

Die Geothermische Brücke Berkenthin

Thomas Hanschke
Jens-Uwe Kühl
Roland Freund
Klaus-Ulrich Mackert

1 Das Pilotprojekt „Geothermische Kanalbrücke Berkenthin“

Viele Brücken in Deutschland – vor allem jene, die Flüsse oder Kanäle überspannen – haben aufgrund standortspezifischer mikroklimatischer Bedingungen und wegen ihres geringen Wärmespeichervermögens im Vergleich zu bodengebundenen Fahrbahnen das Problem der vorzeitigen Glättebildung. Gerade in den ersten Frosttagen des Spätherbstes rechnen die Verkehrsteilnehmer nicht mit einer vereisten Fahrbahn (u. a. „Blitzeis“) auf den Brücken, da die bodengebundenen Fahrbahnen der Brückenverbindungen durch das Wärmespeichervermögen des Untergrunds noch eisfrei sind. Es kommt zu glättebedingten, teilweise schwerwiegenden Unfällen (u. a. blitzeisbedingter Absturz eines LKW von der Talraumbrücke Triwalder Graben der A 20 bei Wismar im Jahr 2007 und ebenfalls auf der A 20

östlich von Grimmen über der Bahnlinie Stralsund–Berlin im Jahr 2008).

Mit dem Ziel der Vermeidung glättebedingter Unfälle wurde nun im Bundesland Schleswig-Holstein ein neues Konzept der geothermischen „Temperierung“ einer Brückenfahrbahn mittels Heizregister entwickelt. Die „intelligente temperierte Brücke“ soll vorausschauend durch Wärmezufuhr in den Brückenbelag die Glättebildung auf der Fahrbahn verhindern. Im Sommer kann der Brückenbelag durch Wärmeabfuhrung gekühlt werden, was die Spurrinnenbildung und damit zukünftige teure Reparaturarbeiten vermeiden hilft. Damit die neue Technik dauerhaft wirtschaftlich und umweltfreundlich betrieben werden kann, setzten die Initiatoren von Anfang an auf die Nutzung des Untergrunds zur Bereitstellung von Wärme und Kälte.

Als erste „Geothermische Brücke“ Deutschlands wird im Zeitraum von



Bild 2. Luftbild Bauzustand der Kanalbrücke Berkenthin im Juli 2009 (Quelle: Echterhoff Bau-Gruppe, Niederlassung Hamburg)

2009 bis 2010 im Kreis Herzogtum Lauenburg (Bundesland Schleswig-Holstein) die Kanalbrücke Berkenthin (Bilder 1 und 2) als Pilotprojekt errichtet. Federführend ist der Landesbetrieb für Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH), Niederlassung Lübeck. Die Fachtechnische Begleitung erfolgt durch die Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach (BASt).

2 Anlass des Brückenneubaus mit geothermischer Aktivierung

Die vorhandene, aus dem Jahre 1900 stammende Stahlbrücke über den Elbe-Lübeck-Kanal (B 208 Bad Oldesloe–Wismar) in der Ortslage Berkenthin muss erneuert werden, da das Bauwerk das Ende seiner Lebensdauer erreicht hat. Auch genügte die Brücke in ihren Abmessungen und der noch vorhandenen Tragfähigkeit den Anforderungen sowohl des Straßen- als auch des Schiffsverkehrs nicht mehr.

Während die vorhandene Brücke lediglich einen Fahrstreifen mit 4,0 m Breite und einen Notgehweg von 1,0 m Breite aufweist, erhält die neue Brücke zwei Fahrstreifen mit insgesamt 6,50 m



Bild 1. Lage der Kanalbrücke Berkenthin, Kreis Herzogtum Lauenburg (Quelle: H.S.W. GmbH)

Breite, einen kombinierten Geh- und Radweg mit 2,50 m sowie einen Gehweg mit 1,75 m Breite. Der Bau der neuen Brücke (s. Bild 3) erfolgt geringfügig nördlich zum vorhandenen Bauwerk versetzt. Dazu wird die Bundesstraße auf ca. 300 m Länge entsprechend nach Norden verlegt.

