

## Vielfältige Ursachen

# Blasenbildungen bei Asphaltbelägen

Dieter Großhans und Jürgen Kastl

Das Phänomen der Blasenbildung ist bei der Asphaltbauweise seit langem bekannt und in der Vergangenheit auch in der Literatur (u.a. [1], [2], [3] und [4]) behandelt worden. Die Autoren erachten es aufgrund der diesbezüglich auftretenden Schäden für notwendig, dieses Thema wieder in Erinnerung zu bringen. In diesem Beitrag gehen die Verfasser daher auf langjährige eigene Erfahrungen bei diversen Begutachtungen von Baumaßnahmen mit Blasenbildungen ein.

Das Entstehen der Blasenbildung unter Asphaltbelägen ist sehr vielseitig und wird in der Praxis von Fachleuten auch unterschiedlich gedeutet.

Blasen gibt es vor allem auf Brücken, Parkdecks und beim Überbauen von Beton. Diese entstehen im Zusammenhang mit allen Arten von Dichtungen oder sehr dichten Asphaltdeckschichten (Gussasphalt und dichten Walzasphalten) größtenteils bei Bauwerken im Freien, selten in geschlossenen Gebäuden.

Darüber hinaus gibt es blasenähnliche Erscheinungen, die jedoch keine echten Blasen sind, beispielsweise Veränderung des Volumens von in ungebundenen Tragschichten eingeschlossenen Anhydriten (Bild 1). Darauf wird in diesem Beitrag nicht eingegangen.

Stenner und Raddatz unterscheiden in [4] Blasenbildungen unter Gussasphalt in Wasserdampfblasen, Anhebungen und wachsende Blasen sowie zusätzlich bei Flüssigfolien als Abdichtungsschicht osmotische Blasen. Für letztere fehlen den Verfassern bisher Praxisbeispiele und plausible Erklärungen.

Die Blasen können einzeln (Bild 2) oder auch gehäuft (Bild 3) auftreten und nur klein und unauffällig aber auch sehr groß (bis ca. 30 cm Durchmesser) sein.

## Voraussetzungen für die Blasenbildung

Für das Entstehen von Blasenbildungen unter Asphalt sind folgende Voraussetzungen erforderlich:

- oben eine dampfdichte thermoplastisch nachgiebige Schicht - oft Gussasphalt oder andere dichte Asphalte,
- unten eine dampfdichte Schicht - oft feuchter Beton, dichter Asphalt oder Dichtungen insbesondere aus Flüssigkunststoff,



Bild 1:  
Aufgerissene  
Beule infolge  
Quellung durch  
Anhydritanteile  
in RC-Trag-  
schicht

- zwischen beiden dampfdichten Schichten mit gutem Verbund eingeschlossenes Wasser, auch in geringen Mengen sowie
- einen Hohlraum (Kaverne) in dem Luft und Wasser oder Dampf vorhanden sind, und in den hinein Wasser verdunsten kann.

Die Skizze in Abbildung 1 zeigt das Prinzip der „wachsenden Blasen“. Bei Wärmeeinwirkung entsteht ein erhöhter Gasdruck, unter dem der Asphalt sich plastisch aufbaut.

Die Ausdehnung des Wasserdampfs bei Erwärmung beispielsweise durch intensive Sonneneinstrahlung ist vergleichsweise groß. Die ersten Blasen entstehen meist nach den ersten Hitzeperioden im Frühjahr, bei denen die Tagestemperaturen im Asphalt um 40 bis 50 K steigen können. Hierbei kann aus 1 g = 1 cm<sup>3</sup> Wasser unter atmosphärischem Druck ein mehr als 1.000faches Dampfvolument entstehen. Das Vorhandensein von nur ca. 0,1 bis 0,3 g Wasser kann je nach eintretendem Druck zu einem Blasen-



Bild 2: einzelne  
Blase auf Stahl-  
brücke



**Bild 3: Brückenoberfläche mit gehäuft auftretenden Blasen im Gussasphalt über alter Mastixdichtung**

volumen von 100 bis 300 cm<sup>3</sup> mit Durchmessern bis ca. 30 cm und Höhen von mehreren Zentimetern führen. Bild 4 zeigt eine Blase über feuchtem Gestein in der Pufferschicht. Bei fehlendem Verbund (z. B. durch eine Trennschicht) oder bei sehr offenporigem Asphaltbinder tritt eine Dampfdruckentspannung ein, die die Blasenbildung verhindert. Für wachsende Blasen gelten weitere Voraussetzungen:

