



T6/14500/DVWK
Bibliothek
Abwassertechnische
Vereinigung e.V. (80)

MERKBLÄTTER ZUR WASSERWIRTSCHAFT

222/1991

Meß- und Kontrolleinrichtungen
zur Überprüfung der Standsicherheit
von Staumauern und Staudämmen

DK 627.82.04

Staudamm

DK 624.058

Standsicherheit



Kommissionsvertrieb

Verlag Paul Parey · Hamburg und Berlin

Verantwortlicher Herausgeber
Deutscher Verband für Wasserwirtschaft
und Kulturbau e.V. (DVWK)
Gluckstraße 2, D-5300 Bonn 1

bearbeitet vom DVWK-Fachausschuß „Talsperren“

Benutzerhinweis für die „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“:

Die „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“ sind das fachgerechte Ergebnis ehrenamtlicher technisch-wissenschaftlicher Gemeinschaftsarbeit und stehen jedermann zur Anwendung frei. Die in den Merkblättern veröffentlichten Empfehlungen stellen einen Maßstab für einwandfreies technisches Verhalten dar und sind somit eine wichtige Erkenntnisquelle für fachgerechtes Verhalten im Normalfall. Die Merkblätter können jedoch nicht alle Sonderfälle erfassen, in denen weitergehende oder einschränkende Maßnahmen geboten sein können. Durch das Anwenden der „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“ entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Jeder handelt insoweit auf eigene Gefahr.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Meß- und Kontrolleinrichtungen zur Überprüfung der Standsicherheit von Staumauern und Staudämmen:

DK 672.82.04 Staudamm; DK 624.058 Standsicherheit/
[verantw. Hrsg.: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK). Bearb. vom DVWK-Fachausschuß „Talsperren“]. – Hamburg; Berlin: Parey, 1991.

(DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft; H. 222)
ISBN 3-490-32297-5

NE: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau / Fachausschuß Talsperren; Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau: DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft

ISBN 3-490-32297-5 – Heft 222/1991

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsschutzgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© 1991 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. Anschriften: Spitalerstraße 12, D-2000 Hamburg 1; Seelbuschring 9-17, D-1000 Berlin 42. Printed in Germany by Leppelt, Bonn, Satz: kippsatz GmbH, Bonn.

Umschlaggestaltung: Jan Buchholz und Reni Hinsch, Hamburg

ISSN: 0722-7167

InterCode: DMWADS

VORWORT

Die Standsicherheit von Staumauern und Staudämmen ist nicht erst beim Auftreten von Rissen und feuchten Stellen zu überprüfen. Die Entwicklungen von Schäden können durch Meßeinrichtungen erkannt und in festzulegenden Zeitabschnitten bewertet werden.

Der Fachausschuß „Talsperren“ des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) hat sich in den Jahren 1982–1987 mit der Sammlung von Daten über die Meßeinrichtungen von 83 Talsperren befaßt und daraus die nun vorgelegte Beschreibung und empfohlenen Meßeinrichtungen sowie die Häufigkeit der Messungen zusammengestellt.

Der zuständige Fachausschuß setzte sich aus folgenden Vertretern von Bauwirtschaft, Ingenieurberaterunternehmen, Aufsichtsbehörden und wissenschaftlichen Institutionen zusammen:

FRANKE, Peter	Prof. Dipl.-Ing., Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität, Berlin
GODDE, Dominik	Dipl.-Ing., Lehrstuhl für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft, Technische Universität, München (Gast)
IDEL, Karl Heinz	Prof. Dr.-Ing., Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. (DGEG), Essen (Obmann)
KÖNGETER, Jürgen	Dr.-Ing., Lahmeyer International GmbH, Frankfurt a.M.
LINSE, Diethelm	Dr.-Ing., Ingenieurbüro Dr. Kupfer, München
RISSLER, Peter	Dr.-Ing., Ruhrverband, Essen (Gast)
SPILLNER, Albert	Dipl. Ing., Min.Rat, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft NRW, Düsseldorf
STEFFEN, Heinz	Dr.-Ing., Ingenieurgesellschaft mbH, Essen
STROBL, Theodor	Univ. Prof. Dr.-Ing., Lehrstuhl für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft, Technische Universität, München
STROH, Dieter	Dr.-Ing., Hochtief AG, Essen

Eine große Hilfe war das Buch „Talsperren in der Bundesrepublik Deutschland“, das vom DVWK-Fachausschuß „Talsperren“, der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und dem Nationalen Komitee für Große Talsperren (DNK) 1987 herausgegeben wurde.

