

Kanalbrücke Berkenthin mit temperierter Fahrbahn

Dipl.-Ing. K.-U. Mackert

Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein

Niederlassung Lübeck

Brücken in ungünstiger geographischer/geomorphologischer Lage – z.B. über Gewässer, in Einschnitten, Schattenlagen und Niederungsbereichen – neigen konstruktionsbedingt gegenüber den angrenzenden bodengebundenen Fahrbahnen zur vorzeitigen Glättebildung, die eine besondere Gefährdung der Verkehrsteilnehmer - vor allem im Spätherbst und im zeitigen Frühjahr - darstellt.

Die Erneuerung der Straßenbrücke B 208 / Elbe-Lübeck-Kanal in der Ortslage Berkenthin im Kreis Herzogtum Lauenburg bot auf Grund ihrer besonderen kleinklimatischen Situation die Möglichkeit, im Rahmen eines Pilotprojektes - aufbauend auf den Ergebnissen des Forschungsprojektes 15.401 „Vermeidung von Glättebildung auf Brücken“ der BAST – die Fahrbahntafel mittels oberflächennaher geothermischer Energie zu temperieren. Die bei Planung, Bau sowie in der nunmehr anlaufenden Nutzungsphase gewonnenen Erkenntnisse sollen den Straßenbaulastträgern Hinweise und Entscheidungshilfen geben, die Verkehrssicherheit wie auch die Nachhaltigkeit bei glättegefährdeten Brücken und Straßenabschnitten durch den Einsatz alternativer Energien zu erhöhen und gleichzeitig den Aufwand für den präventiven Winterdienst zu reduzieren. Der hierfür erforderliche Kapitaleinsatz ist eher in volkswirtschaftlicher Hinsicht und erst in zweiter Linie betriebswirtschaftlich zu bewerten.

1 Vorzeitige Glättebildung auf Brücken

Bei Stahl- aber auch bei Massivbrücken besteht auf Grund ihrer gegenüber der bodengebundenen Fahrbahn geringeren Masse grundsätzlich die Gefahr der vorzeitigen Vereisung, da sie schneller als die anschließenden Straßen auskühlen. Dies betrifft vor allem Brücken in ungünstigen geographischen / geomorphologischen Standorten wie Gewässer, Einschnitte, Schattenlagen oder Niederungsbereiche. Gerade im Spätherbst und im zeitigen Frühjahr stellt diese physikalische Gegebenheit eine besondere Gefahr für den Verkehrsteilnehmer dar, wie die alljährlich immer wieder auftretenden schweren Unfälle – vor allem durch LKW – beweisen (Bild 1).



Bild 1: Glätteunfall auf der A 20 in MV

Daraus ergibt sich an die Planung solcher Bauwerke der Anspruch nach größtmöglicher Verkehrssicherheit, reibungslosen Verkehrsabläufen sowie geringstmöglichem Einsatz von präventivem Winterdienst. Möglich ist dies durch die Angleichung der Verhältnisse auf der Brücke an die der freien Strecke mit angepasstem saisonalen Temperieren des Fahrbahnbelages. Die Vermeidung von hohen Fahrbahntemperaturen im Sommer verlängert außerdem die Lebensdauer des Fahrbahnbelages durch Reduzierung von Spurrinnenbildung und Versprödung des Bindemittels.

Eine mögliche Lösung ist der Einsatz oberflächennaher geothermischer Energie, die deutschlandweit erstmalig bei der Erneuerung der Kanalbrücke Berkenthin im Rahmen eines Pilotprojektes erprobt wird.

2 Die Kanalbrücke Berkenthin

Mit der Erneuerung der Kanalbrücke Berkenthin nordöstlich von Hamburg im Zuge der B 208 Bad Oldesloe - Ratzeburg - Wismar wurde eine 110 Jahre alte Stahlbrücke über den Elbe-Lübeck-Kanal ersetzt, da diese zwischenzeitlich abgängig war und weder den Anforderungen an den heutigen Straßen- wie auch an den Schiffsverkehr genügte (Bilder 2 + 3).



Bild 2: Kanalbrücke Berkenthin von Osten



Bild 3: Lage im Netz

Die Kanalbrücke Berkenthin bot sich auf Grund der örtlichen kleinklimatischen Situation zur erstmaligen großtechnischen Umsetzung der Ergebnisse des Forschungsprojektes 15.401 „Vermeidung von Glatteisbildung auf Brücken“ der BAST besonders an:

- Kaltluftbildung in der Niederung
- hohe Luftfeuchtigkeit durch organische Weichschichten mit hohen Wassergehalten
- dadurch bedingt häufige Nebelbildung
- tendenzielle Zunahme von Temperaturen um den Gefrierpunkt mit häufigen Frost-Tau-Wechseln im maritimen Küstenklima
- im langjährigen Mittel zwischen 69 - 135 Frosttage bzw 6 -49 Eistage

3 Machbarkeitsstudie

In einem ersten Planungsschritt wurde 2006 beim Ing.-Büro H.S.W. Rostock eine Machbarkeitsstudie mit folgenden Fragestellungen in Auftrag gegeben:

- geologische /hydrogeologische Standortbewertung
- Potentialberechnung für eine geothermische Aktivierung der 114 Bohrpfähle der Tiefgründung als „Energiepfähle“
- Bewertung des Standortpotentials für alternative Quellsysteme wie Erdwärmesonden oder Brunnen
- Schätzung der voraussichtlichen Investitions- und Betriebskosten

