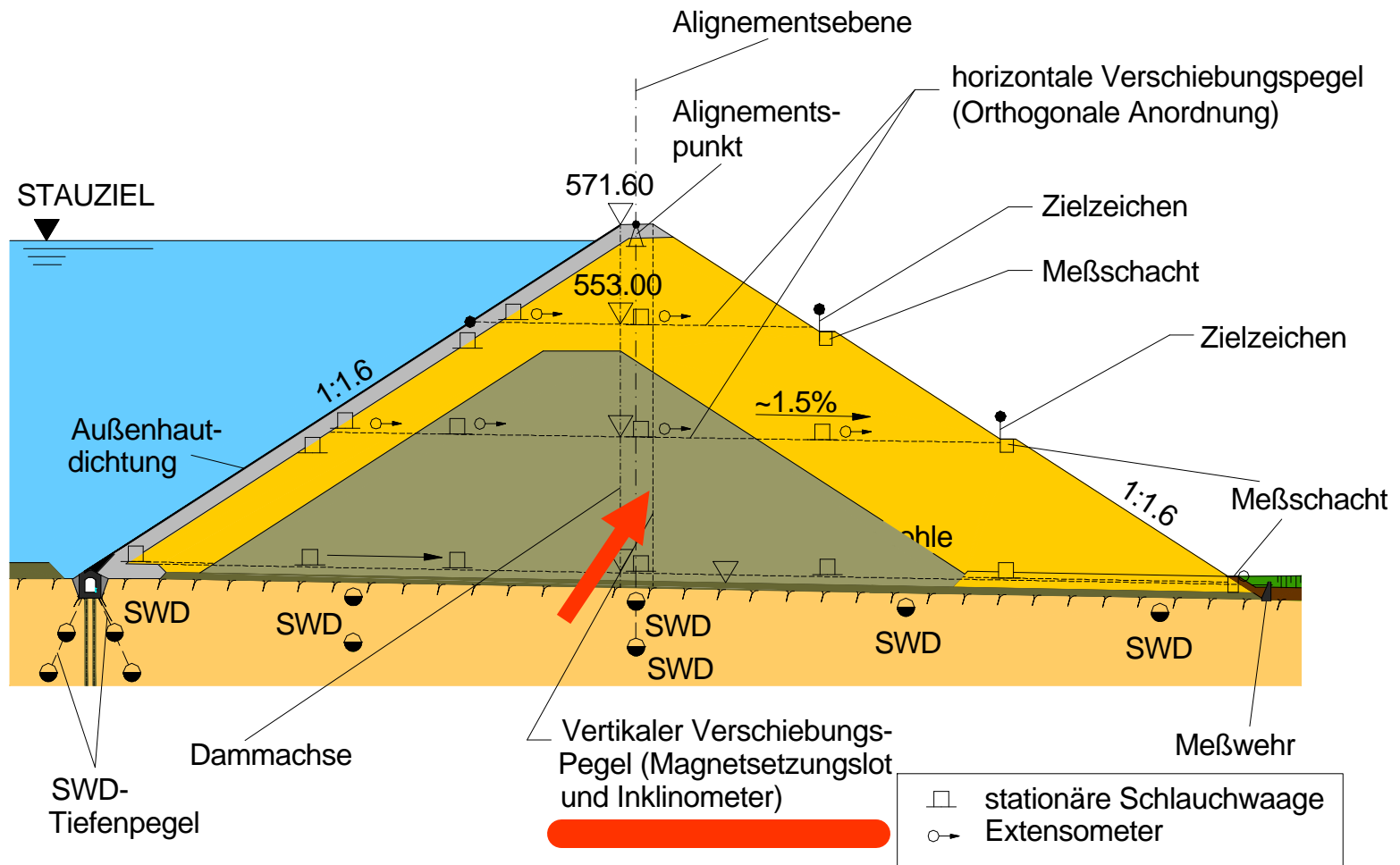


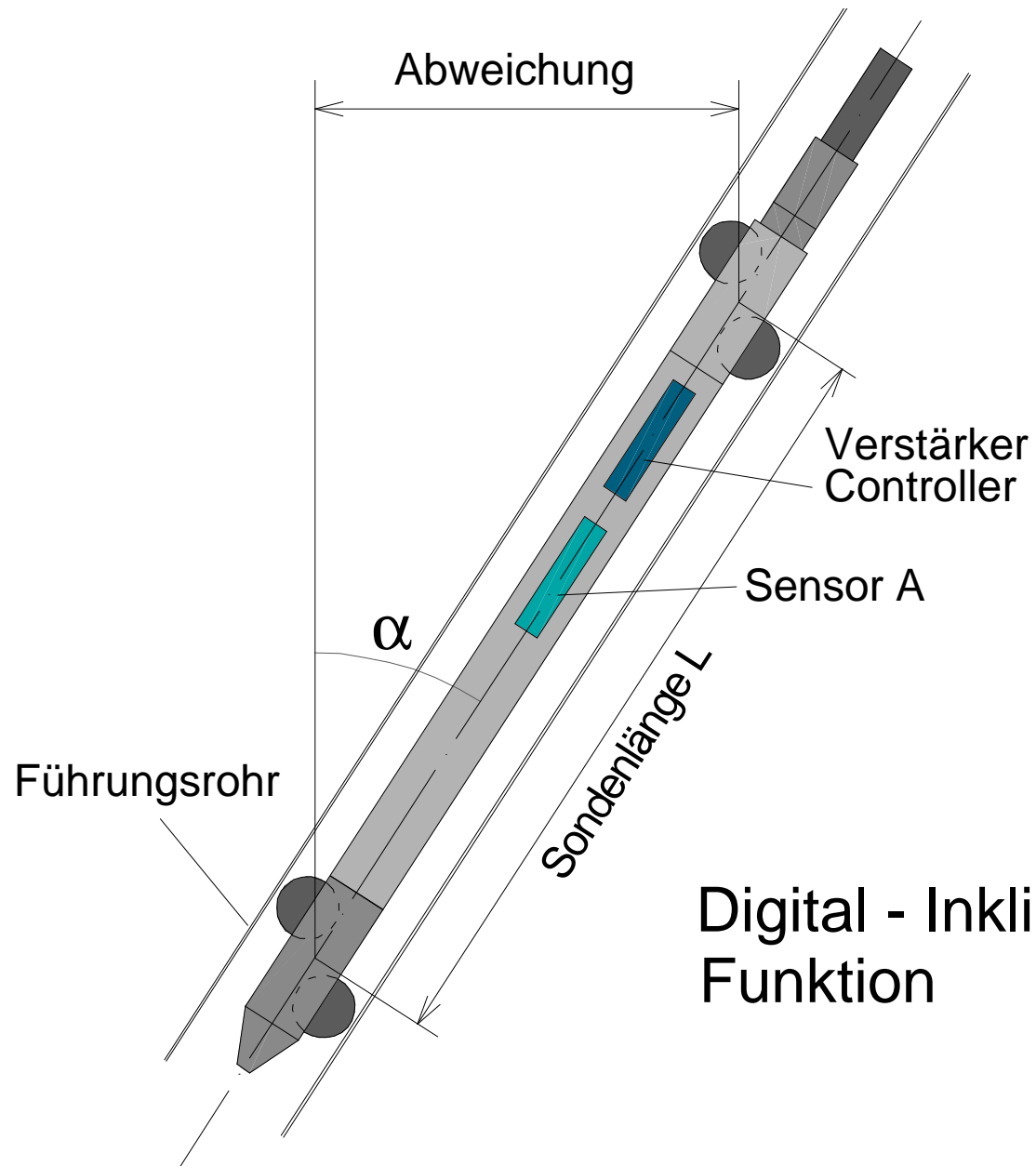
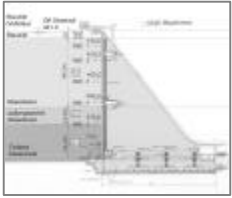
Ausgewählte Verfahren für das Messen von relativen Verschiebungen und Verformungen an unzugänglichen Stellen in der Schüttung des Dammes längs einer vertikalen Linie

- Inklinometer - horizontale Verschiebungen, abgeleitet aus Neigungsmessungen
- Magnetlot - Setzungen

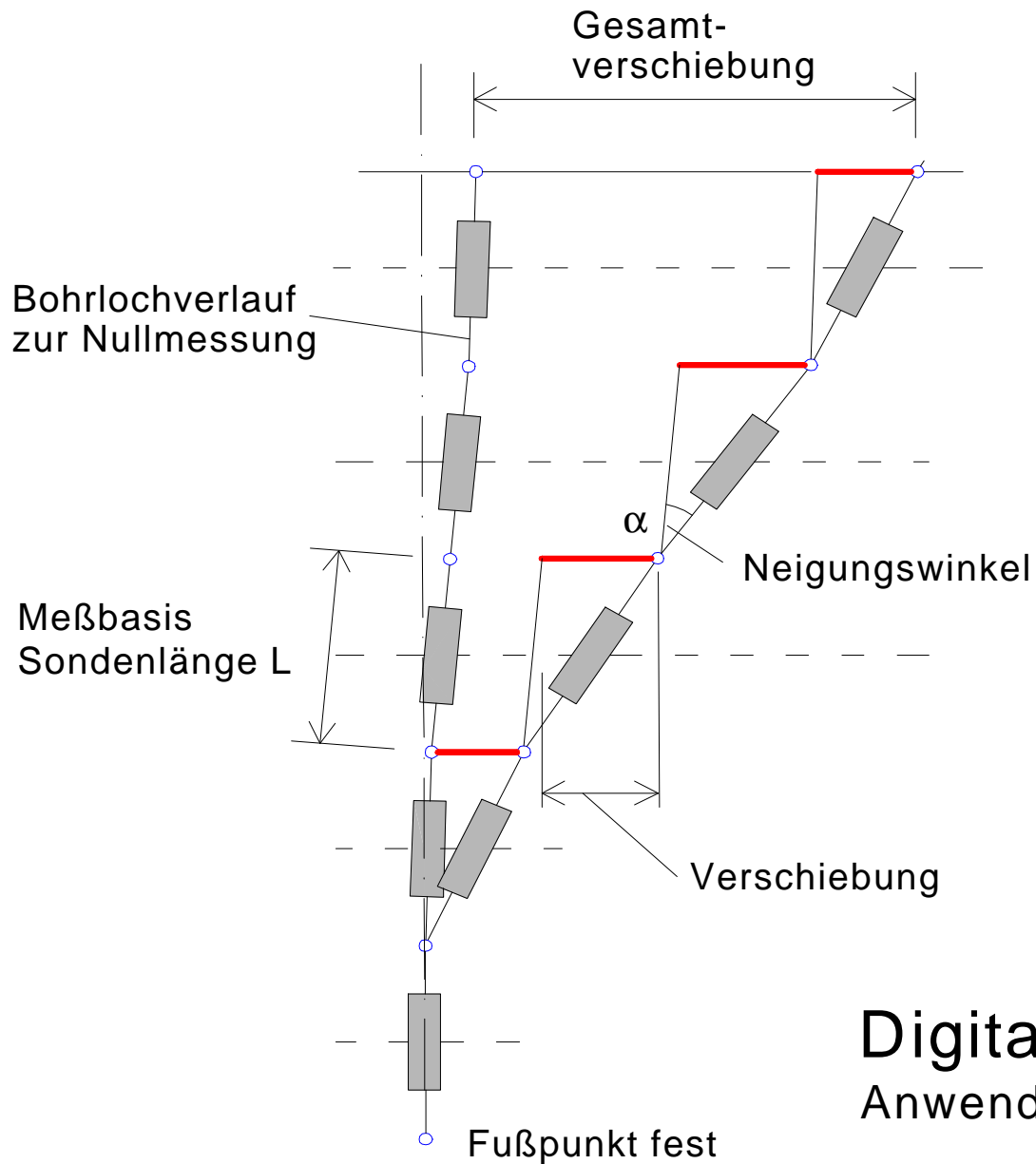
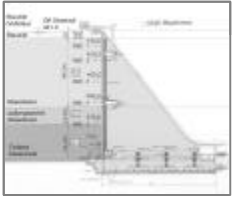


