Brückenfahrbahn - Schäden und Sanierung

Autor(en): **Kilcher, Friedrich**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **100 (1982)**

Heft 47

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74894

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Brückenfahrbahn – Schäden und Sanierung

Von Friedrich Kilcher, Solothurn

Sehr häufig sieht der Strassenbenützer den intakten Strassenbelag plötzlich duch reparierten Brückenfahrbelag unterbrochen. Das muss einen Grund haben! Der folgende Bericht ist eine Fortsetzung des Themas «Brückenabdichtungen» (vgl. diese Zeitschrift Heft 33-34/1980). Neuere Schäden mit Detail-Expertisen zeigen sogar vermehrt, dass das Erkennen der Schadenursachen nach wie vor ein Problem bedeutet. Es scheint selten möglich zu sein, eine umfassende Expertise zu erhalten, vielmehr kann jeder Beteiligte seine eigene Wunschexpertise erstellen lassen.

Um gleiche Schäden zu vermeiden, ist aber eine umfassende, sachlich seriöse Ursachenforschung nötig. Erst aufgrund der dann gewonnen Erkenntnisse ist die dauerhafte Reparatur zu bestimmen. Die kulante Vertuschung und Behebung von gewissen Schäden bringt uns nicht weiter, ihre Wiederholung ist oft schon programmiert.

Die Reihenfolge des Auftretens von Schäden ist meist nicht mehr einfach rekonstruierbar, insbesondere wenn der Belag, die Abdichtung und der Beton stark beschädigt sind. Aber genau diese Kenntnis ist dringend erforderlich, um Wiederholungsschäden zu vermeiden.

Einige auffallende Schadenfälle an Brücken werden hier unter die Lupe genommen. Deshalb werden vorerst alle wichtigen Mängel aufgelistet, um dann die mögliche Reihenfolge aufzuhellen. Denn: «viele wissen nur wenig über die wesentlichen Zusammenhänge.»

Einleitung

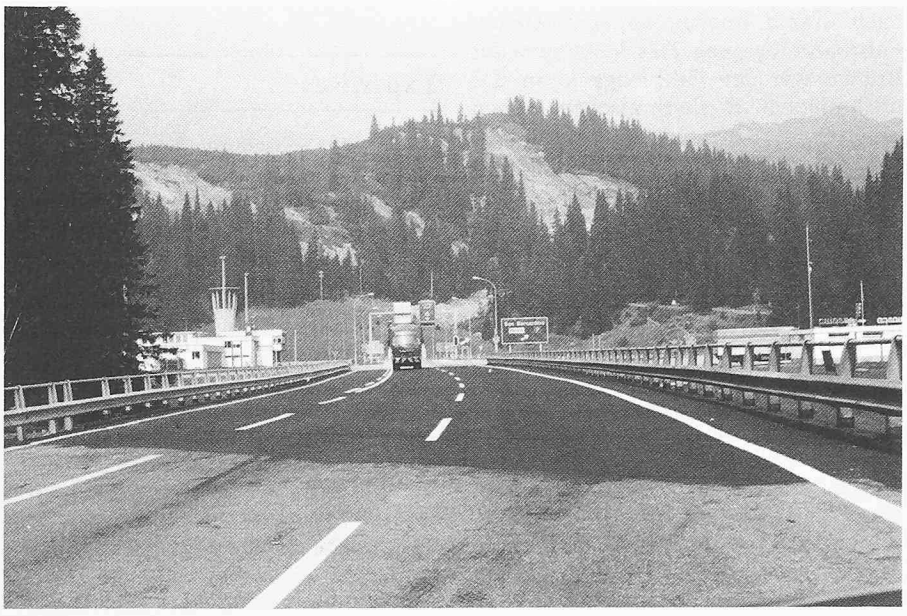
Beobachtungen

Es ist ein allgemein bekanntes Bild beim Befahren von Strassen, dass in einem Strassenzug mit noch intaktem Fahrbelag ein *erneuerter Brückenbelag* sichtbar wird. Man fährt vorbei und hat das Gesehene bereits vergessen. (Bild 1 und 2). Aufmerksamer werden wir, wenn infolge laufender Sanierungsarbeiten Teilstücke von Strassen gesperrt sind.

Belagsschäden an Brücken treten *deutlich häufiger* auf, als auf der Strasse. Im allgemeinen wird ein Brückenbelag dann ersetzt, wenn die sichtbaren Oberflächenschäden infolge Rissebild oder Spurrinnen eine einfache Reparatur nicht mehr ermöglichen. Einzelne Brückenbeläge werden sogar alle drei Jahre ersetzt; eine Schadenursachenermittlung wäre also dringend angezeigt.

Schäden an der Brückenkonstruktion sind eher seltene Auslösmomente für grosse Sanierungsarbeiten, ausgenommen bei ganz alten Brückenobjekten.

