

THERMISCHE LECKKORTUNG IM WASSERBAU

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 niedrigen 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 eines Dammes, so führt der an die Strömung gekoppelte advective Wärmetransport zu einem Angleich der



Einrammen der Temperatursondiergestänge in einen Damm

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. Unterdückerungen, 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.

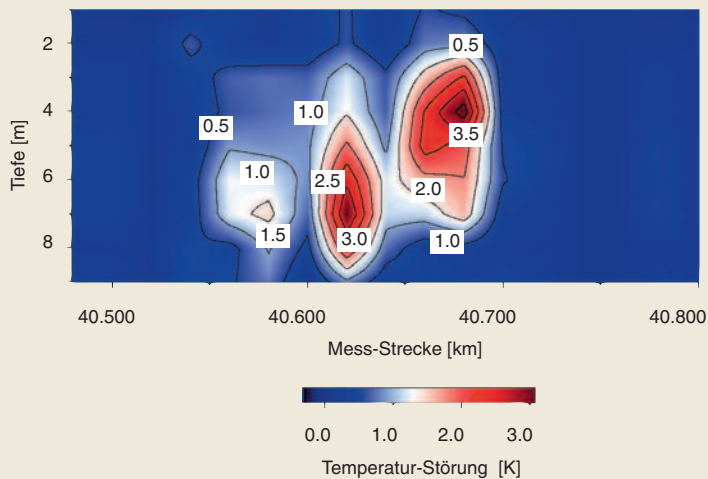
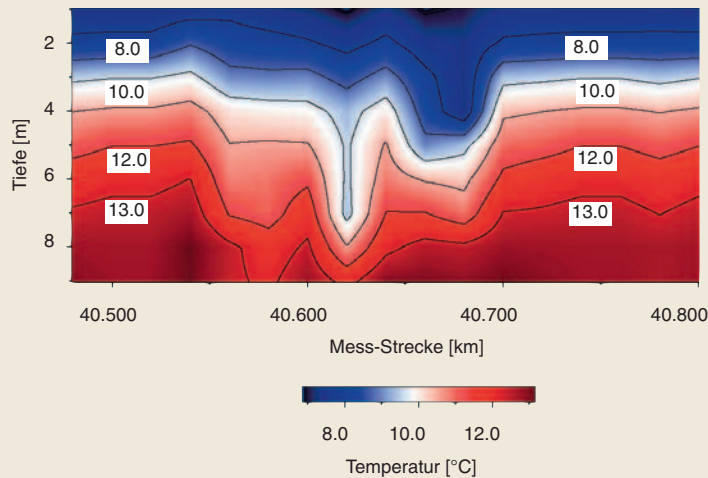
Der langjährige erfolgreiche Einsatz des Messverfahrens hat gezeigt, dass mit Temperaturmessungen vielfältige Fragestellungen unter technisch und wirtschaftlich angemessenem Aufwand untersucht werden können. Neben dem Wasserbau wird das Messverfahren auch zur Kontrolle und zur Überwachung von Deponien,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

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

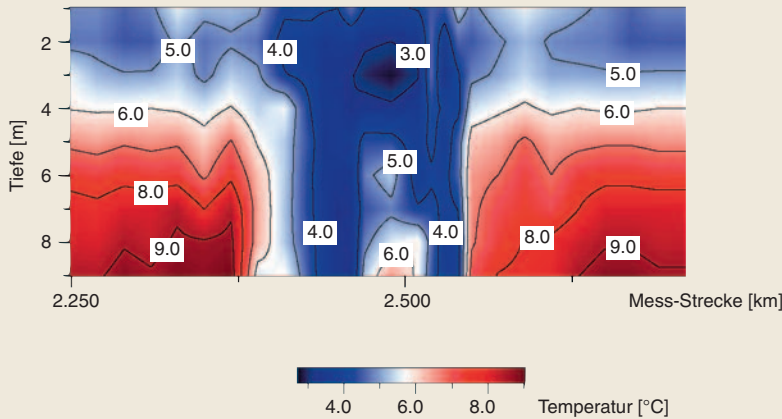
Beispiele · Analysen von Schäden an Dämmen zeigen, dass durch Sickerwasser hervorgerufene innere Erosionsprozesse eine große Gefahr für die Sicherheit von Dämmen und Deichen darstellen. Diese Erosionsform ist besonders gefährlich, da sie – ohne äußerlich sichtbare Veränderungen – so plötzlich auftreten kann, dass das Bauwerk bei vollem Reservoir zerstört wird. Leckagen an Dichtungen in Dämmen stellen immer Bereiche potentieller Erosionsprozesse dar. Die frühzeitige Detektion und Eingrenzung von Leckagen ist deshalb besonders wichtig für die Sicherheit von Dämmen.

