

Asphaltbeläge auf Strassenbrücken mit Holztragwerk – technische Spezifikationen

Dipl.-Ing. (FH) Florian Scharmacher
Berner Fachhochschule
Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur
Biel/Bienne, Schweiz

Prof. Dipl.-Ing. Andreas Müller
Berner Fachhochschule
Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur
Biel/Bienne, Schweiz

Zusammenfassung

Bei Strassenbrücken aus Holz werden neben Gussasphalt auch Walzasphalte für die Fahrbahnbeläge eingesetzt. Da es sich dabei um zwei sehr unterschiedliche Asphaltarten handelt, müssen die spezifischen Eigenschaften bei der Herstellung, Verarbeitung und im späteren Gebrauch beachtet werden. Bei beiden Varianten kommt einer dauerhaften Abdichtung zwischen Fahrbahn und Holztragwerk eine enorme Bedeutung zu. Ebenso wichtig ist das zum Fahrbahnbelag aber auch zum Material der Fahrbahnplatte passende Abdichtungssystem. Neben den Anforderungen an die Dichtigkeit ist die Übertragung der Horizontalkräfte (Brems- und Beschleunigungskräfte) ein wichtiger Parameter für den Fahrbahnaufbau.

Bei den durchgeführten Prüfungen kann eine ausreichende Haftung zum Holzuntergrund festgestellt und bewiesen werden. Die Ergebnisse sind mit denen von Beton- und Stahluntergründen vergleichbar. Die Verbundfestigkeit kann mit analogen Systemaufbauten wie im Massivbau erreicht werden. Es werden bauliche Empfehlungen für die Praxis erarbeitet und dargestellt. Im Rahmen der Begleitung einer Fahrbahnsanierung wurden die aktuellen Ergebnisse des Forschungsvorhabens auf Ihre Praxisrelevanz überprüft und zur Anwendung gebracht.

1. Einleitung

Die Ausbildung von Regeldetails für Geh- und Radwegbrücken aus Holz bereitet den ausführenden Fachbetrieben keine Schwierigkeiten. Bei Strassenbrücken mit Holztragwerk und bituminösem Fahrbahnbelag besteht hingegen immer noch Forschungsbedarf. Bituminöse Strassenbeläge auf Holzbrücken werden i. d. R. in Form von Gussasphalt ausgeführt. Einer dauerhaften Abdichtung zwischen Fahrbahn und Holztragwerk kommt eine grosse Bedeutung zu. In der Schweiz hat sich in den letzten Jahren der Einsatz von in der Temperatur modifiziertem Gussasphalt als Fahrbahnbelag bewährt.

Ebenso wichtig ist das zum Fahrbahnbelag aber auch zum Untergrund (Fahrbahnplatte) passende Abdichtungssystem. Neben den Anforderungen an die Dichtigkeit ist die Übertragung der Horizontalkräfte (Beschleunigungs- und Bremskräfte) ein sehr wichtiger Parameter für den Fahrbahnaufbau. Im Gegensatz zu Deutschland, wo für Strassenbrücken ausschliesslich Systemaufbauten mit Schubverbund (Abbildung 1)

zulässig sind, sind in der Schweiz gültigen Norm SN 640451 nur Aufbauten ohne Schubverbund geregelt (Abbildung 2).

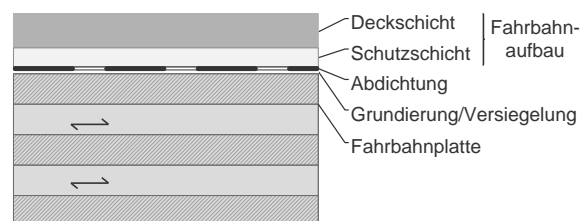


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Fahrbahnaufbaus mit Schubverbund

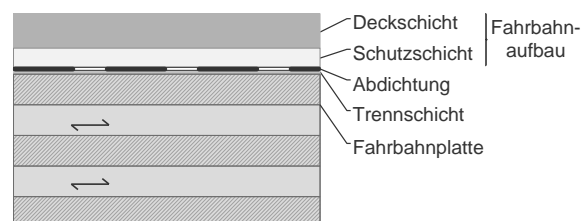


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Fahrbahnaufbaus ohne Schubverbund

Im Rahmen eines durch das Schweizer Bundesamt für Umwelt geförderten Forschungsprojektes „Untersuchung bituminöser Fahrbahnbeläge auf Strassenbrücken mit Holztragwerk“ [1] sollten die Grundlagen geschaffen werden, mögliche Systemaufbauten mit Schubverbund zu definieren. Hierzu wurden sowohl Scher- als auch Haftzugprüfungen im Labor durchgeführt. Des Weiteren wurden die Erfahrungen von 45 gebauten Strassenbrücken gesammelt und ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Forschungen sind in diesem Beitrag zusammengefasst.