Bei dem in Ausführung befindlichen Brückenbauwerk handelt es sich um eine Stahlverbund-Stabbogenbrücke mit aufgelösten, tiefgegründeten Widerlagern. Die Stützweite beträgt 59 m, die Breite zwischen den Geländern 13,85 m. Im Vergleich dazu betrug die Stützweite der alten Stahlfachwerkbrücke lediglich 31 m, der Geländerabstand nur ca. 5,3 m. Damit sich das nun wesentlich größere Bauwerk harmonisch in das Ortsbild der Gemeinde Berkenthin einfügt, sollen der Bogen bewusst flach gehalten und die Widerlager ortstypisch verblendet werden.

Die Baukosten in Höhe von ca. 6,9 Mio. € teilen sich die Bundesstraßenverwaltung und die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Die zusätzlichen Aufwendungen für die geothermische Aktivierung der Fahrbahntafel, d. h. die Kosten für die Realisierung als Geothermische Brücke, trägt vollständig die Bundesstraßenverwaltung.

Um der zukünftigen Entwicklung des Verkehrs auf dem Elbe-Lübeck-Kanal Rechnung zu tragen, wurde der Brückenneubau in seiner Länge und Durchfahrthöhe auch unter Berücksichtigung einer zukünftigen Kanalerweiterung für ein Großgütermotorschiff mit 2-lagiger Containerbeladung ausgelegt.

Wegen der besonderen topographischen und mikroklimatischen Situation wurde bereits in der frühen Planungsphase für den anstehenden Neubau eine besondere Glättegefährdung erwartet, was dann zu intensiven Überlegungen bezüglich einer geothermischen Aktivierung der Brü-

ckenfahrbahn führte. Im Verlauf des weiteren Planungsprozesses wurde der Neubau der Kanalbrücke Berkenthin als Pilotprojekt zur deutschlandweit ersten Erprobung einer Temperierung der Fahrbahntafel mit oberflächennaher Geothermie (erste Geothermische Brücke Deutschlands) vorgeschlagen.

Der Elbe-Lübeck-Kanal verläuft annähernd in Nord-Süd-Richtung innerhalb der Depressionslage der eiszeitlichen Schmelzwasserrinne der Stecknitzniederung. Als wesentliche topographische Merkmale im Bereich des Kanalüberganges sind zu nennen:

OK Gelände	ca. +6,50 mNN
OK Kanalwasserspiegel	+4,25 mNN
geplante maximale Gradientenhöhe auf dem Bauwerk	+10,66 mNN

Die mikroklimatische Situation ist geprägt von Kaltluftströmungen im Verlauf der Stecknitzniederung, der Kaltluftbildung in der Niederung selbst und hoher Luftfeuchtigkeit infolge oberflächennaher organischer Weichschichten mit hohen Wassergehalten sowie daraus resultierender häufiger Nebelbildung.

Nach Auskunft des Deutschen Wetterdienstes ergaben sich für die südlich von Berkenthin gelegene Wetterstation Grambeck im Beobachtungszeitraum von 1991 bis 2005 zwischen 69 und 135 Frosttage bzw. zwischen 6 und 48 Eistage.

Durch die maritimen Klimabedingungen mit Lufttemperaturen um den Gefrierpunkt nimmt die Zahl der Frost-Tau-Wechsel – vor allem in den frühen Morgen- und Abendstunden, d. h. während des morgendlichen und abendlichen Berufsverkehrs – tendenziell zu. Hier besteht bei niedrigen Lufttemperaturen ein erhöhtes Unfallrisiko durch frühzeitige Rauhreif- und Glättebildung auf dem Bauwerk im Vergleich zur bodengebundenen Fahrbahnstrecke. Dieser Umstand wird durch die Gradientenführung der B 208 innerhalb der Ortsdurchfahrt Berkenthin noch verstärkt.

Bezogen auf die Luftströmung in der Stecknitzniederung wirkt der Rampendamm der B 208 für die Niederung quasi als Barriere, die Luftströmung wird im Bereich der Brückenöffnung kanalisiert, und damit verstärken sich die Kaltluftströmungen und in der Folge die Abkühlung der Fahrbahntafel. Zwar vermindert die vorgesehene Ausführung des Überbaus als Stahlverbundkonstruktion prinzipiell das Risiko der vorzeitigen Vereisung, eine nachhaltige Vermeidung der Glättegefahr kann unter den am Standort vorliegenden ungünstigen mikroklimatischen Bedingungen jedoch nicht erreicht werden.