- Abkühlung, die den Dampf zu Wasser kondensieren und einen starken Unterdruck entstehen lässt, währenddessen der Asphalt in der Kälte versteift und die Verformung bleibt.
- Bei mehrfacher Wiederholung von Abkühlung und Erwärmung und hoher Intensität beider wächst die Blase, bis der Wasserdampf irgendwohin entweichen kann.
- Befindet sich unter der dampfdichten Schicht etwa feuchter Beton, können die so genannten wachsenden Blasen entstehen. (Auch lufttrockener Beton enthält noch Feuchtigkeit!) Durch Kapillarporen im Beton wird infolge des bei Abkühlung in einer Kavertne entstehenden Unterdrucks immer wieder Wassernachschub angesaugt.

Die dadurch entstehenden Blasen wachsen bis sie nach oben aufgehen oder bei kritischer Grö-

ße unter Verkehr zusammenbrechen bzw. der Wassernachschub versiegt.

Ähnliches beschreibt Michalski in [1] - das Blasenwachstum auf trockener und feuchter Unterlage. Beide Modelle gehen von einer gasundurchlässigen, thermoviskosen Schicht auf einer kapillarporösen Unterlage aus, beispielsweise Gussasphalt auf Beton oder auf einem Asphaltbinder.

### Woher kommt das Wasser?

Es gibt mehrere Möglichkeiten dafür, dass Wasser zwischen die Schichten gerät.

#### Einbau auf nasser Unterlage

Das Wasser muss nicht nur von Niederschlägen herrühren, sondern kann auch aus nicht verdunstetem Emulsionswasser des Anspritzmittels stammen. In den Vertiefungen abgefräster Flächen sammelt sich oft die Emulsion in Pfützen an und verdunstet bei schnellem Baufortschritt oder bei Verwendung eines Sprühfertigers und bei großen Anspritzmengen nicht schnell genug.

#### Wasseransammlung

Wasser wird in einen zufällig vorhandenen Hohlraum des Asphalts durch eine Kapillare aus dem Untergrund nach dem beschriebenen pumpenden Wiederholungsmechanismus angesaugt und kann zu erheblichen Mengen an Kondenswasser führen (Abbildung 2).

#### Kondenswasser

Auf der scheinbar lufttrockenen Unterlage kann sich bei entsprechender Taupunktsituation in Mikroporen unsichtbar Kondenswasser bilden, das beispielsweise bei Stahlbrücken mittels Flammstrahlen unmittelbar vor der Asphaltverlegung ausgetrieben werden muss. Wird die Haftschicht zu spät und nicht auf die noch warme Stahl Oberfläche aufgebracht hat sich eventuell schon neues Kondenswasser gebildet.