Es zeigte sich im Ergebnis, dass die Nutzung oberflächennaher geothermischer Energie am Standort der Brücke grundsätzlich unter folgenden Voraussetzungen möglich ist, jedoch:

- Energiepfähle decken lediglich eine gewisse Grundlast ab
- im Variantenvergleich zu Energiepfählen und Erdwärmesonden ist die Brunnenanlage hinsichtlich Wirkungsgrad und Kosten am günstigsten

- eine Wiedereinleitung des thermisch genutzten Grundwassers auf Grund der angetroffenen Artesik von ca. 10 m Wassersäule über GOK ist wirtschaftlich nicht möglich

Als favorisiertes System ergab sich somit eine Einbrunnenanlage mit Abschlagen des thermisch genutzten Grundwassers in den Elbe-Lübeck-Kanal (Bild 4). Das bedeutete in der Konsequenz die Entrichtung einer Grundwasserabgabe gem. schleswig-holsteinischem Wasserhaushaltsgesetz von 7 C/m³, das entspricht 1.750 €/a bei einer geschätzten Wasserentnahme von 25.000 m³/a. Die vorstehenden Ergebnisse wurden durch eine auf 100 m abgeteufte Erkundungsbohrung mit Dauerpumpversuch und Wasseranalyse bestätigt. Die Grundwassertemperatur wurde mit ca. 11,5 °C erkundet. Die Wasserbehörde des Kreises Herzogtum Lauenburg stellte eine entsprechende wasserbehördliche Genehmigung in Aussicht.

