

# Einfache geodiätische Methoden zur Bestimmung von Verschiebungen an Bauwerken

Autor(en): **Aeschlimann, Heinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **73 (1981)**

Heft 9

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941339>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Einfache geodätische Methoden zur Bestimmung von Verschiebungen an Bauwerken

Heinz Aeschlimann

## Zusammenfassung

Unter den einfachen geodätischen Methoden zur Bestimmung von Deformationen nimmt das Alinement die wichtigste Stelle ein. Moderne Geräte ermöglichen die Abweichung von Punkten bezüglich einer durch zwei Punkte festgelegten Strecke sowohl in vertikaler und lateraler Richtung als auch in der Distanz zu einem Endpunkt der Bezugsstrecke zu überwachen. Bequem ist die Messung der Abweichungen mit elektronischen Theodoliten, welche die Messwerte fortlaufend digital anzeigen; Distanzänderungen werden mit Invardraht-Messausrüstungen überwacht.

## Résumé: Méthodes géodésiques simples pour le contrôle des déformations

L'alignement est la méthode primordiale parmi les méthodes géodésiques simples. Des instruments modernes permettent le contrôle des écarts verticaux et latéraux d'un point par rapport à une ligne de base ainsi que le contrôle des distances à partir d'un point de la ligne de base. Des théodolites électroniques facilitent la mesure des écarts par l'affichage automatique digitale des valeurs mesurées. Les changements des distances sont mesurés avec grande précision moyennant des équipements utilisant des fils d'invar.

## Summary: Simple geodetic methods for deformation measurements

For deformation measurements on structures the alignment is the most important simple geodetic method. Modern equipment makes it easy to measure the vertical and lateral offset of points relative to a base line and the distance from the ends of the base line as well. The measurement of the offsets with electronic theodolites is recommended as the measured values are continuously displayed in digital form. The distances may be monitored with modern equipments using invar wires.

Schriftliche Fassung eines Vortrages, den der Verfasser an der Tagung über geodätische Deformationsmessungen vom 3. und 4. September 1981 in Sitten gehalten hat. Die Tagung wurde vom Schweizerischen Nationalkomitee für Grosse Talsperren, Ausschuss für Talsperrenbeobachtung, durchgeführt.

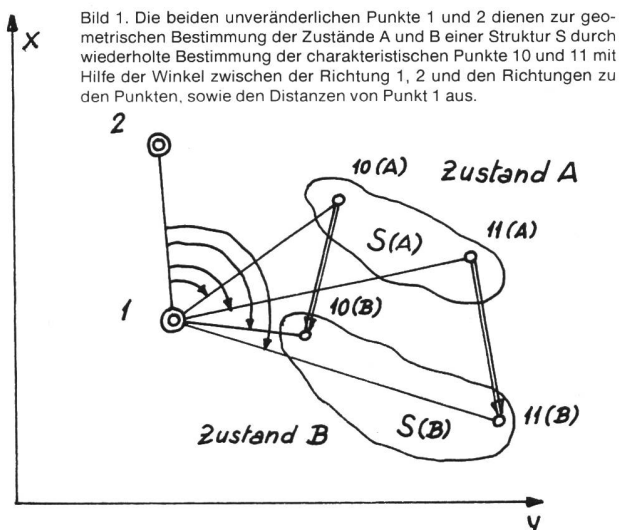


Bild 1. Die beiden unveränderlichen Punkte 1 und 2 dienen zur geometrischen Bestimmung der Zustände A und B einer Struktur S durch wiederholte Bestimmung der charakteristischen Punkte 10 und 11 mit Hilfe der Winkel zwischen der Richtung 1, 2 und den Richtungen zu den Punkten, sowie den Distanzen von Punkt 1 aus.

## 1. Übersicht

### Problem, Lösungswege

Bauwerke deformieren sich unter den Lasten des normalen Betriebes. Ausserdem können sie sich unter Umständen als Ganzes infolge Veränderungen des Baugrundes und infolge Alterung gegenüber ihrer näheren Umgebung verschieben. Deformationen und Verschiebungen geben wichtige Hinweise auf die Betriebstüchtigkeit des Bauwerkes.

Von zentraler Bedeutung ist die Frage nach der erforderlichen Genauigkeit der Verschiebung und damit indirekt nach der Messgenauigkeit. Danach richtet sich die Wahl der Messmethoden und des Instrumentariums.

Die Disposition der Messanlage an einem Bauwerk hat ausser den Genauigkeitsansprüchen auch noch den Zuverlässigkeitsanforderungen Rechnung zu tragen. Unter Zuverlässigkeit wird die Empfindlichkeit der Schlussresultate gegen grobe, aus Unachtsamkeit des Beobachters entstandene Messfehler verstanden. Beispielsweise kann die einmalige direkte Messung einer Längenänderung wohl sehr genau sein; sie ist jedoch wegen der fehlenden unabhängigen Kontrollmessung unzuverlässig.

### Unveränderliche Bezugsgrössen

Die Bestimmung von Deformationen und Verschiebungen eines Baukörpers durch wiederholte Messungen muss sich auf unveränderliche Zonen in der Umgebung abstützen.

Deformationen bereiten bei der Wahl der unveränderlichen Bezugsgrössen keine grossen Schwierigkeiten. Sie können auf dem Bauwerk selbst gewählt werden. Verschiebungen des Baukörpers als Ganzes hingegen erfordern Bezugspunkte in Zonen der Umgebung, die einerseits die Bewegung des Baukörpers nicht mitmachen und andererseits keine eigenen Verschiebungen erleiden.