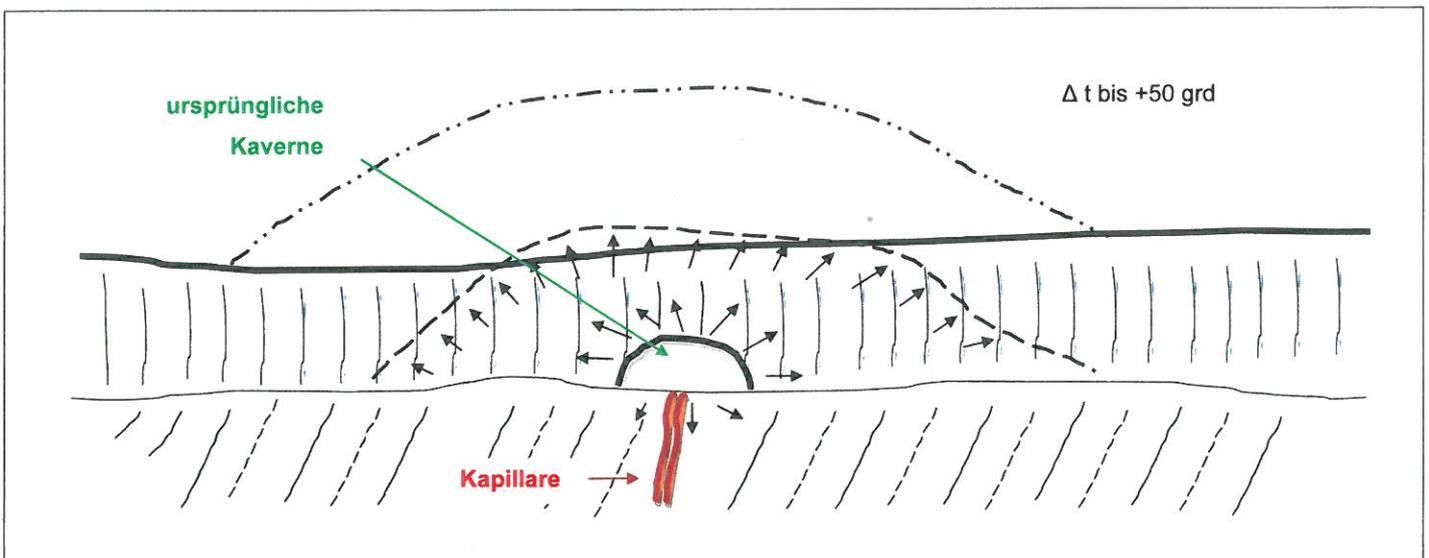
### Stillstand des Blasenwachstums

Warum eine Blasenbildung zum Stillstand kommt, kann verschiedene Gründe haben. Entweder das Wasser ist nicht mehr vorhanden oder der Nachschub kommt etwa durch zunehmende Austrocknung weitgehend zum Erliegen. Oder die Verkehrsbelastung oder Auflasten mehrerer Asphaltsschichten durch hohen Druck können eine weitere Volumenvergrößerung der Blase verhindern.

Warum Blasen sich wieder völlig oder auf wenige Millimeter Höhe eineben können, erklärt sich beim typischen Auftreten ringförmiger Risse (Bild 5). Dabei brechen die Blasen infolge starker Verkehrsbelastungen ein.

Sind die Risse aber sternförmig und von oben her aufgerissen, ist das darauf zurückzuführen, dass Blasen beim Heißeinbau von Walzasphalten auftraten. Der eingeschlossene Wasserdampf entwich durch die Risse in dem Zeitraum, als der Asphalt noch keinerlei Zugfestigkeit besaß. Die Risse werden dann häufig wieder zugewalzt und sind für einige Zeit unsichtbar. Hier verbleiben aber Schwachstellen, die nach Jahren infolge Alterung sich wieder öffnen können.

Der eigentliche aufgetriebene Blasenohlraum wird bei sinkendem Dampfdruck während des Abkühlens unter den Walzen wieder fast völlig angedrückt. Bei vorhandener Anspritzung und der ja meist besonders bei den bindemittelreichen Gemischen auftretenden Blasenbildung tritt auch sekundär wieder eine Verklebung der Schichten ein. Die Blase hat sich entspannt. Bei guter Verklebung kann die Rissstelle noch lange halten. Eng verbunden mit der Blasenbildung ist oft auch die Bildung von so genannten Kanülen. Kanülen entstehen vornehmlich beim Gussasphalteinbau, wenn Dampf aus meist noch kleinen Blasen durch das heiße, noch flüssige Material hindurch an die Oberfläche steigt und die Öff-



**Abbildung 1: wachsende Blase auf Beton mit kapillarem Nachschub**



Bild 4: Blase infolge feuchtem Gestein (in der Pufferschicht einer Stahlbrücke)

nung infolge Erkaltung und Versteifung sich nicht mehr schließt (Bild 6).

Werden die Kanülen jedoch noch beim Einbauen verschlossen oder verstopft, können Blasen unter der Oberfläche stecken bleiben und gegebenenfalls später wieder weiterwachsen.

Kanülen können beispielsweise nach Einbau auf nasser Unterlage massenhaft auftreten. Da sie aber aus einem dampfdichten Blasenohlraum hervorgehen, der natürlich auch wasserdicht ist, gefährden sie den Bestand einer ansonsten „gesunden“ Gussasphaltdeckschicht mit gutem Verbund nicht sonderlich, werden auch oft vom Verkehr zu gewalkt.

