Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 74 (1982)
Heft: 11-12

Artikel: Automatische Datenerfassung für Staumauern und Dämme
Autor: Zittener, Josef
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941166

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: 16.07.2025

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

Automatische Datenerfassung für Staumauern und Dämme

Josef Ziltener

Einleitung

Beinahe jeder Tag bringt Meldungen über neue Messanwendungen und Messgeräte. Besonders in der Halbleitertechnik ist der Fortschritt so schnell, dass sich selbst spezialisierte Unternehmungen in Spezialgebieten anstrengen müssen, um mithalten zu können. Müssen Objekte mit Messungen überwacht werden, von denen wir erwarten, dass sie sehr lange – über hundert Jahre – bestehen bleiben, ist die Evaluation der Messeinrichtungen besonders sorgfältig durchzuführen. Wie im Titel angegeben, beschränken wir uns auf die Betrachtung von Staumauern und Staudämmen; Druckleitungen, Tunnels, Baugruben, Kavernen und Gebäude werden hier nicht behandelt, obwohl es auch Bauteile von Wasserkraftanlagen sein können, in denen gleiche oder ähnliche Sicherheitsmesseinrichtungen verwendet werden.

Weiter beschränken wir uns auf Messungen im Zusammenhang mit der Sicherheit der Stauwerke; betriebliche Daten und die Sicherung der betrieblichen Funktionen werden nicht behandelt. Weiter schränken wir uns auf die statischen oder quasi statischen Vorgänge ein. Mit den zeitlichen Änderungen der Werte befassen sich dann erst das Personal in den Zentralen und die für die Sicherheit beauftragten Ingenieure. Auch dynamische Vorgänge, wie Erdbeben, sind von unseren Betrachtungen ausgeschlossen, obwohl gerade eine Gewichtspendelanlage solche Ereignisse auf Registrierstreifen aufzeichnen kann.

Wenn wir nur Messgeräte behandeln, die heute auf dem Markt erhältlich sind, schliesst das bei der stürmischen Entwicklung in der Halbleiter- und Lasertechnik nicht aus, dass bald auch andere Messgeräte für die Sicherheitsüberwachung von Staumauern und Dämmen verwendet werden könnten. Die enorme Packungsdichte der Halbleitertechnik ergibt sehr kleine Abstände zwischen den leitenden Teilen, was den Forderungen nach Langlebigkeit und Überspannungsfestigkeit wenig entgegenkommt. Der Einsatz dieser Technik muss deshalb vorderhand auf Orte beschränkt bleiben, die ohne weiteres zugänglich bleiben.

Am Anfang der langen Kette der Messungen und deren Verarbeitung liegen die Messwert-Erfassung mit Gebern, in denen das Signal entsteht, die Übermittlung von den Gebern zu einer ersten manuellen oder automatischen Messstation mit Kabeln oder Leitungen und die Messstation selbst.

Für gewisse periodische Messungen wie auch zur Kontrolle fernübermittelter Dauersignale genügt eine mobile Messstation. Zusätzlich könnten in der Übertragungskette bereits bei diesen Unterstationen die fest installierten Messstationen eingesetzt werden. Diese haben die folgenden Funktionen: Speisung der Geber, Messung, Umwandlung analog/digital, Übermittlung an die Zentrale, Überspannungsschutz, eventuelle Messprogramm-Steuerung, Datenspeicherung und Datensicherung, erste Datenaufbereitung zur Auswertung.

Welche Werte automatisch gemessen werden sollen, hängt von den örtlichen baulichen Gegebenheiten ab wie auch von den Beurteilungen durch den Werkeigentümer, das projektierende Ingenieurbüro und die mit der Überwachung betrauten Stellen.

Vom Schweizerischen Nationalkomitee für Grosse Talsperren wird die dauernde Kontrolle folgender Messwerte diskutiert:

Für alle Talsperren:
- Wasserstand
- Wassertemperatur
- Lufttemperatur
- Sickerwasser (Menge und eventuelle Trübung)

Für Staumauern:
- Mauerbewegung mit Pendel
- ausgewählte geodätische Messungen
- Fugenbewegungen
- Auftrieb

Für Staudämme:
- Porenwasserdruck
- Dammsetzungen

Die geodätischen Messungen, die an der letztjährigen Tagung behandelt wurden, werden hier nicht mehr besprochen.