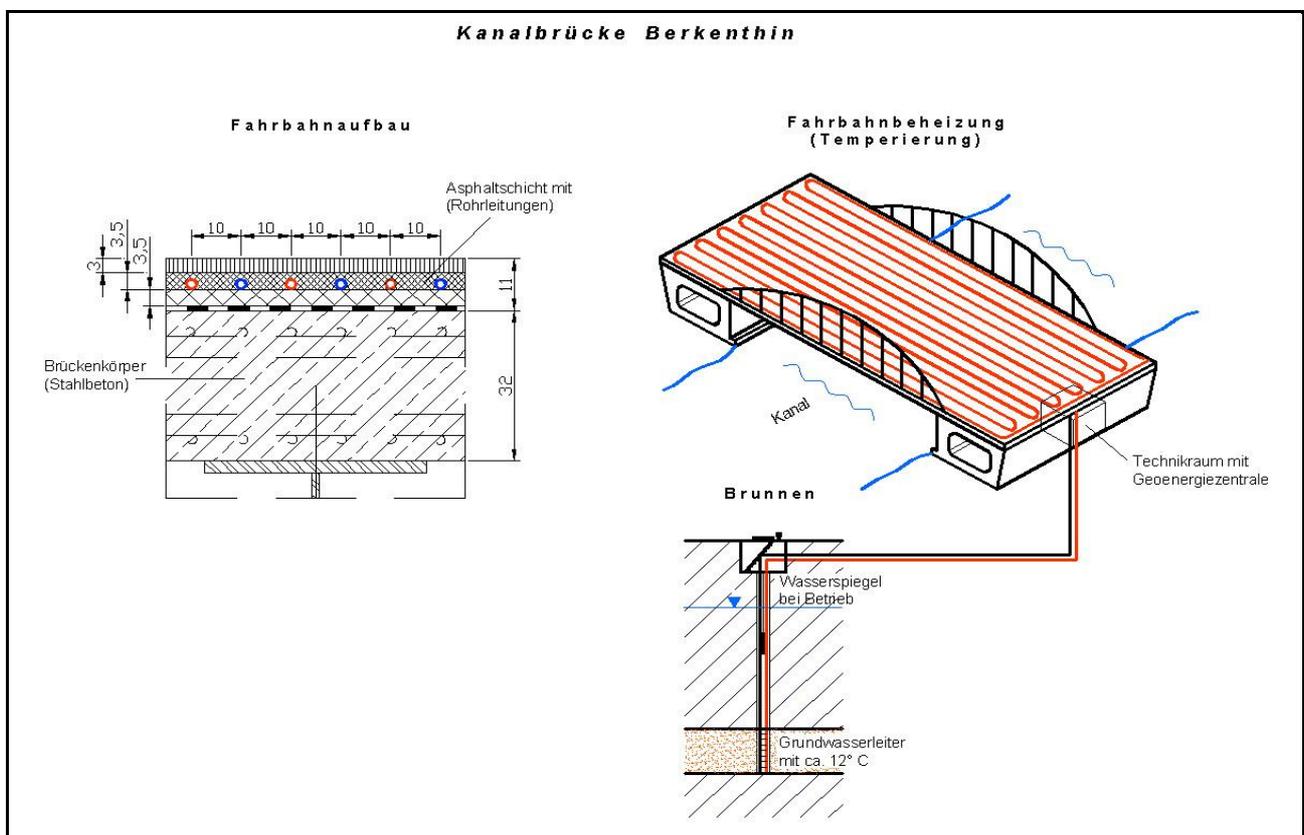


Bild 4: Prinzip der Geothermie

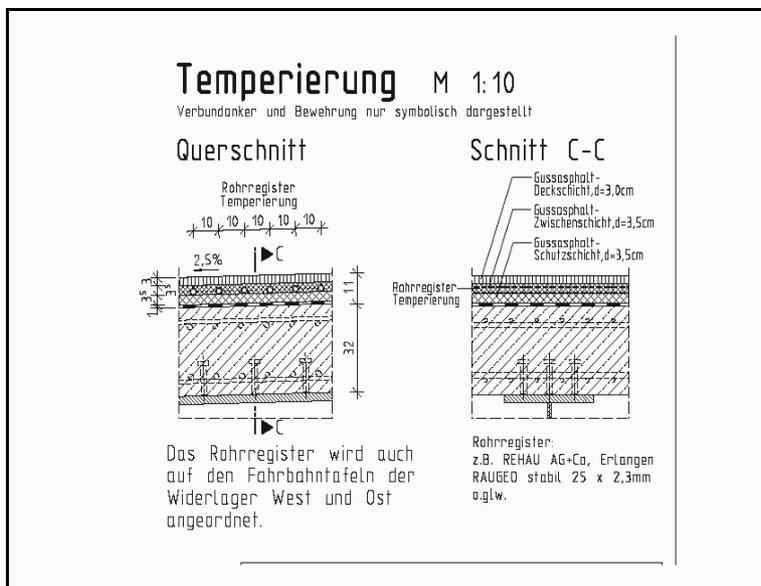
4 Planung des Gesamtsystems

Dem Antrag des LBV-SH beim BMVBS, diese Maßnahme als Pilotprojekt zur Erkundung der Einsatzmöglichkeiten oberflächennaher geothermischer Energie zur Temperierung der Fahrbahntafel in den Straßenbauhaushalt einzustellen, wurde 2008 zugestimmt.

Die Ausführungsplanung der Gesamtanlage sah folgende Einzelkomponenten vor:

- Einbrunnenanlage als geothermische Quellenanlage

- Geoenergiezentrale im Widerlager Ost mit
 - 2-stufiger Wärmepumpe mit 135 kW Heizleistung und einer maximalen Vorlauftemperatur von 55 °C
 - Trennwärmetauscher, Pufferspeicher, hydraulische Weiche, Umwälzpumpen
 - Mess-, Steuer- und Regelsystem (MSR) mit externen Messfühlern, Messeinrichtungen, Klimamess-Station und speicherprogrammierbarer Steuerung (SPS)
 - Fahrbahntemperierungsregister (FTR) mit 46 Einzelkreisen in 4 Hauptkreisen aus hitzebeständigem (240 °C) Pe-Xa Rohr DU 25 / 2,3 mm in einer zusätzlichen MA-Zwischenschicht (Bild 5)
 - Als Fluid (Transportmedium im FTR) ein Gemisch aus 75 % Wasser und 25% Glykol



Optimierter Fahrbahnaufbau:

- 1,0 cm Dichtung aus bit. Schweißbahn
- 3,0 cm MA 0/8S Schutzschicht
- 4,5 cm MA 0/5S Zwi-Sch. z. Aufnahme des Registers
- 3,5 cm MA 0/8S Deckschicht
- 12,0 cm Gesamtaufbau**

Bild 5: geplanter und optimierter Fahrbahnaufbau

Thermische Simulationen zur Bestimmung des optimalen Achsabstandes des FTR ergab einen Achsabstand der Rohre von 10,0 cm (Bild 6). Damit konnte ein wesentliches Ergebnis aus dem Forschungsprojekt der BAST bestätigt werden.

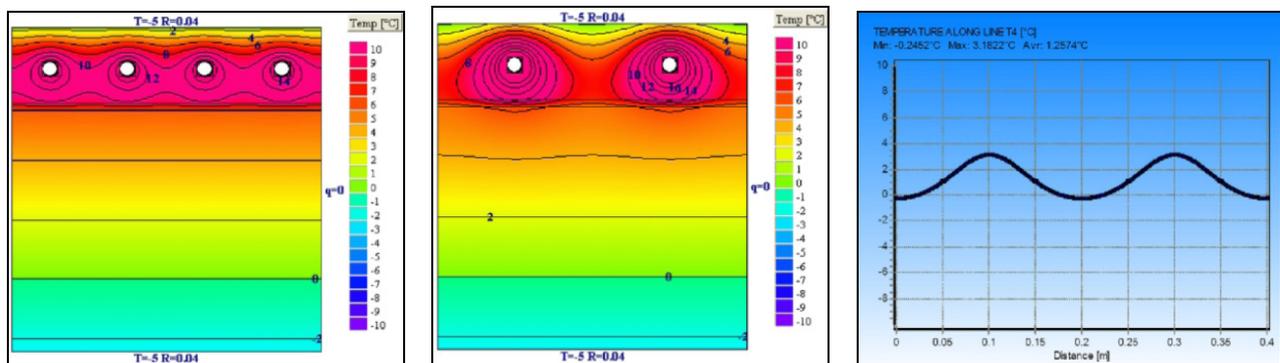


Bild 6: Thermosimulation des FTR

Bild 7 zeigt einen Ausschnitt aus dem Verlegeplan des FTR für den Überbau (2 Hauptkreise) und Widerlager Ost (1 Hauptkreis) aus der Ausführungsplanung.

