

FASEROPTISCHE TEMPERATURMESSUNG

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 Erdamm 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 Temperatursondierverfahren erfolgreich auf Leckagen untersucht.

Moderne faseroptische Temperaturmessverfahren ermöglichen linienförmige Temperaturmessungen entlang einer Glasfaser von bis zu 110 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 und auftretende Leckagen können exakt geortet werden.



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

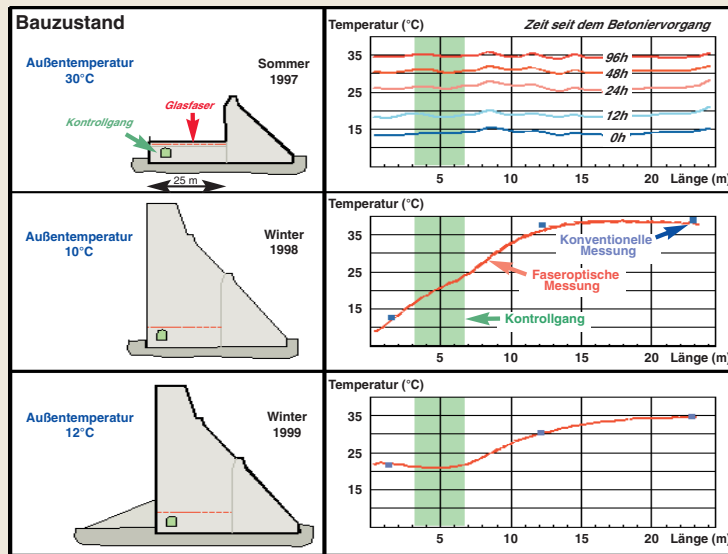
Aufwendige konventionelle Sickerwasser-Messeinrichtungen können daher in ihrer Anzahl deutlich reduziert werden.

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 ca. $\pm 0,2^\circ\text{C}$ und eine Ortsauflösung von $\pm 0,5$ m erreicht werden. Das Messprinzip der faseroptischen Temperaturmessung basiert auf der Rückstreuung eines in die Glasfaser eingekoppelten, kurzen Laserpulses (< 10 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.

GTC und die Technische Universität München haben gemeinsam umfangreiche Untersuchungen zur Anwendbarkeit der faseroptischen Temperaturmessung für die Leckageortung im Wasserbau und für die Überwachung von Betontemperaturen durchgeführt. Die gesamte Messtechnik wurde an der Versuchsanstalt für Wasserbau in Oberrach unter Baustellenbedingungen mit sehr positivem Ergebnis geprüft.

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 langer 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 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 konduktiven Wärme-



Temperaturverlauf in der Birecik-Staumauer, Türkei

leitung 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-Glasfaserkabel kann die Verteilung der thermischen Materialparameter entlang des Kabels bestimmt werden.



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

Anwendungsbereiche

- 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
- Überwachung von Erdwärmesonden (Thermal Response Test)

Referenzen Wasserbau

- Alzkanal, Degussa AG
- Bevertalsperre, Wupperverband, D
- Brändbachtalsperre, Stadt Bräunlingen, D
- Canal d'Oraison, EdF Marseille, F
- Dortmund-Ems-Kanal, Los 15 WSA Rheine, D
- Havel-Oder-Wasserstraße, „Alte Fahrt G“ und Ausweichstelle Eberswalde WSA Eberswalde, D
- Hochwasser-Rückhaltebecken, Waldbach, A
- Kraftwerk Gabersdorf, Mur-Seitendamm Verbund AHP, A
- Midlands Dam, Ministry of Public Utilities Mauritius
- Mittellandkanal
- Doppelschleuse Hohenwarthe und Ausbaustrecke S 12 WNA Magdeburg, D
- Mittlerer Isarkanal, Haltung 1 + 4b e.on Wasserkraft GmbH, D
- Neuer Fischpass Rheinkraftwerk Iffezheim EnBW, D
- Ohratalsperre Thüringer Talsperrenverwaltung, D
- Pumpspeicherwerk Hohenwarthe II Oberbecken
- Vattenfall Europe Generation AG & Co.KG, D
- Talsperre Bautzen, Landestalsperrenverwaltung Sachsen, D
- Winscar Reservoir, Yorkshire Water Plc, UK

Referenzen: Betontemperaturüberwachung

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