Einige Aspekte zu Messanlagen

Der zu messende Wert ist erst nach mehrmaliger Umwandlung zur Ablesung aufbereitet.

Beispiel 1: Messwert Wasserstand (Bild 1)
- Messgrösse in m Wasserhöhe
- Umsetzung in ein Drucksignal auf festgelegter Höhe
- Übertragung pneumatisch oder hydraulisch (direkt) zum Messort
- Messung durch ein automatisch balancierendes Waagesystem
- Anzeigeabnahme durch mitverstelltes Potentiometer oder einen Digitalcoder, welche ihrerseits elektrische Speisung, Signalaufnahme evtl. Aufbereitung und Umwandlung, lokale Anzeige und Fernübermittlung bedingen.

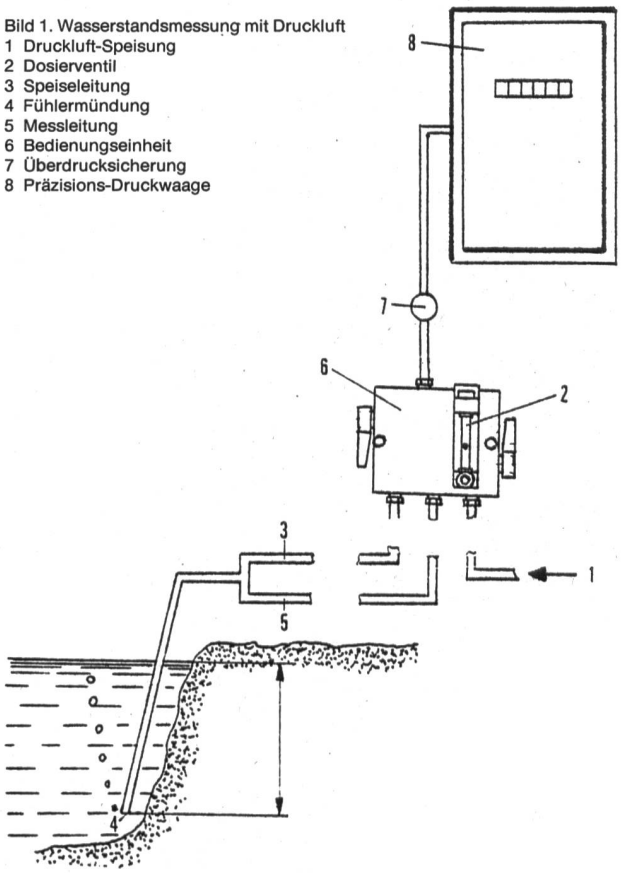


Bild 1. Wasserstandsmessung mit Druckluft
1 Druckluft-Speisung
2 Dosierventil
3 Speiseleitung
4 Fühlermündung
5 Messleitung
6 Bedienungseinheit
7 Überdrucksicherung
8 Präzisions-Druckwaage

Das aufbereitete Signal zur Fernübertragung sollte ein elektrisches sein. Damit ist die Einheitlichkeit auch für die wenigen Messwerte, die wir betrachten, schon erschöpft. Drei Beispiele von Porenwasserdruck-Gebern zeigen dies:

Beispiel 2: Messung des Porenwasserdrucks mit einer schwingenden Saite (Bild 2)
- Messgrösse in kg/cm²
- Umsetzung des Druckes in eine Längsbewegung
- Messung dieser Längsbewegung mit einer schwingenden Saite, welche von einer entfernten Stelle angeregt wird.
- Umwandlung der Schwingungen in ein elektrisches Signal und Übertragung zur Messstelle (gleiche Leitung wie Speiseleitung)
- Auswertung der Signale und Anzeige einer Masszahl
- Umrechnung aus der Frequenz unter Berücksichtigung des Eichwertes des Gebers und der Druck-Kurve.