Steinschüttdamm - Hauptmeßquerschnitt mit Meßeinrichtungen

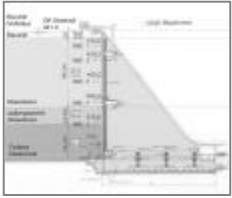




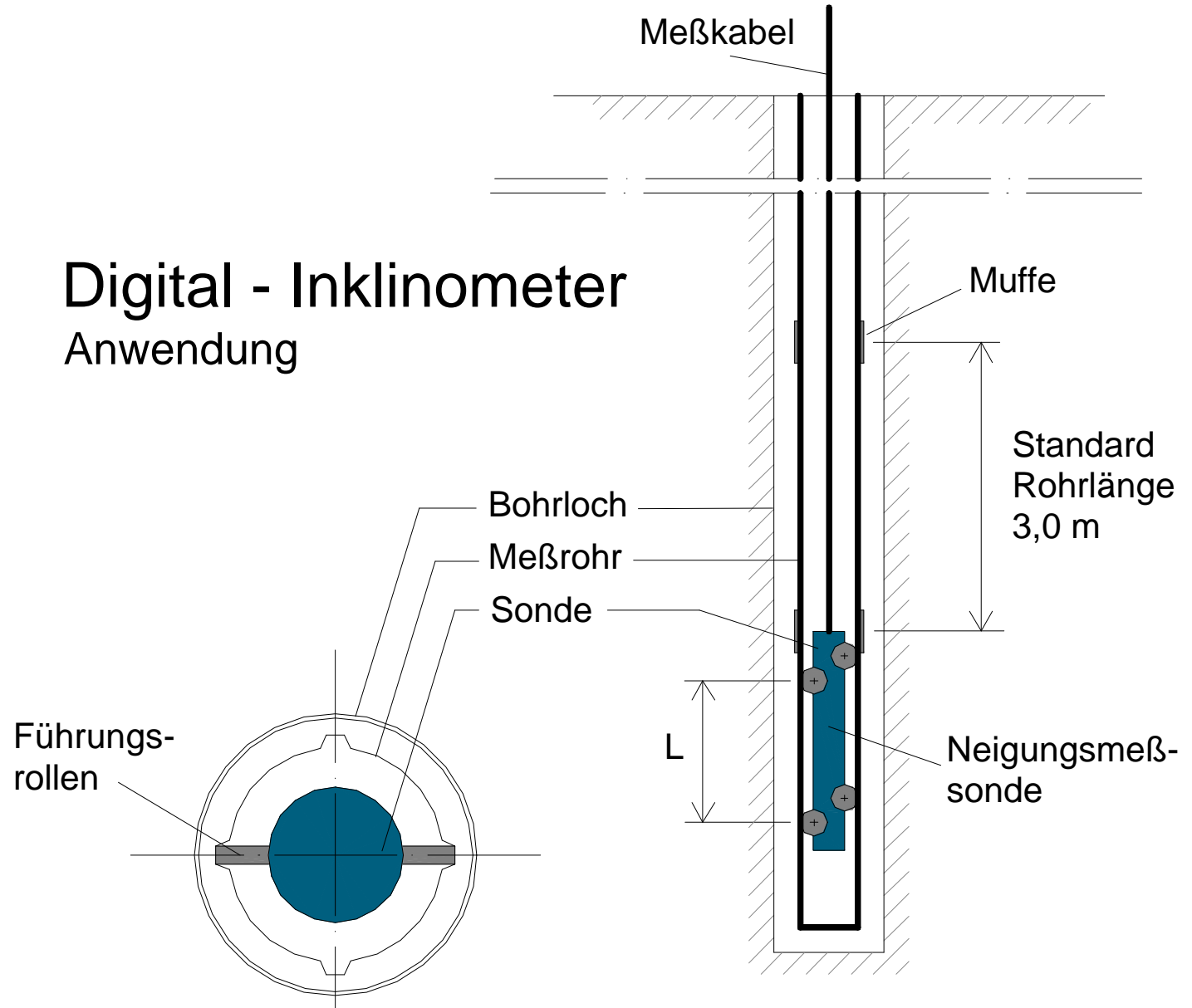
Digital - Inclinometer
Funktion

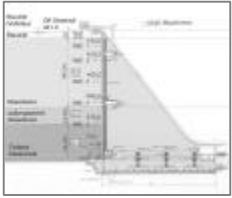


Digital - Inklinometer
Anwendung

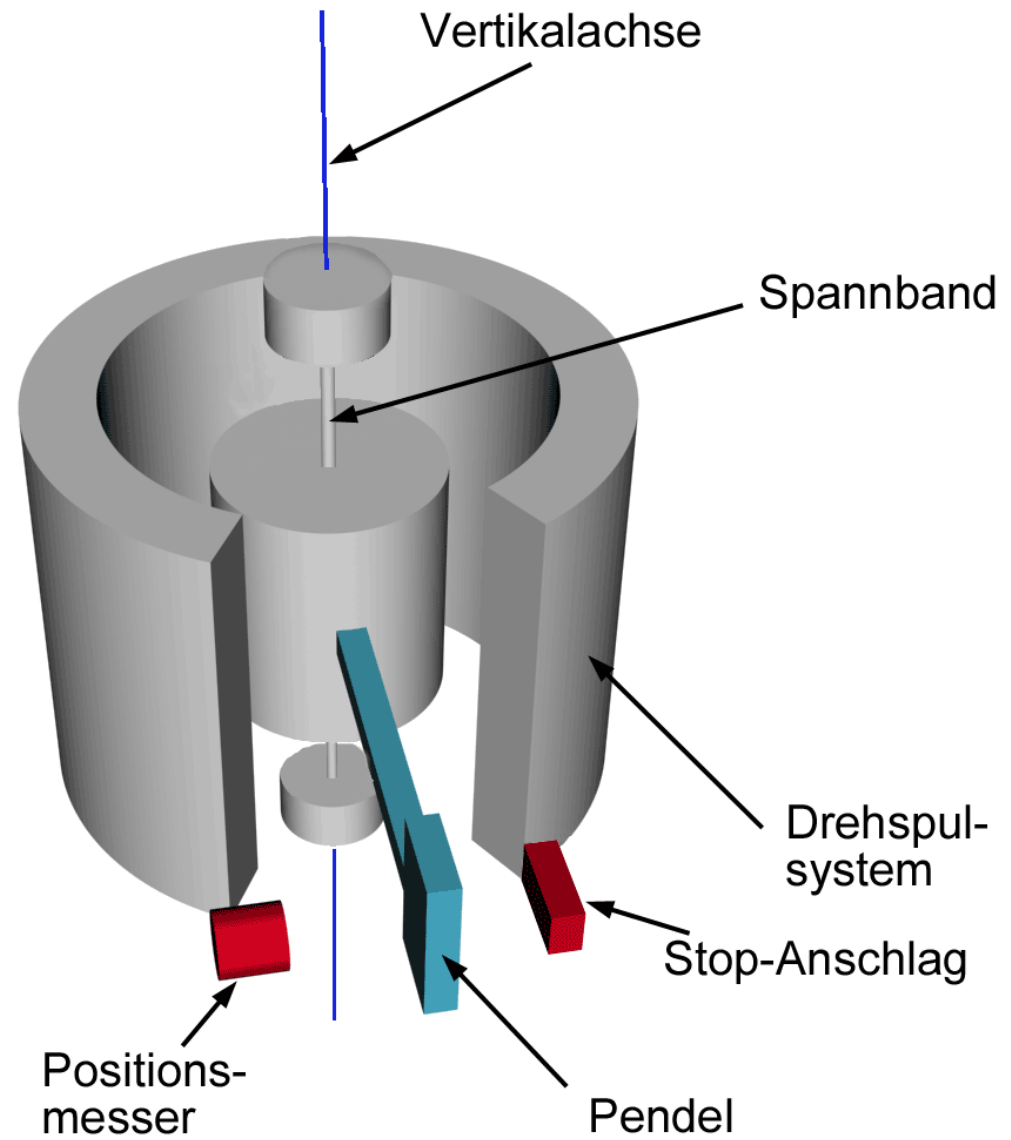


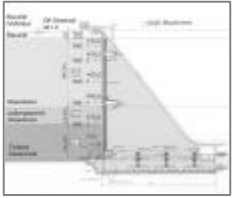
Digital - Inklinometer Anwendung



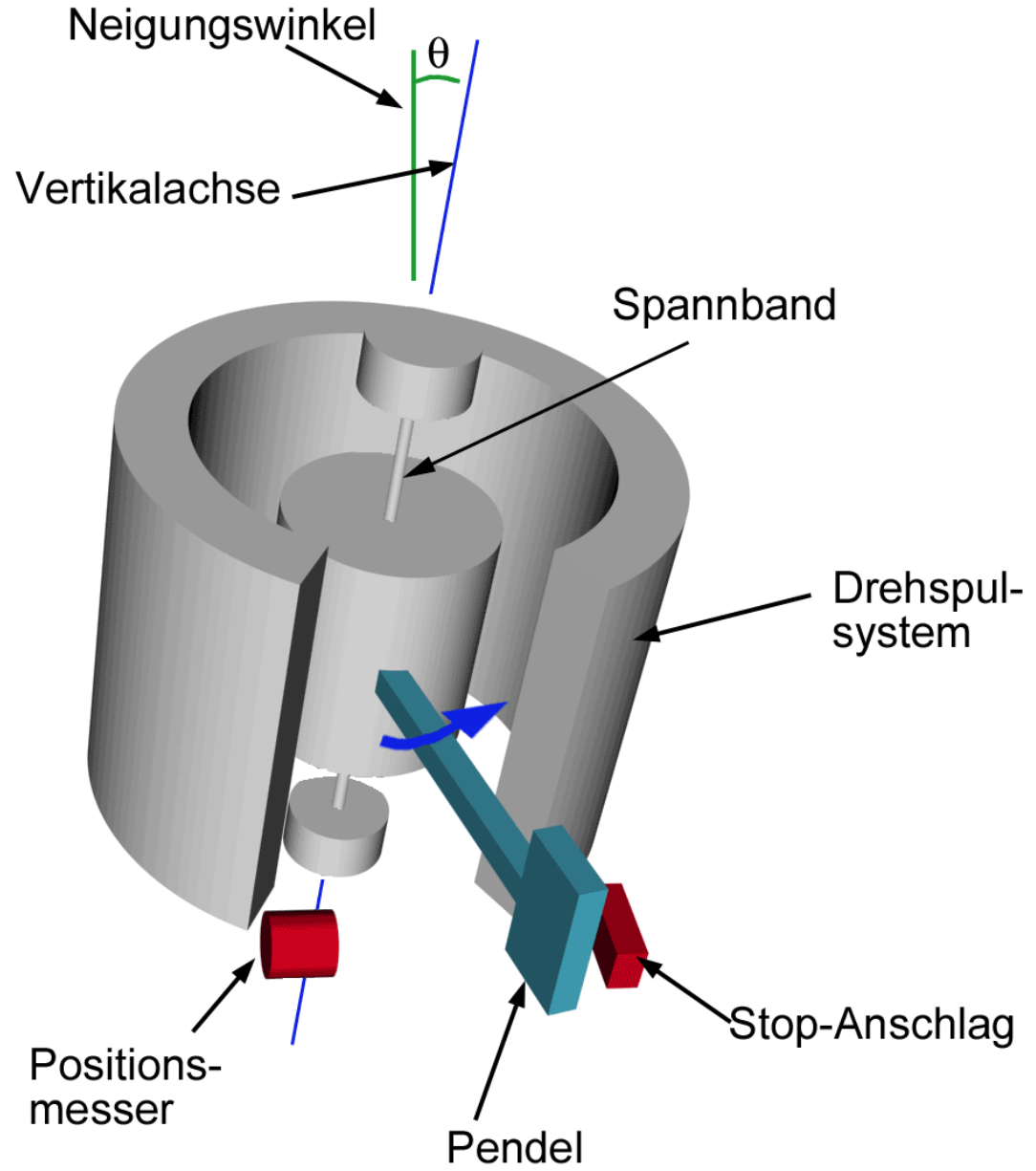


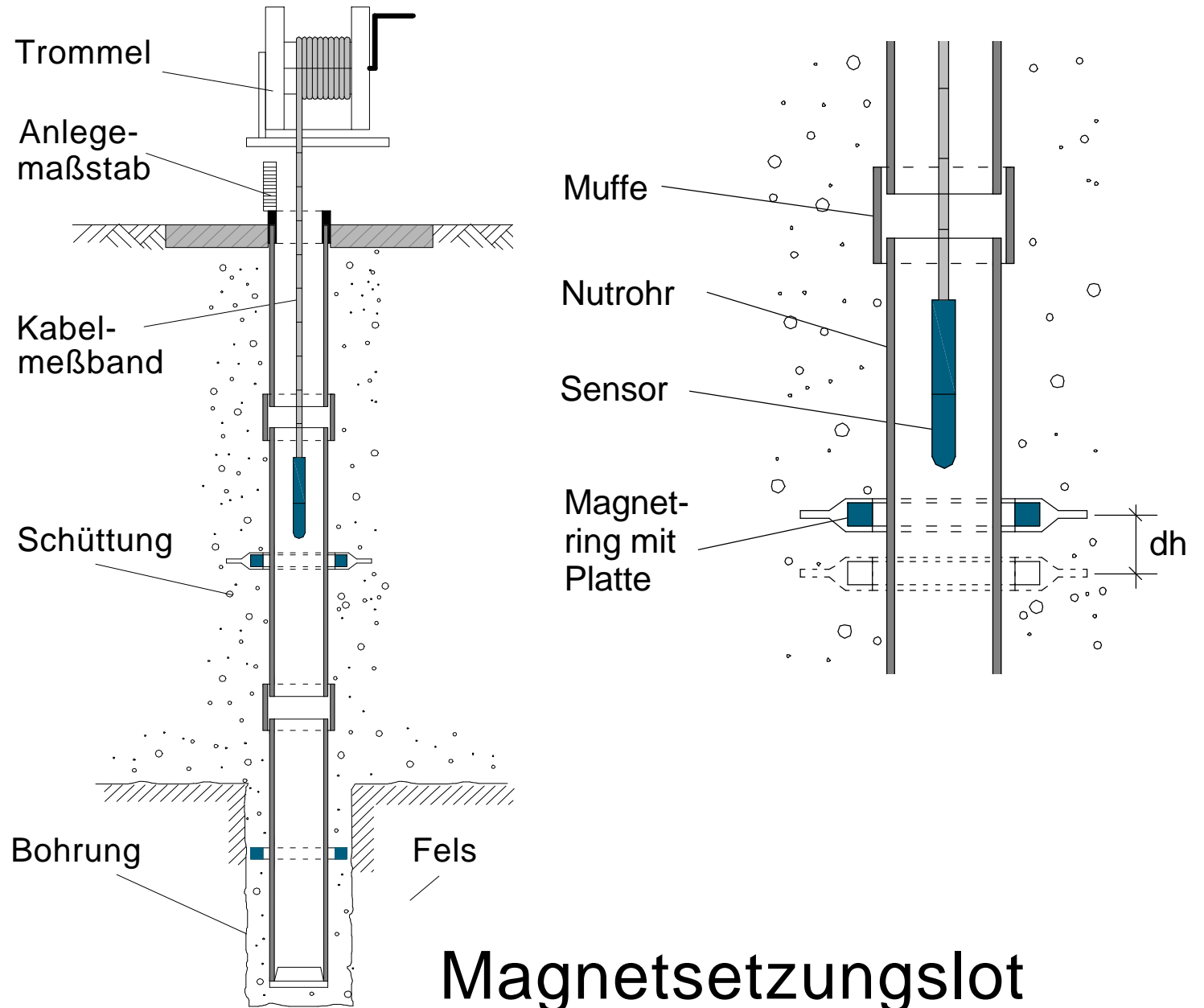
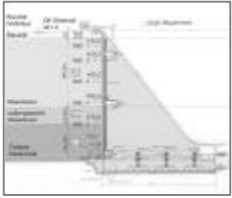
Neigungssensor



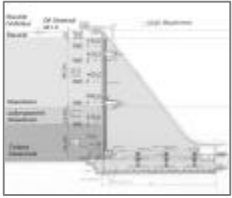


Sensor - geneigt

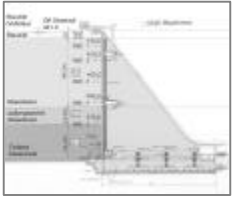




Magnetsetzungslot

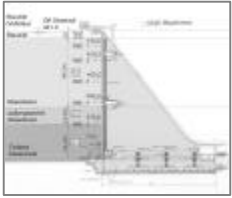


- Überwachung von Stauanlagen - Anforderungen an die Planung
- **Meßtechnische Bauwerksüberwachung** am Beispiel eines Steinschüttdammes
- **... und einer Gewichtsstaumauer**
- Ausführung von Überwachungsmessungen - systematische Fehler bei der meßtechnischen Bauwerksüberwachung
- Interpretation von Verschiebungs- und Verformungsmessungen