Bild 1. Sanierte Brücke in intakter Strasse



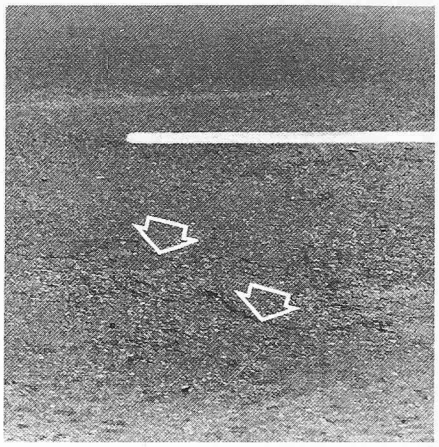


Bild 2. Erste Risse im Brückenbelag

Es sind meist Folgeschäden. Aber dennoch lohnt es sich, einmal gründlich den *Schadenursachen* nachzugehen und sie an ausgesuchten Objekten bis in die letzten Details zu verfolgen. Das hieraus Gelernte kann für andere Brückenobjekte nützlich gemacht werden.

Es ist nicht einfach, anhand des Schadenbildes auf den schadenverursachenden Grund zu schliessen. Der Fahrbelag auf der Brücke ist derselbe wie auf der Strasse und dort meist nicht defekt. Der Beton ist laut Würfeldruckfestigkeit sowieso in Ordnung. Also bleibt die Behauptung: Die Abdichtung ist der Sündenbock! Doch «was auf der Strasse gut ist, muss nicht zwangsläufig auf einer Brücke tauglich sein».

Aufschluss erhält man aber durch

- «junge Schäden», welche noch nicht die ganze Brückenfahrbahn erfasst haben
- die genaue Analyse von «Neuschadenbeginn» an sanierten Objekten
- sowie eine vergleichende analytische Kombination von Schadenbildern und Schaden-Chronologie an mehreren Brückenobjekten (Bild 3), womit die *Entstehungsreihenfolge* erkannt und die *wahren Ursachen* erforscht werden können.

Schäden am Strassenbelag

Schäden am Brückenbelag lassen sich mit jenen am Strassenbelag vergleichen, weshalb dieses Thema hier zuerst beschrieben wird.

Schäden am Strassenbelag sind vielfältig und unter den Fachleuten bekannt [1]. *Grob* definiert sie als «solche, die zur Unzeit, d. h. viel zu früh, auftreten und vorzeitige Reparaturen nötig machen». *Blumer* nennt als schadenbildende Faktoren:

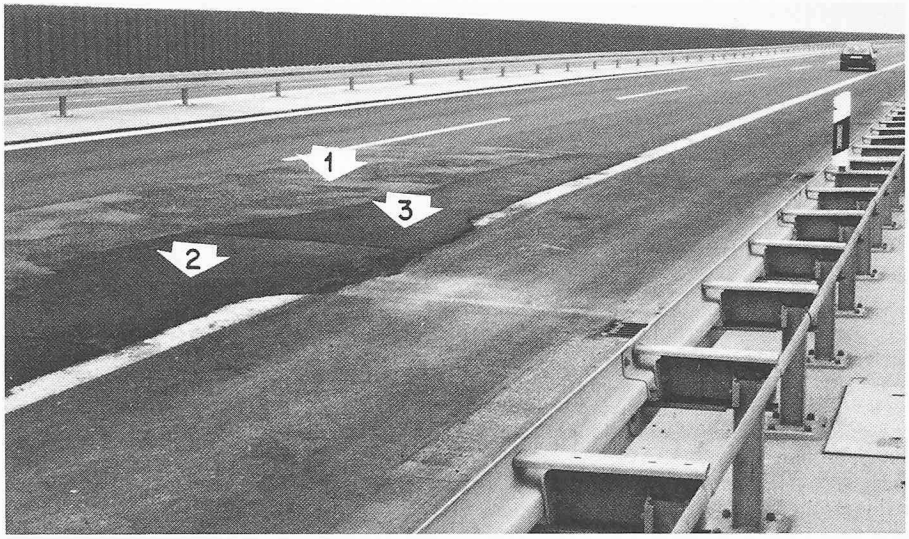


Bild 3. Junger WA-Brückenbelag auf einem Autobahnviadukt. 5 Monate nach Inbetriebnahme hat es bereits drei «Reparatur-Generationen»

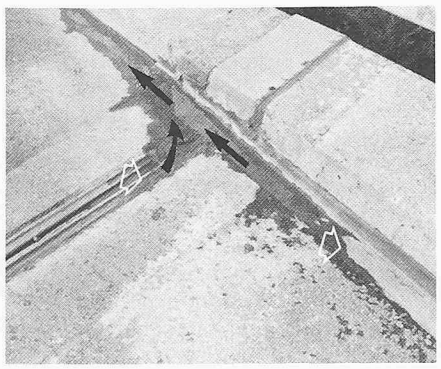
- *Anteil Schwerverkehr:* «... es braucht 6500 Personenwagen, um dieselbe Beanspruchung auszuüben wie ein beladener Dreiachser von 25 t Gesamtgewicht.» Die Beanspruchung steigt mit der 4. Potenz der Achslast (AASHO-Road-Test). Und weiter: «... eine starke Beanspruchung auf Verformung stellt sich überall dort ein, wo die Schwerfahrzeuge nur mit niedriger Geschwindigkeit fahren können oder gar anhalten müssen. Besonders schadenanfällig sind deshalb längere Steigungen, Kriechspuren, enge Kurven, Kreuzungsbereiche und vor allem Stauräume vor Signalanlagen.»
- *klimatische Einflüsse:* Sommerhitze, Frost und Auftauen
- *kumulative Schäden* sowie Risse bei dünnen Belägen und Spurrinnen bei dicken Belägen.