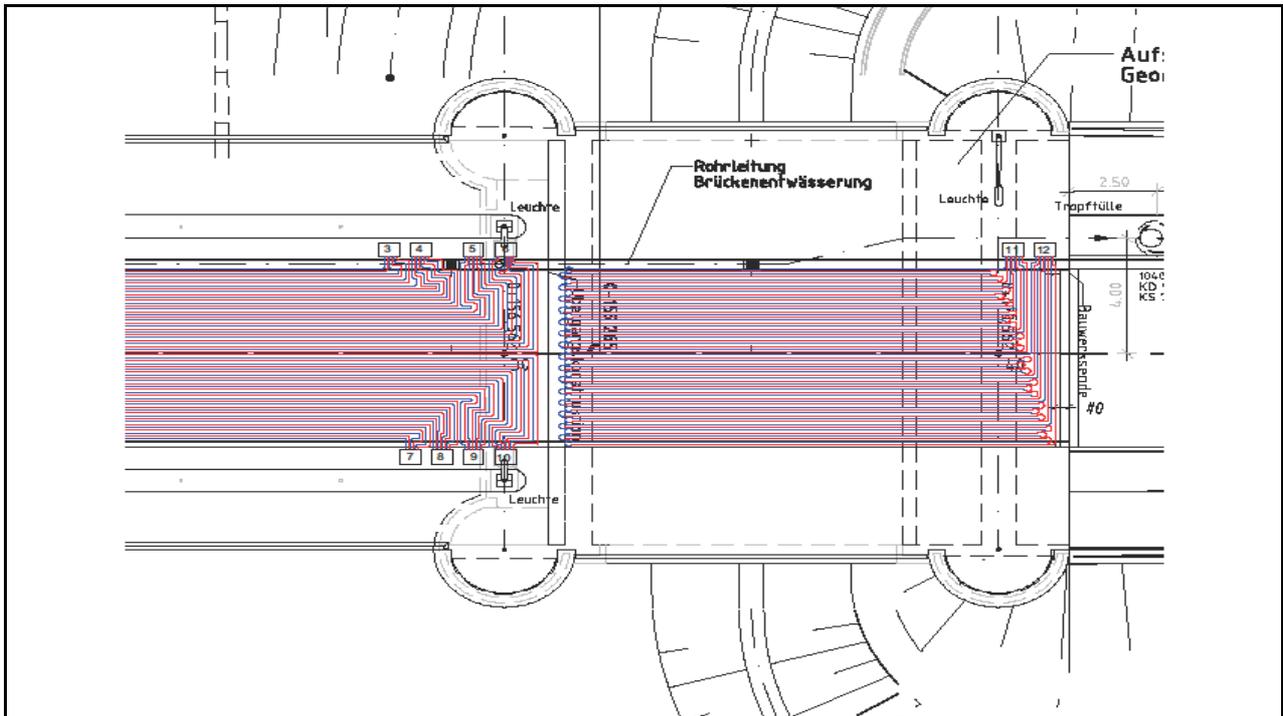


Bild 7: Ausschnitt Verlegeplan FTR

4.1 Philosophie des Mess-, Steuer- und Regelungssystems (MSR)

Da sich die gesamte Anlage über eine sog. speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) selbst steuern und optimieren soll, bedarf es einer umfangreichen Sensorik, um alle Einflussgrößen aus dem Bauwerk und der Umgebung zu erfassen:

4.1.1 Bauteiltemperaturmessungen:

- 6 Mess-Stellen mit Messfühlern vor und hinter dem Bauwerk, auf den Widerlagern und dem Überbau mit jeweils 3 Messebenen im Fahrbahnaufbau und in den Stahlbeton-Fahrbahntafeln
- 6 Strahlungspyrometer zur berührungslosen flächenhaften Messung der Oberflächentemperaturen auf Infrarotbasis als Redundanz und Abgleich

4.1.2 Temperaturmessungen im System

- Temperatur des Grundwassers
- Temperatur des Fluids im Vor- und Rücklauf des FTR

4.1.3 Erfassung der Klimadaten

- Luftdruck, Lufttemperatur und rel. Luftfeuchte

- Windrichtung und –geschwindigkeit
- Niederschlagsart, -menge und Partikelgröße
- Strahlungsintensität

Schlussendlich ist die Messung und Dokumentation der entnommenen Grundwassermenge zur Abrechnung des Förderzinses erforderlich.

4.1.4 Einrichtung und Betrieb des MSR

- manuelle Steuerung über DFÜ oder vor Ort durch autorisiertes Fachpersonal
- automatische Steuerung und Regelung auf der Basis der lokalen meteorologischen Messdaten (4.1.3), Messungen am / im Bauwerk (4.1.1) sowie im Wärmeübertragungssystem (4.1.2)
- Speicherung aller gemessenen Daten zur automatischen Optimierung des Systems
- Erstprogrammierung auf der Basis einer vorhergehenden Langzeitmessung über 1 Jahr der Fahrbahntemperatur auf dem alten Bauwerk durch die BAST
- Einsatz einer speicherprogrammierbaren Steuerung

4.1.5 Betriebsarten und Regelregime

- „Aus“ bzw „Standby“
- Umwälzung des Fluids im FTR
- freie Temperierung „Heizen“
- freie Temperierung „Kühlen“
- Temperierung wärmepumpenunterstützt (Verdichter 1)
- Temperierung wärmepumpenunterstützt (Verdichter 1 + 2)

Für die Betriebszustände „Heizen“ in freier Temperierung wie auch wärmepumpenunterstützt ist eine Temperaturspreizung von $\leq + 4,0$ °C bis $\geq - 5,0$ °C vorgesehen. Bei Erreichen bzw Überschreiten der Sicherheitstemperaturbegrenzung von ≥ 50 °C bzw $\leq - 10$ °C wird das Fluid im Betriebszustand „Freie Temperierung“ umgewälzt, um Schäden am FTR durch extreme Temperaturen zu vermeiden.