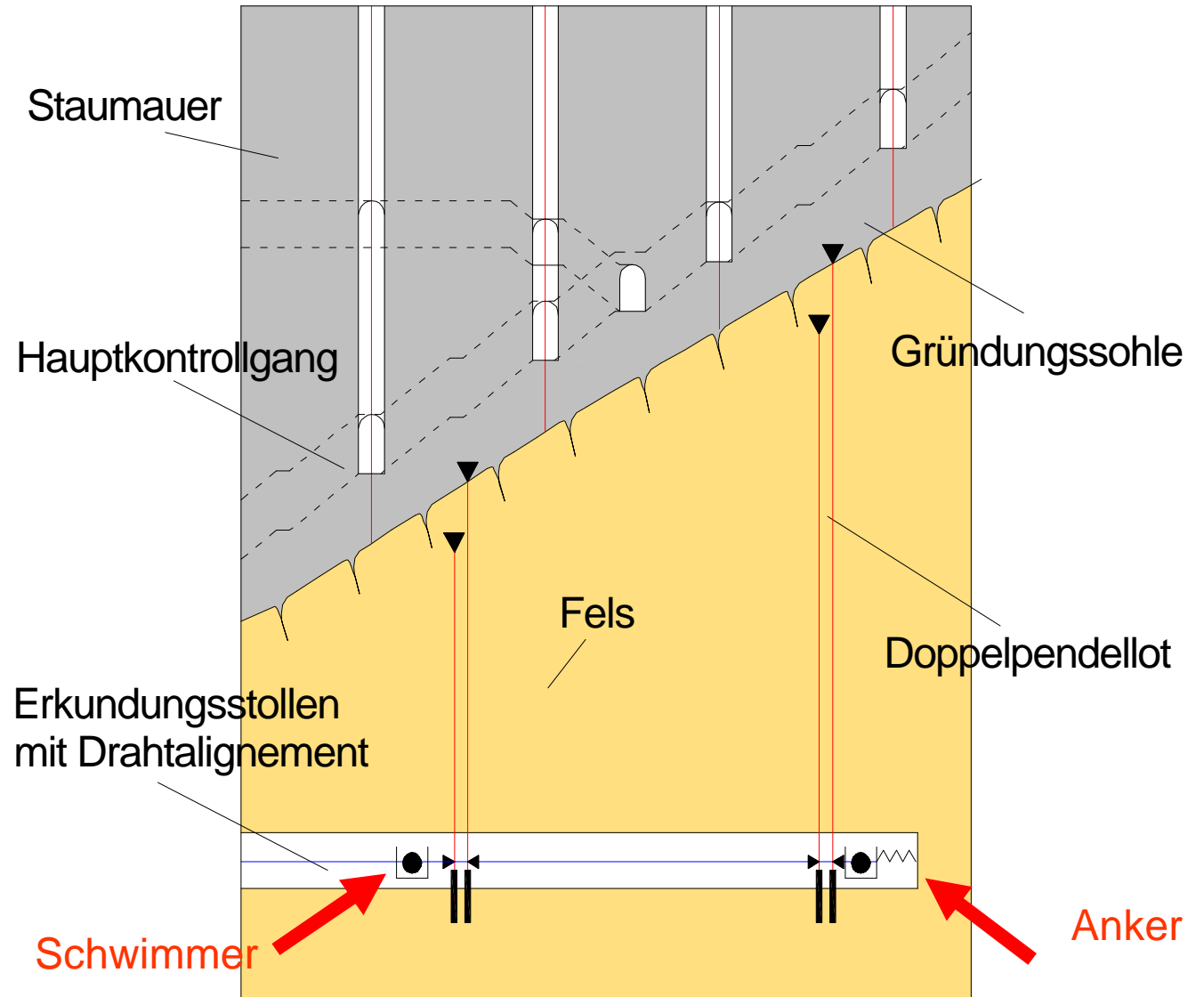


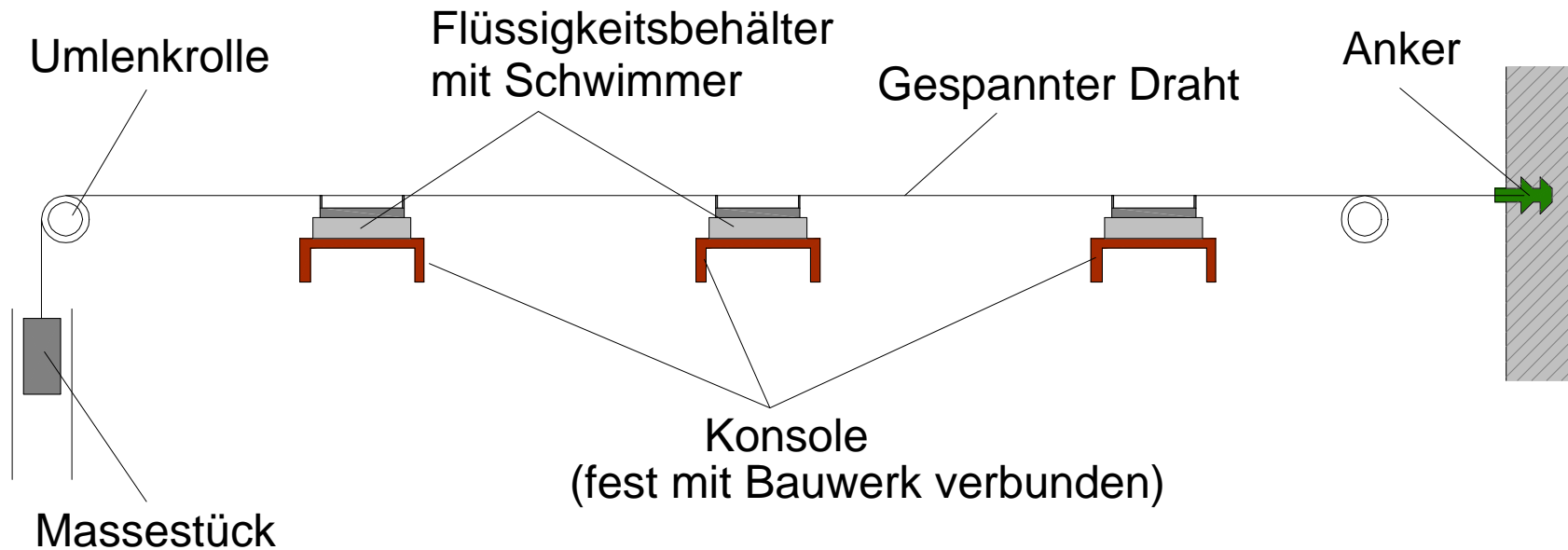
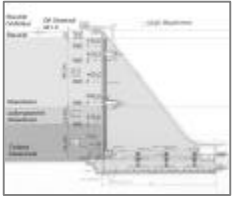
Modell einer Staumauer



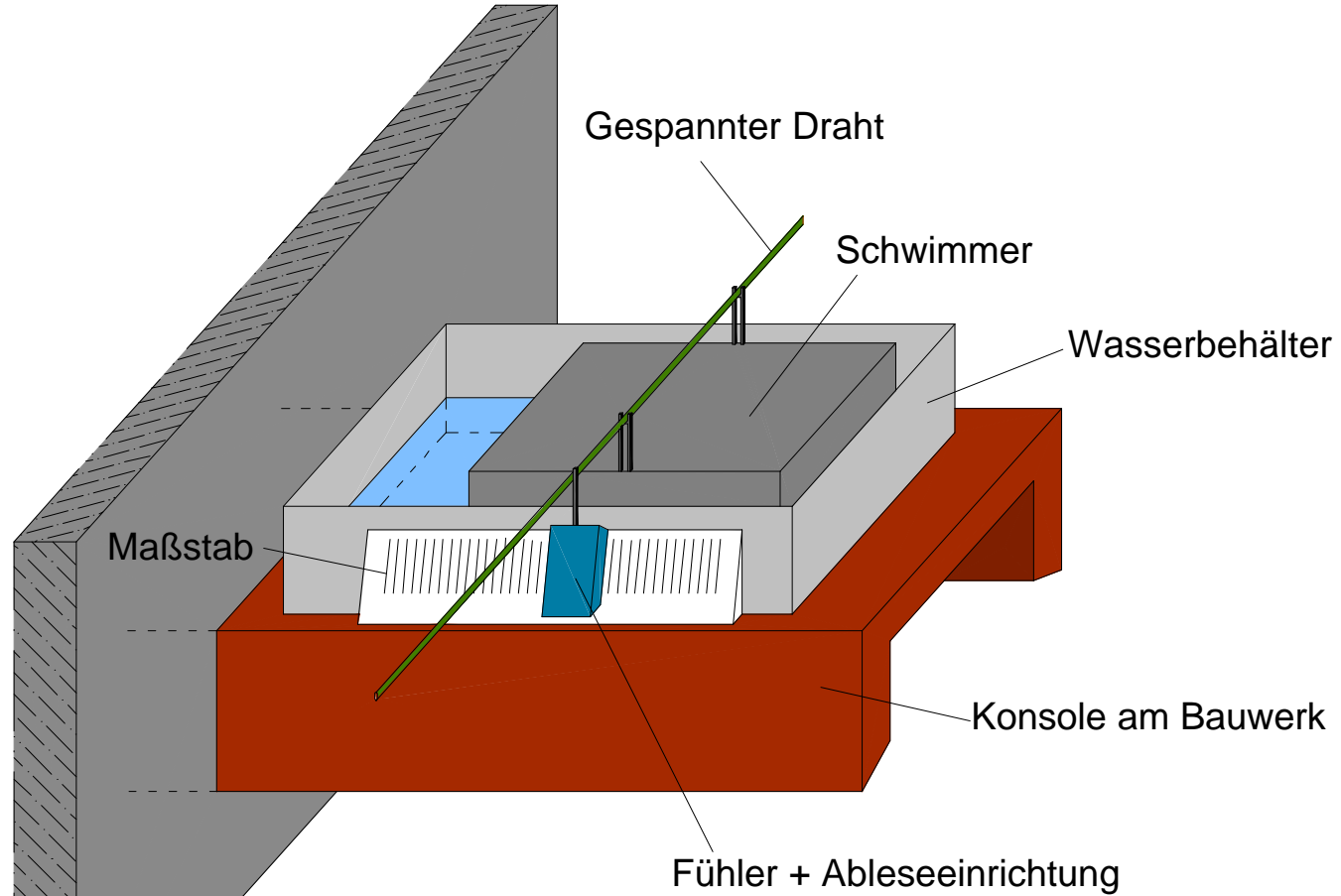
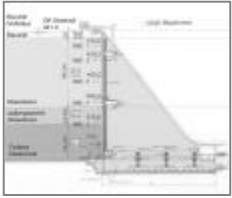


Draht-alignement und Pendellot

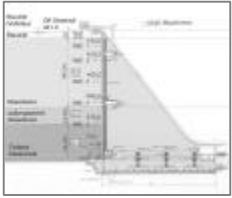




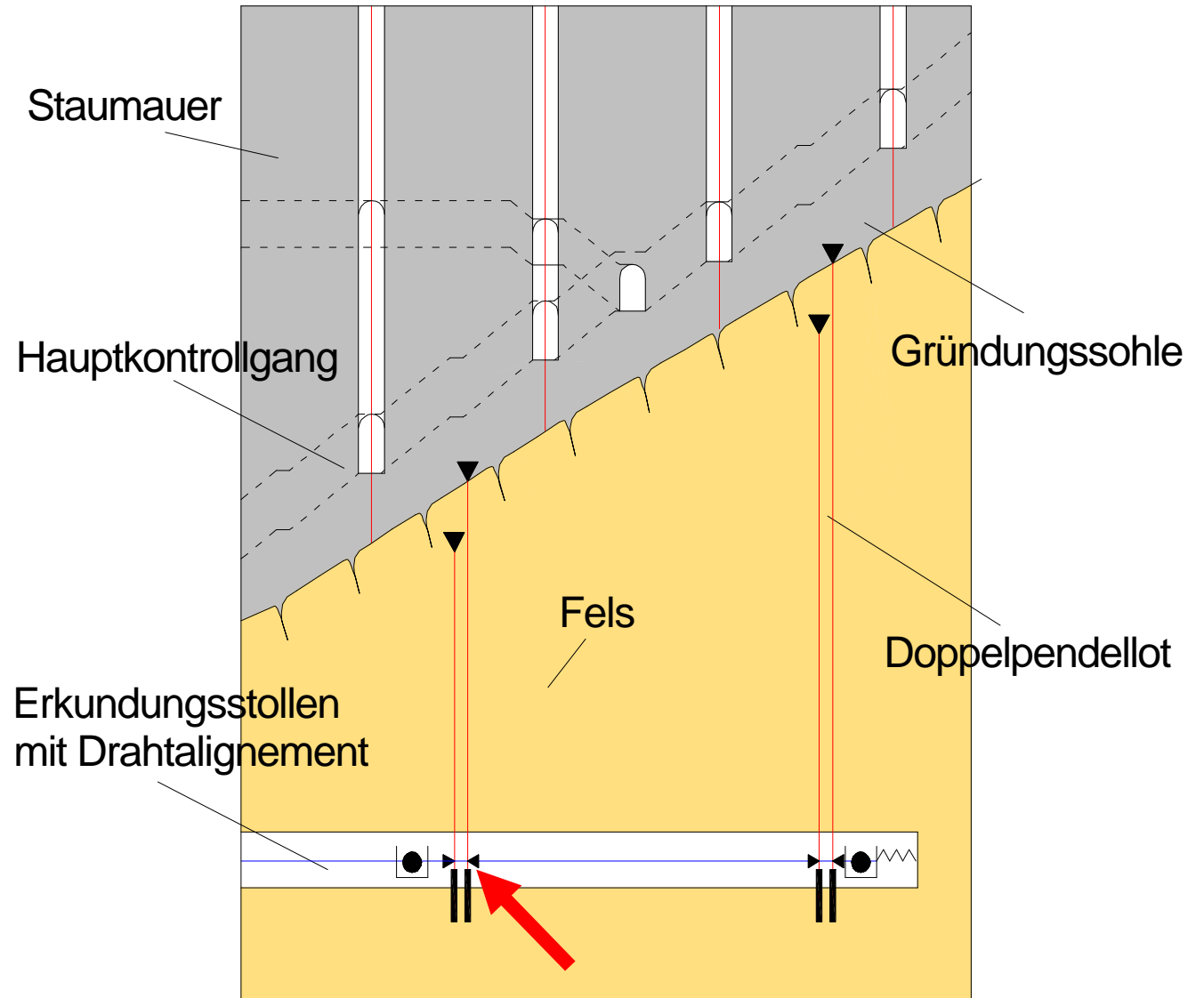
Mechanisches Allignement -
Anordnung im Stollen (schematisch)

