

Dichtwände / Trograugruben / Injektionen • Die Durchführung von Baumaßnahmen unterhalb des Grundwasserspiegels erfordert meist eine Trockenhaltung der Baugrube. Die Notwendigkeit der hydraulischen Isolierung einer Baugrube von ihrer Umgebung ergibt sich aus wirtschaftlichen, bautechnischen und ökologischen Gründen. In vielen Fällen wird daher eine künstliche Baugrubenumschließung hergestellt. Diese besteht aus vertikalen Wandelementen und für den Fall, dass ein natürlicher wasserundurchlässiger Einbindehorizont fehlt, bzw. erst in einer sehr großen Tiefe anzutreffen ist, auch aus einer künstlichen, wasserdichten Sohle. Da die Anforderungen an die Systemdichtigkeit stark gestiegen sind, kommt der Leckageortung und der schnellen Behebung der Mängel eine besondere Bedeutung zu.

Sowohl die vertikalen als auch die horizontalen Abdichtungselemente tiefer Trograugruben werden meist mit zementhaltigen Baustoffen hergestellt. Die beim Abbinden des Zementes freigesetzte Hydrationswärme führt zu einer starken Erhöhung der Bodentemperaturen in der Umgebung dieser Bauteile. Aufgrund der niedrigen Wärmeleitfähigkeit und der hohen Wärmekapazität der Böden und der Baustoffe klingt diese Temperaturerhöhung nur sehr langsam ab. Strömt jedoch während einer Grundwasserabsenkung in der Baugrube Wasser von außen durch ein Leck in den Trog, so kommt es durch den damit verbundenen advektiven Wärmetransport zu einer Veränderung des Temperaturfeldes im durchströmten Baugrubenbereich. Die Bodentemperatur gleicht sich der Temperatur des einströmenden Wassers an. Dieser ausgekühlte Bereich umfasst den unmittelbar durchströmten Boden und nach längerer Zeit – bedingt durch die konduktive Wärmeleitung des Bodens – auch die nähere Umgebung. Temperaturmessungen in einer abgedichteten Baugrube ermöglichen daher die Lokalisierung von Schäden am Dichtungssystem.

Nach dem Ende der Wiederanstiegsphase einer Grundwasserabsenkung treten keine Fluidbewegungen größeren Ausmaßes innerhalb der Baugrube mehr auf. Der mit der Grundwasserströmung gekoppelte advektive Wärmetransport – von außen strömt kein kaltes Wasser mehr nach – ist beendet.



Thermische Leckortung® in einer Trograugrube in Berlin

Ab diesem Zeitpunkt finden Temperaturveränderungen ausschließlich durch Wärmeleitung statt. In gesättigten und ungesättigten Böden breitet sich eine Temperaturfront mit einer Geschwindigkeit von ca. 10^{-6} – 10^{-7} m/s aus. Dies entspricht Ausbreitungsgeschwindigkeiten von einigen Zentimetern bis Dezimetern pro Tag. Temperaturanomalien im Boden klingen daher nur sehr langsam ab, d. h. das räumliche Temperaturfeld im Bereich von Leckagen und der gesamte Zustrombereich des jeweiligen Förderbrunnens weisen auch lange nach Probeabsenkungen noch signifikante Anomalien auf (Memory-Effekt). Somit können auch nach Ende

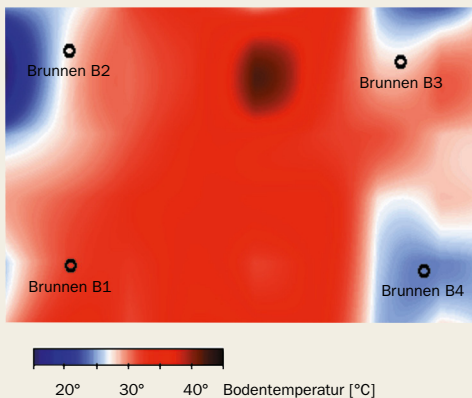
einer Grundwasserabsenkung Leckagen in einer abgedichteten Baugrube geortet werden. Wird das Verfahren jedoch bereits während der ersten Probeabsenkung eingesetzt, so kann das Messraster beim Erkennen einer Temperaturänderung in der Umgebung der betroffenen Messstelle lokal verdichtet werden. Dies ermöglicht eine noch präzisere Eingrenzung der Schadstelle.