2. Prüfergebnisse

Aufbauend auf die Untersuchungen von Milbrandt /Schellenberg [2] wurden im Labor Scherversuche durchgeführt. Die verwendeten Abdichtungssysteme wurden auf die in der Schweiz gängigen Systeme angepasst. Es wurden ausschliesslich Aufbauten mit temperaturmodifiziertem Gussasphalt (Einbautemperatur ca. 200 °C) geprüft. Die Herstellung der Prüfkörper (Grundierung, Abdichtung, Gussasphalt) erfolgte durch die Aeschlimann AG in Zofingen, CH.

Ziel dieser Versuche war es, die Übertragung von Horizontalkräften (Brems- und Beschleunigungskräfte) vom Fahrbahnbelag in die Tragkonstruktion sicher zu stellen. Alle Versuche wurden im Tragwerkslabor des Instituts für Holzbau, Tragwerke und Architektur der Berner Fachhochschule in Biel durchgeführt.

Mit den durchgeführten Scher- und Haftzugprüfungen kann eine ausreichende Haftung der Abdichtungen zum Holzuntergrund nachgewiesen werden. Die Ergebnisse liegen im Bereich der Beton- und Stahluntergründe (Abbildung 3, Abbildung 4).

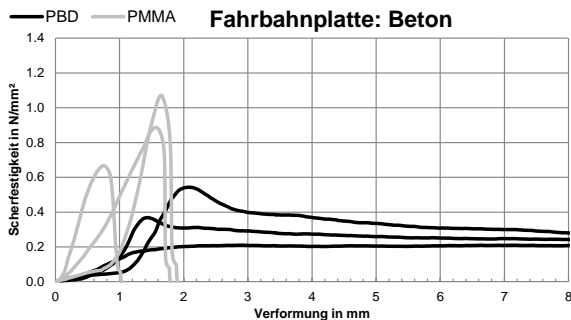


Abbildung 3: Spannungs-Verformungs-Diagramm bei Untergründen aus Beton

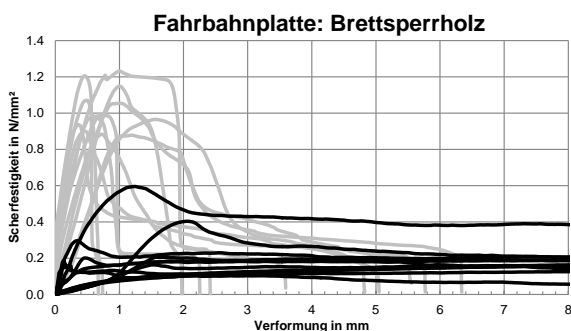


Abbildung 4: Spannungs-Verformungs-Diagramm bei Untergründen aus Brettsperholz

Die Verbundfestigkeit kann mit analogen Systemaufbauten wie im Massivbau erreicht werden. Ein signifikanter Unterschied bei den Versagensmechanismen kann bezüglich der unterschiedlichen Abdichtungen festgestellt werden. Das deutlich duktilere Verhalten von PBD-Abdichtungen kommt den grösseren Verformungen einer Holzbrücke entgegen und verringert somit die Gefahr einer Rissbildung. Es sind weitere Untersuchungen durchzuführen, inwiefern sich das dynamische Langzeitverhalten einer Holzbrücke auf den Verbund der Abdichtungssysteme auswirkt.

Bei Abdichtungen mit PBD können quer zur Faser der Fahrbahnplatte etwas höhere Kräfte übertragen werden als parallel zur Faser. Aufgrund der höheren aufnehmbaren Schubspannungen ist bei FLK-Abdichtungen eine Belastung parallel zur Faser der Fahrbahnplatte sinnvoll.

Eine reine Epoxidgrundierung alleine reicht zur Verhinderung von Blasen nicht aus. Die Oberfläche muss hier immer versiegelt werden, bevor die Abdichtung bzw. der Gussasphalt aufgebracht wird. Durch eine Blasenbildung im Asphalt reduziert sich die Scherfestigkeit im Vergleich zu einer ungestörten Probe um ca. 10-15 %.