5 Ausführung

5.1 Leistungsbeschreibung und Vergabe

Da die Erstellung der Ausführungsplanung sowie das Genehmigungsverfahren bei Land und Bund doch erhebliche Zeit in Anspruch nahmen, konnten die Bauleistungen des Pilotprojektes nicht mehr in das parallel laufende Vergabeverfahren der Hauptbauleistungen integriert werden, das Anfang Oktober mit dem Zuschlag an die ARGE Kanalbrücke Berkenthin abschloss. Aus Gründen

der Gewährleistung für die Gesamtmaßnahme wurden diese deshalb in Absprache mit der BAST als Nachtrag nach folgendem Verfahren beauftragt:

- Erstellung einer funktionalen Leistungsbeschreibung durch das Fachbüro
- Erstellung der Ausführungsplanung durch das Fachbüro, geprüft und baufreigegeben durch den LBV-SH
- Benennung von 3 bewährten und leistungsfähigen Fachunternehmen durch das Fachbüro, die folgende Kriterien erfüllten:
 - Nachweis der Errichtung mindestens einer Anlage zur Nutzung oberflächennaher Erdwärme mit einer Heizleistung von mehr als 100 kW
 - Nachweis der Errichtung von wenigstens 3 Flächenheizsystemen mit mehr als 500 m² beheizter Fläche
 - wenigstens 5 Jahre Erfahrung im Bau von aktivierten Betonbauteilen, Erdwärmesondenanlagen oder geothermischen Dublettenanlagen

Auf der Grundlage dieser vom AG beigestellten Unterlagen sowie der definierten Anforderungen gab die ARGE ein Angebot mit dem annehmbarsten Nachunternehmer ab, das nach Prüfung und Genehmigung Anfang Oktober 2009 beauftragt wurde.

5.2 Baudurchführung

5.2.1 Verlegung des Fahrbahntemperierungsregisters (FTR)

Zur Ermittlung eines geeigneten Befestigungssystems des FTR auf der MA-Schutzschicht wurden im Februar 2010 2 Feldversuche an jeweils ca. 10 m² großen Probeflächen mit verschiedenen Trägersystemen und Befestigungsarten durchgeführt. Es zeigte sich, dass durch die Anordnung von Trägerlagen wie Estrich- oder Baustahlmatten ein völlig unzureichender Schubverbund zwischen Schutz- und Zwischenschicht hervorgerufen wurde. Das alternative Anschließen von Schellen auf der Schutzschicht – wie im Forschungsprojekt der BAST als geeignet befunden – führte auf Grund des Eintrags hoher kinetischer Energie in die MA-Schutzschicht zur Rissbildung. Außerdem bestand die Gefahr des Durchdringens der Bauwerksabdichtung und musste somit ebenfalls verworfen werden. In Zusammenarbeit mit einem führenden Hersteller von Befestigungstechnik wurde schliesslich ein 2-achsig gekrümmter Stahlnagel – ein sog. „Spiker“ -, der in vorgebohrte Löcher eingeschlagen wurde, gewählt (Bild 8). Das bedeutete das händische Vorbohren und Einschlagen von 18.700 „Spikern“ zum Befestigen der Rohrschellen!

Die Verlegung des FTR erfolgte exakt nach dem Verlegeplan der Ausführungsplanung mit dem vorgegebenen lichten Abstand (Bild 9). Der zulässige Mindestradius wurde mit einer speziellen Rohrbiegemaschine des Rohrherstellers erzeugt (Bild 10). Der Arbeitsaufwand für diese Verlegeart ist erheblich und bei der zu belegenden Fläche von ca. 600 m² im Rahmen dieses Pilotpro-

jektes noch vertretbar. Für die Anwendung auf größeren Flächen wie Großbrücken oder Straßenabschnitten müssen von der Industrie noch wirtschaftlichere Verfahren entwickelt werden.



Bild 8: Spiker und Schelle



Bild 9: Verlegung des FTR



Bild 10: Rohrbiegemaschine

Zum Nachweis der Dichtigkeit wurden alle 46 Einzelkreise nach Anschluss an die Verteiler einer Druckprobe unterzogen und diese protokolliert. Danach erfolgte durch die Fachbauleitung formal die Freigabe des Registers zum Einbau der MA-Zwischenschicht (Bild 11).



Bild 11: Fertig verlegtes FTR auf dem Überbau mit Anbindung der Einzelkreise an die Verteiler im Vor- und Rücklauf (August 2010), unmittelbar vor dem Einbau der MA-Zwischenschicht

5.2.2 Einbau der MA-Zwischenschicht

Um eine möglichst satte und hohlraumarme Umhüllung der Leitungen des FTR zu erzielen, wurde ein MA 0/5S mit einer Einbautemperatur von ca. 230 °C gewählt. Der Einbau erfolgte händisch in mehreren Abschnitten (Bilder 12 + 13). Durch das Aufschmelzen der äußeren PE-Schicht der Rohre wurde ein kraftschlüssiger Verbund mit dem Gussasphalt erzeugt, sodass entgegen den Erwartungen lediglich eine geringe Längenänderung infolge Temperatur. von ca. 2 – 3 cm über die Überbaulänge eintrat. Eine unangenehme Begleiterscheinung war allerdings der Umstand, dass sich während des Einbaus die MA-Schutzschicht so stark erwärmte, dass sich die Verklammerung der Spiker in den Bohrlöchern lockerte und es zu einzelnen Auftriebserscheinungen kam. Somit musste die Befestigung des FTR ständig nachgearbeitet werden. Um den Auftrieb zu minimieren, wurde der Gussasphalt in Abschnitten von ca. 5 m mit jeweils 15 minütigen Pausen eingebaut, sodass sich die Erwärmung der Schutzschicht in Grenzen hielt. Diese Erscheinung konnte während der Feldversuche so nicht beobachtet werden und kam deshalb für die Beteiligten sehr überraschend.