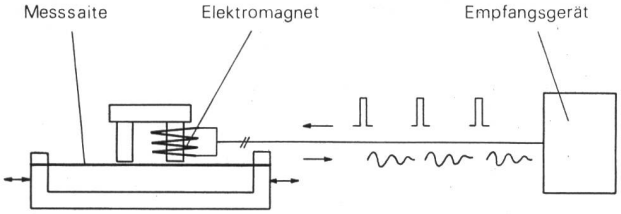


Bild 2. Schematische Darstellung des Schwingsystems mit intermittierend schwingender Messsaite.

Beispiel 3: Messung des Porenwasserdrucks pneumatisch oder hydraulisch (Bild 3)
- Messgrösse in kg/cm²
- Druckübertragung auf ein Differenzdruck-Ventil
- Gegendruck-Aufbau pneumatisch oder hydraulisch
- Signal-Übernahme auf Druckgleichheit
- Lokale Anzeige direkt mit Manometer (Umsetzung Druck in Bewegung)
- Fernübermittlung mittels Steuerkontakt (inkl. Speisung, Signalaufbereitung usw.).

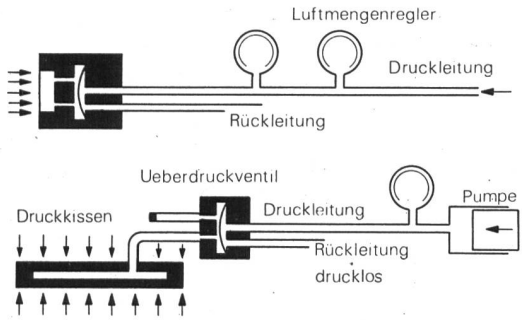


Bild 3. Oben pneumatisches System. Unten hydraulisches System.

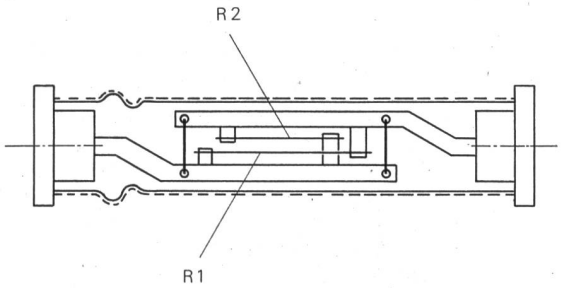


Bild 4. Messung mit einem Widerstandsdraht.

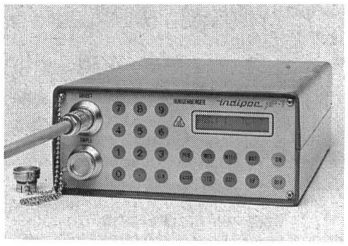


Bild 5. Mobiler Mess-Computer zur Aufnahme aller elektrischen Signale der Geber mit direkter Anzeige der gemessenen Werte.

Beispiel 4: Messung des Porenwasserdruckes mit einem Widerstandsdraht (Bild 4)
- Messgrösse in kg/cm²
- Umsetzung in eine Durchbiegung
- Diese Durchbiegung führt zur Längenänderung von Widerstandsdrähten (Carlson-Prinzip)
- Messung des geänderten Widerstandes mit einem elektronischen Messgerät an der Messstelle und
  a) bei der örtlichen Messung: (mobiles Gerät, Bild 5) Speisung der Geber und direkte digitale Anzeige (Eichwerte, Kabelwiderstand und Messwert werden direkt verarbeitet)
  b) bei der Fernmessung: (fest installiertes Gerät) Speisung und Weiterleitung (Bild 5) der errechneten Werte, evtl. ab Zwischenspeicher über die RS 232- Datenschnittstelle an die Zentrale (über Funk, elektr. Kabel, Glasfaserkabel).

Diese Beispiele zeigen, dass auch bei der Sicherheitsmesstechnik verschiedene Wege zum Ziel führen können. Für die Auswahl der günstigsten Möglichkeit folgen einige Hinweise:

– Die Beanspruchung der Geber und der Zuleitungen in den Staumauern und im Erd- oder Felsdamm sind erheblich: Ist der Geber robust, hält er den chemischen Einflüssen stand? Sind die mechanischen Eigenschaften der Zuleitungen den besonderen Bedingungen zum Beispiel in den Staudämmen mit ihren starken Setzungen angepasst?