Schäden an Brückenbelag

Vergleich Strasse-Brücke

Auf der Strasse liegt der Belag (Walzasphalt; WA-Belag) in relativ grosser Dicke auf einem (elastischen) Kieskoffer als Unterkonstruktion. Spurrinnen können die Folge von kriechendem Nachgeben oder nachträglichem Komprimieren des Belages sein. Risse im Belag sind meist Folgen von seitlichem Schieben einer Schicht, von örtlichen Setzungen des Unterbaues oder Terrains, Verdrückungen, Frosthebungen, ungeeignetem Mischgut, unzureichender Verdichtung usw. Regenwasser durchdringt den WA-Belag und fliesst im Kieskoffer weg.

Bild 4. Fahrbahnübergang mit aufsteigendem Wasser aus dem Fahrbelag und Anschlüssen. Der Anschluss zum Fahrbahnübergang wurde bereits mit GA saniert



Auf einer Brücke wird der Fahrbelag dagegen praktisch immer dünner als auf der Strasse eingebaut. Warum eigentlich? Die Unterlage ist örtlich gesehen harter Beton, von der Tragkonstruktion her gesehen schwingender Beton.

Der (dünnere) Fahrbelag wird zwischen Rad und Beton «geschmiedet» (wie zwischen Hammer und Amboss). Er wird nachverdichtet (ein alter Belag kann somit in der Probe gut verdichtet sein).

Sehr oft finden sich grosse Schäden nach einem uneben angeschlossenen Fahrbahnübergang. Das Schwingen der Brücke wie der Fahrzeuge kann das «Schmieden» in rhythmischen Folgen erhöhen. Örtliches Ausschlagen, Verdrängen und Verdichten (und daraus folgende Unebenheiten) erhöhen die Schlagwirkungen erneut und sind vielgesehene Bilder (Bild B2).
Die ersten und grössten Schäden zeigen sich deutlich in der Hauptfahrspur der Schwerfahrzeuge (Bilder B 1 und B 2).

Das Regen- und Schmelzwasser durchfliesst den WA-Belag, kann aber unten nicht weg, sondern wird gezwungen, sich in der untersten Belagsschicht den Weg zu Entwässerungsröhrchen zu suchen, welche es nur erschwert findet, infolge unterschiedlicher Verdichtung des Belages und Unebenheiten in der Unterlage.

Belagseinbau auf Brücken (Bilder 4 und A 1)

Die SNV-Norm für Brückenbeläge [2] gibt Anhaltspunkte über die Erwartungen, welche an einen Brückenbelag gestellt werden, wie z. B.

- Mindestdicke(9cm)
- Genauigkeit beim Einbau
- Belagsentwässerung
- Anschlüsse an Fahrbahnübergänge,

sowie hauptsächliche Schadenursachen und «Anforderungen zur weitmöglichen Einschränkung von Schäden», wie Wasserdichtigkeit, Vekehrssicherheit, Stabilität, Rissefreiheit, Verschleissfestigkeit und Schichtverbund. Leider fehlen dem neusten Wissensstand angepasste Hinweise, wie obige Bedingungen wirklich erreicht werden können.

Auf dem «kalten» Brückenobjekt wie an der «kalten« Oberflächenluft wird durch Abstrahlung der heisse Mischbelag rasch abgekühlt und kann deshalb dort nicht mehr genügend verdichtet werden. (Für das Verdichten gibt es einen oberen und einen unteren Temperaturgrenzwert). Die hohlraumreicheren Belagspartien finden sich deshalb auch an der Belgasoberfläche und (bei Brücken speziell) in der Berührungszone zur Brücke resp. zur Abdichtung. Die Mittelschicht erweist sich demgegenüber in der Regel als gut verdichtet.

Die Gefahren für den WA-Belag auf der Brücke sind hieraus bereits erkennbar:

- Wasser in der Oberfläche
- Wasser in den untersten Belagszonen
- Der freie Rand einer ersten Einbau-Etappe ist wegen der Ausweichmöglichkeit des Belages beim Walzen praktisch immer schlechter verdichtet.

Expertisen

Wer ist der Schadenverursacher? Wichtige Informationen liefert ein statistischer Vergleich verschiedener Betonbrücken mit konstruktiv unterschiedlichem Aufbau, unterschiedlichem Alter und unterschiedlichem Schadenbild: schadhaft bis unbeschädigt auf dem gleichen Ojekt bei unterschiedlicher Verkehrsbelastung (Gewicht, Geschwindigkeit sowie brückenparallele Flächenbeanspruchung aus Gefälle, Kurven, Beschleunigungszonen, Bremszonen usw.). Es braucht, wie jedermann erkennen kann, Erfahrung mit einigen Brückenobjekten, um daraus Schlüsse ziehen zu können. Vor allem braucht es aber viel, viel Zeit für

ein gründliches Studium der möglichen Zusammenhänge, um die Ursachen herauskristallisieren zu können. *Die Schnelligkeit des Auftretens* von Schäden ist immer abhängig vom Zusammenwirken zweier oder mehrerer Ursachen.