### Blasen über oder unter Dichtungen

Für die Verursachung der Blasen und die Sanierung ist relevant, ob die Blasen unter oder über

der Dichtung entstanden sind. Da oft Straßenbelag und Dichtung nicht aus einer Hand stammen, wird hierzu viel gestritten.

Beim Entstehen von Blasen über der Dichtung liegt in der Regel ein Einbaumangel durch Einbauen auf nasser Unterlage vor. Erkennbar ist das am Vorhandensein von Kavernen an der Asphaltunterseite.

Im Ausnahmefall können aber auch eine Perforierung der Dichtung und Dampf unter derselben ursächlich sein.

Einen Sonderfall stellen die Flüssigkunststoffdichtungen (FKD-Spritzdichtungen) dar, die beim Gussasphalteinbau Gase freisetzen und zu Blasen (Bild 7) führen können, die denen beim Einbau auf feuchter Unterlage sehr ähneln. Spritzdichtungen enthalten verfahrensbedingt bis zu 15 Vol.-% Hohlräume - besonders viel bei hoher Luftfeuchte während des Auftrags. Diese in der Dichtung eingeschlossene Luft erfährt

beim heißen Überbauen eine immense Ausdehnung, die zu sichtbaren meist kleinen aber vielen Blasen etwa im Schutzgussasphalt führen kann. Beim Überbauen mit einer zweiten Lage werden sie dann zum Teil ausgetrieben oder auch nur unsichtbar. Beim Überbauen mit Walzasphaltbelägen können viele kleine zu einzelnen großen Blasen zusammengeschoben werden. Wenn diese rechtzeitig aufgestochen und eingewalzt werden, können sie schadlos bleiben.

Beim Entstehen von Blasen unter der Dichtungsbahn (Kavernen liegen unter der Dichtung), kann ebenso das Aufbringen der Dichtung auf nasser Unterlage ursächlich sein. Es kann aber auch eine unsichere Grundierung schuld sein, also ein Systemfehler vorliegen - beispielsweise einlagige Grundierung statt zweilagiger Versiegelung.

### Stand der Technik bei der Vorbehandlung von Beton

Das Ansaugen von Wasser soll durch die Vorbehandlung des Betons mit Epoxidharz verhindert werden. Die Oberfläche soll dampfdicht verschlossen werden. Die für Brücken gültige Vorschrift ZTV-ING Teil 7 und auch ihre Vorgängerin ZTV-Bel B-1/87 sehen dafür die einlagige Grundierung vor.

Nun sind einlagige Beschichtungen nie voll deckend und dicht, was eigentlich leicht nachzuvollziehen ist. Die vielen diesbezüglichen Schadensfälle mit Blasenbildungen, trotz Grundierung, beweisen das immer wieder. Die Maler kennen das Prinzip, dass erst mit mehreren Voranstrichen und einem Deckanstrich ein lückenloser Anstrich erreicht wird.

Die Erfahrung der letzten Jahre verlangt eine mindestens zweilagige Beschichtung, die in der ZTV-ING aber nur „gegebenenfalls“ unter der Bezeichnung Versiegelung oder bei rauen Oberflächen auch als zusätzliche Kratzspachtelung erwähnt wird.

Die Brückenbauer sehen den Sinn der Vorbehandlung des Betons leider meist nur als Schutz des Betons vor Korrosion und zur Sicherung des Verbundes mit der Dichtung.

Das leistet „gegebenenfalls“ auch die einlagige Grundierung. Aber sicher dampfdicht und damit dampfdruckhaltend ist die einlagige Grundierung wegen der unvermeidlichen Lückenhaftigkeit und möglicher noch in der Flüssigphase entstandener Poren - also unsicherem Verschluss nicht. Deshalb hat nach Ansicht der Verfasser die zwingende Zweilagigkeit, in der ZTV-ING als Versiegelung bezeichnet, noch nicht den nötigen Niederschlag in der Vorschrift gefunden. Es bleibt der Erfahrung des Planers oder auch des Ausführenden überlassen, die sichere Bauweise Versiegelung statt der billigeren Grundierung zu wählen.

