

BLASEN IN BRÜCKENABDICHTUNGSSYSTEMEN; TEIL 2: HOLZ-UNTERGRUND UND MONITORING

Im ersten Teil «Blasen in Brückenabdichtungssystemen; Beton-Untergrund» wurden die Voraussetzungen für die Bildung von Blasen und deren Auftreten in unterschiedlichen Phasen des Bauwerks besprochen (siehe PAVIDENSA 1/22). In diesem zweiten Teil geht es nun um den Holz-Untergrund und das Monitoring.

  Dr. Christian Angst, IMP Bautest AG, Oberbuchsitzen

1. BLASEN AUF HOLZ-UNTERGRUND

1.1 ALLGEMEINES

Bei Abdichtungen im Verbund wurden auf Holzbrücken bisher keine wachsenden Blasen festgestellt, was auf den ersten Blick zu erstaunen vermag, liegt doch der Feuchtigkeitsgehalt im Holz deutlich über dem Wert des Betons. Berechnet man hingegen die absolute Wassermenge pro m³ Holz bzw. Beton, dann stellt man fest, dass im Beton aufgrund der höheren Raumdichte mehr Wasser vorliegt.

Im Unterschied zu Beton weist Holz eine deutlich höhere Porosität auf, sodass allenfalls auftretender Dampf zwischen Abdichtung und Unterlage durch Diffusionsvorgänge im Holz abgebaut werden kann. Wachsende Blasen, die über einen langen

Zeitraum langsam entstehen, treten bei Holz kaum auf.

Während des Einbaus des Gussasphalts treten hohe Temperaturen auf, die bei allfälligen Fehlstellen zu einer raschen Zunahme des Dampfdrucks führen, der nicht schnell genug abgebaut werden kann. Somit sind Blasen während der Bauarbeiten nicht auszuschließen, wie dies bei Laboruntersuchungen festgestellt wurde. Wir schätzen das Risiko einer Blasenbildung während den Bauarbeiten bei Holz nicht höher ein, als dies bei Betonuntergrund der Fall ist.

1.2 BLASEN WÄHREND DER AUSFÜHRUNG

In einer Forschungsarbeit des Instituts für Holzbau der BFH Biel und IMP Bautest AG

(Asphaltbeläge auf Holzbrücken; VSS 2016/326; ASTRA 2022; A. Müller, Ch. Angst et al.) wurden verschiedene Brückenabdichtungssysteme auf unterschied-

Abbildung 1:
Schnittbild einer Blase zwischen der PMMA-Abdichtung und der Holzunterlage.



CLOQUES DANS LES SYSTEMES D'ÉTANCHÉITE DE PONTS; PARTIE 2: « SUPPORT EN BOIS ET MONITORING »

La partie 1 « Cloques dans les systèmes d'étanchéité de ponts; support en béton » a traité des conditions relatives à la formation de cloques et à leur apparition dans plusieurs phases de l'ouvrage (cf. PAVIDENSA 1/22). Dans cette seconde partie, nous abordons le support en bois et le monitoring.

  Dr Christian Angst, IMP Bautest SA, Oberbuchsitzen

1. CLOQUES SUR UN SUPPORT EN BOIS

1.1 GÉNÉRALITÉS

Dans le cas d'étanchéités en adhérence, aucune apparition de cloque n'a été constatée jusqu'à présent sur les ponts en bois, ce qui peut surprendre à première vue étant donné que la teneur en humidité est toujours significativement supérieure à celle du béton. Si, en revanche, on calcule la quantité d'eau absolue par m³ de bois ou de béton, on constate alors que davantage d'eau se trouve dans le béton en raison de la masse volumique supérieure de celui-ci.

Contrairement au béton, le bois présente une porosité considérablement plus élevée, de sorte que la vapeur qui apparaît éventuellement entre l'étanchéité et le support peut être réduite dans le bois par le biais de processus de diffusion. Les cloques en croissance, qui apparaissent au cours d'une longue période, n'apparaissent guère dans le cas du bois.

Des températures élevées apparaissent durant la mise en œuvre de l'asphalte coulé, qui, en cas d'éventuels défauts, produisent un accroissement rapide de la pression de vapeur, qui ne peut pas se dégrader suffisamment rapidement. Ainsi, il

ne faut pas exclure l'apparition de cloques durant les travaux de construction, comme cela a été constaté lors d'analyses en laboratoire. Nous estimons que le risque d'une formation de cloques pendant les travaux de construction n'est pas supérieur dans le cas du bois que dans celui d'un support en béton.

1.2 CLOQUES PENDANT L'EXÉCUTION

Lors d'un travail de recherche effectué à l'Institut de la Construction bois de la HESB à Bienne et à l'IMP Bautest SA (couches d'asphalte sur les ponts en bois;

lichen Holzplatten appliziert. Etwas überraschend war der ausgezeichnete Schubverbund der Abdichtung auf der Holzunterlage. In Bezug auf die Blasenbildung während des Einbaus konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

- Die Temperaturgradienten auf Holz verlaufen deutlich anders als auf Betonuntergrund. Die geringere Wärmeleitfähigkeit des Holzes führt beim Einbau des Gussasphalts zu deutlich höheren Temperaturen in der Abdichtung als auf Beton.