Unabhängig von der eigentlichen Schadenursache ist die Verkehrsbelastung für das rasche Fortschreiten des Schadens verantwortlich.

Für die Schadenhäufigkeit ist die Kombination der Materialien (Belag, Abdichtung und Beton) von enormer Bedeutung.

Die mikroklimatische Situation, speziell aber auch die *bauphysikalischen Verhältnisse* in der Konstruktion werden als Ursachen von Schäden sehr häufig verkannt.

Wenn ein Schaden während der Garantiezeit auftritt und die Ursache nicht eindeutig feststellbar ist, holt man einen Experten – sofern nicht eine Partei es vorzieht, schnell den Schaden zu reparieren, damit er nicht augenfällig wird.

Der Experte, die Experten, der «Parteiexperte»

Je nach Einigkeit und bei gutem Willen einigt man sich auf einen einzigen Experten oder auf ein Expertenkollegium.

Oft zieht eine Partei aber vorgängig einen Experten bei: meist wird er nur von dieser Partei informiert. Je nach seiner Aussage wird er für die andern Beteiligten zum «Parteiexperten». Eine weitere Partei sucht nun ihren Experten. Er erstellt die zweite «Parteiexpertise», welche der ersten Expertise natürlich in vielen Punkten widerspricht. Es bleibt jener dritte Beteiligte, der von den beiden andern Experten die noch nicht widersprochenen Angriffe über sich ergehen lassen muss. Auch er braucht nun einen Parteiexperten, welcher Teile der vorgängigen Expertisen anerkennt und Teile vehement bekämpft, bekämpfen muss! Die Parteiexpertisen-Idee entspringt dem Wunsch, die Reparaturkosten auf den Nächsten abzuwälzen; keinesfalls dient sie dazu, die echte Ursache des Schadens zu ermitteln.

Die schlechtesten Expertisenresulate entstehen tatsächlich durch reine Parteiexpertisen, zum Teil auch deshalb, weil diese Experten in der Regel auch nur eine einseitige Information (eben einer Partei) erhalten. Dieser Parteiexperte hat oft den Auftrag, die Partei «reinzuexpertisieren».

Bei einem evtl. «unqualifizierten» Vergleich kann unter Umständen, in Unkenntnis der echten Schadenursache, sogar der gleiche Schaden (durch Teilverbesserungen etwas verzögert) wieder eingebaut werden.

Fachexperten

Der Belagsexperte: Er untersucht u. a. den Hohlraumgehalt, die Bindemittelmenge, Schichtstärke und Verdichtung (ohne feststellen zu können, ob eine Nachverdichtung durch den Verkehr stattgefunden habe . .). Er vergleicht das Ist mit einschlägigen Normen . . usw.

Der Isolationsexperte: Er prüft die technischen Werte der Abdichtung (die ohne ausserordentliche Einflüsse intakt geblieben wäre) und ob sie von Anfang an Undichtheiten aufgewiesen haben müsste oder verletzt worden wäre usw. Meist kann hierfür kein Beweis mehr erbracht werden, deshalb wird «behauptet».

Der Betonexperte: Er prüft anhand der Würfeldruckfestigkeit des Betons dessen Qualität oder anhand von Bohrkernproben und Dünnschliffbildern den Zerstörungsgrad des Betons und auch ob der Beton überhaupt frosttausalzbeständig sein kann. Alle diese Material-Experten sagen noch nichts Verbindliches aus über den Hergang des Schadens, denn nicht alle Schäden haben einen offensichtlich eindeutigen Ursprung.

Der Bauphysiker: Er fehlt fast ausschliesslich als Experte bei Brücken-Schäden. (Bei Hochbauschäden ist er heute meist Hauptperson.) Doch auch im Brückenbau wie für Tunnelfahrbahnen kann die Bauphysik eine wesentliche, bisher zuwenig oder gar nicht erkannte Rolle spielen. Das bisherige Ausserachtlassen der bauphysikalischen Einflüsse beweist keinesfalls, dass diese Einflüsse fehlen würden (Beispiel C).

Der Bauphysiker könnte z. B. auch Konstruktionsmängel (Bauherren- oder Ingenieurhaftung) erkennen.

Es fehlt noch *der Koordinator* der verschiedenen Fachexpertisen. Alle Experten sollten sich mit technischen Vertretern der Parteien zu einem Koordinationsgespräch treffen und durch evtl. notwendige weitere Untersuchungen allgemeine Klarheit verschaffen. Dies ist in der Praxis fraglich.

Die neutrale Expertise

Der oder die Experten werden *gemeinsam gewählt.* Beim Augenschein oder bei Probenahme am schadhaften Objekt im Beisein der beteiligten Parteien kann jede Partei ihre Beobachtungen in Anwesenheit aller dem Experten vortragen. Der Experte nimmt Proben oder veranlasst evtl. notwendige weitere Proben- und Stellungnahmen durch Spezialisten (Fachexperten).