Temperaturmessungen werden schon seit den 50er Jahren zur Leckortung eingesetzt. Wenn das Wasser durch den Stauhaltungsdamm sickert, wird die Temperatur des gestauten Wassers als natürlicher Tracer genutzt. Es verursacht dabei Bodentemperaturanomalien die durch ein von GTC entwickeltes Temperatursondierverfahren nachgewiesen werden können. Dieses Verfahren ist einfach anzuwenden und selbst lange Dammstrecken können schnell und kostengünstig untersucht werden. In Europa wurden bereits mehr als 500 km Dämme bzw. Deiche und zahlreiche Schleusenbauwerke erfolgreich untersucht. Mit dem Messverfahren können Tiefen bis zu 30 m erreicht werden.

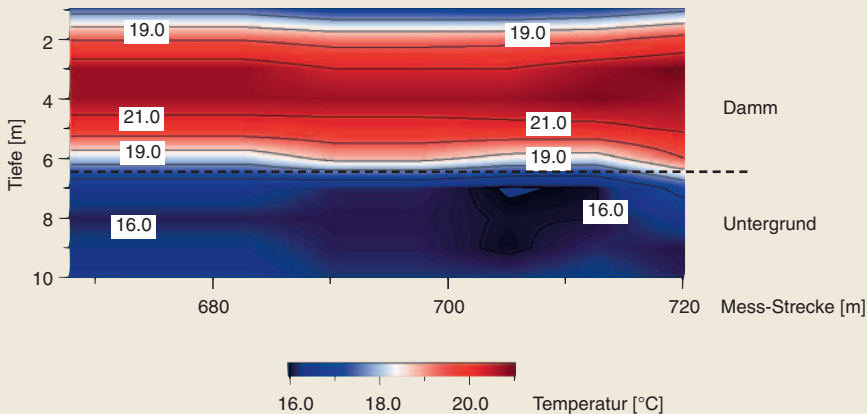
In den Abbildungen unten sind die Bodentemperaturen in einem vertikalen Schnitt längs eines 6 m hohen Dammes dargestellt. Das Ziel dieser Messungen war die Klärung der Frage, ob der Damm durch- oder verstärkt unterströmt wird. Die Temperaturdarstellung im oberen Bild zeigt deutlich, dass beides zutrifft. Zieht man von den gemessenen Temperaturwerten die entsprechenden Werte eines nicht durchströmten Bereiches ab, so erhält man die Temperaturanomalien. Das untere Bild zeigt die Verteilung der Temperaturanomalien in einem vertikalen Schnitt. Die Anomalien treten deutlich hervor und kennzeichnen die durchströmten Zonen. Zwischen km 40.620 und km 40.640 fließt Wasser aus der Stauhaltung unter der Dammaufstandsfläche hindurch. Von km 40.660 bis km 40.690 wird der Dammkörper durchströmt. Die Unterströmung ist auf die geologischen Verhältnisse zurückzuführen. Die Durchströmung des Dammes wird durch Schäden am Dichtungskern verursacht und stellt eine Gefahr dar.



In der nachfolgenden Abbildung ist die Temperaturverteilung als vertikaler Schnitt durch einen 9 m hohen Damm mit Oberflächendichtung dargestellt. Durch Schäden an der Dichtung wird der Damm an mehreren Stellen durchströmt. Die Temperaturmessungen wurden durchgeführt, um die einzelnen Leckagen zu orten und die Tiefe, in der die maximale Strömungsgeschwindigkeit



erreicht wird, zu erkunden. Die Temperaturisolines zeigen deutlich die Leckagen zwischen km 2.450 und km 2.540. Die größte Temperaturanomalie befindet sich bei km 2.500 in 3 m Tiefe mit einer Temperatur von 3°C. Die Wassertemperatur des gestauten Flusses betrug zur Zeit der Messungen 2,8°C. Aufgrund der geringen Temperaturdifferenz wird deutlich, dass an dieser Stelle sehr hohe Fließgeschwindigkeit vorherrschen.