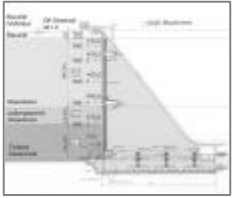


Mechanisches Alignment

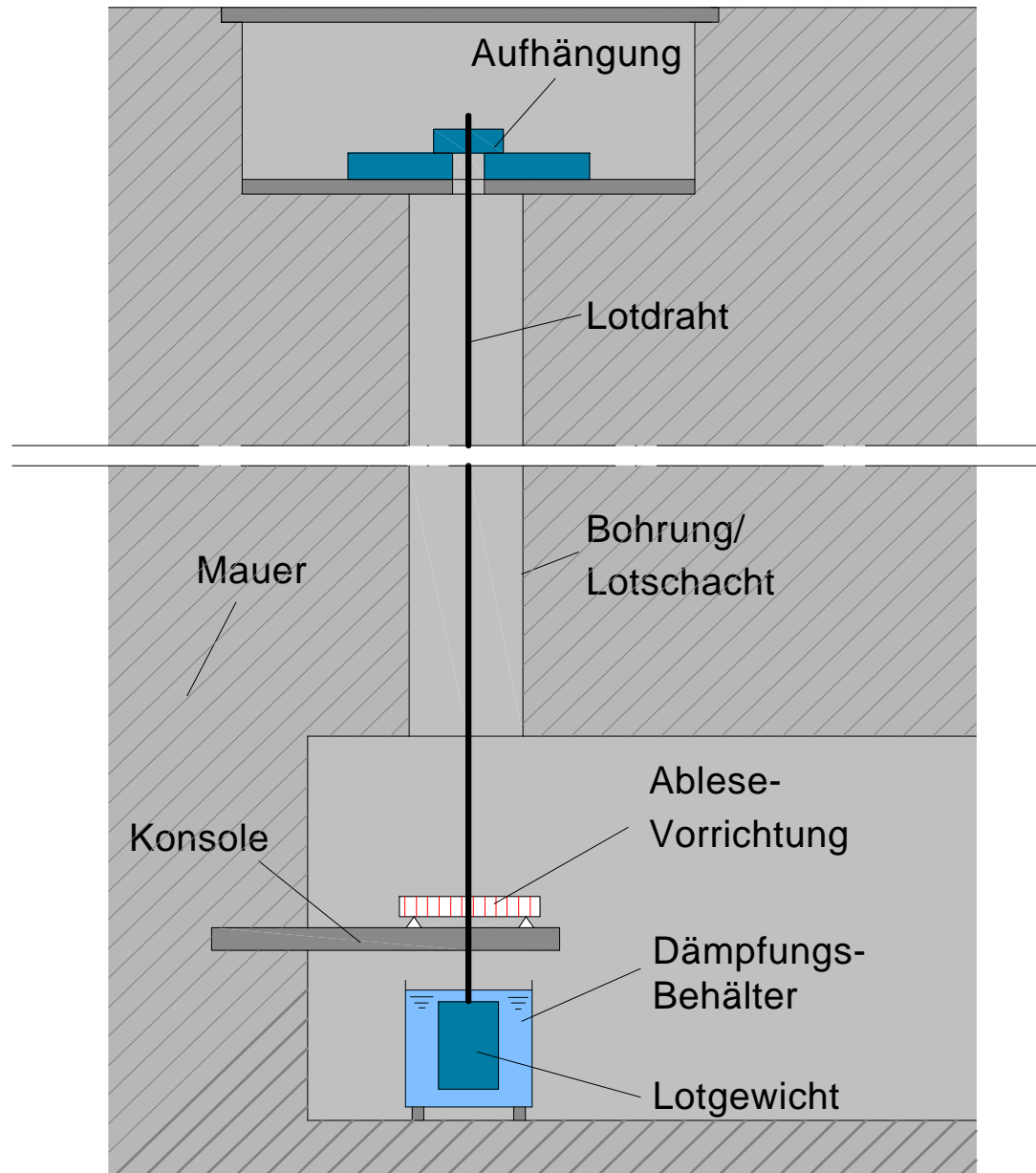


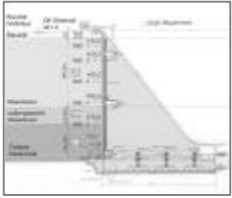
Draht-alignement und Pendellot



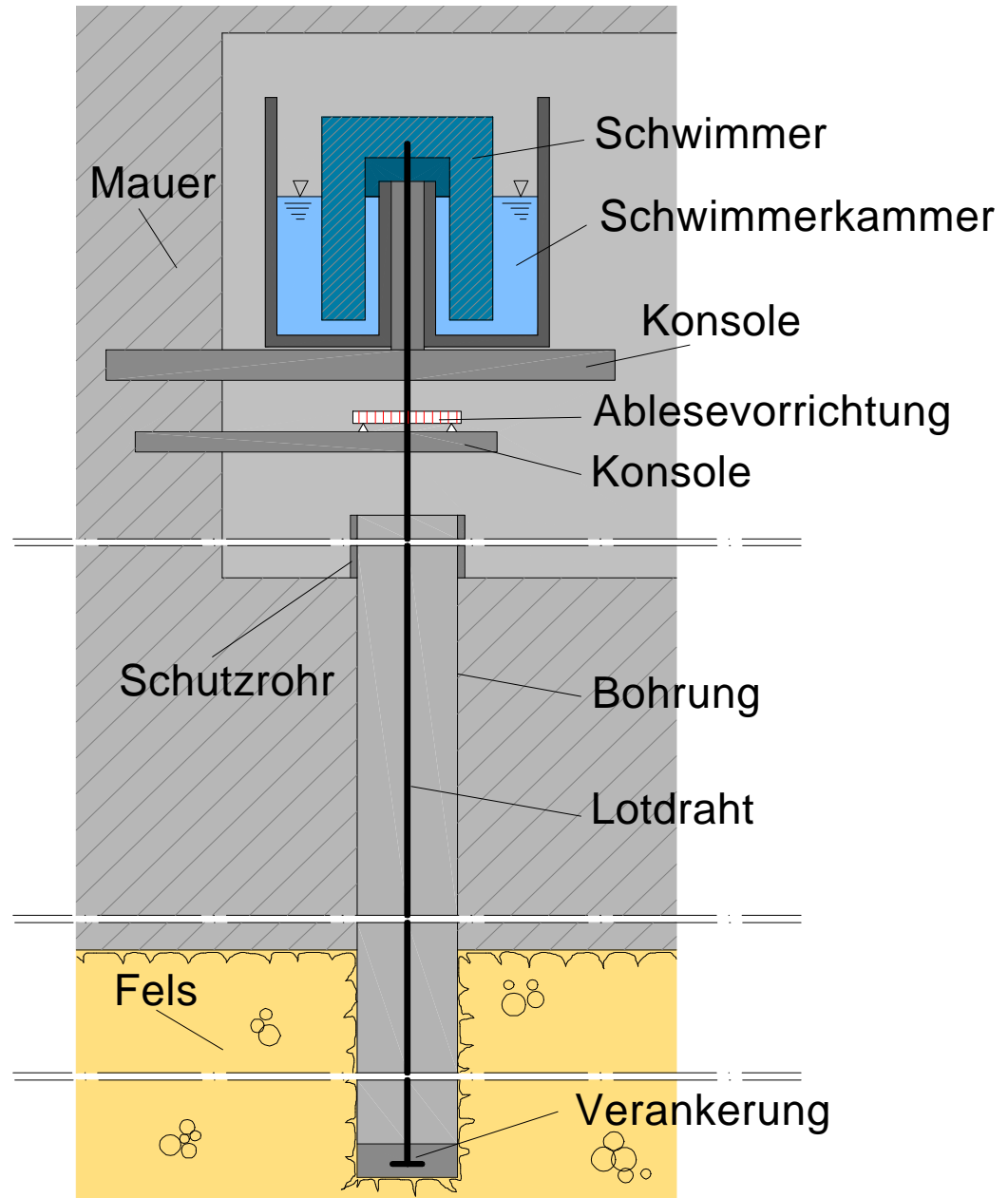


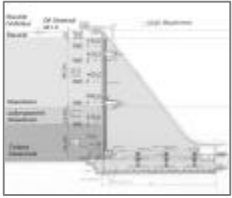
Pendellot





Schwimmlot





Plan der zu überwachenden Größen

Wirkgrößen

Temperatur, Niederschlag, Stauhöhe

absolute Verschiebungen und Verformungen

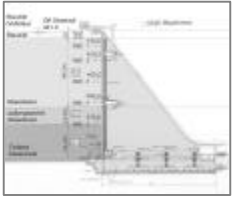
geodätische Verfahren wie Nivellement und Tachymetrie