Die Beschickung der Einbaustelle erfolgte mit Dumpfern mit Thermobehältern über den nördlichen Geh- und Radweg des Überbaus. In gleicher Weise wurden die FTR und die MA-Zwischenschichten auf den Widerlagern eingebaut, auf dem Widerlager Ost Mitte Dezember 2010 bei Frost im beheizten Schutzzelt.



Bilder 12 + 13: Einbau der MA-Zwischenschicht

5.2.3 Die Geoenergiezentrale

Die Geoenergiezentrale (GEZ) ist mit den lichten Abmaßen von ca. 14,0 / 2,20 m in das Widerlager Ost integriert. Das war durch die besondere Widerlagerkonstruktion als geschlossener Rahmen ohne Weiteres nachträglich möglich. Im Normalfall wäre ein separates Gebäude oder auch eine Containerlösung erforderlich.

Die GEZ ist ausgestattet mit einer zweiflügeligen FH-Tür, Feuchtraumbeleuchtung, Steckdosen für Licht- und Kraftstrom sowie einem T-Com-Anschluss zur Datenfernübertragung. Zusätzlich verfügt sie über eine Raumklimatisierung zur Begrenzung der Luftfeuchtigkeit und Gewährleistung der Frostfreiheit sowie einen Pumpensumpf.

Die Anordnung der einzelnen Aggregate war vom Prinzip her durch den Aufstellplan vorgegeben (Bild 14), die ausführende Fachfirma hatte jedoch die Möglichkeit, Änderungen zur Optimierung insbesondere der Leitungsführungen vorzunehmen.

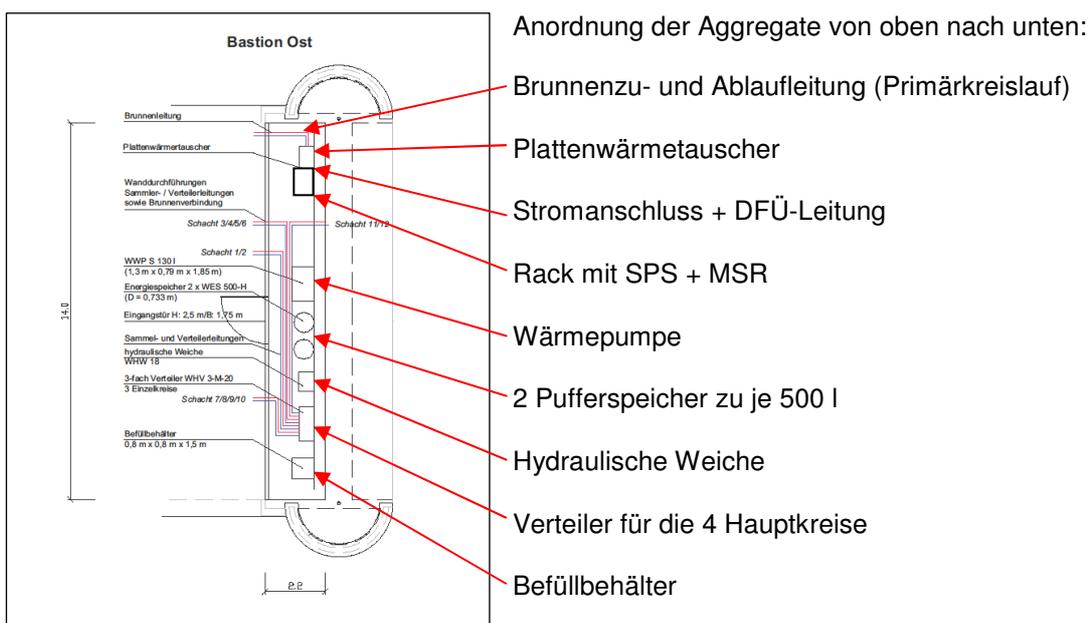


Bild 14: Aufstellplan der GEZ

Durch die zahlreichen Leitungen und die Enge des Raumes gewinnt man den Eindruck, man befände sich in einem U-Boot, wie die Bilder 15 + 16 veranschaulichen:



Bild 15: GEZ Ansicht links



Bild 16: GEZ Ansicht rechts

5.2.4 Die Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)

Zur Steuerung und Regelung des Gesamtsystems werden alle Messwerte (s. Abschn. 4.1) periodisch in einem Datenlogger gesammelt, durch das Steuerprogramm ausgewertet und in Steuerbefehle für die einzelnen Anlagekomponenten für die jeweils erforderliche Betriebsart umgesetzt. Dieser Prozess erfolgt automatisiert und kontinuierlich, jedoch kann über Datenfernüberwachung oder direkt am System über einen Touchscreenmonitor, auf dem das Leitsystembild dargestellt ist, auf die einzelnen Aggregate und Betriebsabläufe zugegriffen werden (Bild 17). Das hierfür benutzte Programm ist das gleiche, wie es auch zur Steuerung von Prozessanlagen oder Kraftwerken verwendet wird, jedoch in einer wesentlich einfacheren Konfiguration. Herzstück ist ein handelsüblicher PC mit entsprechend großer Speicherkapazität. (Bild 18). So soll die SPS Wetteränderungen über die Parameter Temperatur, Luftdruck und Wind so rechtzeitig erkennen, dass beim Erreichen des Temperaturgrenzwertes + 4 °C die für eine ausreichende Temperierung der Fahrbahntafel erforderliche Wärme zur Verfügung steht.