Alle Methoden zur Bestimmung der Veränderung haben die gemeinsame Eigenschaft, dass bei zunehmender Entfernung zwischen Bezugspunkten und veränderlichem Punkt die Punktverschiebungen ungenauer werden. Somit lassen sich Verformungen grundsätzlich genauer feststellen als Verschiebungen. Daraus folgt ausserdem, dass

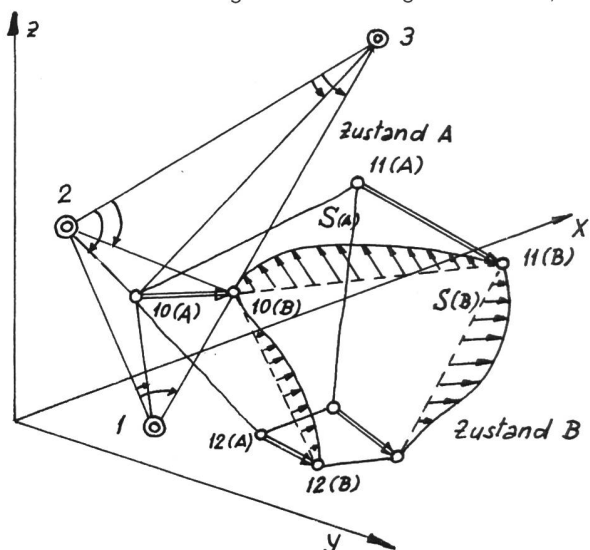


Bild 2. Unterschied zwischen Deformation und Verschiebung einer Struktur. Die Pfeile in den Punkten 10, 11, 12 zeigen die Verschiebungen beim Übergang vom Zustand A in den Zustand B, die schraffierten Flächen zeigen die Deformation von charakteristischen Kanten. Die Bestimmung der Verschiebung der Punkte 10, 11, 12 stützt sich auf die Festpunkte 1, 2, 3, die Deformation der Struktur wird von den Punkten 10, 11, 12 aus bestimmt.

kleinere Bauwerke genauer überwacht werden können als grosse.

Alle in ihrer gegenseitigen Lage unveränderlichen Punkte bilden das Festpunktnetz, das zusammen mit den angewandten Messmethoden die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Veränderungen des Baukörpers bestimmt.

#### Methoden

Unter allen zur Bestimmung von Veränderungen geeigneten Methoden nehmen geodätische Methoden einen besonderen Platz ein. Sie stützen sich auf gemessene Richtungen und Distanzen und erlauben mit Hilfe von rein geometrischen Zusammenhängen von allen in die Messung einbezogenen Punkten Koordinaten zu bestimmen. Im Gegensatz dazu ergeben lokale Dehnungs-, Druck- oder Spannungsmessungen nicht ohne weiteres einen Überblick über den allgemeinen Zustand.

Für besondere Zwecke lassen sich geodätische Methoden vereinfachen, so dass sie sowohl für die Messungen als auch für die Auswertung problemlos sind. Anstatt geodätische Netze aus Richtungs- und Distanzmessungen zu disponieren und zu messen, beschränkt man sich auf charakteristische Winkel oder Distanzen.

Diese Vereinfachungen führen auf das Alignment.

## 2. Alignment

### Messprinzip

Ein Alignment ergibt die Lage von Punkten gegenüber einer Bezugsgeraden. Die Bezugsgerade selbst wird festgelegt durch zwei Punkte, von denen mindestens einer als Standpunkt für das Beobachtungsinstrument dient.

Zur eindeutigen Bestimmung der Lage eines Punktes gegenüber der Bezugsgeraden ist eine Vereinbarung über die Orientierung der Lageabweichung zu treffen.

Dazu wird die beliebig gerichtete Lageabweichung in zwei Komponenten zerlegt, die in einer Ebene senkrecht auf die Bezugsgerade durch den betrachteten Punkt liegen. Eine Komponente liegt horizontal, die andere senkrecht dazu.

Damit wird ein Alignmentspunkt auf ein lokales Koordinatensystem bezogen, das durch die Bezugsgerade und durch die damit festgelegte Vertikalebene definiert ist.

In einem Alignment können grundsätzlich alle drei den Punkt eindeutig bestimmenden Komponenten für Ver-

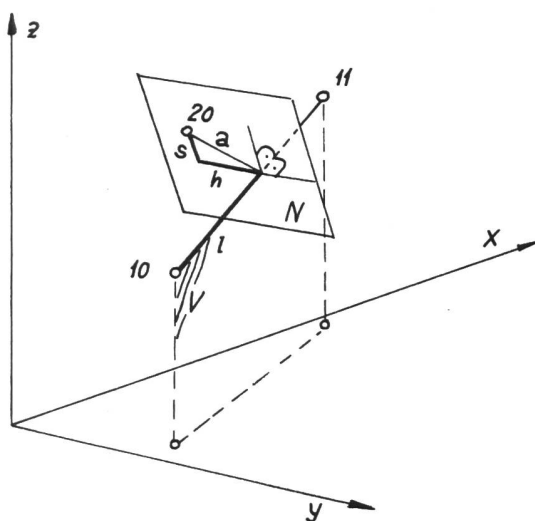


Bild 3. Lokales Koordinatensystem im Alignment. Der Punkt 20 wird durch die lokalen Koordinaten  $l, h, s$  auf die Bezugsstrecke 10, 11 bezogen. Die Koordinaten  $h, s$  liegen in der Ebene  $N$ , die im Punkt 20 senkrecht auf die Strecke 10, 11 steht. Die Komponente  $s$  ist parallel zur Vertikalebene  $V$ , die Komponente  $h$  ist horizontal (parallel zu der Ebene  $y, x$ ).

