

Geothermisches Brückenheizungssystem

Schluss mit Eis und Schnee

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Gottschalk



Abb. 1: Deutschlands erste beheizte Brücke in Berkenthin.

Forschungsprojektes, das von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) initiiert und von der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH) sowie der Universität der Bundeswehr München ausgeführt wurde, ein Rohrsystem für eine geothermische Brückenheizung entwickelt, Abb. 1.

FORSCHUNGSPROJEKT

Zielsetzung des Forschungsprojektes war es, ein System für eine Brückenheizung – insbesondere für Stahlbrücken – zu entwickeln, das die Fahrbahnbedingungen auf der Brücke denen der angrenzenden Straßen angleicht. Es wurde ausdrücklich nicht gefordert, dass die Brückenheizung unter allen Bedingungen die Brücke schneefrei und eisfrei hält, denn wenn der Winterdienst wegen verschneiter oder vereisungsgefährdeter Straßen ohnehin ausrücken muss, kann und wird er auch die Brücken auf seinem Weg freiräumen und streuen. Die besondere Herausforderung für REHAU war

bei diesem Projekt, dass Stahlbrücken üblicherweise eine Fahrbahn aus Gussasphalt aufweisen – und dieser bei etwa 240°C aufgetragen wird. Deshalb kamen in der Vergangenheit nur Stahl- oder Kupferrohre für diese Anwendung in Frage. Deren Nachteile sind jedoch die hohen Kosten für das Rohrsystem und die wesentlich aufwändigere Installation, deren Korrosionsgefährdung sowie die möglicherweise beschränkte Haftung zwischen dem Metall und dem Gussasphalt. Hierdurch kann es zum Eindringen von Feuchtigkeit zwischen Rohr und Asphalt kommen und zu entsprechenden Asphalt-schäden beim Gefrieren dieser Feuchtigkeit.

Fahrbahnoberflächen von Brücken, insbesondere die von Stahlbrücken, vereisen im Winter wesentlich schneller als freie Streckenabschnitte. Damit wird das Unfallrisiko deutlich erhöht und der Winterdienst ist zu frühzeitigem Einsatz gezwungen, selbst wenn der allgemeine Straßenzustand dies noch nicht erfordert. Alternativ werden auf Brücken Taumittelsprühanlagen installiert. Dies bedeutet dann jedoch zusätzliche Kosten für Investition und Betrieb sowie Wartung und Instandsetzung – und zusätzlich bewirkt der vermehrte Einsatz von Taumitteln gerade auf Stahlbrücken erhöhte Bauschäden aufgrund von Korrosion. Darüber hinaus ist der erhöhte Taumittelleinsatz ökologisch bedenklich. Der Polymerspezialist REHAU hat sich dieses Problems angenommen und im Rahmen eines

Wie bereits ausgeführt, war die Zielsetzung des Systems nur die Angleichung des Fahrbahnzustandes an den der angrenzenden Straßen; das bedeutet, dass Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes von Wasser auftreten. Weiteres Anliegen des Projektes war es, den Energiebedarf für den Betrieb des Systems möglichst gering zu halten. Einflussgrößen dafür sind die effiziente Erschließung der geothermischen Wärmequelle und die thermische und hydraulische Auslegung des Systems. Dies beinhaltet beispielsweise auch die Wahl der Rohrquerschnitte, der Verlegeabstände, der Pumpen oder der Steuerung.

Überzeugende Vielfalt. KSB-Lösungen für Heizung, Klimatisierung und Lüftung.

Kunden in der ganzen Welt verlassen sich auf unsere intelligenten Lösungen für die Heizung, Klimatisierung und Lüftung von Gebäuden. Zum Beispiel auf unseren Klassiker Etaline® PumpDrive, die Inlinepumpe mit perfekt abgestimmter Drehzahlregelung und Vor-Ort-Anzeige durch PumpMeter. Und auf das innovative Regelsystem BOA-Systronic®, das bisher ungenutztes hydraulisches Einsparpotenzial in HKL-Kreisen ausschöpft. Auch die vielseitige Energiesparklappe BOAX®-S/SF sorgt für reibungslose Abläufe. Bei uns stehen alle Zeichen auf Effizienz – mit vielfältigen Lösungen, umfassender Beratung und kompetentem Service vor Ort. www.ksb.de/planer



ENTWICKLUNG DES SYSTEMS

Die größte Herausforderung bei der Entwicklung des Rohrsystems war die Temperatur von 240°C, bei der Gussasphalt aufgebracht wird. Das der Entwicklung zugrunde liegende Lastenheft sah ausdrücklich vor, dass die Rohre diesen

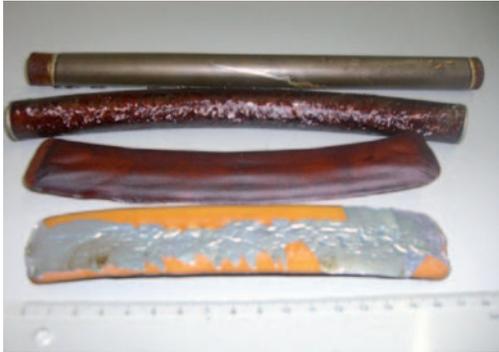


Abb.2: Von oben nach unten: PE-Xa/Aluminium/PE-HD, PE-Xa/PE-HD, PE100, PE-RT

Einbaubedingungen ohne Wasserdurchströmung standhalten sollen.