3. Lösungsvorschläge

3.1 Generelle Aussagen

Zur Verringerung der Gefahr der Blasenbildung während des Gussasphalteinbaus muss die Schichtdicke der Schutzschicht bei allen Aufbauten auf maximal 25 mm begrenzt werden [2]. Bei ungedeckten Brücken wird zusätzlich empfohlen, eine helle Abstreifung auf der Deckschicht aufzubringen. Dies verringert die Oberflächentemperaturen des Asphalts im Sommer und wirkt einer nachträglichen Blasenbildung entgegen.

Im Laufe des Projektes konnte aufgezeigt werden, dass im Rahmen einer Sanierung andere Anforderungen an Systemaufbauten und Detailausbildungen als an einen Neubau gestellt werden. Die Systemaufbauten können i.d.R. entsprechend der aktuellen SN 640451 geplant werden. Zu Detailausbildungen des Randanschlusses und der Fahrbahnübergänge gibt es zum aktuellen Zeitpunkt keine allgemein gültigen Vorschriften.

3.2 Neubau

Bei Systemaufbauten ohne Verbund wird auf die vorhandenen Darstellungen in der SN 640451 verwiesen. Abweichend hiervon ist zwingend, die Asphaltstärke der Schutzschicht auf 25 mm zu begrenzen (Abbildung 5). Die bei dieser Lösung verwendete Deckschichtdicke von 45 mm hat jedoch den Nachteil, dass dieser ein recht hohes Abrollgeräusch entwickelt. Bei hoch beanspruchten Asphaltbelägen (z. B. vor Ampeln oder Kurven) könnte ein dreischichtiger Asphaltaufbau (Abbildung 6) eine Lösungsvariante darstellen, um einem „Aufwellen“ des Belags entgegenzuwirken.

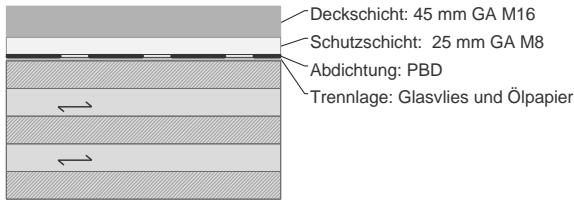


Abbildung 5: Systemaufbau ohne Verbund auf Fahrbahnplatte mit Asphaltaufbau 25 mm/45 mm

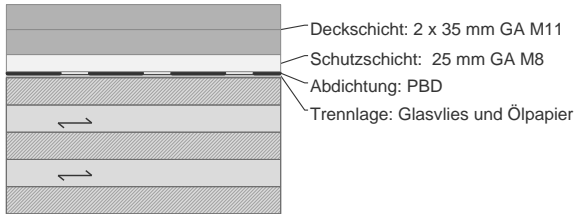


Abbildung 6: Systemaufbau ohne Verbund auf Fahrbahnplatte mit Asphaltaufbau 25 mm/35 mm/35 mm

Systemaufbauten mit Schubverbund sind zwingend mit einer Oberflächenversiegelung (dampfdicht) auszubilden. Dies trägt deutlich zur Verringerung der Gefahr von Blasenbildung bei. Um beim Entfernen der Abdichtung Schäden auf der Fahrbahnplatte bei einer Fahrbahnsanierung zu verhindern, kann eine Verschleisschicht auf der Fahrbahnplatte hilfreich sein. Diese kann z. B. durch eine ausreichend dicke Holzwerkstoffplatte erreicht werden. Die Befestigung mit mechanischen Verbindungsmitteln ist entsprechend der zu übertragenden Horizontalkräfte für jedes Bauwerk nachzuweisen. Die Epoxidversiegelung ist dann auf der Verschleisschicht (hier eine Holzwerkstoffplatte) aufzubringen (Abbildung 7, Abbildung 8). Diese Verschleisschicht kann im Rahmen der Sanierung einfach ausgetauscht werden.