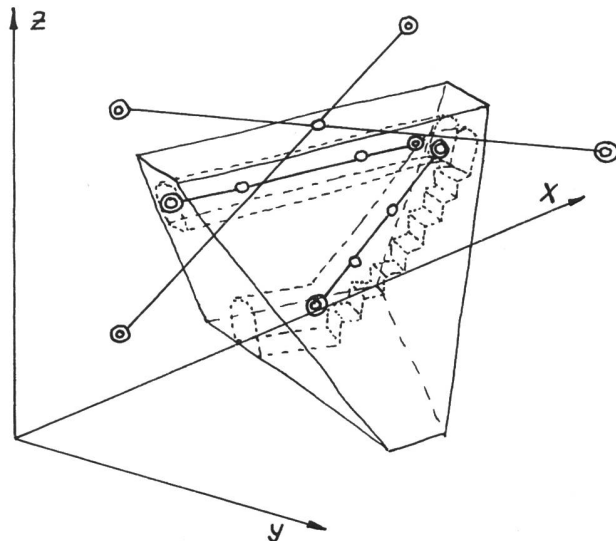


Bild 4. Verschieden orientierte Bezugsstrecken innerhalb und ausserhalb einer zu überwachenden Struktur.

schiebungsmessungen herangezogen werden. Freilich wird in den allermeisten Fällen nur die Horizontalkomponente der Abweichung gemessen. Die Vertikalkomponente wird meist durch Nivellieren bestimmt. Der Abstand zu den Endpunkten der Bezugsstrecke wird nur ausnahmsweise gemessen.

Ein Alignment ist nicht auf einen einzelnen Punkt je Bezugsstrecke beschränkt. Es können beliebig viele Punkte bezüglich einer Bezugsstrecke eingemessen werden.

### Wahl der Bezugsstrecke

Die Bezugsstrecke und die zu alignierenden Punkte sollen so gewählt werden, dass keine grossen Abweichungen von der Geraden auftreten. Dadurch wird vor allem die Messung vereinfacht. Die Bezugsstrecke kann im übrigen horizontal oder beliebig angeordnet werden, wobei als Standort des Messinstrumentes wenn möglich beide Endpunkte vorzusehen sind.

Geneigte Bezugsstrecken erlauben Messungen in schrägen Schächten, längs Treppen oder über geneigte Flächen. Die Lage der Bezugsstrecke im Raum muss bei der Messung von vertikalen Verschiebungskomponenten berücksichtigt werden, da die Messgeräte normalerweise nicht die gewünschte vertikale Komponente, sondern eine senkrecht zur Bezugsstrecke stehende Komponente ergeben.

Die Bezugsstrecken sollen gemeinsam vom Bau- und vom Vermessungsfachmann ausgewählt und festgelegt werden. Üblicherweise sind verschiedene Gesichtspunkte zu berücksichtigen, die meist nur einem der beiden bekannt sind.

## 3. Praktische Durchführung eines Alignments

### Ausrüstung der Anlage

Die Messanlage wird festgelegt durch die Vermarkung der Endpunkte der Bezugsstrecke und der zu beobachtenden Zwischenpunkte. Dazu dienen einbetonierte, abdeckbare Zentrierbolzen oder Zentrierplatten sowie einbetonierte Zielmarken. Zentrierbolzen oder Zentrierplatten sind zur Vermarkung aller jener Punkte nicht zu umgehen, die Messinstrumente aufzunehmen haben. Zentrierbolzen erfordern zur Aufstellung von Messinstrumenten eine aufsetzbare Grundplatte, die bei einbetonierten Zentrierplatten entfällt.

Die Endpunkte der Bezugsstrecke sind zu vermarken, dass

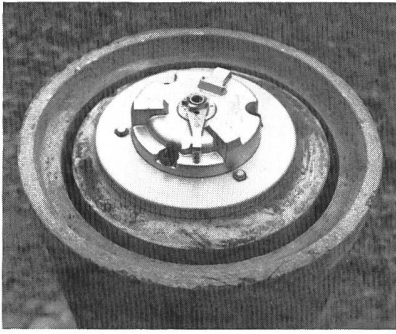


Bild 5a, links. Zentrierplatte in Pfeiler einbetoniert.  
Anstelle von Zentrierplatten können auch Zentrierbolzen mit zentrischer Bohrung verwendet werden. Bolzen haben gegenüber einbetonierten Zentrierplatten den Vorteil, dass sie nicht durch einen Deckel geschützt werden müssen; sie haben aber den grossen Nachteil, eine Pfeilergrundplatte zur Aufstellung eines Instrumentes zu benötigen, die ausserdem nicht auf Zug (z. B. für Invardrahtmessung) belastet werden kann.

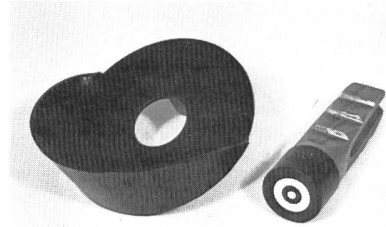


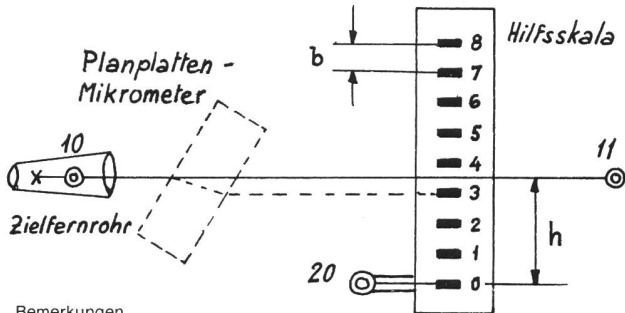
Bild 5b, rechts. Zielbolzen.  
Neben dem Zielbolzen liegt ein einzubetonierendes Schild zum Schutz gegen Beschädigung durch Geröll und Verschmutzung.

sie während der Messungen auf die Zwischenpunkte sichtbar bleiben.

### Messinstrumente, Messwerte

Zwei Möglichkeiten für die Messung der Abweichung von der Bezugsstrecke sind zu unterscheiden:

1. direkte Messung mit Hilfe von optischen oder mechanischen Mikrometern, oder mit Hilfe besonderer Zieltafeln;
2. indirekte Messung durch Messung von Winkeln zwischen einem Endpunkt der Bezugsstrecke und dem Alignementspunkt mit Hilfe von Theodoliten.