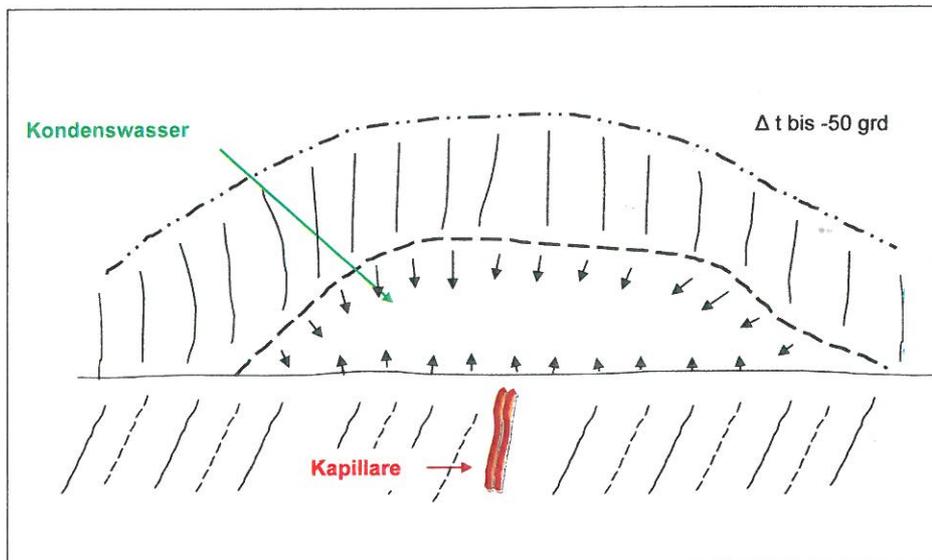


Abbildung 2: Ansaugen von Wasser beim Abkühlen



*Bild 5: ringförmig eingebrochene Blase im Splittmastixasphalt durch Verkehrsbelastung*

### Maßnahmen gegen die Blasenbildung

Die Blasenbildung ist an die zuvor geschilderten Voraussetzungen gebunden. Maßnahmen, die eine Blasenbildung verhindern, müssen dem System eben diese Voraussetzungen entziehen. Die Wirksamkeit solcher Maßnahmen ist sehr unterschiedlich auch hinsichtlich des erforderlichen Aufwandes.

Die Witterungseinflüsse verhindern zu wollen, beispielsweise durch Überdachung ist selten sinnvoll. Natürlich sind besonders starke Einflüsse aus Feuchte und krasse Temperaturwechsel auch besonders blasenträchtig und mahnen zur Vorsicht. Besondere Bauzustände verlangen Berücksichtigung – wenn etwa zu überbauende Flächen lange ungeschützt liegen bleiben, einregnen oder wenn darüber liegende Schichten abgefräst werden, die die Blasenbildung bisher gebremst oder verhindert haben.

Viele Einbauvorschriften versuchen Nässe und Feuchtigkeit mit der Forderung nach trockener Unterlage auszuschließen. Praktisch steht dann die Frage, wann die Unterlage trocken genug ist. Für die Herstellung des Verbundes genügt meist die Formulierung: „kein geschlossener Wasserfilm“. Für die Vermeidung von Blasen genügt das

allein nicht. Auch auf einem staubtrockenen Beton eingebauter Gussasphalt bringt unweigerlich, wenn auch manchmal erst nach Jahren, Blasen hervor.

Poröse Gesteine, die lange dem Wasser ausgesetzt waren, halten dieses auch sehr lange, auch wenn sie oberflächlich längst trocken sind. Sie können zu gefährlichen Blasenbildnern werden (Bild 4). Die Dampfentspannung zwischen den dichten Schichten durch eine so genannte Dampfentspannungsschicht zu erzielen, ist auf verschiedene Art möglich. Früher wurden vielfach Ölpapier, Rohpappe oder das nicht verrottende Glasvlies auch Lochglasvlies als Trennschicht verwendet. Das hat gegen die Blasen geholfen – ohne Verbund gibt es keine Blasen. Im Verkehrsbau führte das jedoch wegen fehlendem Verbund und der damit verbundenen verringerten Biegezug- und Schubfestigkeit sowie Unterläufigkeit von Wasser zu Rissen im Belag. Heute baut man deshalb grundsätzlich mit Verbund.