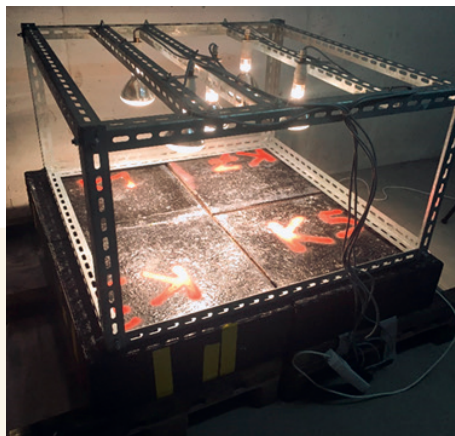
Figure 1: vue en coupe d'une cloque entre l'étanchéité PMMA et le support en bois.

VSS 2016/326; OFROU 2022; A. Müller, Ch. Angst et al.), plusieurs systèmes d'étanchéité de ponts ont été appliqués sur différents panneaux en bois. L'excellent composite de cisaillement de l'étanchéité sur le support en bois était quelque peu surprenant. Les résultats qui suivent ont pu être obtenus en ce qui concerne la formation de cloques pendant la mise en œuvre:

- Les gradients de température sur le bois évoluent de manière significativement différente que sur un support en béton. Lors de la mise en œuvre de l'as-

- FLK-Abdichtungen (Stand 2021) vertragen sich nicht mit Harz (Perpentin), das aus Astlöchern austreten kann; zudem sind sie für die auftretenden Temperaturen nicht geeignet; es treten spontane Blasen auf (siehe Abbildung 1).
- Bei PBD-Abdichtungen (auf EP-Versiegelung) sind keine Blasen entstanden, weder beim Gussasphalteinbau in einer Schichtdicke von 25 noch von 40 mm.
- Es wird empfohlen, den Gussasphalt als «Niedertemperatur-Asphalt NTA» bei Temperaturen von maximal 200 °C einzubauen.

Abbildung 2:
Links: Prüfvorrichtung zur Bildung von Blasen.



À gauche: dispositif de vérification de la formation de cloques.

1.3 WACHSENDE BLASEN AUF HOLZUNTERLAGEN

Wie eingangs erwähnt, treten in der Praxis wachsende Blasen auf Holzbrücken sehr selten auf, was bestimmt damit zu tun hat, dass bisher auf Holzbrücken in der Regel schwimmende Abdichtungen gewählt wurden. Um die Praxiserfahrungen mit Verbundsystemen zu untermauern, wurden Laboruntersuchungen durchgeführt. Dabei wurde eine bewährte Vorrichtung zur «Züchtung von Blasen» angewendet (Abbildung 2).

Prüfkörper aus unterschiedlichen Holzplatten mit unterschiedlichen Abdichtungssystemen wurden untersucht.

Rechts: durch Fehlstellen gezielt provozierte Blasen auf einer PBD-Abdichtung ohne Schutzschicht.



Figure 2
À droite: cloques provoquées de manière ciblée par des défauts sur une étanchéité LBP sans couche protectrice.

phalte coulé, la plus faible conductivité thermique du bois implique des températures significativement plus élevées dans l'étanchéité que sur le béton.

- Les étanchéités FLK (état 2021) sont incompatibles avec la résine (térébenthine) qui peut s'échapper des nœuds; par ailleurs, elles ne sont pas appropriées aux températures qui entrent en jeu: des cloques spontanées apparaissent (cf. fig. 1).
- Aucune cloque n'est apparue dans le cas d'étanchéités LBP (sur scellement

EP), ni dans le cas d'une mise en œuvre d'asphalte coulé en une épaisseur de couche de 25 mm, ni en une épaisseur de couche de 40 mm.

- Il est recommandé de mettre en œuvre l'asphalte coulé sous forme d'«asphalte à basse température» à des températures de 200 °C au maximum.

1.3 CLOQUES CROISSANTES SUR UN SUPPORT EN BOIS

Comme mentionné dans la partie introductive, les cloques croissantes sur les ponts en bois surviennent très rarement

Im Gegensatz zum Betonuntergrund konnten in keiner Holzplatte wachsende Blasen im Abdichtungssystem (inkl. Schutzschicht) erzeugt werden. Blasen entstanden selbst dann nicht, wenn in den Prüfkörpern gezielt Fehlstellen bei der Abdichtung eingebaut wurden. Somit konnte der Nachweis erbracht werden, dass wachsende Blasen auf Holzunterlagen kaum auftreten können.

2. ERKENNEN UND BEOBACHTEN VON BLASEN

2.1 PRÄVENTION UND FRÜHERKENNUNG VON BLASEN

Das wirksamste Verfahren zur Prävention von Blasen ist die Detektion von Löchern in der Versiegelung mittels Abfunken. Dabei wird zwischen der Bewehrung der Brückenplatte und einem Stahlbesen eine

elektrische Spannung aufgebaut, die sich bei Löchern in der Versiegelung entlädt und ein akustisches Signal erzeugt. Auf diese Weise können allfällige Fehlstellen direkt auf der Baustelle geortet und in-stand gestellt werden.