#### Bemerkungen

Die Genauigkeit einer Ablesung beträgt für Distanzen von 30 bis 40 m rund  $\pm 0,2$  mm.  
Die Berechnung der Differenz  $h = a_2 - a_1$  entfällt, wenn vor dem Anzielen des Endpunktes 11 die Mikrometerskala auf Null gestellt wird.  
Der Nullpunkt der Skala braucht nicht in der Achse des Zentrums in Punkt 20 zu liegen, da für die Bestimmung der Deformation die Differenz zwischen zwei Messungen berechnet werden muss. Damit fällt ein konstanter Nullpunktfehler weg.

Bild 6a. Bestimmung der Abweichungskomponenten  $h$  (vgl. Bild 3) des Punktes 20 durch eine Hilfsskala im Punkt 20.

Messung ohne optische Hilfsmittel

1. Anzielen des Endpunktes 11
2. Ablesen von  $h$  auf der Hilfsskala in Punkt 20

Die Messgenauigkeit wird durch die Schätzgenauigkeit von einem Zehntel des Teilungsintervalls  $b$  beschränkt.

Messung mit optischem Planplattenmikrometer vor dem Fernrohr

1. Grobes Anzielen des Endpunktes 11
2. Genaues Anzielen mit Hilfe des Planplattenmikrometers  
Ablesen der Mikrometerskala, Ablesung  $a_1$
3. Genaues Anzielen des nächstgelegenen Teilstriches auf der Hilfsskala  
Ablesung der Hilfsskala } zusammen  
Ablesung des Mikrometers } Skalenablesung  $a_2$
4. Die Abweichung  $h$  beträgt  
 $h = a_2 - a_1$

### Direkte Messung der Abweichung von der Bezugsstrecke

Mit Hilfe eines Zielfernrohres wird die Lage des Alignementspunktes gegenüber der Richtung zwischen den Endpunkten der Bezugsstrecke eingemessen.

Dafür kommen zwei instrumentell verschiedene Methoden in Betracht:

1. Messung des Abstandes zwischen dem Alignementspunkt und der Bezugsgeraden durch Parallelverschiebung des Zielstrahles mit Hilfe eines Planplattenmikrometers; die Verschiebung wird an der Mikrometerskala abgelesen.
2. Messung des Abstandes zwischen dem Alignementspunkt und der Bezugsgeraden durch mechanisches Verschieben eines der Punkte, bis die drei an der Messung beteiligten Punkte in einer Geraden liegen; die Verschiebung des Punktes wird an einem Massstab abgelesen.

Ist die Abweichung des Alignementspunktes von der Bezugsgeraden grösser als der Bereich des Mikrometers, so muss im Alignementspunkt eine Hilfsskala aufgestellt werden.

Der Vorteil des optischen Mikrometers liegt in der bequemen Messung für den Beobachter, in der genauen Einstellung der Punkte oder der Hilfsskala und in der bequemen Wiederholbarkeit einer Messung. Ein Nachteil liegt im beschränkten Bereich des Mikrometers.

Der Vorteil der mechanischen Verschiebung eines Punktes liegt im grossen direkten Messbereich. Ein Nachteil liegt in der Art und Weise der Beobachtung. Die Einweisung eines Zwischenpunktes durch den Beobachter am Fernrohr ist unbequem, ausserdem ist die Beurteilung im Fernrohrbild, ob zwei Punkte gleichzeitig genau auf einem Zielstrich liegen, nicht sehr genau.

### Indirekte Messung der Abweichung von der Bezugsstrecke

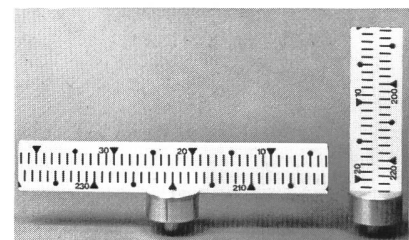
Die Messung des Winkels zwischen dem Endpunkt der Bezugsstrecke und dem Alignementspunkt mit Hilfe eines Theodolits ist von allen Methoden die universellste. Sie stellt an die Gestaltung der Zielfiguren keine besonderen Anforderungen (kein Ausrichten von Skalen). Seitdem



Bild 6b, links. Theodolit mit optischem Mikrometer.  
Auf dem Objektiv ist ein Planplattenmikrometer aufgesetzt. Es kann wahlweise zur Messung von Horizontal- oder Vertikalkomponenten von Verschiebungen verwendet werden.

Bild 6c, rechts. Hilfsskalen zur Messung von Verschiebungskomponenten gegenüber einem Endpunkt der Bezugsstrecke.

Links Skala für die Messung von Horizontalanteilen, rechts für Vertikalkomponenten. Die Messung wird an beiden Skalen durchgeführt. Dadurch wird die Genauigkeit erhöht und wegen Unabhängigkeit der Ablesungen auch deren Zuverlässigkeit.



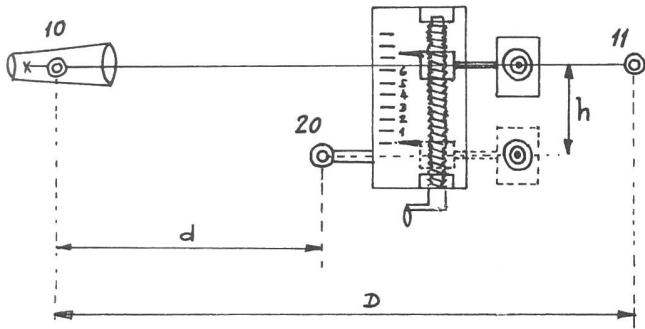


Bild 7a. Bestimmung der Abweichungskomponenten  $h$  (vgl. Bild 3) des Punktes 20 mit Hilfe einer Messspindel.