Dieser Experte braucht über das eigene Fachwissen hinaus viel Erfahrung, Phantasie und Vorstellungskraft, um das Informationsmosaik der Einzelresultate, der Umstände, der Kräfte sowie Ort, Zeitpunkt und Reihenfolge des Auftretens von Schäden zu einem Bild zusammensetzen zu können. (Zwei Eigenschaften von sich berührenden Materialien können z. B. sich sowohl gegenseitig als Mängel aufheben oder sich zu einem doppelten Mangel kumulieren).

Zusammen mit der nun durchzuführenden Ist-Zustandsanalyse (erfahrene Experten benützen hiefür eine Checkliste) können unterschiedliche Zustände von Beton und Abdichtung mit der Reihenfolge der Entstehung von Belagsschäden sowie mit der vorhandenen Verkehrsbelastung verglichen werden. Die gewonnenen Erkenntnisse führen auf die *Grundursache* hin (Bilder Beispiele B und C). Jetzt erst kann ein wirklich sachlicher Sanierungsvorschlag ausgearbeitet werden! Dieser Grundsatz gilt gleichermassen für Garantiesanierungen wie für Altbausanierungen.

Analyse von Schäden am Belag

Bei Walzasphalt (Ausgleichs- und Verschleisssicht)

Eine für die Strasse richtige Mischung besitzt für den Brückenbelag meist einen zu grossen Hohlraumgehalt, da auf der Brücke eine Vibrationsverdichtung nicht gewährleistet ist. Der WA wird durch den Verkehr nachverdichtet, seitlich verdrängt oder ganz einfach im Gefüge «zerschmiedet». Dies bedeutet eine starke Verletzungsgefahr für die Brückenabdichtung (aber auch für den Beton, wie wir noch sehen werden).

Die dünnere Belagsschicht der Brücke – zusammen mit einer schlechteren Verdichtung, einer schlechten Lastverteilung sowie einer konzentrierten Übertragung von Beschleunigungs-, Schleuder- und Bremskräften auf die Unterlage - hat einen höheren Verschleiss und eine kürzere Lebensdauer. Der zu grosse Hohlraum des WA füllt sich mit Regenwasser, das weich oder nach neuerer Erkenntnis auch sauer ist. Der Regen durchdringt den WA bis zur Brückenabdichtung, fliesst längs sehr langsam zu den Belagsentwässungsröhrchen oder bleibt in Vertiefungen stehen. Bei grosser Wärme, wenn die Bitumenanteile weicher sind, kann das weiche Regenwasser die Bitumenumhüllung des

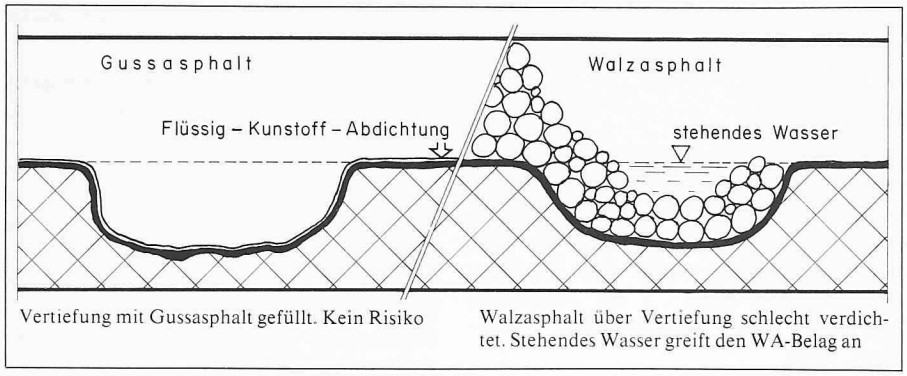


Bild 5. Einfluss von Vertiefungen im Brückenbeton auf den Fahrbelag

Bild 6. Griffiger GA-Belag auf Brücke, nach 5 Jahren Beanspruchung

Splittmaterials durchdringen und diese abtreiben. Das Splittkorn wird nackt und locker. Gleiches geschieht im Winter mit salzhaltigem Tauwasser. Gefrierendes Wasser kann das Belagsgefüge durch Gefrier-Expansion auseinandertreiben.

Sogar im Strassenbereich beweisen Belagsöffnungen immer wieder, dass Bitumenanteile durch Regenwasser aus dem Belag in den Kieskoffer gespült werden. Bekannt sind auch zerstörte WA-Beläge in Rinnenpartien von Brükken, wo dann der einstige Belag mit Schaufeln ausgeräumt werden kann.

Am schnellsten «ausgewaschen» wird der wenig verdichtete WA unmittelbar über der Brückenabdichtung. Das Wasser wird bei jeder Überfahrung durch die Hohlräume «gepumpt», bezeichnenderweise *«Waschmaschineneffekt»* genannt. Der so geschwächte WA wird zu einem «Kugellager» und kann die auftretenden Lasten nicht mehr auf die Unterkonstruktion übertragen. Die Folgen sind:

- sichtbare Risse im Belag durch Schieben
- Schäden an der Abdichtung und am Beton durch «Stockhammereffekt» der einzelnen Splitt- und Kieskörner des «ehemaligen» Fahrbelages.