– Gerade von den Messwerten, die fernübertragen werden, ist zu fordern, dass die Geber möglichst die gleiche Lebensdauer wie der Damm aufweisen. Auswechselbarer Einbau ist oft umständlich, kann zum Teil überhaupt nicht durchgeführt werden und führt meist zu zweifelhaften Messwerten. Wie ist die Langzeit-Verfügbarkeit und -Stabilität gesichert? Sind schnell oder überhaupt merklich bewegte Teile vorhanden? Wie ist der Korrosionsschutz im Innern? Welche elektrischen Stossbeanspruchungen sind zugelassen? Ist ein Überspannungsschutz notwendig, und welches ist die garantierte Lebensdauer dieses Schutzes? Kann ein eventueller Defekt in der Zuleitung entdeckt und damit bei einer Messanzeige berücksichtigt werden? Sind viele Wert-Umwandlungen bis zur Ablesung notwendig, und wo erfolgen diese? Wie stark sind die entsprechenden Kopplungen?

Messung der Pendelbewegungen

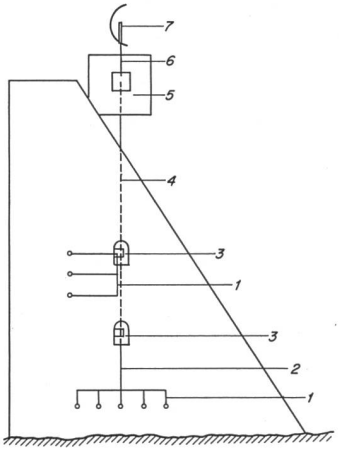
Für die Fernübertragung der Pendelbewegungen sind drei Ausführungsvarianten möglich:

1. Variante: Optische Messung

Eine Lichtquelle wirft den Pendel-Drahtschatten auf einen optoelektronischen Sensor

a) Punktlichtquelle und -sensor werden mittels Schrittmotor der Bewegung nachgeführt. Diese Bewegung ist das Mass für die Drahtbewegung (lineare Kopplung, Schrittzählung)

b) Eine Linearlichtquelle wirft den Drahtschatten auf Fotoarreys. Die Position der abgedunkelten Fotozellen ist das Mass für die Verschiebung (proportionale Kopplung, wahrscheinlich nicht linear).



1 Porenwasser-Druckmesser mit Geber
2 Übertragung
3 Messstelle (mobil oder fest)
4 Sammelstelle, evtl. geschlaufte Übertragungsleitung (Glasfaser)
5 Staumauerwarte
6 Von hier aus gehen die Messwerte über Koaxial-Glasfaser Kabel (6) und Funk (7) an die Zentrale, wo die Werte im Computer kontrolliert, registriert und teilweise ausgewertet werden. Hier werden sie vom Kraftwerkpersonal ein erstesmal beurteilt. Später werden sie von den für die Sicherheit des Stauwerkes Beauftragten ausgewertet.

Bild 6. Übersicht über den Weg der Informationen aus den Porenwasser-Druckgebern von der Staumauer bis zur Auswertung und Beurteilung.

2. Variante: Induktive Messung
Am Lotdraht sind Ferrit-Messkerne befestigt. Diese bewegen sich innerhalb eines durch Spulen erzeugten Feldes. Die örtliche Feldänderung ist das Mass für die Bewegung (nicht lineare, nicht rückwirkungsfreie Kopplung).

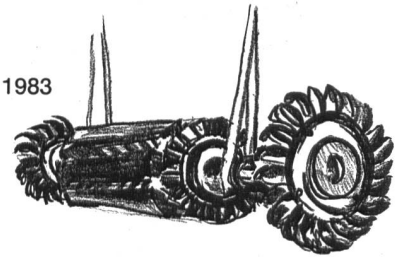
3. Variante: Mechanischer Abgriff, kapazitive Wertumwandlung
Mit einer Gabel wird die Drahtbewegung abgetastet. Die dadurch bedingte Winkelbewegung führt zur Änderung der Fläche einer Kapazität (Prinzip Drehkondensor). Die Grösse der Kapazität ist das Mass für die Bewegung (mechanisch starre Kopplung, nicht ganz rückwirkungsfrei, elektronisch linearisiert).