Messspindel in Punkt 20

1. Anzielen des Endpunktes 11
2. Verschieben der Zielmarke mit Hilfe der Messspindel zur Koinzidenz mit dem Zielfaden des Fernrohres
3. Ablesen der Abweichung an der Skala der Messspindel

#### Bemerkung

Wird die Messspindel nicht in Punkt 20, sondern am Beobachtungspunkt aufgestellt, so ist der für die Einstellung der Koinzidenz der Zielmarke im Punkt 20 notwendige Verschiebungsbetrag  $h'$  nicht gleich der Abweichungskomponenten, sondern er ist um das Distanzverhältnis zu reduzieren.

$$h = \frac{D-d}{D} h'$$

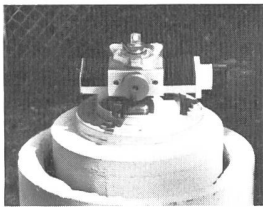


Bild 7b. Kreuzschlitten auf Pfeiler.

Ein Kreuzschlitten gestattet, die aufgesetzte Zielmarke in zwei Richtungen senkrecht zueinander zu verschieben. In der abgebildeten Konfiguration (Zielmarke auf den Betrachter ausgerichtet) wird nun die von links nach rechts im Bild laufende Messspindel benützt. Die korrekte Orientierung der Messspindel wird durch die einbetonierte Zentrierplatte gegeben.

elektronische Theodolite mit automatischer Anzeige der Messwerte verfügbar sind, beschränkt sich die Messung auf das Zielen. Ausserdem können die Messwerte bei Bedarf automatisch gespeichert und mit Computern ausgewertet werden.

#### Distanzänderungen

Die Messung von Distanzänderungen kann sich in Einzelfällen als nützlich erweisen. Dafür eignet sich wegen der hohen Genauigkeit eine Invardrahtausrüstung. Sie stellt jedoch etwas erhöhte Anforderungen an die Messung.

#### Auswertung

Ein wesentlicher Vorteil von Alignements ist die einfache Auswertung. Die Messwerte sind die Abstände der Alignementspunkte von der Bezugsgeraden. Die Änderungen dieser Abstände enthalten bereits die Information über das Verhalten des Bauwerkes.

Die Auswertung soll vor allem mögliche Verschiebungen der Alignementspunkte gegenüber der Bezugsgeraden liefern. Sie soll ausserdem auch Anhaltspunkte über die erreichte Messgenauigkeit liefern.

Die einfachste Auswertmethode besteht im graphischen Auftragen der Messwerte als Funktion der Zeit. Die Auswertung und Interpretation dieser Zeitreihe gründet sehr oft mehr auf Erfahrung als auf objektiven Kriterien.

An diese Auswertung schliesst sich die Interpretation an. Sie soll vor allem die ordentlichen, im normalen Betrieb der Anlage zu erwartenden Veränderungen von den ausserordentlichen, auf abnorme Verhältnisse deutende Veränderungen unterscheiden.

Die Auswertung ist ein vermessungstechnisches Problem. Die Auswertmethode sollte deshalb von einem Vermes-

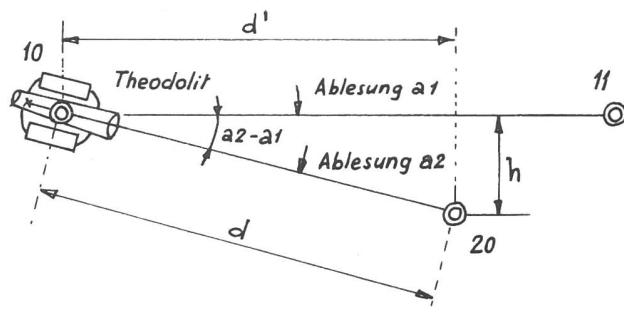


Bild 8a. Bestimmung der Abweichungskomponenten  $h$  (vgl. Bild 3) des Punktes 20 durch Winkelmessung.

1. Anzielen des Endpunktes 11
2. Ablesen des Kreises, Ablesung  $a_1$
3. Anzielen des Alignementspunktes 20
4. Ablesen des Kreises, Ablesung  $a_2$
5. Berechnung von  $h$   
 $h = d \sin (a_2 - a_1)$
6. Eventuelle Wiederholung der Messung zur Steigerung der Genauigkeit.

#### Bemerkungen

Es wird vorausgesetzt, dass die Distanz zwischen den einzelnen Punkten bekannt ist. Sie braucht nicht genau gemessen zu werden, da mögliche Messfehler als Massstabsfaktor die Abweichungskomponente  $h$  und damit auch die Deformation verfälschen. Ein relativer Distanzfehler von 1‰ – immerhin von 10 cm auf 100 m – ergibt einen Massstabsfehler in der Deformation von ebenfalls 1‰. Bei Deformationen von 10 cm wird der Zehntelmillimeter noch richtig.

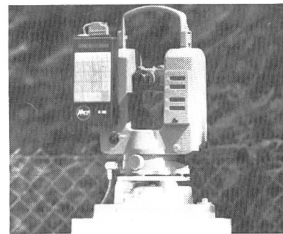


Bild 8b. Elektronischer Theodolit Kern E1 mit Datenspeicher R48.

An der Stütze rechts sind vier LCD-Anzeigefelder sichtbar. Die untersten beiden zeigen Horizontalrichtung und Zenitdistanz, die oberen – nur wenn der E1 mit einem Distanzmessgerät DM 502 ausgerüstet ist – die Horizontaldistanz und die Höhendifferenz an.

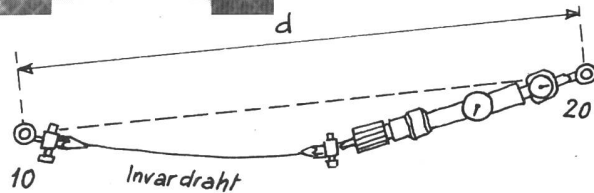


Bild 9a. Messung der Distanzänderung zwischen einem Endpunkt der Bezugsstrecke und einem Alignementspunkt.

Der Invardraht wird an einem der beiden Punkte und am Messgerät – dem Distometer ISETH – angekuppelt. Da er eine temperaturunabhängige, konstante Länge aufweist, können eventuelle Änderungen in der Distanz  $d$  mit dem Messgerät direkt gemessen werden.