3 Stand der Technik und Umsetzung des Pilotprojektes

Das Beheizen von Fahrbahnen, Brücken, Bahnsteigen und allgemein Infrastrukturflächen mittels Geothermie ist bereits Stand der Technik. Weltweit existieren Beispiele dafür, wie mit umweltfreundlicher Erdwärme Brücken, Straßen und Infrastrukturflächen eis- und schneefrei gehalten werden bzw. erfolgreich Glätte vermieden wird (u. a. Brücke Thunersee: System SERSO, Bahnsteig Barbis: System Winnerway). Die verschiedenen Systeme unterscheiden sich teilweise in der Zielstellung (u. a. Glättevermeidung, ganzjährige Schneefreihaltung, Kühlung), Bauart (u. a. Energierohre aus Edelstahl, PE, PE-Xa) und Art bzw. Fahrweise der geothermischen Quellenanlage (u. a. direkte Beheizung mit Thermalwasser, Heizen und Kühlen mit Untergrundspeicher, thermische Grundwassernutzung).

Ursprünglich war durch den LBV-SH lediglich eine Glätteiswarnanlage für den Neubau der Kanalbrücke Berkenthin erwogen worden. Jedoch entschied man sich beim LBV-SH aufgrund der aktuellen Ergebnisse des Forschungsvorhabens der BAST „Vermeidung von Glättebildung auf Brü-

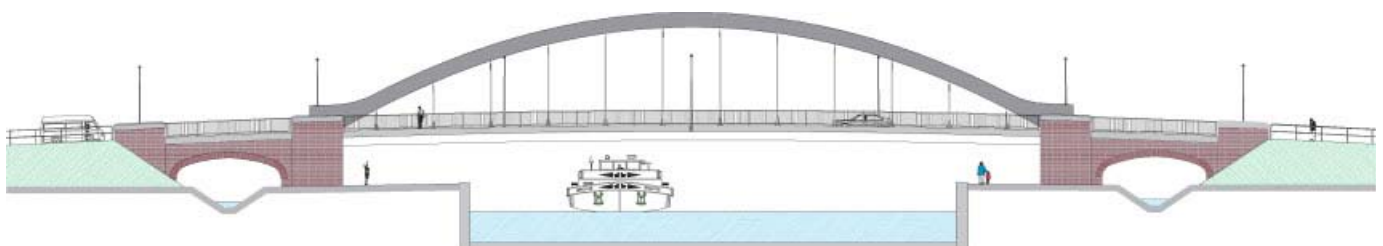


Bild 3. Ansicht des Neubaus Kanalbrücke Berkenthin (Quelle: LBV-SH)

cken“, die Möglichkeiten einer geothermischen Aktivierung des Neubaus Kanalbrücke Berkenthin zu prüfen. Eine Studie des Fachplanungsbüros für Erdwärme H.S.W. GmbH kam zu dem Ergebnis, dass mit der thermischen Grundwassernutzung eine wirtschaftliche Erschließung der oberflächennahen Erdwärme zur Temperierung der Brückenfahrbahn möglich ist. Im Anschluss an die Machbarkeits- und Potentialstudie wurden die Planungsphasen Grundlagenermittlung, Entwurfsplanung und Ausführungsplanung der Geothermischen Aktivierung der neuen Kanalbrücke Berkenthin ausgearbeitet.

Neuartig ist der vorgesehene Heißeinbau der „Energierohre“ aus aluminiumummanteltem PE-Xa Material (Bild 4) in den Gussasphalt, eine Einbautechnologie, welche durch die Universität der Bundeswehr München entwickelt und erfolgreich getestet wurde. Damit ist es möglich, den Asphalt nach Ende der Nutzungsdauer mit herkömmlicher Technik aufzunehmen und vollständig zu recyceln. Eine zusätzliche Innovation stellen der Einsatz von besonderer Sensortechnik und eine intelligente Steuerung der Geoenergiezentrale mittels Mess-, Steuer- und Regelsystem (MSR-System) dar.