Großer Dank gilt den Eigentümern der 83 Talsperren, deren Meßeinrichtungen in der Auswertung eine wichtige Rolle gespielt haben.

Essen, im Juli 1991

Karl Heinz Idel

INHALT

		Seite
1	Einleitung	1
2	Allgemeine Hinweise zum Messen und Auswerten	2
3	Meßgrößen, Meßmethoden und Meßgeräte	3
3.1	Staumauern	3
3.1.1	Vorbemerkungen	3
3.1.2	Besonderheiten beim Messen und Auswerten	3
3.1.3	Regelausstattung von Staumauern mit Meßgeräten	4
3.1.4	Meßgrößen und Meßmethoden	6
3.1.4.1	Sickerwasser, Sohlenwasser- und Porenwasserdruck	6
3.1.4.2	Verschiebungen	6
3.1.4.2.1	Trigonometrisches Überwachungsnetz	6
3.1.4.2.2	Alignement	7
3.1.4.2.3	Höhenmessungen	7
3.1.4.2.4	Neigungsmessungen	7
3.1.4.2.5	Gewichtslot und Schwimmlot	8
3.1.4.2.6	Extensometer	8
3.1.4.2.7	Mikrometer	9
3.2	Staudämme	10
3.2.1	Vorbemerkungen	10
3.2.1.1	Meßeinrichtungen und visuelle Kontrolle	10
3.2.1.2	Einbau von Meßwertaufnehmern und Meßwerterfassung	10
3.2.1.3	Meßausstattung bestehender Staudämme	10
3.2.2	Besonderheiten bei Messen und Auswerten	11
3.2.3	Regelausstattung und Meßprogramm bei Staudämmen	11
3.2.4	Meßgrößen und Meßmethoden	12
3.2.4.1	Porenwasserdruck, Wasserspiegelhöhen	12
3.2.4.2	Sickerwasser	14
3.2.4.3	Verschiebungen	14
3.2.4.4	Verformungen	15
3.2.4.4.1	Vertikalstangenextensometer	15
3.2.4.4.2	Setzungspegel	15
3.2.4.5	Erddruck	15

Verzeichnis der Bilder und Tafeln

	Seite
Bild 1: Beispiel für die Regelausstattung von Staumauern mit Meß- und Kontrolleinrichtungen	4
Bild 2: Gewichtslot	8
Bild 3: Schwimmloot	8
Bild 4: Stangenextensometer	9
Bild 5: Beispiel für die Regelausstattung von Staudämmen mit Meß- und Kontrolleinrichtungen	12
Bild 6: Prinzipskizze für einen Porenwasserdruckgeber – System: pneumatisch bzw. hydraulisch	13
Bild 7: Prinzipskizze für einen Porenwasserdruckgeber – System: Schwingende Saite	14
Bild 8: Prinzipskizze für einen Setzungspegel – System: Idel	15
Bild 9: Prinzipskizze für die Erddruckmessung – System: pneumatisch bzw. hydraulisch	16
Bild 10: Erddruck in Abhängigkeit der Höhe der Dammschüttung mit einem Beispiel für eine Korrektur der Meßwerte bei $H = 5,0$ m	17
Tafel 1: Regelausstattung und Meßprogramm bei Staumauern	5
Tafel 2: Regelausstattung und Meßprogramm bei Staudämmen ($H < 60$ m und $L < 1000$ m) gezeigt am Beispiel eines Dammes mit Erdkerndichtung	11

1 Einleitung

Allgemeine Hinweise über die Notwendigkeit bei Staumauern und Staudämmen sind der DIN 19700 Teil 10 und Teil 11 zu entnehmen. Das vorliegende Merkblatt gibt eine Hilfestellung für die Planung, die Ausführung und den Betrieb der für die Talsperre erforderlichen Meß- und Kontrolleinrichtungen. Außerdem dient es als Grundlage für die Überprüfung und Beurteilung vorhandener Meß- und Kontrolleinrichtungen bestehender Talsperren.