1. Ankuppeln von Invardraht und Distometer
2. Zugkraft am Distometer einstellen
3. Längenmessuhr am Distometer ablesen

Durch Bilden der Differenzen von aufeinanderfolgenden Messungen ergibt sich die Änderung der Distanz zwischen den entsprechenden Zuständen des Objektes.

#### Bemerkungen

Die miteinander zu vergleichenden Punkte können 20 bis 40 m auseinander liegen. Die Messgenauigkeit liegt bei  $\pm 0,1$  mm. Die Invardrähte verlangen eine sorgfältige Behandlung.

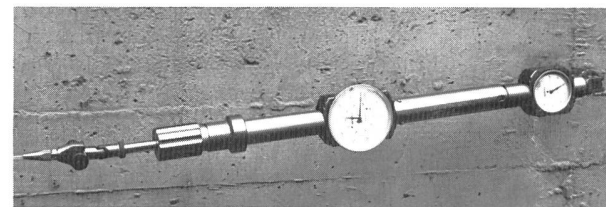


Bild 9b. Distometer ISETH.

Das Distometer ist ein Präzisionsgerät zum Messen von Längen mit Hilfe von Invardrähten. Vor allem dient es der genauen Bestimmung von Abstands- und Längenänderungen bei Verschiebungs- und Deformationsmessungen.

Es wurde vom Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau der Eidgenössischen Hochschule Zürich (ISETH) entwickelt.

Arbeitsweise: Die ganze Messausrüstung setzt sich ausschliesslich aus mechanischen Bauteilen zusammen. Sie ist daher ausserordentlich zuverlässig und in der Anwendung unabhängig von Betriebsmitteln. Distometer-Messungen sind einfach, sie lassen sich rasch und mit wenig Personal durchführen.



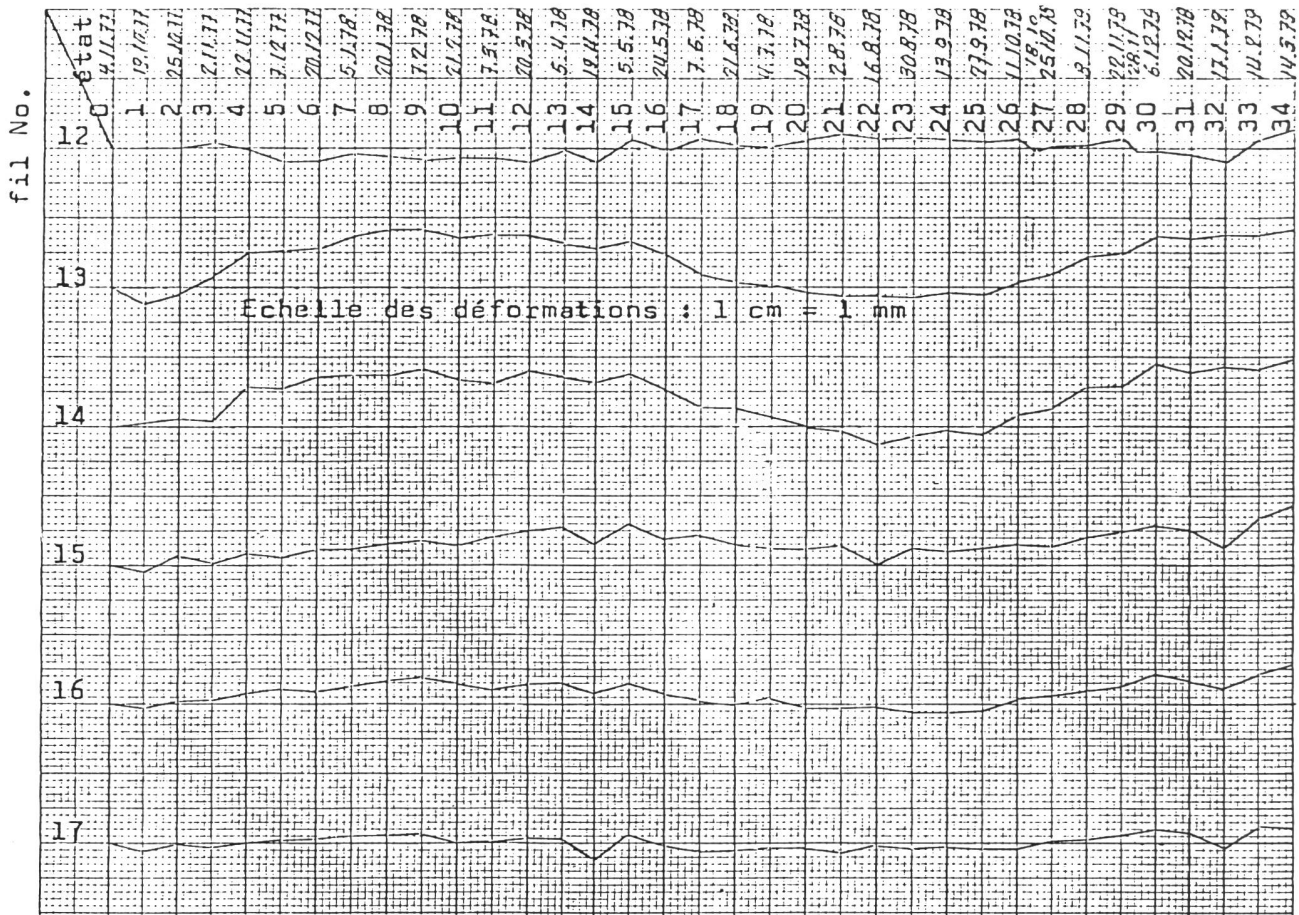


Bild 10. Graphisch aufgetragene Längenänderungen verschiedener Strecken zwischen 6 und 12 m, gemessen mit Invardrähten, mit Wiederholung der Messungen rund alle zwei Wochen. Die Strecken 13, 14, 15, 16 weisen alle einen gemeinsamen Endpunkt auf.