relative Verschiebungen und Verformungen

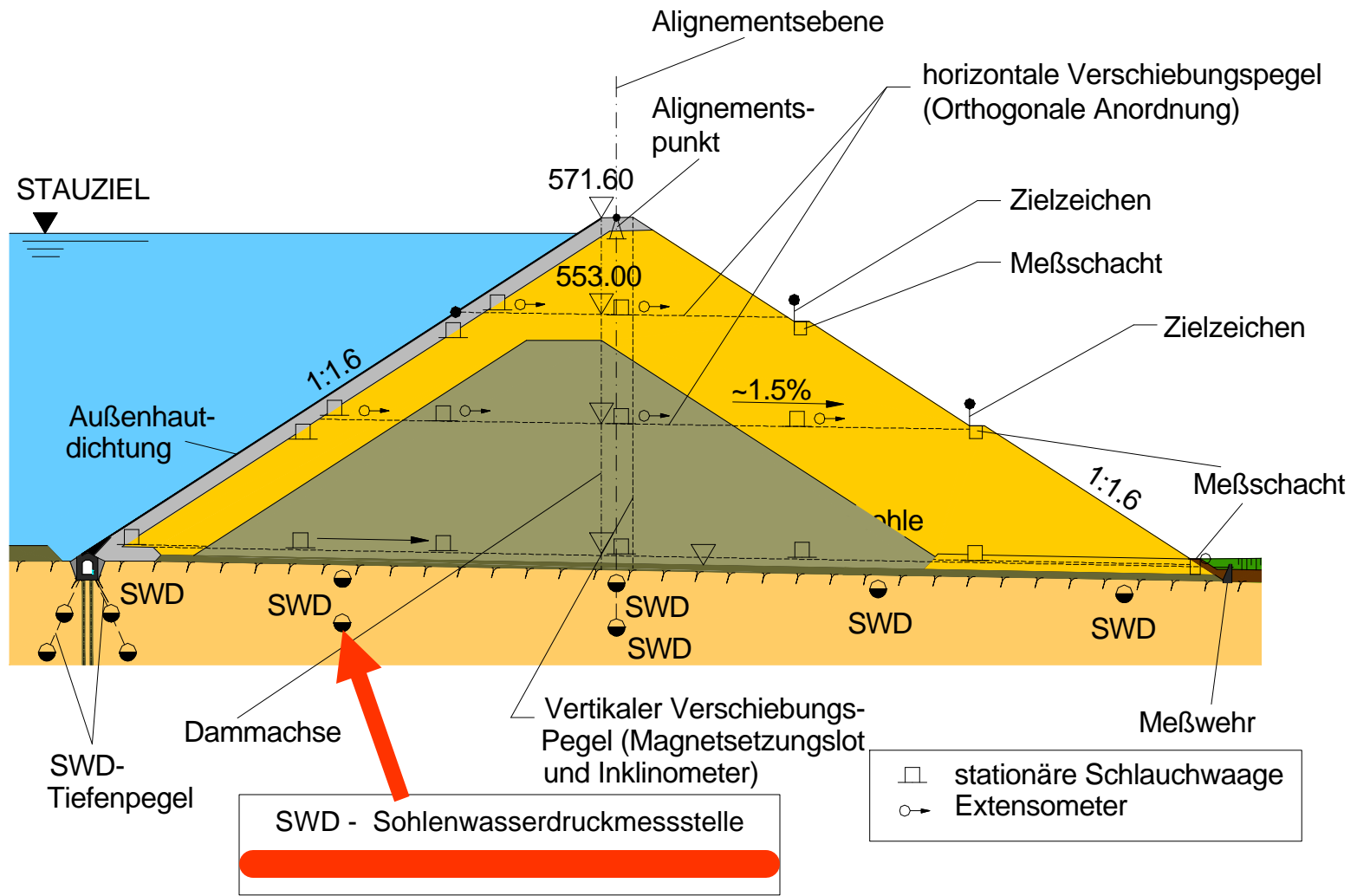
Extensometer-, Schlauchwaagemessung, Neigungsmessungen, Fugen- und Rissmessungen

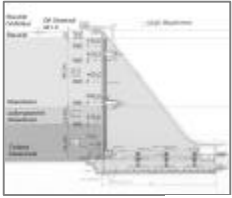
hydrometrische und Spannungsgrößen

Bergwasserstands-, Sohlenwasserdruckmessungen, Sickerwassermengen-, Erddruckmessungen

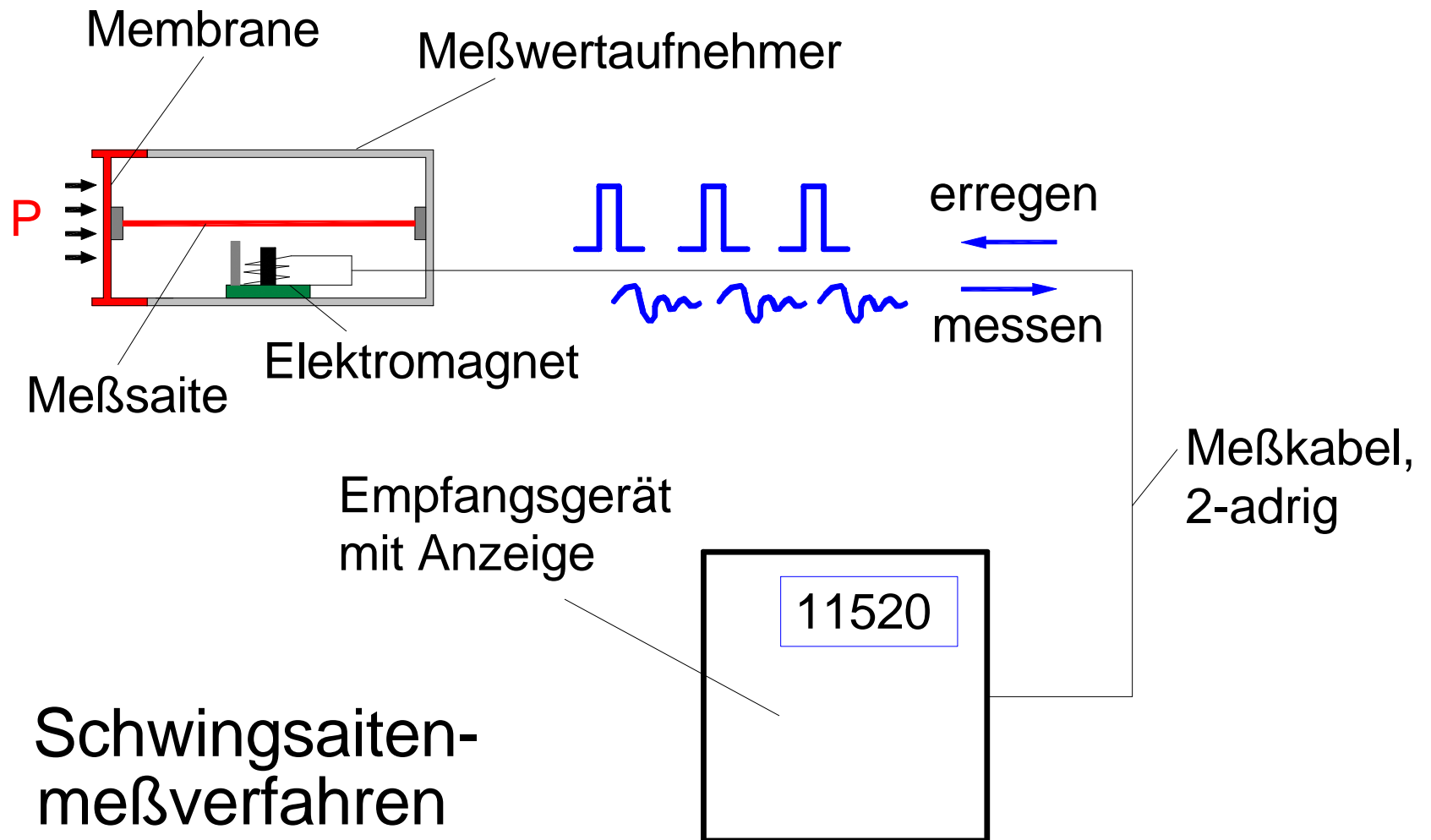


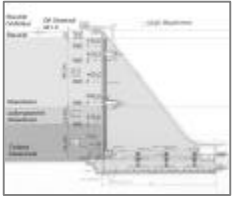
Steinschüttdamm - Hauptmeßquerschnitt mit Meßeinrichtungen



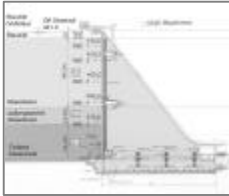


Sohlenwasserdruckgeber





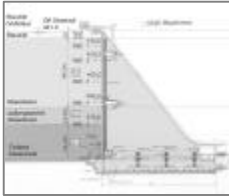
- **Überwachung von Stauanlagen - Anforderungen an die Planung**
- **Meßtechnische Bauwerksüberwachung am Beispiel eines Steinschüttdammes**
- **... und einer Gewichtsstaumauer**
- **Ausführung von Überwachungsmessungen - systematische Fehler bei der meßtechnischen Bauwerksüberwachung**
- **Interpretation von Verschiebungs- und Verformungsmessungen**



Ist die Frage nach systematischen Beobachtungsfehlern noch zeitgemäß?

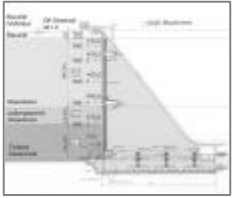
Ziel einer guten Messung ist es, dem unbekannt bleibenden, wahren Wert einer Meßgröße möglichst nahe zu kommen. Geodätische Meßverfahren und -technologien sind so entwickelt worden, daß die Meßergebnisse weitgehend frei von systematischen Abweichungen sind. Auch bei den vielfach eingesetzten geotechnischen Überwachungsmessungen lassen sich systematische Abweichungen eliminieren.

Werden die bekannten Verfahren korrekt angewendet?