Ein geeignetes Mittel dazu ist die Asphaltbinderschicht. Ein „blasensicherer Binder“ ist nach Ansicht der Verfasser ein offener Binder mit unter allen auftretenden Produktionsbedingungen garantiertem Hohlraum über 5 Vol.-%, in dem sich Dampf ungehindert ausbreiten und entspannen kann. Die dabei des Öfteren ange-

wandten mageren Asphaltbinderschicht mit möglichem Hohlraum bis 10 Vol.-% zeigten unter Wassereinfluss jedoch Haftungsmängel und Entmörtelungen bis hin zum völligen Zerfall. Geeigneter sind wasserbeständige, etwa splittmastixähnliche Asphaltbinderschichten mit haftungsverbessernden polymermodifizierten Bitumen (PmB) und dicken Bindemittelfilmen, die auch unter schwerem Verkehr stabil genug bleiben und Wassereinwirkungen aushalten. Ein „offenporiger Asphalt“ als Asphaltbinderschicht würde Blasen sicher verhindern.

Die vielfach vertretene Ansicht, ein dichter Asphaltbinder, der wasserbeständiger ist, würde erst gar kein Wasser aufnehmen und so Blasen vermeiden, ist zweifach falsch. Erstens wird er in der Praxis einbau- und baustoffbedingt nicht immer und überall dicht genug. Zweitens bewirkt er keine Dampfentspannung. Das hat zur Folge, dass Wasser in sonst dichter Umgebung in offenen Einzelstellen eingeschlossen werden kann und dort bei dichter Asphaltdeckschicht zu Blasen führen kann (Bild 8). Diese Einzelstellen können durchaus auch massenhaft auftreten, wenn z.B. kaltes Material aus Krustenbildungen vom Fertiger gleichmäßig zerkleinert, in kleinen Klumpen verteilt, aber noch nicht genügend durchgewärmt eingebaut wird. Bei temperaturabgesenkten Asphaltten wird dieses Risiko noch verstärkt, weil sie schneller aushärten.

In Untersuchungen [3] wurde festgestellt, dass die Gefahr der Blasenbildung bei Gussasphalt besonders groß bei Hohlraumgehalten der Asphaltbinderschicht zwischen 3 und 5 Vol.-% ist. Daher schlagen die Verfasser von [3] vor, dass die Hohlraumgehalte der Asphaltbinderschicht entweder < 3 oder > 5 Vol.-% sein sollten. Ein Hohlraumgehalt von < 3 Vol.-% ist wie von den Autoren erläutert in der Praxis nicht sicher zu realisieren und wegen zunehmender Stabilitätsprobleme nicht optimal, deshalb bleibt die offene Asphaltbinderschicht die bessere Variante.



*Bild 6: Kanülen durch eingefallene Blasen*



*Bild 7: Flüssigkunststoff-Dichtung, nach ca. 1 min werden kleine Blasen sichtbar*



Bild 8: Blase unter SMA auf dichtem Binder mit porösen Einschlüssen



Bild 9: Blase unter dichtem Splittmastixasphalt auf SAMI über Beton bei einer Autobahnbaumaßnahme

Im Asphaltstraßenbau haben sich grundsätzlich Bauweisen mit Verbund durchgesetzt – auch im Brückenbau. Im Hochbau kann die „alte“ Trennschicht zuweilen noch Sinn machen.

Oftmals soll geschädigter Beton dünn überbaut werden. Der für eine ausreichende Lebensdauer unverzichtbare Verbund wird erfolgreich beispielsweise mit einer SAMI erzielt, die aber nicht dampfdruckdicht sein kann, weil sie in der Wärme zu weich wird. Wird auf eine Dampfentspannungsschicht, wie eine geeignete offene Binderschicht verzichtet, ist das Risiko einer Blasenbildung sehr hoch (Bild 9) und in der Praxis auch häufig vorgekommen (A 10 bei Rangsdorf, A 9 bei Köckern). Eine Vermeidung der Blasenbildung wäre in diesem Fall nur möglich, wenn man nach oben dampfopen bauen würde. Die heute im Sinne einer längeren Lebensdauer vorgesehenen dichten und trotzdem ausreichend stabilen Asphaltdeckschichten bergen produktionsbedingt das Risiko – wenn vielleicht auch nur stellenweise – dampfdicht zu werden. Dann sind Blasen unvermeidlich. Ein lärm-mindernder offenporiger Asphaltbelag (PA, SMA LA) wäre hier, abgesehen von der Lebensdauer, eine geeignete Lösung.

