

Überwachung von Wasserbauwerken • Das frühzeitige Erkennen und das genaue Orten von Leckagen an Dichtungen im Wasserbau sind die Basis einer zuverlässigen und sicheren Bauwerksüberwachung. Werden Leckagen nicht rechtzeitig erkannt, so können teure Folgeschäden entstehen oder es kann sogar die Sicherheit des Bauwerkes gefährdet sein. Einsetzende innere Erosion kann beispielsweise gravierende Schäden an einem Erddamm verursachen.

Temperaturmessungen werden bereits seit den 50er Jahren zur Überprüfung von Dämmen und Deichen eingesetzt. Durch GTC wurden seit 1991 europaweit mehr als 500 km Dämme und zahlreiche Schleusenbauwerke mit dem Temperatursondierv erfahren erfolgreich auf Leckagen untersucht.

Moderne faseroptische Temperaturmessverfahren ermöglichen linienförmige Temperaturmessungen entlang einer konventionellen Glasfaser aus der Telekommunikationstechnik von bis zu 60 km Länge. Sie eignen sich daher hervorragend zur Überwachung von Dämmen und Deichen. Wird ein Glasfaserkabel bereits beim Neubau oder im Rahmen einer Sanierungsmaßnahme in ein Bauwerk integriert, so kann anschließend die Temperatur innerhalb des Bauwerkes entlang der kostengünstigen Glasfaser gemessen



Midlands Dam, Mauritius
Überwachung des Dichtungsanschlusses (Heat-Pulse-Methode)

und auftretende Leckagen können exakt geortet werden. Aufwendige konventionelle Sickerwasser-Messeinrichtungen können daher in ihrer Anzahl deutlich reduziert werden.

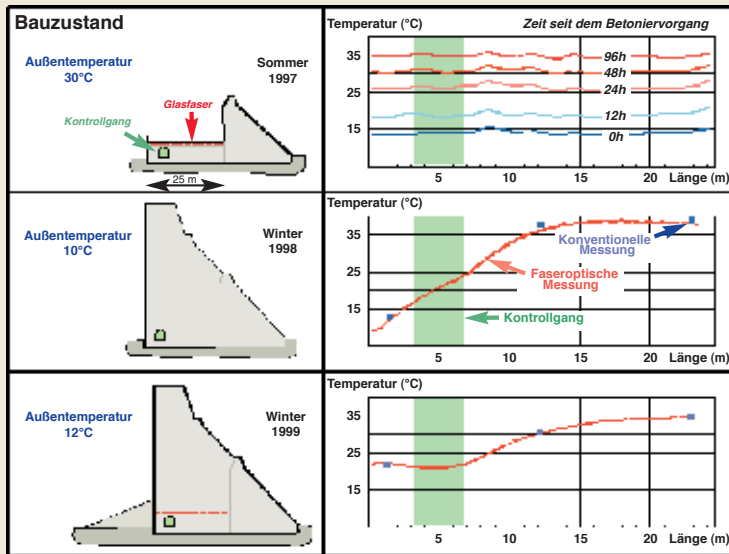
Die Methode der verteilten faseroptischen Temperaturmessung wurde bereits Anfang der 80er Jahre zur Überwachung von Höchstspannungskabeln entwickelt. Bei Kabellängen bis zu 10 km kann eine Temperaturmessgenauigkeit von besser als $0,1^\circ\text{C}$ und eine Ortsauflösung von ca. 0,5 m erreicht werden. Das Messprinzip der faseroptischen Temperaturmessung basiert auf der Rückstreuung eines

in die Glasfaser eingekoppelten, kurzen Laserpulses ($< 10\text{ ns}$). Die Temperaturbestimmung erfolgt mittels Ramanspektroskopie am zurückgestreuten Licht. Aus dem Verhältnis der Intensitäten von Stokes- und Anti-Stokes-Linie wird die Temperatur berechnet. Die räumliche Zuordnung des Messwertes erfolgt anhand einer sehr genauen Zeitmessung, unter Berücksichtigung der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes in der Glasfaser. In einer nur wenige Minuten dauernden Messung erhält man das Temperaturprofil entlang der gesamten Glasfaserleitung.

Die verteilte faseroptische Temperaturmessung wird seit 1995 erfolgreich für die Leckageortung im Wasserbau und für die Überwachung von Betontemperaturen eingesetzt. Die gesamte Messtechnik hat sich auch unter extremen Baustellenbedingungen bewährt. Die Anwendungsreferenzen sind vielfältig, die unterschiedlichsten Dichtungssysteme werden überwacht, wie z.B. innenliegende und Oberflächendichtungen aus Asphaltbeton, Geomembranen und mineralischen Baustoffen, Betonoberflächendichtungen, aber auch Druckrohrleitungen und Fugenbänder.