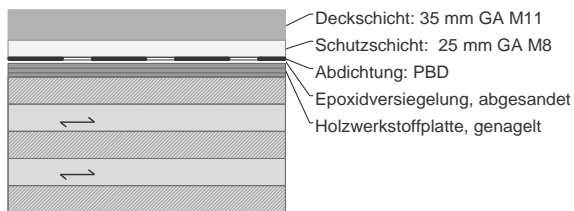


Abbildung 7: Systemaufbau mit Verbund auf HWS-Platte mit Asphaltaufbau 25 mm/35 mm

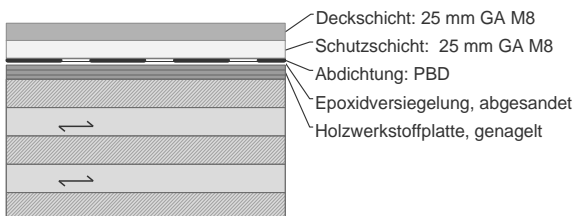


Abbildung 8: Systemaufbau mit Verbund auf HWS-Platte mit Asphaltaufbau 25 mm/25 mm

3.3 Sanierung

Bei Fahrbahnsanierungen an bestehenden Brücken müssen die Gegebenheiten vor Ort individuell berücksichtigt werden. Hiervon betroffen sind insbesondere die maximale Höhe des Fahrbahnaufbaus und der Zustand der Fahrbahnplatte (Ebenheit, Holzfeuchte, usw.). Bei Aufbauten ohne Schubverbund empfiehlt es sich meist, im Rahmen der Sanierungsmassnahme Dampfdruckentlüftungsbohrungen gemäss SN 640451 anzuordnen (sofern nicht vorhanden). Dieses kann einer Blasenbildung während des Einbaus entgegenwirken. Des Weiteren ist auch bei Sanierungen eine maximale Schutzschichtdicke von 25 mm zu berücksichtigen (Abbildung 9, Abbildung 10).

Bei Aufbauten mit schubfestem Verbund sind die Randbedingungen zu beachten. Aufgrund einer bauseits maximal möglichen Fahrbahnaufbauhöhe ist ein zusätzlicher Einbau einer Verschleisschicht nur in den seltensten Fällen möglich. Hierbei sind die Epoxidversiegelung und die Abdichtung direkt auf der Fahrbahnplatte aufzubringen (Abbildung 11, Abbildung 12). Bei Holzfeuchten über 18 % sollte von einem Aufbau mit Schubverbund abgesehen werden. Hier kann es ansonsten zu einer vermehrten Blasenbildung kommen.

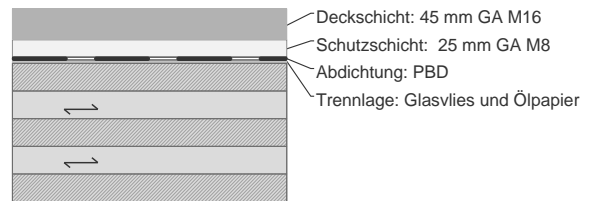


Abbildung 9: Systemaufbau ohne Verbund auf Fahrbahnplatte mit Asphaltaufbau 25 mm/45 mm

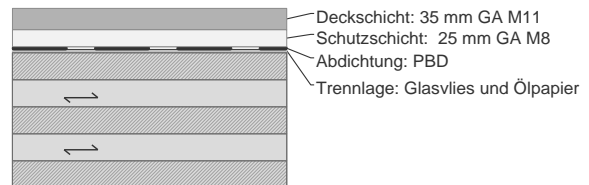


Abbildung 10: Systemaufbau ohne Verbund auf Fahrbahnplatte mit Asphaltaufbau 25 mm/35 mm

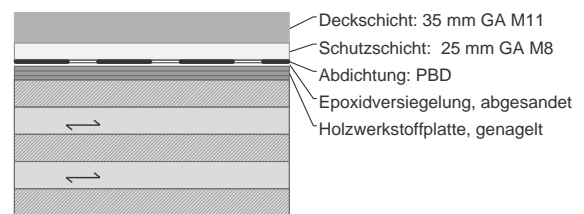


Abbildung 11: Systemaufbau mit Verbund auf Fahrbahnplatte mit Asphaltaufbau 25 mm/35 mm

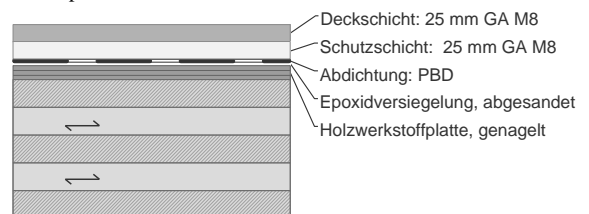


Abbildung 12: Systemaufbau mit Verbund auf Fahrbahnplatte mit Asphaltaufbau 25 mm/25 mm

4. Anwendung in der Praxis

Im Zuge der Projektbearbeitung ergab sich auf die Initiative des Tiefbauamts des Kantons Bern die Möglichkeit, die Fahrbahnsanierung der Bubeneibrücke im Rahmen des Forschungsvorhabens wissenschaftlich zu begleiten. Ziel war es, die aktuellen Ergebnisse auf Ihre Praxisrelevanz hin zu prüfen. Ein enger Austausch zwischen der Berner Fachhochschule und den ausführenden Firmen sollte stattfinden.