Die Zerstörung des Belages, der Abdichtung und der darunterliegenden Betonoberfläche der Brücke folgen nun sehr rasch in direkter Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung.

Die *ersten Totalschäden* (Belag, Abdichtung und Beton) treten in der Hauptspur des Schwerverkehrs auf, und hier wiederum stärker in der durch das Quergefälle (Schrägstellung des Fahrzeuges) meistbelasteten Radspur (Bilder B). Ferner treten sie auf:

- bei Wasserläufen und Wasserkonzentrationen im Belag (Bild 4 und Bilder A)
- bei Zonen mit schwächerer Verdichtung des Belages (z. B. Belagsnahtstellen, Betonunebenheiten, seitlich von Bahnüberlappungen usw; Bilder C6, C7 und A)
- bei geringerem Bitumenanteil (ursprünglich oder ausgewaschen; Bilder A3 und B3)
- bei härteren (spröderen), sogenannten verschleissfesteren S-Belägen (Bilder B).

Die sichtbaren Belagsschäden weisen auf eine bereits gestörte Kraftübertragungszone zwischen Fahrbelag und Brückenkonstruktion hin, seien dies Schäden im Belag, in der Brückenabdichtung, in der Betonoberflächenzone oder an allen zusammen. Schaden kann auch aus der mangelhaften Verbindung im Belag zwischen Tragschicht und Verschleissschicht entstehen (Schieben der oberen auf der unteren Belagsschicht; Bilder A4 und A5).

Bei Gussasphalt

Gussasphalt (GA) besitzt praktisch keinen Hohlraum und ist somit als Belagsmasse nicht wasseraufnahmefähig. Die für den WA beschriebenen Schäden treten nicht auf (Bild 5). Die *Vorteile von GA* sind bei satt aufliegendem Einbau überzeugend:

- keine Wasserschäden im GA-Belag
- keine Walz- oder Walzschäden
- keine örtlichen Druckstellen, weil GA beim Einbauen anschmiegsam sich an die Unterlage plastisch anpasst
- grosse Schubkraft-Übertragungsfähigkeit
- grosse Verschleissbeständigkeit
- GA braucht eine kleinere Schichtstärke als WA, daraus folgt auch das gewünschte kleinere Gewicht ohne Qualitätseinbussen
- längere Lebensdauer, daher wirtschaftlicher
- bessere Arbeitsfugenverbindungen
- mit Grobsplittabstreuung ist GA-Belag sehr griffig und auch bei Nässe und leichtem Nachtfrost griffig (weniger Aquaplaning)
- Tausalzwasser dringt nicht in den GA-Belag ein
- ein sichtbar anderer Belag auf Brükken ist für den Autofahrer eher vorteilhaft, sicher kein Nachteil (Brükken müssen oft durch Windsäcke infolge Querwindgefahr signalisiert werden), vgl. Bild 6.

Die *Nachteile* sind:

- grössere Einbautemperatur (etwa 240 °C; beschränkt stark die Anzahl der verwendbaren Brückenabdichtungssysteme)
- leicht erhöhte Einbaukosten (sie werden duch die längere Lebensdauer weitaus wettgemacht, GA ist deshalb wirtschaftlicher)
- die Methode, *GA schwimmend, d. h. hohl, zu verlegen* (kann zu Belagsbruch-Schäden führen: An lecken Randfugen und Rissen kann Wasser in den Zwischenraum zwischen GA und Beton eindringen. Das Wasser mit und ohne Salz hat dadurch freien Zutritt zu der ganzen Betonoberfläche und kann in diese eindringen. Belagsrisse im Ga auf schwimmender Unterlage sind auf die unkontrollierbare Reibung beim Schwinden des GA bei Kälte sowie auf die vertikale Federung der Unterlage bei sehr kaltem und daher gleichzeitig sprödem GA zurückzuführen).

Einfluss der Brückenabdichtung

Die Brückenabdichtung kann Schaden vom Fahrbelag oder auch vom Beton erleiden (vgl. vor- und nachstehenden Abschnitt) oder selbt Ursache für Schäden an diesen benachbarten Materialien verantwortlich sein. Jede verletzte Abdichtung (durch schiebenden oder schlagenden Fahrbelag) lässt Salzwasser in den Beton eindringen, wo dieses sich langsam in der Oberfläche verteilen kann:

- bei festhaftenden Abdichtungen in Abhängigkeit von der Qualität des Betons
- bei schwimmenden oder schwach haftenden Abdichtungen wesentlich rascher zwischen Abdichtung und Beton.

Eingedrungenes Wasser findet kaum den Weg des Eindringens zurück und staut sich unter der Abdichtung oder rinnt durch einen Riss im Beton nach unten.

Die Abdichtungsprodukte wurden in den letzten Jahren *sehr stark eingeschränkt*. Es scheint, dass sich einzelne Produkte besser mit WA-Belägen vertragen, aber gar nicht mit GA und umgekehrt.