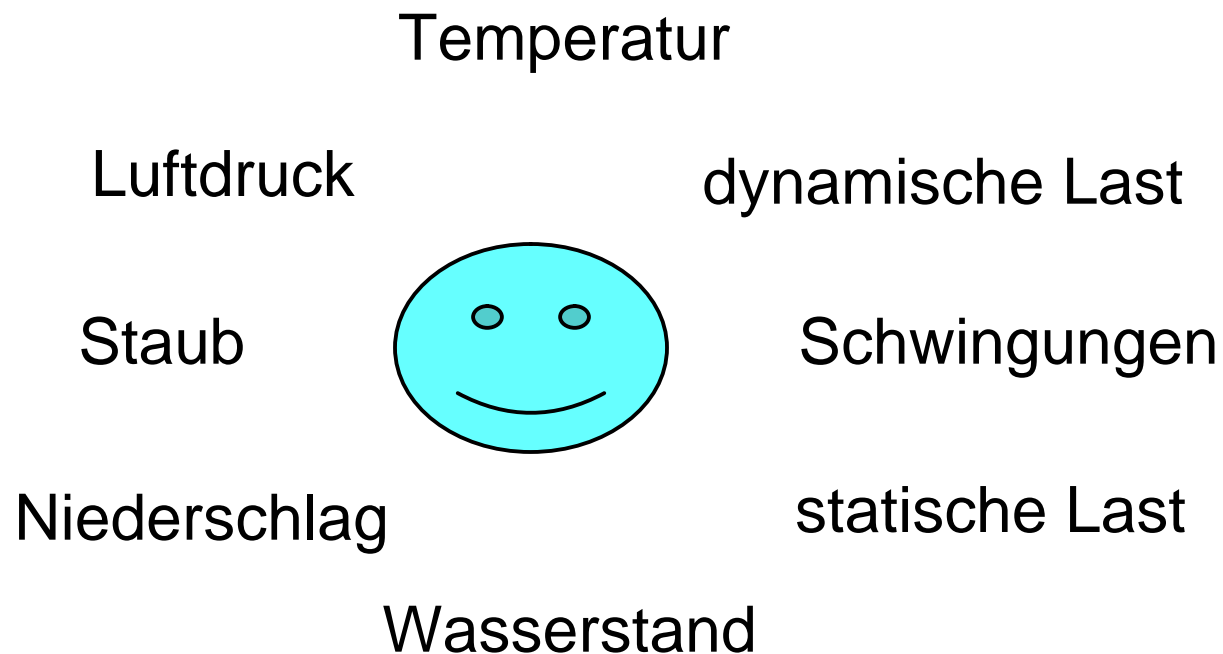


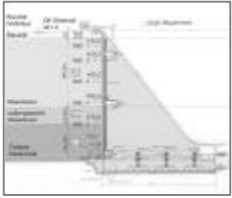
Im Entwurf zu DIN 19700 - 10 : 2001-08 wird u.a. gefordert:

- Regelmäßige Kalibrierung und Justierung der Meßinstrumente
- Vermeidung systematischer Fehler
- Beachten des Trendverhaltens der Meßgeräte



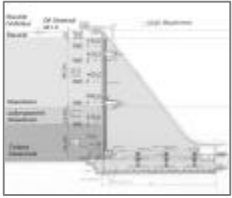
Beobachten heißt mehr als Ablesen





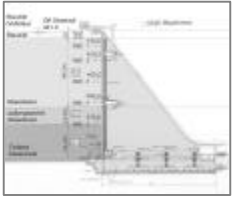
Systematische Beobachtungsfehler in der Talsperrenüberwachung Beispiel Geometrisches Nivellement

Das Prinzip des geometrischen Nivellements beruht auf dem Messen von Höhenunterschieden mittels einer horizontal ausgerichteten Zielachse und eines vertikal aufgestellten Maßstabes.



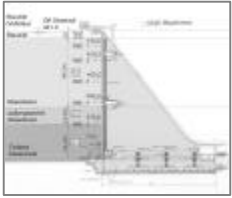
Beispiel Geometrisches Nivellement Typische Ursachen systematischer Beobachtungsfehler

- Dejustierung der Strichkreuzplatte
- temperaturabhängige Veränderung der Zielachse infolge von thermischen Einflüssen im Meßgerät
- Horizontschräge, hervorgerufen durch den Restfehler der Neigungskompensation
- bodennahe Refraktion
- Mikrometerrestfehler bei optischen Geräten
- interne Systemfehler der Bildverarbeitung bei elektronischen Geräten



Beispiel Geometrisches Nivellement Anforderungen an das Meßgerät

- Nivelliergerät ausreichend temperieren
- Zielachsenfehler zeitnah zur Messung bestimmen und justieren bzw. als Korrekturwert an der Ablesung anbringen
- mit gleichen Zielweiten für Rück- und Vorblick messen
- bodennahe Zielungen vermeiden
- stets im Hin- und Rückweg beobachten und dabei eine zeitliche Trennung einhalten, also die beiden Messungen an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten ausführen

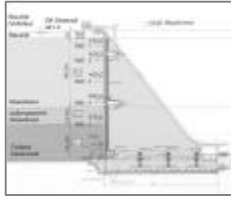


Beispiel Geometrisches Nivellement Anforderungen an die Nivellierlatte

Bestimmung des Nullpunktfehlers

Bestimmung des Maßstabsfehlers

- Fehler des Lattenmeters
- Teilungsfehler von Bruchteilen des Meters
- Längenänderungen infolge Alterung des Teilungsträgers
- Längenänderungen infolge Temperaturdifferenzen gegenüber der Kalibrierungstemperatur

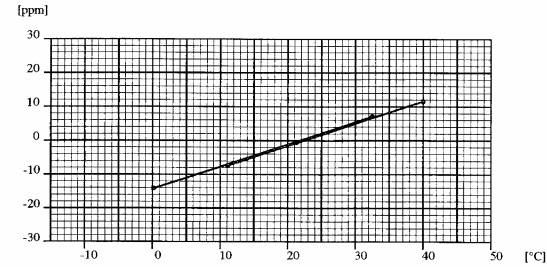


Prüfprotokoll

Calibration Report

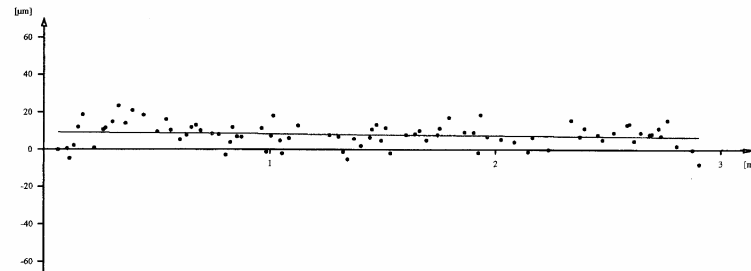
Invar rod (type, No.): ZEISS-3m-BARCODE 14367 Date : 30.08.01 - 18.09.01
 No. of graduations measured: 84 Contract: 01-102-444618

Determination of the coefficient of expansion Horizontal calibration position
 Measurement cycle: 30 → 0 → 20 → 40 → 10 [°C]



Coefficient of expansion: $\alpha_T = 0.65 \pm 0.01 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$

Determination of the scale factor Vertical calibration position



Scale factor: $m_0 = -0.92 \pm 0.80 \text{ ppm}$ at $T_0 = 19.7 \text{ }^\circ\text{C}$

Length adjustment from the vertical calibration (position of use)

$$L = l^0 + L[1 + (m_0 + \alpha_T(T - T_0)) \cdot 10^{-6}] \quad l^0 = -0.001 \pm 0.005 \text{ mm}$$

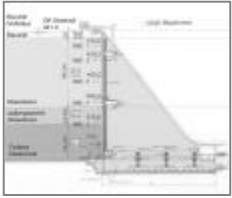
L [m] = observed rod length, T [°C] = temperature, l^0 [mm] = index correction of rod

Technical specialist: *[Signature]* Munich, 18.09.01

Laboratory director: *[Signature]* Institute director: *[Signature]*



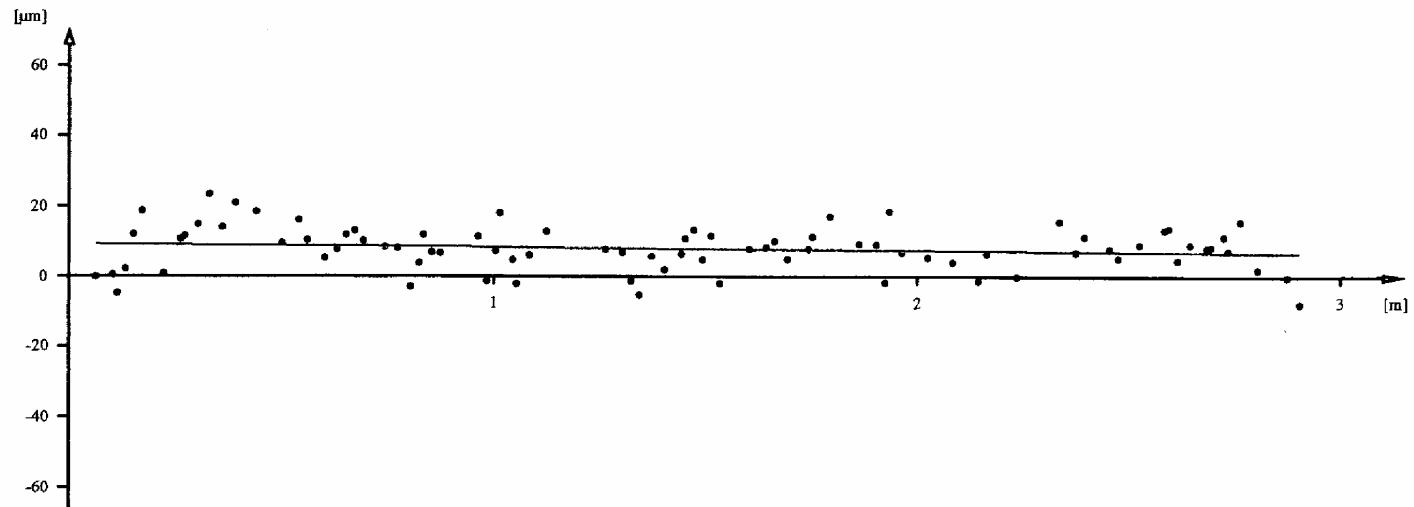
Geodätisches Institut, Technische Universität München
 Arcisstraße 21, 80290 München, Tel.: 089/289-22850, Fax: 089/289-23967



Prüfprotokoll

Determination of the scale factor

Vertical calibration position

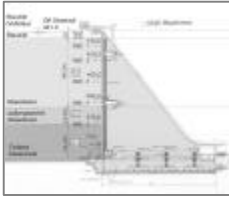


Scale factor: $m_0 = -0.92 \pm 0.80 \text{ ppm}$ at $T_0 = 19.7 \text{ }^\circ\text{C}$

Length adjustment from the vertical calibration (position of use)

$$L = l^0 + L' [1 + (m_0 + \alpha_T (T - T_0)) \cdot 10^{-6}] \quad l^0 = -.001 \pm .005 \text{ mm}$$

L' [m] = observed rod length, T [°C] = temperature, l^0 [mm] = index correction of rod