4.1 Objektbeschreibung

Die Strassenbrücke „Bubenei“ befindet sich in der Gemeinde Signau. Die Holzbrücke überspannt mit einer Spannweite von ca. 45 m den Fluss Emme. Die Brücke weist eine Fahrbahnbreite von 7 m auf und hat zusätzlich auf einer Seite einen Gehweg ($b = 1.20$ m) und auf der anderen Seite ein Bankett ($b = 0.50$ m) aus Bongossihölzern. Die Holzbrücke ist beidseitig mit Strassenverkehrsfahrzeugen zugänglich und für eine Nutzlast von 40 t zugelassen. [3]

Je zwei Zwillingsbogen aus Brettschichtholz (links und rechts der Fahrbahn) bilden zusammen mit den Querträgern, den Hängestützen (aus Rundstahl) sowie der quervorgespannten Fahrbahnplatte die Brückenkonstruktion, die gesamthaft ein „räumliches“ Tragwerk darstellt. Die Lasten aus Eigengewicht und Verkehr werden von der Fahrbahnplatte über Querträger und Hänger in die beiden Zwillingsbogen eingeleitet. Windkräfte quer zur Brückenachse werden von der Fahrbahnplatte und dem oberen, bogenförmigen Windverband übernommen und an die Betonwiderlager bzw. Portalrahmen weitergegeben. [3]

4.2 Sanierungsmassnahme

Die Sanierung wurde aufgrund zahlreicher Schäden im Asphaltbelag nötig. Die Fahrbahnplatte wies Holzfeuchten im Mittel von 18 - 20 % auf. In Teilbereichen wurden jedoch Holzfeuchtwerte von über 100 % gemessen. Die Verteilung der Holzfeuchte in der Fläche war sehr inhomogen.

Die Fahrbahnplatte wurde trotz der teilweise sehr hohen Holzfeuchten im jetzigen Einbauzustand gelassen. Ein vollflächiger bzw. teilweiser Austausch der Fahrbahnplatte wurde aus Kostengründen verworfen. Durch die neue Abdichtung und den neuen Fahrbahnbelag wird zukünftig die Durchfeuchtung der Fahrbahnplatte verhindert. Allerdings wird durch den neuen Fahrbahnaufbau und die Abdichtung die Austrocknung der Fahrbahnplatte nach oben verhindert. Um eine Abtrocknung der Fahrbahnplatte nach unten nachvollziehen zu können, wird die Holzfeuchte seit dem Belageinbau an mehreren Stellen mittels Holzfeuchtemonitoring überwacht.

Aufgrund der sehr hohen Holzfeuchte bestand die Gefahr, einer vermehrt auftretenden Blasenbildung. Aus diesem Grund wurde entschieden, trotz planmässig auftretender Brems- und Beschleunigungskräfte ein Abdichtungssystem ohne Verbund (gemäss SN 640451) einzubauen. Der gewählte Systemaufbau

ist in Abbildung 13 dargestellt. Hierbei wurden zwei Vorteile dieses Systems genutzt. Die Zwischenschicht mit Trennlage und Glasvlies in Kombination mit eng verteilten Dampfdruckentspannungsbohrungen sollte zu einem kontrollierten Entweichen des Wasserdampfes nach unten führen. Als zweite Massnahme, wurde ein in der Temperatur modifizierter Gussasphalt mit einer Einbautemperatur von ca. 200 °C eingebracht und zusätzlich die Dicke der Schutzschicht auf 25 mm reduziert. Beides führt zu einer deutlichen Verringerung der eingebrachten Wärmemenge. Durch diese Massnahmen konnte eine Blasenbildung verhindert werden (Abbildung 14).