Kunststoffmodifizierte Bitumenbahnen

Im Einsatz stehen heute noch kunststoffmodifizierte Bitumenbahnen mit oder ohne Metallfolien. Sie haben aber Nachteile:

- reduzierte Schiebefestigkeit (Marshallproben)
- grosse Blasengefahr zwischen Abdichtung und Beton (bereits vor Belagseinbau)
- der «Waschmaschineneffekt» wird im WA zwar reduziert, weil Bitumen der Abdichtung in den WA-Belag eindringt. Die Abdichtung selbst wird aber daduch geschwächt.
- nicht für GA tauglich.

Für Metallfolien bleibt die Oxydationsgefahr, denn das Salzwasser findet leicht Zutritt zum Metall. Folienabdichtungen haben wenig Fähigkeiten, Risse zu überbrücken, am wenigsten, wenn sie voll verklebt sind (Versuchsergebnisse der BAM Berlin wurden am 20. 4. 1982 an der Verwaltungsakademie Berlin durch Dr. *Vater* vorgestellt).

Mastix

Mastix kann die gleichen Gefahren aufweisen wie schwimmender GA: Die Unterläufigkeit. Weichere, klebende Mastix-Beläge haben ähnliche Eigenschaften wir aufgeflämmte kunststoffmodifizierte Bitumenbahnen: Reduzierte Schiebefestigkeit sowie Anschluss-Probleme.

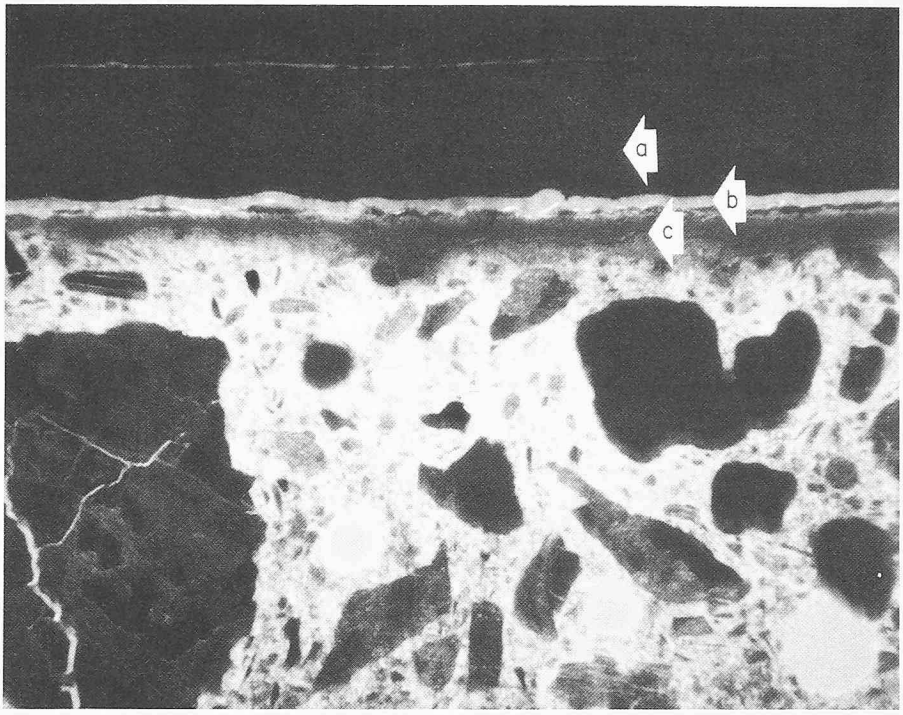


Bild 7. Dünnschliffprobe (50:1). a) Flüssigkunststoffabdichtung; b) Zwischenschicht; c)Primer in oberster Betonzone. Foto: LPM-Labor, Beinwil

Rissüberbrückende, elastische Flüssigkunststoff-Abdichtung

Verträglichkeit mit Belägen

Ihre Kombination mit Sandasphalt erfordert einen Voranstrich und wird von den Herstellern in dieser Kombination nur für weniger beanspruchte Brücken empfohlen. Ihre grosse Stärke liegt in der Kombination mit GA-Belägen. An der Verwaltungsakademietagung vom 20. 4. 1982 in Berlin wurde die Kombination von GA mit Flüssigkunststoffabdichtung von einem Vertreter des Bausenates Berlin als «die Lösung der Zukunft» vorgestellt.

In der Schweiz wurden seit 1976 bereits etwa 150 000 m² Efkaprene mit festaufliegendem Gussasphalt-Fahrbelag erfolgreich ausgeführt.

In Kombination mit GA sind in der Schweiz keine Schäden bekannt. Zwischen GA und Abdichtung sind bis heute auf einer einzigen Brücke kleine Blasen in max. Handgrösse mit scharf berandeter Ablösung von der Abdichtung aufgetreten. Eine weitergehende Ablösung war nur durch Gewalt und erhitzten GA möglich. Eine trennende, ölige Verschmutzung auf der Abdichtung wies auf Ölflecken vor dem GA-Einbau hin.

Ein zweiter Blasenschaden ist auf einem Gehsteg mit 2,5 cm von Hand eingebautem GA-Belag aufgetreten. Beim Öffnen hat sich gezeigt, dass auf der Abdichtung eine dünne GA-Schicht klebte, die Blasenbildung erfolgte also im GA-Belag. Der GA neben der Blase konnte nur mit Meissel und Hammer von der Abdichtung getrennt werden.