Als geothermische Quellenanlage dient ein Brunnen, der bis in ca. 100 m Tiefe abgeteuft wurde. Die thermische Energie wird über eine Wärmeübertragerstation direkt in das Fahrbahn-Temperierungs-Register (FTR) eingespeist. Die mit einem Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch gefüllten Energierohre haben eine Gesamtlänge von ca. 6000 m und sind mit 46 Registerleitungen auf vier regelbare Haupt-

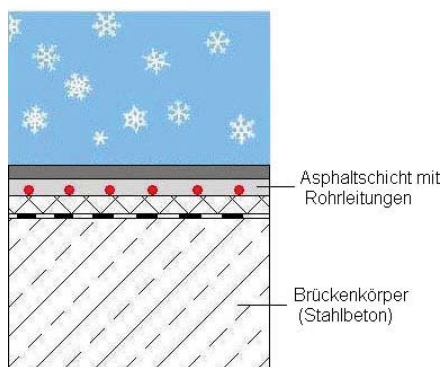


Bild 4. Schematische Schnittdarstellung Fahrbahnaufbau mit Temperierungsregister

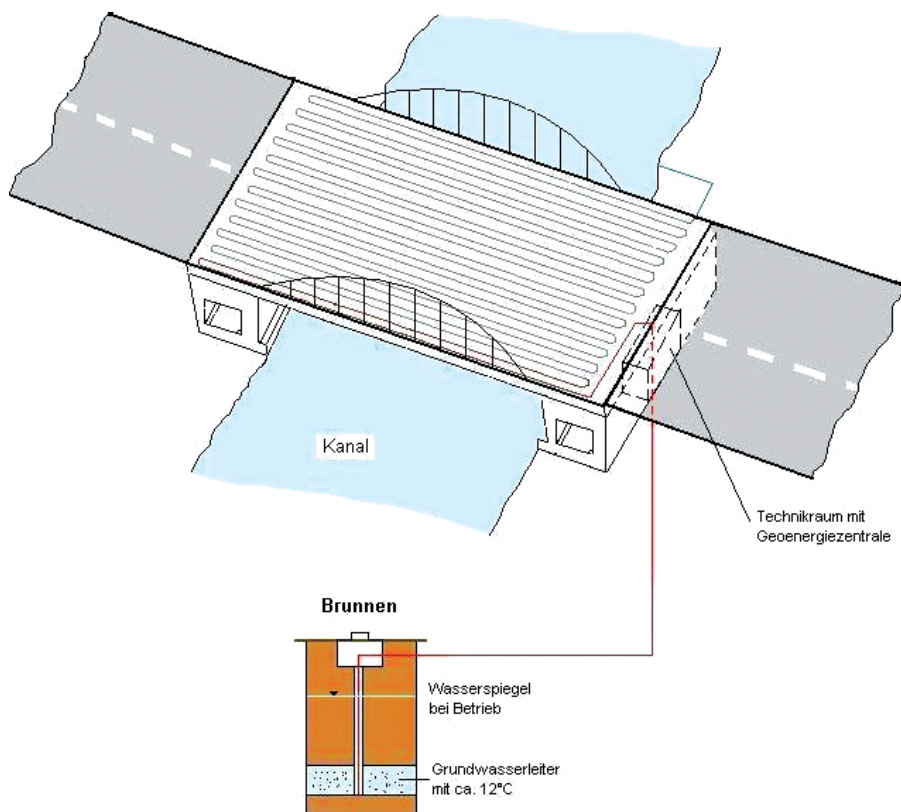


Bild 5. Schematische Darstellung Fahrbahnaufbau mit Fahrbahn-Temperierungsregister (FTR)

kreise aufgeteilt. Dies gewährleistet eine individuelle und bedarfsgeführte Temperierung einzelner Brückenabschnitte. Bei dem Erfordernis der Gewährleistung besonders kurzer Reaktionszeiten und eines maximalen Wärmebedarfs wird zur geregelten Erhöhung der thermischen Leistung des FTR eine erdgekoppelte Wärmepumpe (Geoenergiezentrale mit ca. 140 kW Heizleistung in der Bastion Brückenwiderlager, Bild 5) eingesetzt.

Bei der im Bau befindlichen Kanalbrücke Berkenthin kann zukünftig mittels geothermischer Aktivierung der Fahrbahn das Gefahrenpotential einer Glättebildung umweltfreundlich und wirtschaftlich vermieden werden. Ziel ist eine Angleichung der Fahrbahnverhältnisse der Brückenfahrbahn und der bodengebundenen Fahrbahnen der Anschlussrampen.