Der Sicherheitszustand eines Absperrbauwerkes läßt sich in

- einen konstruktiven Bereich und
- einen betrieblichen Bereich

aufteilen. In dem vorliegenden Merkblatt werden nur die Meßeinrichtungen für die konstruktive Sicherheit hinsichtlich der Statik und der Wirkung des strömenden Wassers im Absperrbauwerk und im Untergrund (hydraulische Sicherheit) behandelt. Es wird jedoch auf die zentrale Bedeutung der betrieblichen Sicherheit hingewiesen. Auch auf diesem Gebiet leisten die Meßeinrichtungen für Niederschlag und Abfluß im Einzugsgebiet der Talsperre sowie Störmeldungen bei den Betriebseinrichtungen (Grundablaß, Hochwasserentlastungsanlage) einen wesentlichen Beitrag zur Sicherheit.

Die Standsicherheit eines Absperrbauwerkes wird durch die nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik vorgenommene Konstruktion und Bauausführung gewährleistet. Darüber hinaus muß durch ein Meß- und Kontrollsystem jede mögliche Veränderung des Sicherheitszustandes so rechtzeitig erkannt werden, daß notwendige Reparaturen ohne Reduzierung der Sicherheit des Absperrbauwerkes durchgeführt werden können. Bei der Wahl der Meßgeräte ist u. a. die erforderliche Genauigkeit des Meßsystemes zu berücksichtigen.

Jede Staumauer bzw. jeder Staudamm ist hinsichtlich der Lage und Konstruktion ein Einzelbauwerk. Diesem muß auch das Meß- und Kontrollsystem Rechnung tragen. Aufgrund vorliegender Erfahrungen können jedoch allgemeingültige Anforderungen hinsichtlich Art und Umfang der Meßeinrichtungen aufgestellt werden.

Bei allen technischen Möglichkeiten ist eine häufige visuelle Kontrolle des Absperrbauwerkes unumgänglich. Die visuelle Kontrolle dient dazu, Mängel und Schäden auch an solchen Stellen zu erkennen, die durch Meßgeräte nicht erfaßt werden, bzw. Unregelmäßigkeiten festzustellen, die mit keinem Meßsystem erkannt werden können.

Die Messungen sind unabdingbar verbunden mit einer sachkundigen Auswertung und Beurteilung. Dazu soll das Meß- und Kontrollsystem Meßverfahren beinhalten, die eine Bewertung des Kurzzeit- und des Langzeitverhaltens der Absperrbauwerke ermöglichen. Um das Kurzzeitverhalten genügend genau zu erfassen, bedarf es in der Regel ausgesuchter Meßpunkte, die häufig kontrolliert werden. Um das Langzeitverhalten zu beurteilen, sind Meßwerte erforderlich, die absolute Verschiebungen bzw. Spannungen und Sickerströmungen angeben. Hierfür müssen in der Regel sowohl aufwendigere Meßmethoden als auch fachlich anspruchsvolle Auswertungen angewendet werden. Die regelmäßigen Vermessungsarbeiten des Bauwerkes sollten nicht länger als ein Jahr auseinanderliegen.

Zu unterscheiden sind Messungen im Normalbetrieb und solche während des Baues und des Probebetriebes. Während des Baues und des Probebetriebes der Stauanlage sind in der Regel weitere und weitergehende Messungen erforderlich. Sie dienen dazu, das tatsächliche Tragverhalten des Absperrbauwerkes mit dem in der Rechnung prognostizierten Trag- und Verformungsverhalten zu vergleichen und die geforderte Dichtheit der Anlagenteile zu überprüfen.

Bei Unregelmäßigkeiten im Verhalten des Absperrbauwerkes kann in begründeten Sonderfällen der Betrieb durch Einschaltung zusätzlicher Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen aufrechterhalten werden.

Der Betreiber der Anlage stellt im Rahmen der Eigenüberwachung die laufend ausgewerteten Meßdaten mit den Ergebnissen der visuellen Kontrollen einmal jährlich in einem Sicherheitsbericht zusammen. Dabei ist es wichtig, daß die Meßdaten in Abhängigkeit des Stauwasserdruckes, des Niederschlages und gegebenenfalls anderer Randbedingungen dargestellt werden. Dieser Sicherheitsbericht muß durch einen fachkundigen Ingenieur aufgestellt und von einem weiteren fachkundigen Ingenieur, der mit der Erstellung des Berichtes nicht befaßt war, hinsichtlich der Standsicherheit bewertet werden. Gegebenenfalls sind Sonderfachleute (z. B. Geotechniker) hinzuzuziehen.

