

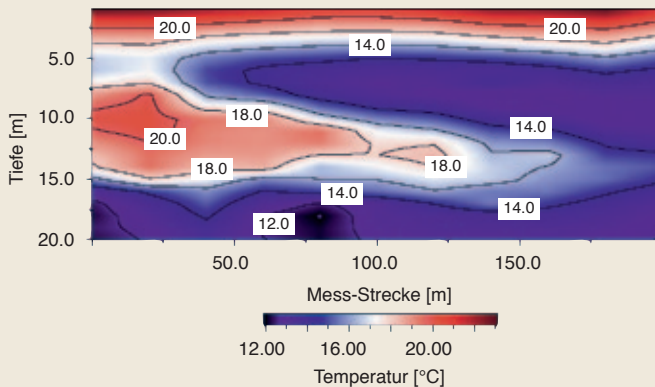
Temperatursondierverfahren • Bei vielen umweltrelevanten und technischen Problemstellungen können Temperaturmessungen zur Erkundung eingesetzt werden. Fluidbewegungen im Untergrund führen sehr häufig zu Temperaturanomalien, da das Fluid meist eine andere Ausgangstemperatur als der unbeeinflusste Boden aufweist. Der mit der Fluidbewegung gekoppelte advective Wärmetransport führt



Zerstörung eines Dammes in Lesotho durch innere Erosion am Übergang zwischen Erddamm und Hochwasserentlastungsanlage.

in den durchströmten Bereichen und in deren unmittelbarer Umgebung zu einem Angleich der Bodentemperatur an die Temperatur des Fluids. Diese eignet sich somit als Tracer, d. h. zum Nachweis und zur Eingrenzung der Fluidbewegung. Bereits ab Fließgeschwindigkeiten von ca. 10^{-6} bis 10^{-7} m/s übersteigt der advective Wärmetransport die konduktive Wärmeleitung des Bodens. Die so entstehenden Temperaturanomalien sind an der Geländeoberfläche nur schwer nachweisbar, da klimatische und anthropogene Faktoren das Temperaturfeld an der Oberfläche dominieren. Diese thermischen Oberflächeneffekte klingen mit zunehmender Tiefe rasch ab, daher sind zur Erkundung thermisch geprägter Fluidbewegungen Temperaturmessungen unterhalb der Geländeoberfläche notwendig.

Von GTC wurde ein Messverfahren entwickelt, das Temperaturmessungen in Lockersedimenten und Schüttkörpern bis in eine Tiefe von ca. 40 m ermöglicht. Zunächst wird ein Hohlgestänge mit geringem Durchmesser in den Boden eingerammt. Anschließend wird eine aus einem Messkabel und mehreren



Temperaturverteilung in einem Damm längs eines vertikalen Schnittes parallel zur Dammachse. Das im Sommer aufgenommene Messprofil verläuft auf der Dammkrone, luftseitig einer Dichtwand, die bis in 13 m Tiefe reicht. Die erhöhten Bodentemperaturen unterhalb von 7 m Tiefe werden durch das 22°C warme Wasser aus der Stauhaltung hervorgerufen. Die Dichtwand wird sowohl durch- als auch unterströmt. Die erhöhten Temperaturen bis in 3 m Tiefe werden durch die Sonneneinstrahlung an der Geländeoberfläche hervorgerufen (konduktive Wärmeleitung des Bodens).

Temperatursensoren bestehende Sensorkette in das Hohlgestänge eingeschoben. Nach einer kurzen thermischen Angleichphase werden die Bodentemperaturen in verschiedenen Tiefen zeitgleich mit einem portablen Präzisionsmessgerät gemessen. Im Anschluss an die Messungen können im Untergrund vorhandene Temperaturanomalien anhand der graphischen Darstellung der Messdaten noch vor Ort schnell und eindeutig lokalisiert werden. Sowohl eine horizontale als auch eine vertikale Eingrenzung einer Fluidbewegung wird durch dieses Verfahren ermöglicht.

Anwendung im Wasserbau • Strömungskräfte können die Standsicherheit von Erddämmen erheblich gefährden. Strömungsvorgänge innerhalb von Dämmen verändern sich meist sehr langsam, oft ohne von außen erkennbare Anzeichen. Eine einsetzende innere Erosion kann dann jedoch sehr rasch zu einem Versagen der Standsicherheit und damit zu einer Zerstörung eines Bauwerkes führen. Werden Schwachstellen in Dämmen bzw. Schäden an Dichtungselementen frühzeitig erkannt so kann rechtzeitig eine gezielte Sanierung erfolgen. Hierzu sind Temperaturmessungen besonders gut geeignet.

Die Temperaturen von Oberflächengewässern und die des Bodens unterliegen jahreszeitlichen Schwankungen. Aufgrund der hohen Wärmekapazität und der geringen Wärmeleitfähigkeit des Bodens und vergleichbarer Baustoffe treten im Boden und innerhalb von Dämmen deutliche Temperaturunterschiede gegenüber der Gewässertemperatur auf. Kommt es beispielsweise durch Schäden an Dichtungen oder in Zonen erhöhter hydraulischer Durchlässigkeit zu einer Durchströmung



Einrammen der Temperatursondierröhrer in einen Damm

eines Dammes, so führt der an die Strömung gekoppelte advective Wärmetransport zu einem Angleich der Temperatur im Damm an die Temperatur des Gewässers. Durchströmte Dammbereiche zeichnen sich daher im Sommer als positive und im Winter als negative Temperaturanomalien ab.