Zur zuverlässigen und kostengünstigen Messung von Bodentemperaturen wurde von GTC® ein Messverfahren entwickelt, das Messungen bis in ca. 40 Meter Tiefe ermöglicht. Zum Einbringen der Messsensoren in den Boden wird ein Hohlgestänge mit nur 22 mm Außendurchmesser bis in die gewünschte

Endtiefe gerammt. Nach dem Rammvorgang wird eine aus mehreren Temperatursensoren bestehende Messkette in dieses Hohlgestänge eingeschoben und die Bodentemperaturen werden in mehreren Tiefen gleichzeitig gemessen. Die Messdaten werden anschließend als Temperatur-Tiefen-Profile und als horizontale bzw. vertikale Isothermen-Schnitte dargestellt. Die tiefenabhängigen Temperaturmessungen erlauben eine Unterscheidung zwischen Leckagen im Bereich der Sohle und Wassereintritten durch die Baugrubenwand.

Das Temperatursondierverfahren wird seit 1991 zur Ortung von Dichtungsschäden bei Schiffahrtskanälen und bei Stauhaltungen an Wasserkraftwerken erfolgreich eingesetzt. Europaweit wurden bereits mehr als 500 km Dämme untersucht. Seit 1997 wurden in über 150 abgedichteten Bauträgen Leckortungen mit diesem Messverfahren durchgeführt. Diese Trogbaugruben waren durch verschiedenste Elemente abgedichtet. Bei den horizontalen Abdichtungen handelte es sich um tief- bzw. hochliegende HDI-Sohlen und um Feinstzement-Injektionssohlen. Die vertikalen Umschließungen bestanden aus Schlitz-, Bohrpfahl- und Spundwänden. Anhand der Messungen konnten Leckagen exakt geortet werden, gezielte Sanierungen wurden dadurch ermöglicht.

Die Abbildung unten zeigt beispielhaft die Ergebnisse einer thermischen Leckortung in einer durch Spundwände und durch eine tiefliegende HDI-Sohle abgedichteten Baugrube. Im horizontalen Isothermen-Schnitt wird deutlich, dass im



Bereich zwischen Brunnen B2 und der Wand kaltes Wasser durch ein Leck in die Baugrube einströmt. Weitere Leckagen befinden sich im Bereich der Brunnen B3 und B4. Die Auskühlung ist bei diesen Brunnen schwächer ausgeprägt als bei der Leckage bei B2, d. h. bei den Leckagen bei B3 und B4 tritt weniger Wasser zu als bei B2.

Bei Baugrubenumschließungen in denen keine zementhaltigen Baustoffe verwendet

wurden entstehen keine Temperaturerhöhungen gegenüber der Umgebung, da die entsprechenden Hydratationsprozesse fehlen. Somit kann in diesen Fällen die reine Temperaturmessung nur eingeschränkt zur Leckortung eingesetzt werden. Für derartige Aufgabenstellungen bieten sich sowohl die Heat-Pulse-, als auch die Frost-Pulse-Methode an. Bei beiden Verfahren werden anhand von künstlich erzeugten Temperaturanomalien vorhandene Fließbewegungen im Boden nachgewiesen. Mit Hilfe dieser Messverfahren wurden auch an bereits seit langer Zeit fertiggestellten Baugruben – nach dem Eintritt hydraulischer Grundbrüche – Leckagen erfolgreich geortet.

Das räumlich-zeitliche Ausbreiterverhalten von Injektionssuspensionen kann ebenfalls mit Hilfe des Temperaturmessverfahrens untersucht werden. Die Temperatur des Injektionsmaterials dient dabei als thermischer Tracer für die nachzuweisende Fließbewegung. Das Verfahren wurde im Rahmen der Qualitätssicherung bereits mehrfach bei Weichgel- und Feinstbindemittel-Injektionen erfolgreich eingesetzt.

ANWENDUNGSGEBIETE

Leckortung in Trogbaugruben und an Dichtwänden
Nachweis der räumlich-zeitlichen Ausbreitung von Injektionsmitteln

REFERENZEN

ACS S.A., E
Alpine Bau GmbH, A
Bauer Spezialtiefbau GmbH, D
Bilfinger Berger AG, D
Ed. Züblin AG, D
Eurosond Soletanche GmbH, D
Fondazioni Speciali S.r.l., I
Frankl Grundbau GmbH, D
GuD Consult GmbH, D
Himmel + Papesch GmbH & Co. KG, D
HOCHTIEF AG, D
Keller Fondazioni S.r.l., I
Keller Grundbau GmbH, D + A
Kempfert + Partner Geotechnik, D
Leonhard Weiss GmbH + Co., D
Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG, D
Porr AG, A
PST Spezialtiefbau GmbH, D
Rodio S.p.A., I
Salini Costruttori S.p.A., I
Solétanche-Bachy S.A., F
STRABAG AG, A
Stump Spezialtiefbau GmbH, D
TREVI S.p.A., I
Universale Grund- und Sonderbau GmbH, D
Züblin Spezialtiefbau Ges.m.b.H., A
Züblin Spezialtiefbau GmbH, D