Die Technik ist einer laufenden Entwicklung unterworfen. Es ist erforderlich, die neueren Erkenntnisse auch bei bestehenden Stauanlagen zu berücksichtigen. In angemessenen Zeitabständen (etwa alle 10 Jahre) ist deshalb zu prüfen, ob das bestehende Meß- und Kontrollsystem noch den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht. Liegen bereits viele Informationen vor, die während der bis-

herigen Standzeit der Anlage erhalten wurden, so dürfen sie bei der Überprüfung berücksichtigt werden. Diese Informationen erlauben es u. U., die Zahl der Meßgeräte eines Meßsystems gegenüber der Regelausstattung zu verringern oder auf einzelne Meßeinrichtungen vollständig zu verzichten. Darüber hinaus können andere Meßeinrichtungen mit einem vergleichbaren Informationsgehalt ersatzweise oder parallel eingebaut werden.

Unabhängig von der laufenden Überwachung der Stauanlage können z.T. gezielte Zusatzuntersuchungen vorgenommen werden, die zum Vergleich mit anderen ähnlichen Stauanlagen dienen.

Das Merkblatt gilt für Gewichtsstauwauern und Dämme bis ca. 60 m Höhe sowie für Bogenstauwauern bis ca. 100 m Höhe. Bei Absperrbauwerken mit größerer Höhe sind in der Regel weitergehende Messungen erforderlich.

Eine umfassende und ausführliche Darstellung von Meß- und Kontrolleinrichtungen mit Hinweisen zur Zuverlässigkeit und Genauigkeit der einzelnen Verfahren ist in der Veröffentlichung „Meßanlagen zur Talsperrenüberwachung“ enthalten, die über das Schweizerische Nationalkomitee für Große Talsperren zu beziehen ist.

2 Allgemeine Hinweise zum Messen und Auswerten

Es ist zwingend erforderlich, daß die Meßwerte auch ohne besondere Vorkommnisse laufend ausgewertet und, soweit sinnvoll, auch graphisch dargestellt werden. Nur damit lassen sich Veränderungen im Absperrbauwerk so rechtzeitig erkennen und Gegenmaßnahmen ergreifen, daß es zu keiner Verringerung des Sicherheitsstandards kommt.

Aus der Gesamtschau aller langfristig gewonnenen Meßdaten und sonstiger Informationen soll die Standsicherheit des Bauwerks beurteilt und sollen Hinweise auf etwaige Veränderungen hergeleitet werden können.

Wichtig ist bei dem Vergleich der Meßergebnisse, daß die Meßwerte auf die jeweils gleichen Randbedingungen wie Stauwasserdruck, Temperaturen, Niederschlag u. ä. bezogen werden.

Die meßtechnische Überwachung eines Absperrbauwerkes gliedert sich üblicherweise in mehrere Schritte

- Erfassung der Meßwerte am Bauwerk
- Transfer zur Zentrale (Verwaltung, Büro o. ä.)

- graphische Darstellung und
- verantwortliche Interpretation.

Die Erstinterpretation der Meßdaten erfolgt bereits vom Messenden am Bauwerk. Der Messende ist auszubilden und entsprechend anzuweisen. Bei Meßergebnissen, die auffällig abweichen, sind die Messungen sofort zu wiederholen und direkt dem für die abschließende Interpretation Verantwortlichen zu melden.

Die einzelnen Überwachungsschritte sind soweit wie möglich zusammenzufassen, wobei eine sofortige Teilauswertung mit einer stichprobenartigen Überprüfung der Meßwerte zusammen mit einer Plausibilitätskontrolle zumindest bei größeren Stauanlagen ($H > 20$ m) zweckmäßig ist. Die Notwendigkeit einer automatisierten Erfassung und Übertragung der Meßwerte wird je nach Lage der Stauanlage unterschiedlich zu beurteilen sein.

Da es nicht auszuschließen ist, daß Meßgeräte und Meßeinrichtungen ausfallen oder beschädigt werden können, soll ihre Funktionsfähigkeit durch Plausibilitätsuntersuchungen kontrolliert werden. Es hat sich bewährt, z. B. elektrische/elektronische Meßeinrichtungen durch Messungen mit mechanischen Geräten stichprobenartig zu überprüfen.

Die Meßmethoden, die Meßgeräte, die Meßgenauigkeit und das Auswerteverfahren sind in Abhängigkeit von den zu erwartenden Meßgrößen zu wählen. Bei der Auswertung kann auch eine mathematisch-statistische Analyse erforderlich werden.