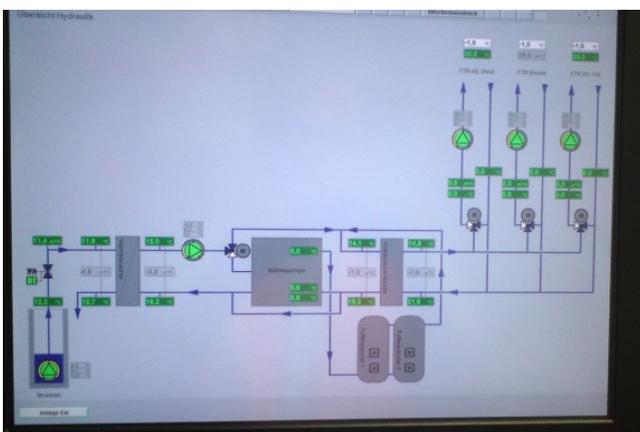


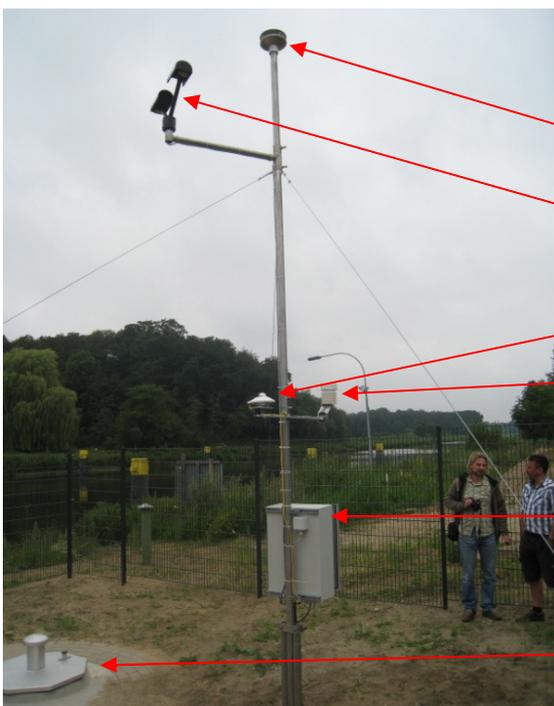
Bild 17: Leitsystembild am 25.08.2010 Betriebszustand „Kühlen“



Bild 18: Rack der SPS mit PC

5.2.5 Sensorik der Klimamess-Station

Als letzter Baustein der Gesamtanlage wurde zur Erfassung der in Abschn. 4.1.3 beschriebenen Klimadaten die Klimamess-Station in einem geschützten Bereich neben der Brunnenanlage installiert (Bild 19). Sonnen- und Windschatten des Straßendamms und der Brücke würden die Messwerte verfälschen. Um dies zu vermeiden, wurde die Station auf einer freien Fläche abgesetzt aufgebaut.



Folgende Daten werden über die einzelnen Sensoren erfasst:

Windrichtung und Stärke

Laseroptisches Distrometer zur Erfassung von Niederschlagsart, -menge und Partikelgröße

Strahlungsintensität

Luftfeuchte + Lufttemperatur

Luftdruck

Brunnenanlage

Bild 19: Klimamess-Station

5.2.6 Sensorik am und im Bauwerk (s. 4.1.1)

Zur berührungslosen Messung der Temperaturen auf der Fahrbahnoberfläche wurden 6 Strahlungspyrometer an den Beleuchtungsmasten installiert (Bild 20). Während herkömmliche Fühler lediglich an einem Punkt messen, erfassen die Strahlungspyrometer jeweils mehrere m² der Fahrbahnoberfläche und liefern somit ein repräsentativeres Bild der Temperaturverteilung über die Fläche.

Die Daten beider Erfassungsarten stehen der SPS zur Optimierung und zur Steuerung zur Verfügung. Die Strahlungspyrometer werden außerdem als Redundanz für einen möglichen Ausfall einzelner Bauwerksensoren sowie zum Datenabgleich vorgehalten.

Herkömmliche Temperaturfühler sind – wie in Abschn. 4.1.1 beschrieben – an 6 Mess-Stellen in jeweils 3 Ebenen im Fahrbahnaufbau vor und hinter dem Bauwerk, auf den Widerlagern und dem Überbau angeordnet. Zur Erfassung der Bauwerkstemperaturen sind zusätzliche Fühler ebenfalls in 3 Ebenen in den Fahrbahntafeln von Widerlagern und Überbau installiert (Bild 21). Die in den massiven Bauteilen gespeicherte Eigenwärme wird damit zur Reduzierung des externen Wärmebedarfs herangezogen. Durch den Zusammenschluss aller Sensoren entsteht ein umfassendes Bild der Gesamtsituation am und im Bauwerk und die Anlage kann somit anlassbezogen je nach Witterung und unter ständiger Anpassung der Betriebszustände optimal gefahren werden. Die kommende erste Betriebsphase Winter 2011/2012 wird zeigen, ob und wie weit sich das Konzept der Anlage bewähren wird und die doch sehr hohen Erwartungen erfüllt werden können.