4 Mess-, Steuer- und Regel (MSR)-Konzept

Die Temperierung der Brückenfahrbahn (Wärmezufuhr oder Kühlung) durch die Geoenergiezentrale und FTR soll mittels Mess-, Steuer- und Regelsystem (MSR-System) zur Gewährleistung einer optimalen Anla-

geneffizienz geregelt werden. Denn die „intelligente“ Geothermiezentrale soll nur solange arbeiten, wie es entsprechend der klimatischen Verhältnisse erforderlich und wirtschaftlich sinnvoll ist. Als Messgrößen werden dazu ausgewählte lokale meteorologische Parameter (Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Niederschlag u. a.) durch eine eigens vor Ort eingerichtete Klimamessstation erfasst. Zusätzlich gehen Temperaturmessungen der Fahrbahn bzw. im Fluidstrom der FTR in das MSR-Konzept ein. Dabei kommt erstmals für derartige Anwendungen eine aus der Wehrtechnik stammende spezielle Infrarotmesstechnik zum Einsatz, die zur großflächigen Messung der Fahrbahnoberflächentemperatur geeignet ist. Als Referenzmessungen der innovativen berührungslosen Temperaturerfassung wie auch als Redundanz dienen Temperatursensoren im Fahrbahnaufbau (Bild 6). Mittels MSR-Technik können insgesamt fünf Betriebszustände (freie Temperierung: Heizen oder Kühlen, aktive Beheizung und Umwälzung, Standby) geregelt werden.

Die während der einzelnen Betriebszustände gemessenen und aufgezeichneten Daten werden durch die

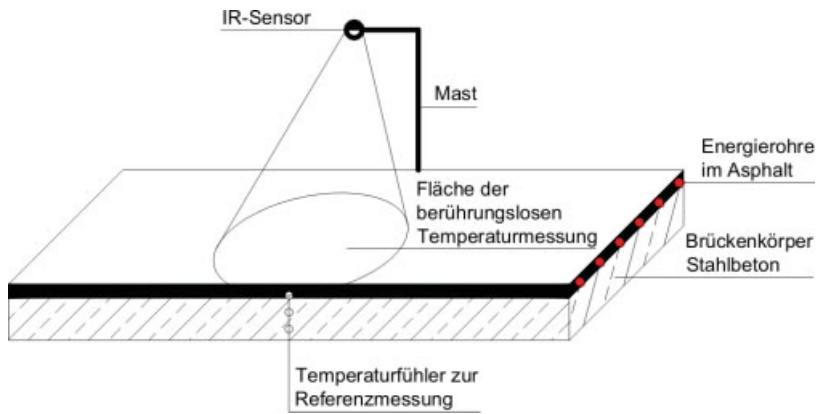


Bild 6. Prinzip der Temperaturerfassung auf der Fahrbahnoberfläche (IR-Mess-technik) und in der Brückenfahrbahn (Temperaturfühler)

MSR-Spezialisten zukünftig systematisch ausgewertet und zur weiteren Präzisierung des intelligenten MSR-Systems herangezogen. Durch den Einsatz des MSR-Systems können eine vorausschauende Fahrweise der Geothermiezentrale erreicht und die frühzeitige Glättebildung effizient vermieden werden. Die MSR-Technik und die beigeordnete Klimamessstation fungieren zusammen als ein lokales Frühwarnsystem für Witterungen, die zu einer verfrühten Glättebildung führen könnten. Daten der Klimamessstation und der MSR-Technik sollen zukünftig auch der Verkehrsleitzentrale des LBV-SH in Neumünster zur Verfügung stehen.

5 Realisierung der Geothermischen Brücke Berkenthin

Der Baubeginn für die Kanalbrücke Berkenthin erfolgte nach Abschluss des europäischen Vergabeverfahrens im Januar 2009. Derzeit werden die Widerlager der Kanalbrücke erstellt. Gleichzeitig erfolgt die Werkstattfertigung des Überbaus. Der Einschub des Überbaus ohne Fahrbahnplatte soll noch im Dezember 2009 erfolgen.