In der Praxis bewährt hat sich bei Betonfahrbahnen jedoch eine zweilagige Überbauung, wobei auf einer SAMI-Schicht eine dampfdruckentspannende Asphaltbinderschicht und darüber eine dichte Asphaltdeckschicht aufgebracht wird [5].

## Vorschläge zur Sanierung

Die erfolgreiche Sanierung von Blasenschäden setzt die genaue Kenntnis der Ursachen voraus. Nicht wachsende Blasen – also solche, die durch eingebautes Wasser entstanden sind und die keinen Wassernachschub mehr erhalten – können im Einzelfall aufgestochen und warm angedrückt

werden. Sie sind im Inneren meist absolut sauber und kleben wieder an. Eine andere Möglichkeit, aber ungünstigere, wäre ein Flicker.

Treten die Blasen sehr gehäuft auf, ist nur das Abfräsen und das Erneuern eine qualitätsgerechte Lösung. Wenn die Blasen verkehrsbedingt und auch im Winterdienst für die Schneepflüge erträglich sind, könnte man die Sanierung auch bis zur zwingenden Zustandsverschlechterung aufschieben.

Bei wachsenden Blasen mit ständigem Wassernachschub liegt ein Systemfehler zu Grunde, der gefunden und beseitigt werden muss. Der Wassernachschub ist beispielsweise durch eine dampfdichte Versiegelung zu unterbinden oder der Dampfdruck wird durch offenen Binder oder offene Deckschicht entspannt.

Liegen die Ursachen der Blasen unter der Dichtung, wird es teuer. Nur Einzelblasen lassen sich nach Beseitigung der Ursache und fachgerechter Reparatur der Dichtung beseitigen. Meist sind Dichtung und Belag regelgerecht neu herzustellen.

## Fazit

Das Erklären der Ursachen und die Sanierung von Blasenbildungen erfordern immer eine komplexe Betrachtung des Gesamtsystems der Konstruktion, Umgebung und der Umwelteinflüsse. Der gesamte Herstellungsprozess und Bauablauf sollten rekonstruiert und in die Betrachtungen einbezogen werden. Selten ist eine Baustoffuntersuchung allein zielführend. Meist ist ein interdisziplinäres Zusammenwirken von Asphalteinbauer und Prüfstelle sowie gegebenenfalls Brückenbauer, Ingenieurbauer oder Abdichter zweckmäßig.

Aufgrund der Vielseitigkeit des „Blasenproblems“ möchten die Verfasser mit diesem Beitrag allgemeine Anregungen geben und zu einer weiteren Diskussion dieses Themas anregen.

## Literatur

- [1] Michalski, C.: Wachsende Blasen in Schichten aus Asphalt unter besonderer Berücksichtigung von Brückenbelägen, Teil 1: Entstehen wachsender Blasen; Straße und Autobahn 5/97, S. 251 – 257
- [2] Michalski, C.: Wachsende Blasen in Schichten aus Asphalt unter besonderer Berücksichtigung von Brückenbelägen, Teil 2: Wachsende Blasen in der Praxis; Straße und Autobahn 7/97, S. 371 – 376
- [3] Grätz, B.; Klimke, H.-D.; Mock, P.; Schminke U. und Seibert, Ch.: Einflussgröße Hohlraumgehalt der Asphaltbinderschicht - Blasenbildung beim Gussasphalt-Einbau; asphalt 2/2011, S. 15 – 23
- [4] Raddatz, J.; Stenner, R.: Blasenbildung in und unter Reaktionsharzbeschichtungen, Ostfildern; Technische Akademie Esslingen, 1999. - Industrieböden, 99 Internationales Kolloquium, 12. – 14.01.1999, (Seidler, P. (Ed.)) Vol I, S. 545 – 556
- [5] Großhans, D.; Tschierschke, A.: Höhesparende Überbauung von Betonstraßen mit Hilfe der SAMI-Bauweise; Straße und Autobahn, Heft 03/08, S. 135 – 146

## Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr.-Ing. Großhans  
PEBA Prüfinstitut für Baustoffe GmbH  
Köpenicker Landstraße 280  
12437 Berlin  
berlin@peba.de

Dipl.-Ing. Jürgen Kastl  
Steinpfehlstraße 6  
16515 Zühlsdorf  
jkastl@gmx.de