Ein direkter Vergleich der Veränderungen ohne statistische Auswertung lässt für die Strecken 13 und 14 eine periodische Änderung vermuten. Ein erster Schritt der numerischen Auswertung könnte darin bestehen, Amplitude und Periode der Änderung zu bestimmen und gleichzeitig damit auch die erreichte Messgenauigkeit. Für die Interpretation wäre daraus ein Kriterium für normales Verhalten zu gewinnen. Anhand dieses Kriteriums lässt sich dann auch das ausserordentliche Verhalten erkennen.

Interessant ist Messung 14, die offensichtlich durchwegs kleinere Ergebnisse lieferte, als eigentlich aufgrund des Kurvenverlaufes zu vermuten wäre. Sollte sich diese Vermutung statistisch als zutreffend nachweisen lassen, so müsste dafür eine Erklärung gesucht werden. Sie ist aufgrund der Messmethode nicht am Bauwerk, sondern im Messgerät zu suchen, das wohl während dieser Messung einen Eichfehler von rund 0,1 mm aufwies. Durch Vergleichen verschiedener, voneinander unabhängiger Messungen lassen sich oft Rückschlüsse auf den Zustand der Messgeräte ziehen.

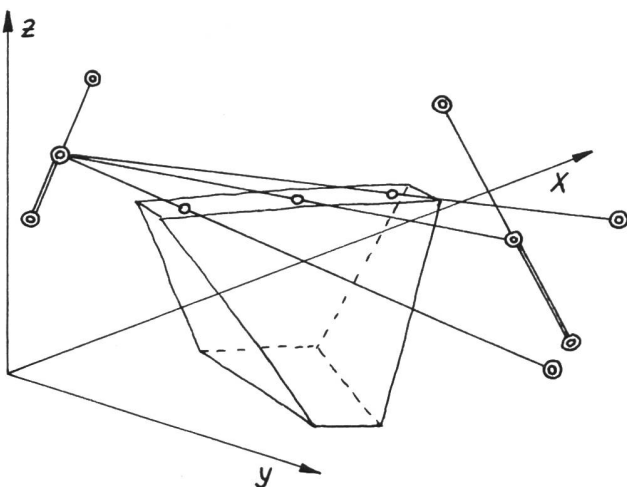


Bild 11. Versicherung durch Hilfsalignements und Distanzkontrolle.

sungsfachmann unter Beizug eines Bauchfachmannes festgelegt werden. Die Interpretation von möglicherweise festgestellten Veränderungen ist ein bautechnisches Problem. Sie soll durch Baufachleute unter Beizug des Vermessungsfachmannes erfolgen.

#### 4. Disposition von Messanlagen

##### Prinzip der Überbestimmung

Die Zuverlässigkeit von Messungen erlangt grosses Gewicht, sobald ausserordentliche Veränderungen festgestellt werden. Unabhängige Kontrollmessungen erhöhen die Zuverlässigkeit der Aussagen.

Grundsätzlich erhöht bereits das fortlaufende Verfolgen einer Zeitreihe die Zuverlässigkeit jedes Wertes, und zwar nach dem Prinzip, dass bei tatsächlichem Vorliegen kontinuierlicher Veränderungen auch die Messungen sich kontinuierlich ändern. Was hingegen von einzelnen Ausreissern zu halten ist, wird dadurch nicht erhellt.

Überschüssige Messungen sind bewährtes vermessungstechnisches Prinzip. Im Alignement kann ihm durch Messung von beiden Endpunkten der Bezugsstrecke Rechnung getragen werden. Alle Abweichungen von der Bezugsgeraden werden dadurch unabhängig kontrolliert.

##### Festpunkte

Die beiden Punkte, welche die Bezugsgerade festlegen, ergeben nur Veränderungen bezüglich dieser Punkte, das heisst nur Deformationen. Sollen Verschiebungen bestimmt werden, so müssen dazu die Endpunkte der Bezugsgeraden kontrolliert werden. Dies kann durch Einbeziehen der Endpunkte in Hilfsalignements erfolgen. Sie werden im allgemeinen wegen der zu befürchtenden Verschiebungsrichtungen auch Distanzkontrollen erfordern.

## Störeinflüsse

Ein genereller Nachteil von Alignements mag eine gewisse Empfindlichkeit auf systematische Störeinflüsse sein. Vor allem können Refraktionseinflüsse auftreten, die in Funktion der Umgebungstemperatur und der Sonneneinstrahlung die Messwerte verändern können. Sie wirken vor allem auf die Messung der Vertikalkomponente.

Instrumentelle Fehlereinflüsse können grundsätzlich durch das Messverfahren ausgeschaltet werden. Am einfachsten und vollständigsten lässt sich dies mit Theodoliten in der Winkelmessung erreichen.

## Hinweise

Alignements werden in der Talsperrenmesstechnik seit mehr als 50 Jahren angewandt. *W. Lang*, von der damaligen Abteilung für Landestopographie, hat 1929 in seiner Publikation «Deformationsmessungen an Staumauern nach den Methoden der Geodäsie» die grundsätzlichen Eigenschaften dargestellt. Seither sind die Messgeräte leistungsfähiger geworden. Anstelle raffinierter Zieltafeln, die ein sicheres Ablesen von Bruchteilen des Teilungsintervalls von Skalen erlauben sollten, kann die Winkelmessung treten. Sie verlangt heute dank Mikroprozessoren in Theodoliten keine Gewöhnung des Beobachters an die Ablesung mehr. Die Messwerte werden fortlaufend digital angezeigt. Ausserdem hat die Präzisions-Distanzmessung seit rund 10 Jahren gänzlich neue Möglichkeiten eröffnet. Das Alignment wird dadurch universeller und erlaubt grundsätzlich, räumliche Veränderungen von Punkten gegenüber einer Bezugsstrecke zu bestimmen.