Mit dem Temperatursondierverfahren wurden bereits mehr als 500 km Dämme und zahlreiche Schleusenbauwerke untersucht. Viele Schäden an Dichtungselementen konnten lokalisiert und Dammbereiche mit verstärkter Durch- bzw. Unterströmung konnten eindeutig eingegrenzt werden. Für die Überprüfung von Hochwasserschutzdeichen wurde das Messverfahren vielfach erfolgreich eingesetzt, ein Einstau des Deiches ist hierzu jedoch Voraussetzung. Die Beweissicherung bei Neubau- bzw. Sanierungsmaßnahmen und die Überwachung von Wasserbauarbeiten, wie z. B. Unterdükerungen, stellen weitere Anwendungen des Verfahrens dar. Mit Hilfe von Langzeitmessungen können Veränderungen an und in Bauwerken nachgewiesen werden. Durch die konsequente Weiterentwicklung des Verfahrens ist eine kombinierte Bestimmung weiterer Parameter, wie beispielsweise Lagerungsdichte, Durchlässigkeit und in situ-Fließgeschwindigkeit möglich.

Der langjährige erfolgreiche Einsatz des Messverfahrens hat gezeigt, dass mit Temperaturmessungen vielfältige Fragestellungen unter technisch und wirtschaftlich angemessenem Aufwand untersucht werden können. Neben dem Wasserbau wird das Messverfahren auch zur Kontrolle und zur Überwachung von Deponien, Tanks, Speicherbecken und Rohrleitungssystemen eingesetzt. Im Spezialtiefbau kommt das Verfahren häufig bei der Leckortung an Dichtwänden und in Trogbauwerken zur Anwendung.

ANWENDUNGSGEBIETE

WASSERBAU / GEOTECHNIK

Inspektion und Überwachung von Dämmen und Deichen
Kontrolle von Dichtungselementen an Wasserbauwerken
Beweissicherung bei Neubau- und Sanierungsmaßnahmen
Leckortung an Dichtwänden und in Trogbauwerken
Nachweis der räumlich-zeitlichen Ausbreitung von Injektionen

DEPONIETECHNIK

Nachweis von Sickerwässeraustritten
Eingrenzung von Kontaminationsfahnen
Leckortung an Speicherbecken und Tanks
Überprüfung von Dichtwänden
Ortung von Schmelbränden

HYDROGEOLOGIE / GEOTHERMIE

Erkundung von Thermal- und Karstwässervorkommen
Nachweis von In- und Exfiltrationen ins Grundwasser

VER- UND ENTSORGUNGSTECHNIK

Leckortung an erdverlegten Rohrleitungssystemen für Abwasser, Fernwärme, Gas, Wasser und sonstige Fluide

REFERENZEN

WASSERKRAFT

AEW Energie AG, CH
Alpiq Hydro Aare AG, CH
Axpo Holding AG, CH
CNR Compagnie Nationale du Rhône, F
EAM Energie AG Mitteldeutschland, D
EdF Electricité de France, F
e.on Wasserkraft GmbH, D
ESB Electricity Supply Board, Irland
Evonik - Degussa GmbH, D
Hidroelectrica S.A., Rumänien
Industrielle Betriebe Aarau, CH
LEW Lech Elektrizitätswerke AG, D
RADAG AG, D
RKI Rheinkraftwerk Iffezheim GmbH, D
RWE Energie AG, D
SAFE Salzburger AG für Energie, A
Schluchseewerk AG, D
Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG, D
VERBUND Hydro Power AG, A

WASSERSTRASSEN

British Waterways, UK
Bundesanstalt für Wasserbau, D
MET, Belgien
Rijkswaterstaat, Niederlande
De Scheepvaart, Belgien
Voies Navigables de France, F
Wasserstraßen-Neubauämter, D
Wasser- und Schifffahrtsämter, D

HOCHWASSERSCHUTZ / WASSERWIRTSCHAFT

AECOM, UK
Bristol Water plc., UK
DDE Bas-Rhin, F
Deltares, Niederlande
Dorsch Consult Wasser & Umwelt GmbH, D
Halcrow Group Ltd., UK
Harzwasserwerke GmbH, D
Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH, D
Jacobs Babbie, UK
Lahmeyer International GmbH, D
Landestalsperrenverwaltung Sachsen, D
MWH Montgomery Watson Harza, UK
Morrison Construction plc., UK
Oberrheinagentur, Breisach, D
Pöyry Infra AG, CH + A
Royal Haskoning, UK
Ruhverband, D
Severn Trent Water, UK
Thames Water plc., UK
Thüringer Fernwasserversorgung, D
Tschernutter Consulting, A
United Utilities Water plc., UK
Wasserverband Aabach-Talsperre, D
Wessex Water Services Ltd., UK
Wiener Wasserwerke, A
Wuppervverband, D
Yorkshire Water Services Ltd., UK