Auch kleinste Blasen in einer PBD-Abdichtung lassen sich auf einfache Art und Weise mittels Laubrechen erkennen. Beim

Abbildung 3:
Akustische Prüfung; Erkennen von Blasen in PBD mittels Laubrechen.



Figure 3:
examen acoustique; détection de cloques dans le LBP à l'aide d'un râteau.

dans la pratique, ce qui est certainement dû au fait que des étanchéités flottantes ont été généralement sélectionnées jusqu'ici sur les ponts en bois. Des expériences en laboratoire ont été réalisées afin de confirmer les expériences pratiques avec des systèmes composites. À cet effet, un dispositif éprouvé a été utilisé afin de procéder à une «culture de cloques» (fig. 2).

Nous avons analysé les objets de test composés de différents panneaux en bois avec différents systèmes d'étanchéité. Contrairement au support en béton, aucune cloque croissante n'a pu être générée dans un panneau en bois dans le système

d'étanchéité (y c. au niveau de la couche protectrice). Aucune cloque n'est apparue, même si les défauts ont été mis en œuvre de manière ciblée dans les objets de test dans le cas de l'étanchéité. La preuve a ainsi pu être apportée que les cloques croissantes ne peuvent guère apparaître sur les supports en bois.

2. RECONNAISSANCE ET OBSERVATION DE CLOQUES

2.1 PRÉVENTION ET RECONNAISSANCE PRÉCOCE DE CLOQUES

La procédure la plus efficace pour prévenir les cloques réside en la détection de trous dans le scellement par la méthode

dite d'étincelage. À cet effet, une tension électrique est produite entre l'armature du tablier de pont et un balai en acier. Cette tension se décharge en présence des trous dans le scellement et produit un signal acoustique. De cette manière, il est possible de localiser d'éventuels défauts directement sur le chantier et de les réparer.

Les plus petites cloques dans une étanchéité LBP sont aussi facilement reconnaissables à l'aide d'un râteau. Un signal acoustique survient lors du passage d'un râteau au niveau d'une cloque (cavité). Idéalement, le râteau est équipé d'un microphone et d'un casque d'écoute afin d'éliminer les bruits étrangers ainsi que

Überfahren einer Blase (Hohlraum) mit einem Rechen entsteht ein akustisches Signal. Idealerweise wird der Rechen mit Mikrofon und Kopfhörer ausgestattet, um Fremdgeräusche und Baustellenlärm zu eliminieren. Die Fehlstelle kann an Ort und Stelle angezeichnet werden.

Beide Verfahren, Abfunken und akustische Prüfung, sind rasche und kostengünstige Verfahren mit einem hohen Mehrwert. Können Blasen vor dem Einbau des Gussasphalts erkannt und instand gestellt werden, werden spätere, hohe Kosten zur Instandstellung vermieden.

2.2 MONITORING DER BLASEN-BILDUNG

Eine georeferenzierte Aufnahme der Oberflächen mittels Laser (Abbildung 4) ergibt eine millimetergenaue Auskunft über Lage, Durchmesser und Höhe der einzelnen Blasen. Durch die digitale Überlagerung mehrerer Messkampagnen (beispielsweise jährlich) kann das Wachstum der Blasen objektiv verfolgt werden. Veränderungen bezüglich der Anzahl, der Lage sowie der Grösse der einzelnen Blasen sind klar und nachvollziehbar dokumentiert. Dies bildet eine ausgezeichnete Entscheidungsgrundlage zur Planung allfälliger baulicher Massnahmen.



Abbildung 4: Monitoring des Blasenwachstums mit Laser-Technologie.
Oben: Messfahrzeug mit LIDAR-Scanner und Positionierungssystem.
Unten: Beispiel einer Fläche mit Blasen.

ceux du chantier. Le défaut peut être marqué sur le terrain.

L'étincelage et l'examen acoustique sont deux procédures rapides et bon marché qui présentent une haute valeur ajoutée. Des coûts ultérieurs élevés de remise en état sont évités lorsque les cloques peuvent être détectées et réparées avant la mise en œuvre de l'asphalte coulé.

2.2 MONITORING DE LA FORMATION DE CLOQUES

Une prise de vue géoréférencée des surfaces par laser (fig. 4) fournit une information au millimètre près de la position, du diamètre et de la hauteur des cloques individuelles. La croissance des cloques peut être suivie objectivement par le biais d'une superposition numérique de plusieurs campagnes de mesure (par exemple tous les ans). Les modifications en termes de nombre, de position et de taille des cloques individuelles sont documentées de manière claire et compréhensible, constituant une excellente base de décision relative à la planification d'éventuelles mesures constructives.

Figure 4: monitoring de la croissance des cloques à l'aide de la technologie laser.
En haut: véhicule de mesure avec scanner LIDAR et système de positionnement.
En bas: exemple d'une surface comportant des cloques.