Bild 20: Strahlungspyrometer

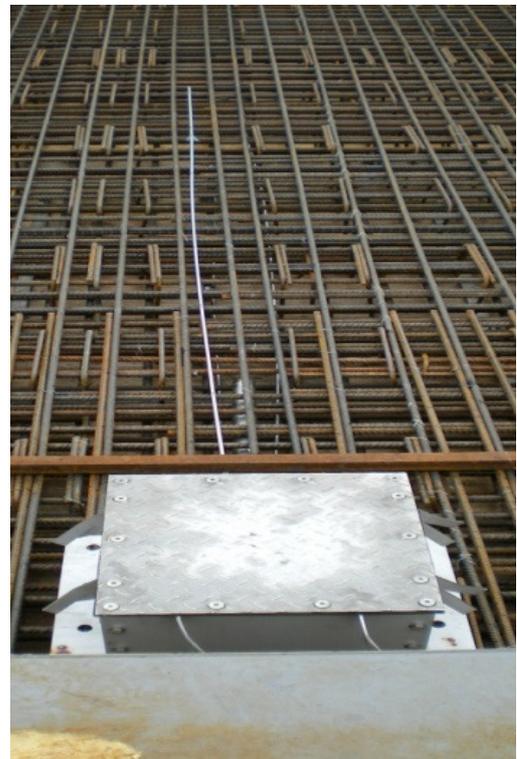


Bild 21: Messfühler in der Fb-Platte

5.2.7 Einfahren der Anlage

Nach Installation sämtlicher Einzelkomponenten erfolgte ab Juli 2011 der Zusammenschluss zur Gesamtanlage in einer aufwändigen Kalibrierungsphase sowie die Programmierung der SPS. Bei einer solch komplexen Anlage bleiben Kinderkrankheiten naturgemäß nicht aus, die nach und nach beseitigt werden. So wurde z.B. ein größer dimensionierter Wasserzähler mit elektrischem Ausgang entsprechend der Förderleistung der Pumpe von 18 m³/h erforderlich. Der Filter in der Brunnenzulaufleitung war mit 0,1 mm zu gering gewählt und musste gegen einen größeren ausgetauscht werden, um eine Reduzierung der Förderleistung durch Zusetzen des Filters mit Feinststoffanteilen zu vermeiden. Da es ca. 5 mal im Jahr in der Region zu Stromausfällen kommt, wurde ein pneumatisches, selbst rückstellendes Ventil eingebaut, um bei Stromausfall die Wasserförderung durch die Artesik zu unterbinden. Mit dem Betriebszustand „freie Temperierung Kühlen“ läuft die Anlage derzeit im Probetrieb, um sie weiter zu optimieren.

6 Erste Erkenntnisse

Naturgemäß liegen noch keine Betriebserfahrungen vor, wohl aber aus Planung und Bau der geothermischen Anlage:

- die Anordnung des Registers sollte grundsätzlich in Fahrbahnlängsrichtung erfolgen, da eine Scheiteldruckbelastung der Rohre durch das rollende Rad günstiger ist als Einwirkungen quer zur Rohrachse. Außerdem ist durch die Aufteilung der Hauptkreise auf die Fahrstreifen im Schadensfall eine Behelfsverkehrsführung möglich
- die Deckschicht sollte genauso wie die Zwischenschicht grundsätzlich mit Gussasphalt ausgeführt werden. Gussasphalt besitzt die größte Wärmeleitfähigkeit aller bituminösen Bauweisen und erfordert keine mechanische Verdichtung
- zum Ausgleich von Verlegeungenauigkeiten im Register sollten die einzelnen Schichtstärken mit einer Toleranz versehen werden
- die Logistik ist bei dem anzustrebenden maschinellen Einbau der MA-Deckschicht vor allem bei Großbrücken oder Straßenabschnitten problematisch
- die Befestigung des Registers auf der darunterliegenden Schicht ist sowohl in wirtschaftlicher Hinsicht wie auch zur Erzielung des erforderlichen Schubverbundes zwischen den Schichten noch nicht optimal
- die Temperierung von Fahrbahnflächen ist nur bei Brückenneubauten in Massiv- bzw in Stahlverbundbauweise sinnvoll. Stahlüberbauten müssten auf Grund der großen Wärmeverluste auf der Unterseite gedämmt werden, was aus Sicht der Bauwerksprüfung und der Nachhaltigkeit problematisch sein dürfte.
- die Nachrüstung bestehender Bauwerke ist technisch und wirtschaftlich nur bei umfassenden Ertüchtigungen sinnvoll

- auf Grund des großen Kapitaleinsatzes kommt eine Fahrbahntemperierung nur bei Bauwerken und Straßenabschnitten in exponierter Lage in Frage
- eine speicherprogrammierbare Steuerung mit umfassender Messtechnik zur Erfassung aller Einflussgrößen ist für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Fahrbahntemperierung unabdingbar!

7 Ausblick

Was ursprünglich als Idee im LBV-SH begann, hat sich mittlerweile zu einem deutschlandweit beachteten Pilotprojekt entwickelt. Wenn sich die innovative Technik der Fahrbahntemperierung mit oberflächennaher geothermischer Energie in der nunmehr beginnenden Nutzungsphase auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewährt, steht deren Einsatz bei weiteren Projekten in exponierter Lage nichts mehr im Wege. Der hierfür erforderliche Kapitaleinsatz ist dabei nicht nur betriebswirtschaftlich zu bewerten, sondern die mögliche Vermeidung von Unfällen mit Sach- und Personenschäden sowie Staus mit entsprechenden Zeitverlusten sind vielmehr auch unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten zu betrachten.

Literatur

- [1] Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach (2008):
Forschungsprojekt 15.401 Vermeidung von Glatteisbildung auf Brücken
- [2] Ingenieurbüro H.S.W., Rostock (2008):
Entwurfs- und Ausführungsplanung „Geothermische Aktivierung des Brückenbauwerks“
- [3] Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (2008):
Vorlage an den BMVBS zum Einsatz von oberflächennaher geothermischer Energie zur Beheizung / Kühlung der Fahrbahntafel der Kanalbrücke Berkenthin, Kreis Herzogtum Lauenburg