Die Grenzen des Alignements werden kaum durch die Messgeräte gesetzt, sondern vielmehr durch die Atmosphäre. Ihr Zustand kann zwei unerwünschte Wirkungen haben. Sie verschlechtert durch Turbulenz die Messgenauigkeit und verfälscht durch ihre Schichtung in Zonen mit unterschiedlichem Brechungsindex die Messwerte. Die Verminderung der Messgenauigkeit ist, verglichen mit der Messwertverfälschung, harmlos. Die für falsche Messwerte verantwortlichen Refraktionsanomalien lassen sich am ehesten durch geschickte Disposition der Messanlage vermeiden. Praktisch bedeutet dies, Visuren in Bodennähe oder in sehr geringem Abstand von Gebäuden und Mauerwerken unter allen Umständen zu vermeiden.

Sehr wirksam zum Aufdecken oder zumindest zum Ausmitteln der Refraktionseinflüsse ist das Bestimmen einer Punktverlagerung durch mehr als ein Alignment. Der einfachste Fall ist ein Alignment von beiden Endpunkten der Bezugsstrecke aus. Unter Umständen können Punkte auch in zwei oder mehrere sich kreuzende Alignements einbezogen werden (Bild 4).

## Literatur

*W. Lang:*  
«Deformationsmessung an Staumauern», Verlag der Abteilung für Landestopographie, 1929.

*E. Recordon:*  
«Comportement de l'église St-François à Lausanne pendant les travaux d'Aménagement de la place», Ingénieurs et architectes suisses, 18. September 1980.

*F. Kobold:*  
«Geodätische Methoden zur Bestimmung von Gebäudebewegungen und von Deformationen an Bauwerken», Schweizerische Bauzeitung, 1958.

*K. Kovari, Ch. Amstad, P. Fritz:*  
«Integrated Measuring Technique for Rock Pressure Determination», «Field Measurements in Rock Mechanics», International Symposium, Zurich, 1977

Adresse des Verfassers: Dr. *Heinz Aeschlimann*, in Firma Kern & Co. AG, 5001 Aarau

## Die Definition der geschützten «Gewässer»

### Heizöl-Einfüllunfall vor Bundesgericht

Wer eine Sorgfaltspflicht verletzt, indem er einen Gewässern schädlichen Stoff durch die Kanalisation in eine Kläranlage fliessen lässt, kann bei blosser Fahrlässigkeit straflos ausgehen, wenn der Schadstoff kein offenes Gewässer erreicht. Die Kanalisation und die Kläranlage gehören gemäss einem Urteil des Kassationshofes des Bundesgerichtes nicht zu den Gewässern, welche vom Gewässerschutzgesetz (GSchG) unter strafrechtlichen Schutz gestellt sind. Der Bundesgerichtsentscheid steht am Ende einer Kette von Ereignissen. Diese begannen damit, dass der Tankwagenfahrer einer Heizölfirma bei der Lieferung den Hauseigentümer nicht antraf. Er füllte daher über 5000 l Brennstoff auf eigene Faust ein. Dabei unterliess er es, den Inhalt des Tanks zu messen, die Hectronic-Einfüllsicherung in Funktion zu setzen und den Einfüllvorgang im Tankkeller persönlich zu beobachten. Zu allem Unglück war auch noch die Tankzuleitung defekt. Das Heizöl lief deshalb nicht in den Tank, sondern in die Auffangwanne, die ihrerseits nicht dicht war. So floss ein Teil der Lieferung weiter, in den nächsten Raum. In dessen Boden befand sich ein Deckel zur Kanalisation, der nicht ganz schloss. Auf diesem Wege gelangte Heizöl in die Abwasserleitung und von dort in die Kläranlage. Die rund 560 l Öl, die dort eintrafen, konnten dann von der Ölwehr gebunden werden. Die aargauischen Gerichte, die sich mit dem Vorfall zu befassen hatten, sprachen den Tankwagenfahrer von Widerhandlung gegen das GSchG frei. Die Staatsanwaltschaft wurde vom Bundesgericht mit ihrer Nichtigkeitsbeschwerde abgewiesen.

### Straflose Pflichtverletzung

Das Bundesgericht klärte zunächst ab, ob der Fahrer gestützt auf Artikel 37, Absatz 1, Alinea 1 GSchG strafbar sei. Diese Bestimmung bedroht denjenigen mit Strafe, der rechtswidrig feste, flüssige oder gasförmige Stoffe jeder Art, die geeignet sind, das Wasser zu verunreinigen, mittelbar oder unmittelbar in die Gewässer einbringt oder ablagert. Was unter einem «Gewässer» zu verstehen sei, sagt das GSchG selber nicht. Der Ausdruck kann aber laut Bundesgericht nur bedeuten, dass es sich um Wasser des natürlichen Wasserkreislaufes handle, gleichgültig, ob es auf oder unter der Erde, in einem natürlichen oder künstlichen Bett fliesse oder stehe. Ist Wasser aus dem natürlichen Wasserhaushalt ausgeschieden und abgesondert, insbesondere zum Schutze desselben und um diesem nach Behandlung zurückgegeben zu werden, so fällt es nicht unter den Gewässerbegriff des GSchG. Kanalisationen und Kläranlagen gehören somit nicht unter diesen.

Wer einen wassergefährdenden Stoff in einen Abwasserablauf oder in eine Kläranlage einbringt, kann indessen trotzdem strafbar werden, sofern er von dort in ein Gewässer im Sinne des GSchG gelangt. Das ist ein Fall mittelbarer Gewässerverschmutzung. Begeht ein Täter diese vorsätzlich, so geht er nicht straflos aus, falls das Ausfliessen in ein solches Gewässer durch amtliches Eingreifen verhindert werden kann. Bei vorsätzlichem Handeln ist dies ein strafbarer Tatversuch. Nur fahrlässige Widerhandlungen kennen keine Möglichkeit zu strafbarem Versuch. Zu beachten ist auch, dass das GSchG in Artikel 37, Absatz 1, Alinea 1 keinen sogenannten Gefährdungstatbestand enthält. Strafbar wird somit bloss, wer die geschützte Gewässerreinheit verletzt (nicht, wer sie bloss gefährdet) oder wer sie vorsätzlich zu verletzen versucht.