Faseroptische Leckortung • Prinzipiell sind zwei verschiedene Arten der Anwendung zu unterscheiden. Besteht eine ausreichend große Differenz zwischen der Temperatur in der Umgebung des Glasfaserkabels und der Gewässertemperatur, so kann eine auftretende Leckage daran erkannt werden, dass sich der Temperaturgradient zwischen den beiden Ausgangstemperaturen signifikant verringert. Dieses Verfahren wird daher als Gradientenmethode bezeichnet. Ist keine ausreichende Temperaturdifferenz vorhanden, z.B. aufgrund eines bautechnisch bedingt geringen Abstandes zwischen Gewässer und Kabel

bzw. aufgrund von lange Zeit gleichbleibenden Gewässertemperaturen, so kommt ein Hybrid-Glasfaserkabel zum Einsatz. Dieses Kabel beinhaltet neben den bereits erwähnten Glasfasern auch elektrische Leiter. An diese Leiter wird eine elektrische



Temperaturverlauf in der Birecik-Staumauer, Türkei

Spannung angelegt, so dass ein Kurzschlussstrom fließt, dabei heizt sich das gesamte Kabel auf. Der daraus resultierende Temperaturanstieg im Kabel wird mit den Glasfasern gemessen. Neben der Wärmeleitung des das Kabel umgebenden Materials tritt bei einer Umströmung des Kabels durch ein Fluid z.B. Wasser, ein zusätzlicher advektiver Wärmetransport auf, der zu einer deutlich geringeren Erwärmung des Kabels führt. Auf diese Weise können Fließvorgänge nachgewiesen und damit Leckagen geortet werden. Durch Berechnungen können sowohl die Fließgeschwindigkeit des Fluids, als auch die thermischen Parameter des Umgebungsmaterials bestimmt werden. Dieses Verfahren wird als Aufheiz- bzw. Heat-Pulse-Methode bezeichnet.

Überwachung der Hydratationswärmeentwicklung im Beton • Die faseroptische Temperaturmessung wird auch zur Kontrolle der Hydratationswärmeentwicklung im Massenbeton eingesetzt. Der Vorteil gegenüber der konventionellen Temperaturmessung besteht auch hier in der linienförmigen Temperatureaufnahme. Die Hydratationswärme des Beton ist für das Auftreten thermischer Spannungen und der darausfolgenden Rissbildung, gerade im Talsperrenbau, von zentraler Bedeutung. Mit Hilfe der faseroptischen Temperaturmessung ist es möglich die Temperaturverteilung im abbindenden Beton kostengünstig, räumlich an vielen tausend Messpunkten zeitgleich, zu erfassen. Dass diese Messtechnik auch unter extremen Bedingungen erfolgreich eingesetzt werden kann zeigen mehrere Anwendungen in Walzbetondämmen. Durch den Einsatz von Hybrid-Glasfaserkabeln können



zusätzlich die thermischen Materialparameter – Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität – des Betons entlang des Kabels bestimmt werden.

Installation eines Glasfaserkabels in der Walzbeton-Bogenstaumauer Shimenzhi, VR China

ANWENDUNGSGEBIETE

Leckortung und Sickerwassermonitoring in Dämmen, Deichen und anderen Wasserbauwerken
Fugenmonitoring an Schleusen
Überwachung der Hydratationswärmeentwicklung in konventionellen Beton- und Walzbeton-Staumauern in situ-Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität von Beton
Analyse thermischer Spannungen in Staumauern
Thermisches Fluidlogging in Bohrungen
Leckortung an Rohrleitungssystemen für Abwasser, Wasser, Fernwärme, Öl, Gas und Chemikalien
Überwachung von Dichtungen beliebiger Art und Bauweise, z.B. Speicherbecken, Tanks und Flachdächer
Leckortung an Unterwasserbetonsohlen und Dichtwänden
Überwachung von Erdwärmesonden
(Thermal Response Test)

REFERENZENZEN

WASSERBAU

Al-Khadra Reservoir, Great Man Made River Project Authority, Benghazi, Libyen
Alzkanal, Evonik - Degussa GmbH
Beni Haroun Damm, ANB, Algerien
Bevertalsperre, Wupperverband, D
Brändbachtalsperre, Stadt Bräunlingen, D
Canal d'Oraison und Canal d'Hermillon, EdF, F
Dortmund-Ems-Kanal, Los 15, WSA Rheine, D
Havel-Oder-Wasserstraße, „Alte Fahrt G“ und Ausweichstelle Eberswalde, WSA Eberswalde, D
Hochwasser-Rückhaltebecken Waldbach, Steiermark, A
Kadamparai Dam, Tamil Nadu State Electricity Board, Chennai, Indien
Knezovo Damm, Mazedonien
Kraftwerk Winnebach, Druckrohrleitung, SEL Bozen, I
Merowe Dam, Nil, Ministry of Irrigation + Water Resources, Sudan
Messochora Damm, Griechenland
Midlands Dam, Ministry of Public Utilities, Mauritius
Mittellandkanal, Doppelschleuse Hohenwarthe und Ausbaustrecke S 12, WSA Magdeburg, D
Mittlerer Isarkanal, Mühltalkanal und Pumpspeicherwerk Waldeck I, e.on Wasserkraft GmbH, D
Mur-Kraftwerke Gabersdorf und St. Dionysen sowie Innkanal, Seitendämme, VERBUND Hydro Power AG, A
Ohratalsperre, Thüringer Fernwasserversorgung, D
Pumpspeicherwerk Hohenwarte II, Oberbecken, Vattenfall Europe Generation AG & Co.KG, D
Rheinkraftwerk Iffezheim, Neuer Fischpass, EnBW AG, D
Talsperre Bautzen
Landestalsperrenverwaltung Sachsen, D
Villalba de los Barros Damm, Spanien
Winscar Reservoir, Yorkshire Water Services Ltd., UK
Yacambu Damm, Venezuela

BETONTEMPERATURÜBERWACHUNG

Birecik-Damm, Gewichtsstaumauer, Türkei
Mujib-Damm, Walzbeton-Gewichtsstaumauer, Jordanien
Shimenzhi-Damm, Walzbeton-Bogenstaumauer, China
Wala-Damm, Walzbeton-Gewichtsstaumauer, Jordanien