Die Verkehrsfreigabe der Brücke ist für Mai 2010 vorgesehen, die Gesamtfertigstellung nach Rückbau der alten Brücke erfolgt zum Juli 2010. Im Anschluss an die Installation der Anlagenkomponenten für die geothermische Aktivierung im 1. Quartal 2010 erfolgt durch Spezialisten eine begleitete Inbetriebnahme der geothermischen Gesamtanlage u. a. unter Zuhilfenahme von Messdaten, die z. Z. über Sensoren auf der alten Brücke und der angrenzenden Straße durch

die BAST gewonnen werden. Der erste Einsatz der Temperierung wird im Sommer 2010 mit der Kühlung des Fahrbahnbelags erfolgen. Im Rahmen eines 2-jährigen Monitorings werden die geothermische Anlage kontinuierlich überwacht und optimiert sowie die gewonnenen Betriebserfahrungen für eine weitere Optimierung der Fahrweise ausgewertet.

6 Ausblick

Was ursprünglich als Idee im LBV-SH begann, hat sich mittlerweile zu einem deutschlandweit beachteten Pilotprojekt entwickelt. Die besondere Herausforderung des Projekts „Geothermische Kanalbrücke Berkenthin“ ist der Praxisbezug, welcher sich aus einem tatsächlichen Bedarf der winterlichen Fahrbahntemperierung ergibt.

Wenn sich die innovative Technik der „Geothermischen Kanalbrücke Berkenthin“ in der technischen Umsetzung und im späteren Praxiseinsatz auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewährt, dann steht ihrer flächendeckenden Umsetzung in Deutschland und auch einer stetigen Weiterentwicklung des Stands der Technik nichts im Wege. Seitens des Vorhabensträgers und der Projektbeteiligten sind zukünftig umfangreiche Veröffentlichungen zur laufenden Umsetzung und zu den gewonnenen Betriebserfahrungen vorgesehen.

Beteiligte an Planung und Ausführung

Vergabedienststelle:
LBV-SH Niederlassung Lübeck
Kreuzungsbeteiligter:
WSA Lauenburg

Entwurf und Ausschreibung:
Böger + Jäckle, Gesellschaft Berater-
der Ingenieure, Henstedt-Ulzburg
Fachplanung Geothermie:
H.S.W. Ingenieurbüro für angewandte
und Umweltgeologie GmbH Rostock
Fachplanung MSR-Technik:
igf Ingenieurbüro Rostock
Bauausführung:
Arge Kanalbrücke Berkenthin
Echterhoff Baugruppe Niederlassung
Hamburg
Stahl- und Apparatebau Magdeburg
(SAM)
Geothermische Aktivierung:
Fa. Gebr. Wachs, Rostock-
Warnemünde

Literatur

- [1] VDI 4640 Thermische Nutzung des Untergrundes. Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte, Düsseldorf 2008.
- [2] SERSO-Sonnenenergie rückgewinnung aus Straßenoberflächen. Bundesamt für Strassen/Tiefbauamt des Kantons Bern. Polydynamics Engineering Zürich August 1994.
- [3] Studie GeoVerSi. Geothermie sorgt für Verkehrssicherheit. Ingenieurgesellschaft Deutsche Montan Technologie GmbH Essen, Schüller-Plan Ingenieurgesellschaft GmbH Düsseldorf, Polydynamics Engineering Zürich im Auftrag des Ministeriums für Verkehr, Energie und Landesplanung NRW, Düsseldorf 2005.
- [4] Vorlage des LBV-SH an den BMVBS zur Temperierung der Fahrbahntafel mit oberflächennaher geothermischer Energie an der Kanalbrücke Berkenthin. Februar 2008.
- [5] Entwurfs- und Ausführungsplanung „Geothermische Aktivierung des Brückenbauwerks“, H.S.W. GmbH, Rostock, 2008.
- [6] Vermeidung von Glatteisbildung auf Brücken, Forschungsprojekt 15.401 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach (BAST), 2008.
- [7] www.geothermiebruecke.de, Projektwebsite der H.S.W. GmbH Rostock, 2009.

Autoren dieses Beitrages:

Dipl.-Ing. Thomas Hanschke, Dipl.-Ing. J.-U. Kühl,
H.S.W. Ingenieurbüro für Angewandte und
Umweltgeologie GmbH,
Gerhart-Hauptmann-Straße 19, 18055 Rostock
Dipl.-Ing. (FH) Roland Freund, igf Ingenieurbüro
für Geothermie Rostock, Grüner Weg 8,
18055 Rostock
Dipl.-Ing. Klaus-Ulrich Mackert, Landesbetrieb
Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein,
Niederlassung Lübeck, Jerusalemsberg 9,
23568 Lübeck