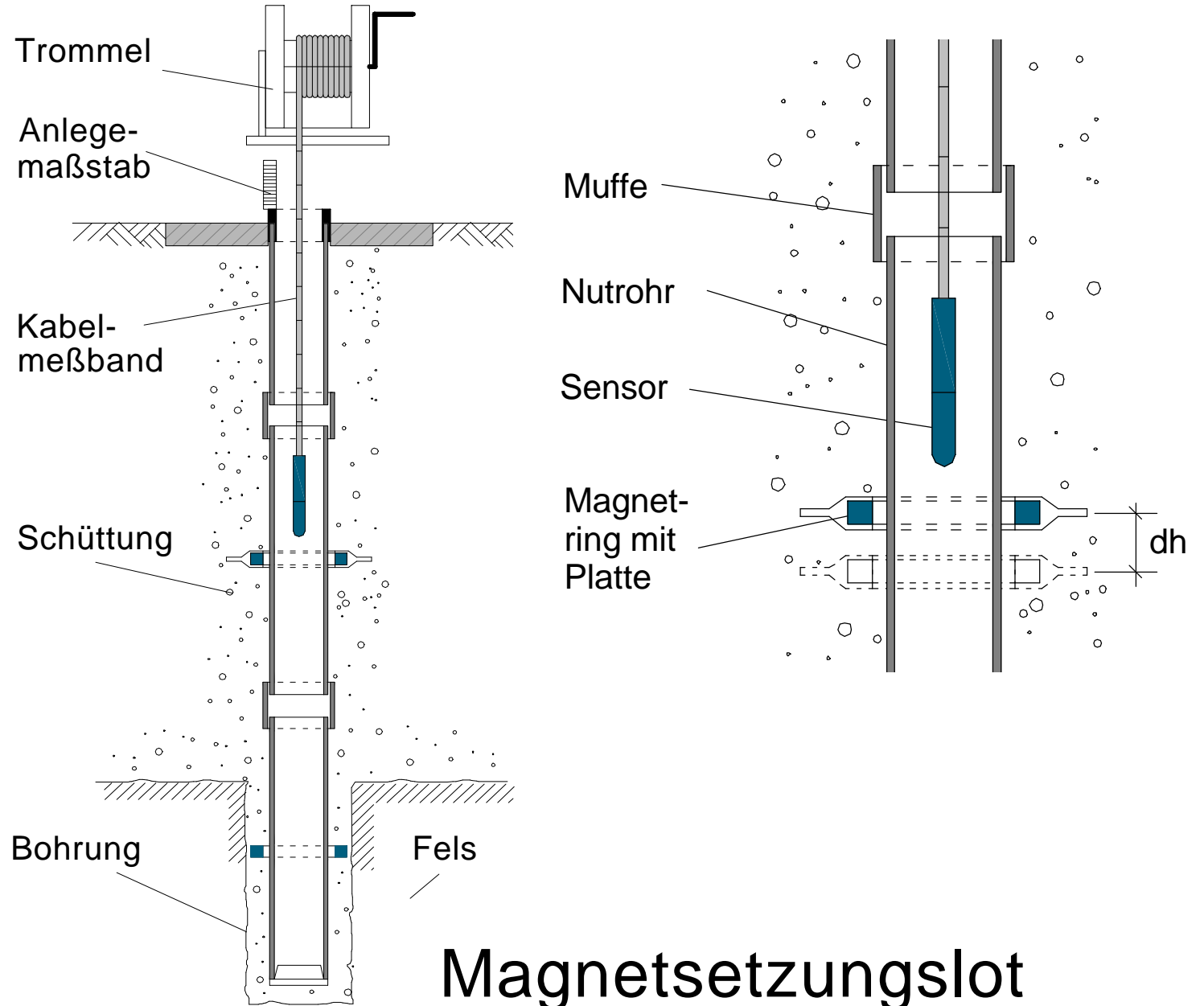
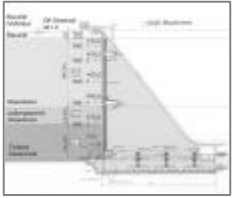


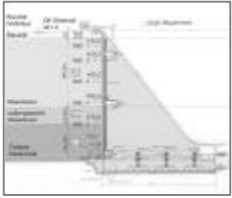
Systematische Beobachtungsfehler in der Talsperrenüberwachung Beispiel Magnetlot

Geortet wird der magnetische Ring mit einem Sensor, der auf das Magnetfeld des Ringes reagiert.

Der Abstand zum Bezugspunkt in Höhe der Oberkante des Führungsrohres wird mit einem zugfesten zweiadrigen Polyäthylen-Flachkabel mit zwei Stahllitzen und cm-Teilung gemessen.

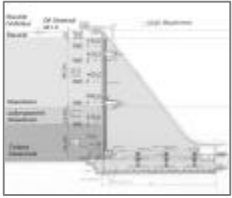
Die Ortung kann optisch oder akustisch angezeigt werden.





Beispiel Magnetlot Typische Ursachen systematischer Fehler

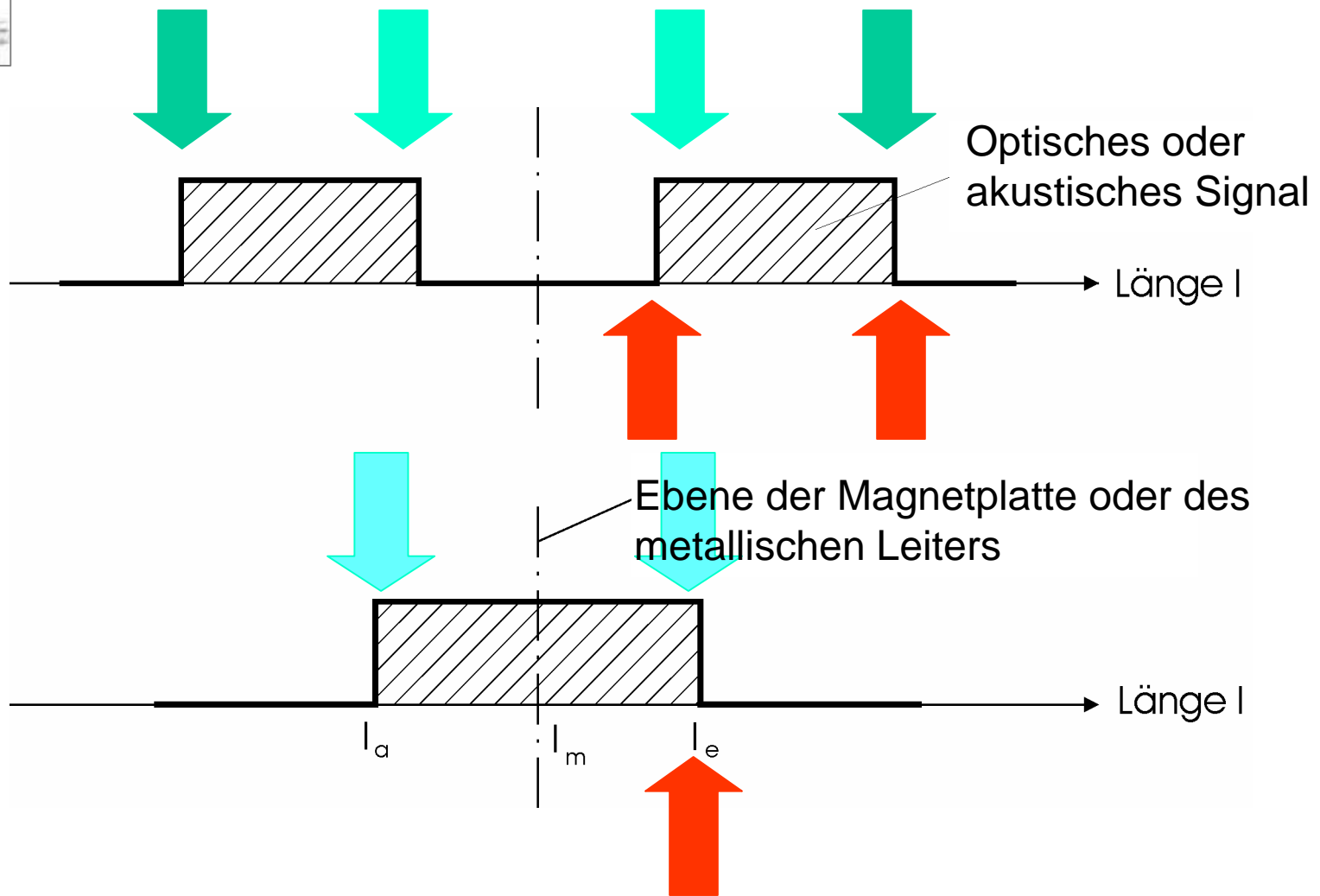
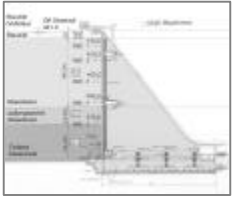
- Nullpunktfehler zwischen der Lage des Sensors in der Magnetsonde und dem Nullpunkt des Meßbandes
- Maßstabsfehler des Meßbandes in vertikaler Arbeitslage
- Teilungsfehler, insbesondere nach längerem Gebrauch
- Erfassung des optischen oder akustischen Signals
- Verdrehung des Meßbandes
- Temperaturdifferenzen zur Kalibrierungstemperatur

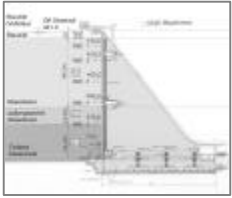


Beispiel Magnetlot Anforderungen an die Messung

- regelmäßige Kalibrierung des Systems
Magnetlot - Meßband
- sorgsamer Umgang auch unter widrigen
Witterungsbedingungen
- Erfassung des Signals streng symmetrisch zur
Vermarkung

Überwachungsmessungen an Talsperren





- **Überwachung von Stauanlagen - Anforderungen an die Planung**
- **Meßtechnische Bauwerksüberwachung am Beispiel eines Steinschüttdammes**
- **... und einer Gewichtsstaumauer**
- **Ausführung von Überwachungsmessungen - systematische Fehler bei der meßtechnischen Bauwerksüberwachung**
- **Interpretation von Verschiebungs- und Verformungsmessungen**

Überwachungsmessungen an Talsperren



**Hochschule für Technik,
Wirtschaft und Kultur Leipzig (FH)**
Fachbereich Bauwesen, Lehrgebiet Vermessungskunde
Prof. Dr.- Ing. Hans-Peter Otto

unter Verwendung von Teilen der Vorträge:
Otto/Rosenkranz (Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft Erfurt)
Überwachung von Talsperren - alles im Lot
INTERGEO Köln September 2001

Otto/Rosenkranz
Talsperrenüberwachung aktuell
Kolloquium an Bauhaus-Universität Weimar Dezember 2001

Otto, H.-P.
Überwachung von Talsperren
Kolloquium an der Brandenburgischen Technischen
Universität Cottbus Mai 2002