Zur Auswahl der einzubauenden Variante tragen die Antworten auf die folgenden Fragen bei:
Welches ist der notwendige Messbereich, und in welchem Bereich sind welche maximalen Linearitätsfehler zugelassen? Grösse der Fehler? Benötigt das System annähernd Umgebungsverhältnisse wie ein Labor? Welche Rückwirkungsfehler treten auf? Wie gross und welcher Art sind sie, und kann man sie kontrollieren? Welche Störgrössen können beeinflussen, wie können sie gemessen, wie kontrolliert werden? Wird das System einbaubereit geliefert (mit Befestigung, Geber, Kabel, Blitzschutz)? Welches ist die Ausfallwahrscheinlichkeit der Elemente?
Der Entscheid, welche Daten ferngemessen werden sollen, vor allem aber welche Systeme einzusetzen sind, ist nicht immer leicht. Es ist jedoch zu hoffen, dass diese Ausführungen den Entscheid etwas erleichtern helfen.

Adresse des Verfassers: *Josef Ziltener*, dipl. Ing. ETH, Inhaber der Huggenberger AG, Hohlstrasse 176, 8004 Zürich.

Vortrag gehalten an der Tagung über Automatisierung der Talsperrenüberwachung, die am 14. und 15. Oktober 1982 vom Schweizerischen Nationalkomitee für Grosse Talsperren in Locarno durchgeführt wurde.

20./21. Januar/janvier 1983
CH-4310 Rheinfelden
Casino



Fachtagung «Unterhalt, Revisionen und Erneuerung von Turbinen-Generatoren-Einheiten von Wasserkraftanlagen»

Journées professionnelles «Maintenance, révision et renouvellement d'unités turbine-générateur d'installations de force motrice hydraulique»

Der folgende Beitrag behandelt ein Hauptthema dieser Fachtagung.

Geänderte Randbedingungen für Betrieb von Wasserkraftgeneratoren und ihr Einfluss auf Instandhaltungsstrategien

Andrea v. Planta und Barend Spaargaren

Zusammenfassung

Eine flexible Instandhaltungsstrategie, bestehend aus zustandsabhängiger Instandhaltung, ergänzt durch periodische Diagnosestellungen von verschiedener Tiefe (mehrstufige Diagnosepakete), stellt heute eine sinnvolle Antwort auf die veränderten Randbedingungen für den Betrieb von Wasserkraftwerken dar. Sie sollte es dem Betreiber ermöglichen, seine Anlage optimal zu nutzen. Die Diagnostik liefert dabei einen wichtigen Beitrag zur Entscheidungsfindung, insbesondere als Ergänzung zur laufenden Zustandsüberwachung, da sie oft wesentliche Informationen zum Entscheid beitragen kann, ob eine Revision erforderlich ist oder nicht.

Résumé: Conditions changées pour l'exploitation d'aménagements hydrauliques et leurs influence sur les stratégies de maintien.

Une stratégie flexible de maintien, étant composée du maintien de conditions et complétée par des diagnostiques périodiques de différentes profondeurs, peut donner aujourd'hui des réponses valables aux conditions changées pour l'exploitation des aménagements hydro-électriques. Elle devrait rendre possible un bénéfice optimal à l'exploitant de l'usine. La diagnostique contribue une partie importante au choix du procédé de maintien, particulièrement comme complément à la surveillance permanente, comme elle peut contribuer des informations essentielles à la décision si une révision est nécessaire ou non.

Abstract: Changing boundary conditions for the management of hydrogenerators; influence on maintenance strategies

A flexible maintenance strategy consisting of on condition maintenance, supplemented by periodic diagnostic checks of various depth, can give a sensible answer to today's changed boundary conditions for the management of hydraulic power plants. This should enable the owner,