Dafür waren zwei Aspekte maßgeblich: Einerseits sollte sicher verhindert werden, dass sich bei Stagnation des Wassers, zum Beispiel bei Ausfall der Wasserversorgung während des Einbaus, Dampfblasen bilden können, die das Rohr sprengen würden. Andererseits kann unter Baustellenbedingungen nie völlig ausgeschlossen werden, dass Luftblasen oder -linsen im Rohr verbleiben.

Wenn das Rohr nicht für den Kontakt mit 240°C heißem Asphalt ausgelegt wäre, würde es dort geschädigt oder gar zerstört werden.



Abb.3: Einbau der PE-Xa/Aluminium/PE-HD Rohre

LABORVERSUCHE

Zunächst wurden bei Laborversuchen an dem am BAST-Forschungsprojekt beteiligten Institut für Konstruktiven Stahlbau an der Universität der Bundeswehr in München das Verhalten verschiedener Rohre bei Kontakt mit 240°C heißem Gussasphalt getestet. In einem ersten Schritt wurden verschiedene Rohre bei 240°C für 60 Minuten in einem Umluftofen gelagert. Abb.2 zeigt das Ergebnis:

- ▶ Das REHAU PE-Xa Rohr mit Aluminiumschicht hat die Ofenlagerung ohne Formveränderung überstanden. Der Verbund zwischen dem Grundrohr und der Aluminiumschicht blieb erhalten, lediglich die äußere, bei diesem Versuch nicht fixierte Schutzschicht aus PE-HD schrumpfte auf der Aluminiumschicht.
- ▶ Das Xa Rohr mit äußerer PE-HD Schutzschicht hat den Ofenversuch ebenfalls ohne Formveränderung überstanden (der von einem Ringbund entnommene Prüfling wies bereits vor der Ofenlagerung die in Abb.2 erkennbare Biegung auf). Obwohl die Außenschicht identisch mit der des PE-Xa/Al/PE-HD Rohres ist, ist hier aus nicht nachvollziehbaren Gründen eine stärkere Wärmealterung (Oxidation) aufgetreten. Dies ist aber noch kein Ausschlusskriterium für den Einbau in Gussasphalt, da dort die Außenschicht keinem Sauerstoff ausgesetzt ist.
- ▶ Das Rohr aus PE100 ist zu einem Band zusammengeschmolzen.
- ▶ Das Rohr aus PE-RT, das im Heizungs-

bau bis zu Temperaturen von 80°C und mehr eingesetzt wird, schmilzt bei diesem Versuch zu einem sogar noch flacheren Band als das Rohr aus PE100, dessen Einsatzgrenzen bei etwa 40°C liegen.

Die Versuchsreihe wurde mit Labor-Einbauversuchen in Gussasphalt von 240°C fortgesetzt, siehe Abb.4.

In die Mitte der Rohre wurde ein Pt 100-Thermoelement eingeführt und durch einseitiges Abdichten der Rohre wurde ein Durchströmen der Rohre mit Luft verhindert. In den Rohren wurden noch Temperaturen von bis zu 147°C gemessen. Die Abkühlung erfolgte durch freie Wärmeübertragung an das Labor, in dem mindestens 23°C herrschten. Nach dem Ausbau der Rohre wurde festgestellt:

- ▶ Auch bei diesem Versuch haben beide Rohre ihre Form beibehalten.
- ▶ Die Außenschicht aus PE-HD schrumpfte bei keinem Rohr.
- ▶ Die Außenschicht aus PE-HD ging eine innige Verbindung mit dem Asphalt ein.
- ▶ Nachfolgende Laboruntersuchungen zeigten, dass die relevanten mechanischen Kennwerte, wie Reißdehnung und Zugfestigkeit, noch den DIN-Vorgaben für Rohre aus PE-X entsprachen und auch die Oxidationsinduktionszeit (OIT) noch im Streubereich von neuerartigen Rohren lag.

ERSTE PRAXISNAHE VERLEGUNGEN

Im nächsten Schritt erfolgten praxisnahe Verlegeversuche auf einer kleinen zu



Abb.4: PE-Xa/Aluminium/PE-HD und PE-Xa/PE-HD in Gussasphalt bei 240°C

Versuchszwecken errichteten Stahlbrücke. Auf jeweils einer 2,5 x 2,5 m großen Fläche wurden je ein PE-Xa/Aluminium/PE-HD und PE-Xa/PE-HD Rohrsystem eingebaut. Dazu wurden die Rohre mit einem Verlegeabstand von 12,5 cm im Abstand von 70 cm mit Schellen auf der bereits vorhandenen Tragschicht fixiert. Der Einbau der PE-Xa/Aluminium/PE-HD Rohre verlief problemlos, siehe Abb.3.