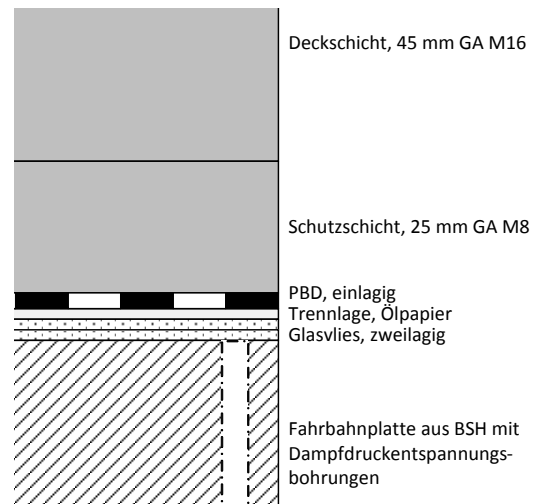


Abbildung 13: Systemaufbau des neuen Fahrbahnbelags auf der Bubeneibrücke



Abbildung 14: Fahrbahnbelag der Bubeneibrücke nach der Sanierung

5. Zusammenfassung

In der Temperatur modifizierter Gussasphalt hat sich für Holzbrücken in der Schweiz bewährt und ist als Fahrbahnbelag dem Walzasphalt vorzuziehen.

Mit den durchgeführten Scher- und Haftzugprüfungen kann eine ausreichende Haftung der geprüften Abdichtungssysteme auf dem Holzuntergrund festgestellt und bewiesen werden. Die Verbundfestigkeit kann mit denselben Systemaufbauten wie im Massivbau erreicht werden. Die Festigkeiten liegen im Bereich der Beton und Stahluntergründe.

Ein deutlicher Unterschied beim Versagensmechanismus ist bezüglich der unterschiedlichen Abdichtungen festzustellen. Das deutlich duktilere Verhalten von PBD-Abdichtungen kommt den grösseren Verformungen einer Holzbrücke entgegen. Weitere Untersuchungen bezüglich des dynamischen Langzeitverhaltens einer Holzbrücke auf den Verbund der Abdichtungssysteme sind noch durchzuführen. Bei Abdichtungen mit PBD können senkrecht zur Faser etwas höhere Kräfte übertragen werden als parallel zur Faser. Aufgrund der höheren aufnehmbaren Schubspannungen ist bei FLK-Abdichtungen eine Belastung parallel zur Faser sinnvoll.

Durch eine Blasenbildung im Asphalt reduziert sich die Scherfestigkeit im Vergleich zu einer ungestörten Probe um ca. 10-15 %. Eine reine Epoxidgrundierung alleine reicht zur Verhinderung von Blasen nicht aus. Die Oberfläche bei Aufbauten mit schubfesten Verbund muss vor dem Einbau der Abdichtung bzw. des Gussasphalts immer dampfdicht versiegelt werden. Zur Verringerung der Gefahr der Blasenbildung während des Asphalteinbaus muss die Schichtdicke der Schutzschicht bei allen Aufbauten auf maximal 25 mm begrenzt werden [2]. Bei ungedeckten Brücken wird empfohlen, eine helle Abstreuerung auf die Deckschicht aufzubringen. Dies verringert die Oberflächentemperaturen des Asphalts im Sommer und wirkt einer nachträglichen Blasenbildung entgegen.

Verglichen mit einem Neubau werden im Rahmen einer Sanierung andere Anforderungen an die Detailaufbauten gestellt. Bei Holzfeuchten über 18 % sollte von einem Aufbau mit Schubverbund abgesehen werden. Hier kann es durch das grosse Wasservolumen ansonsten zu einer vermehrten Blasenbildung kommen.

Mit der wissenschaftlichen Begleitung der Sanierung der Bubeneibrücke (Kanton Bern, Schweiz) konnte bewiesen werden, dass mit den gewählten Massnahmen während des Gussasphalteinbaus auch bei hohen Holzfeuchten keine vermehrte Blasenbildung auftritt.

6. Literatur

- [1] Scharmacher, F., Müller, A.: Untersuchung bituminöser Fahrbahnbeläge auf Strassenbrücken mit Holztragwerk. Forschungsbericht, Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau, Biel, 2013
- [2] Milbrandt, E., Schellenberg, K.: Eignung von bituminösen Belägen für Holzbrücken, Schlussbericht Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (DGfH), 1998
- [3] Durret, J.: Technischer Bericht Instandsetzungsprojekt „Instandsetzung Bubeneibrücke“, Ingenieurbüro Bächtold & Moor, 2012