Ein Beispiel für die Unterströmung eines Dammes ist in der Abbildung oben zu sehen. Die Messungen wurden im Spätherbst durchgeführt. Eine starke Unterströmung des Dammes konnte auf der gesamten Mess-Strecke nachgewiesen werden. Die Wassertemperatur betrug zur Zeit der Messungen 16°C. Die gleiche Temperatur wie sie unterhalb des Dammes gemessen wurde. Die anomal hohen Temperaturen innerhalb des Dammkörpers wurden durch eine Unterströmung des Dammes während der Sommermonate verursacht, als die Wassertemperatur bei über 20°C lag. Dies führte zu der starken Erwärmung des Dammes. In der Oberflächendichtung des Dammes lag kein signifikantes Leck vor. Die Unterströmung wird durch ein fehlendes Dichtungselement am Dammfuß verursacht. Die Standsicherheit des Dammes kann durch die Unterströmung gefährdet sein, falls durch ungenügende Filterstabilität innere Erosionsprozesse einsetzen oder falls zusätzliche Belastungen, wie z.B. Erdbeben, auftreten.

Anwendungen im Wasserbau

- Inspektion und Überwachung von Dämmen und Deichen
- Kontrolle von Dichtungselementen an Wasserbauwerken
- Beweissicherung bei Neubau- und Sanierungsmaßnahmen
- Überwachung von Wasserbauarbeiten (z.B. Unterdrückung)
- Leckortung an Dichtwänden
- Nachweis der räumlich-zeitlichen Ausbreitung von Injektionen

Referenzen Wasserbau

- WASSERKRAFT
- Alzwerke GmbH, Burghausen, D
 - CNR Companie Nationale du Rhône, Lyon, F
 - Degussa AG, Trostberg, D
 - EAM Energie AG Mitteldeutschland, Kassel, D
 - EdF Electricité de France
 - Chambery, Marseille, Mulhouse, St. Etienne, F
 - EnBW Energie Baden-Württemberg, Karlsruhe, D
 - e.on Wasserkraft GmbH, Landshut, D
 - ESB Electricity Supply Board, Dublin, IRL
 - Hydroelectrica S.A., Bukarest, RO
 - Industrielle Betriebe, Aarau, CH
 - LEW Lech Elektrizitätswerke AG, Augsburg, D
 - NOK Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden, CH
 - RADAG Rheinkraftwerk Albruck-Dogern AG, Albruck, D
 - RWE Energie AG, Essen, D
 - SAFE Salzburger AG für Energie, Salzburg, A
 - Vattenfall Europe Generation AG & Co.KG, Berlin, D
 - Verbund Austrian Hydro Power AG, Wien, A

WASSERSTRASSEN

- British Waterways, GB
- Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, D
- Rijkswaterstaat, Delft, NL
- Voies Navigables de France, Services de Navigation, Cambrai, Douai, Gamsheim, Saverne, Sarreguémies, F
- Wasserstraßen-Neubauämter, Aschaffenburg, Hannover, Helmstedt, Magdeburg, Minden, D
- Wasser- und Schifffahrtsämter, Braunschweig, Bremen, Duisburg, Eberswalde, Freiburg, Magdeburg, Meppen, Minden, Nürnberg, Regensburg, Rheine, Schweinfurt, Stuttgart, Uelzen, D

HOCHWASSERSCHUTZ / WASSERWIRTSCHAFT

- Bristol Water Plc, Bristol, UK
- DDE Bas-Rhin, Strasbourg, F
- Harzwasserwerke GmbH, Hildesheim, D
- Landestalsperrenverwaltung Sachsen, Pirna, D
- Ministry of Public Utilities, Water Resources Unit, Mauritius
- Oberrheinagentur, Breisach, D
- Ruhrverband, Essen, D
- Severn Trent Water, Birmingham, UK
- Thames Water Plc, London, UK
- Thüringer Talsperrenverwaltung, Tambach-Dietharz, D
- United Utilities Water Plc, Warrington, UK
- Wessex Water, Bath, UK
- Wiener Wasserwerke, Wien, A
- Wuppertalverband, Wuppertal, D
- Yorkshire Water Plc, Bradford, UK

BAUFIRMEN

- Bouygues Travaux Publics S.A., F
- CARPI TECH S.A., Chiasso, CH
- DTP Terrassement S.A., F
- E. Heitkamp GmbH, Herne, D
- Heinrich-Hirdes GmbH, Duisburg, D
- Josef Möbius Bau-GmbH & Co, Hamburg, D
- Max Bögl GmbH, Neumarkt, D
- Oevermann GmbH&Co. KG, D
- STRABAG International GmbH, Köln, D
- STRABAG, Linz, A