Dem Aufbringen des Gussasphaltes auf die PE-Xa/PE-HD Rohre folgte eine echte Überraschung: Die Rohre schoben sich als Ergebnis der Wärmeausdehnung zwischen den Befestigungspunkten aus dem Gussasphalt.

Dadurch wurde deutlich, dass nur ein Rohr mit einer metallischen, die Wärmeausdehnung reduzierenden Schicht für den Einbau in Gussasphalt unter Baustellenbedingungen in Frage kommt.

Bei der Dimensionierung eines derartigen Rohrsystems für die Brückenbeheizung sind zwei Aspekte zu beachten: Einerseits muss das Verhältnis von Durchmesser zu Wanddicke dahingehend optimiert werden, dass eine ausreichende Ringsteifigkeit des Rohrsystems erreicht wird, damit die Rohre beim Einbau nicht platt gedrückt werden. Andererseits darf die Wanddicke auch nicht zu groß sein, damit bei gegebener Abmessung ausreichend freier Querschnitt vorhanden ist und hierdurch kein zu hoher Druckverlust mit daraus resultierendem erhöhtem Pumpenstrombedarf hervorgerufen wird. Zudem würde eine zu große Wanddicke zu stark verringerter Wärmeübertragung vom Warmwasser an den Asphalt führen. Übliche, in der Gebäudetechnik bisher verwendete Rohrsysteme eignen sich deshalb nicht zur Verwendung in der Brückenheizung.

Um beide Aspekte zu verbessern und damit ein für die Anwendung in jeglicher Hinsicht optimales Rohrsystem anbieten zu können, hat REHAU mit RAUWAY stabil ein Asphaltheizungsrohr mit PE-Xa Grundrohr, längs verschweißter Aluminiumschicht und einem PE-HD Schutzmantel entwickelt, das mit einem Durchmesser-/Wanddickenverhältnis von 11:1 dem Einbau in Gussasphalt standhält und gleichzeitig



Abb.5: Einbau von RAUGEO stabil in eine Gussasphalt-Deckschicht

geringen Druckverlust und hohe Wärmeübertragung gewährleistet.

DIE ERSTE PRAXISANWENDUNG

Im Jahr 2009 wurde dieses Rohrsystem in der Abmessung 25 x 2,3 mm in eine Fahrbahn mit Gussasphalt-Deckschicht eingebaut. Da an dieser Fahrbahn regelmäßig Geräuschmessungen durchgeführt werden, was definierte Oberflächenbedingungen erfordert, kann deren Verfügbarkeit durch den Einsatz der RAUWAY stabil Gussasphalt-Heizungsrohre erheblich verbessert werden, s. Abb. 5.

Die Rohre wurden mit einem Verlegeabstand von 12,5 cm auf Rohrträgermatten fixiert, die an den Ecken und mittig auf der Asphalt-Tragschicht mittels Schussbolzen positioniert wurden. Eine Grundwasser-Wärmepumpe dient dabei als Wärmequelle für die Fahrbahnheizung.

ERSTE BEHEIZTE BRÜCKE IN DEUTSCHLAND

Im Südosten von Schleswig-Holstein errichtete die Niederlassung Lübeck des Landesbetriebes Straßenbau und Verkehr (LBV-SH) Deutschlands erste Straßenbrücke mit einer integrierten Fahrbahnbeheizung. Entsprechend der Planung des Ingenieurbüros H.S.W. GmbH wird

dort das Potenzial der Erdwärme genutzt, um die 59 m lange Brücke, die bei Berkenhain über den Elbe-Lübeck Kanal führt, auch im Winter eis- und schneefrei zu halten. Im Sommer kann überschüssige Wärme aus der Fahrbahndecke abgeleitet werden, um das Bauwerk zu schonen und den Verschleiß der Asphaltdecke zu verringern. Für die Temperierung der Brücke wird Grundwasser benutzt, das nach dem Durchfließen der Heizungsrohre in den Kanal geleitet wird. Eine intelligente Mess- und Steuertechnik überwacht dabei dauerhaft die Temperaturen der Fahrbahn und der Umgebung. Bei Erreichen der kritischen Temperaturgrenze von 4°C wird der Heizbetrieb aktiviert. Erreicht der Fahrbahnbelag hingegen im Sommer 50°C, wird auf Kühlbetrieb umgeschaltet.

Hierbei kamen insgesamt etwa 6.300 m der RAUWAY stabil Rohre zum Einsatz und sorgen für eine umweltfreundliche Temperierung der Brücke.

*Autor
Dipl.-Ing. (FH) Daniel Gottschalk
REHAU, Erlangen
Fotos: REHAU
www.rehau.de*