Die *Applikationsmethoden* wurden im Verlaufe der Jahre stark rationalisiert. Es stehen heute zwei in der Schweiz hergestellte Produkte zur Verfügung:

- Efkaprene S3, ein Zweikomponenten-Produkt mit Lösungsmitteln, kalt giessbar
- Efkaprene TN, ein Zweikomponenten-Produkt lösungsmittelfrei, warm spritzbar

Gezogene Bohrkerne zeigten eine sehr gute Verankerung vom GA zu Efkaprene und von diesem zum Beton (Bild 7).

Fehlerquellen und -ursachen

Der krasse Unterschied zwischen der Verträglichkeit mit Fahrbelägen aus GA resp. Schäden mit WA liessen mir eine Grundsatzforschung über den WA gerechtfertigt erscheinen. Die Resultate liegen diesem Bericht zugrunde.

Die Schäden in der WA-Kombination zeigten eine überwiegende Fehlerquote aus dem WA:

- teils fehlender bituminöser Voranstrich
- Verletzungsgefahr beim Walzen

und in zwei Fällen stammen die Mängel aus der Beton-Konstruktion:

- Platte mit Schaumstoff-Füllkörpern (Beispiel G)
- Kasten mit geschlossenen Hohlkammern (Beispiel C).

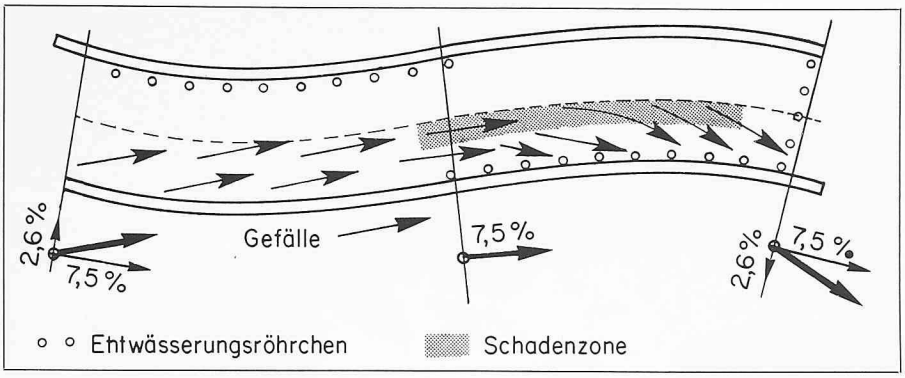


Bild A1. Schema-Skizze mit Entwässerungsröhrchen und Fliessrichtung des Wassers im Belag

Bild A2. Belagsschäden mit Schieberissen im WA. Die beschädigte Seite hatte folgende Hohlraumwerte: Ausgleichsschicht 5,1–7,5 Vol.-%. Verschleissschicht 4,0–7,4 Vol.-%. (Pfeil: Probeentnahme, vgl. Bild A3)

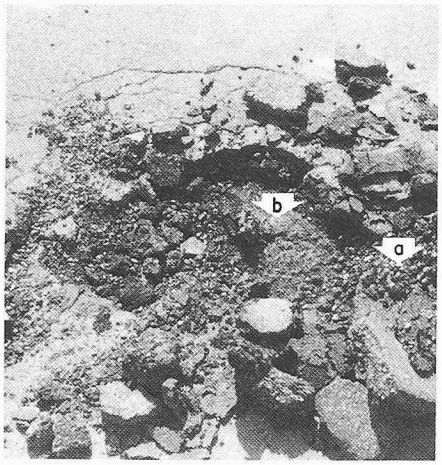


Bild A3. Geöffneter Belag an der am meisten beschädigten Stelle. a) mit ausgewaschenem, zerfallenem Belag und vielen nackten Splittkörnern. b) Abdichtung mit anhängenden Betonteilen. Beton beschädigt

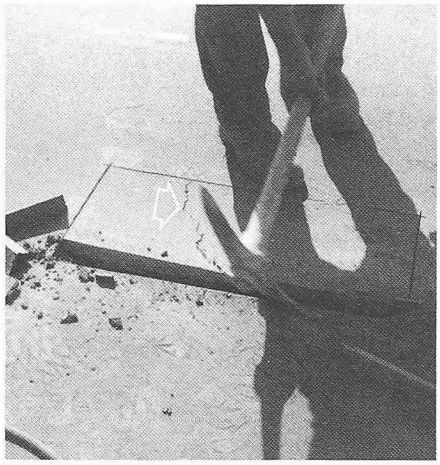


Bild A4. Belagsentnahme bei Querriss: Sichtbarer Riss in der Verschleissschicht

Bild A5. Die Verschleissschicht hat auf der Ausgleichsschicht geschoben (a) und ist gerissen. Unter dem Riss (b) steht ein «Schmutzkamm» auf der Ausgleichsschicht; sie liess sich nur brockenweise entfernen. Bei näherer Prüfung zeigten sich Ablösungen der Abdichtung in der Oberflächenzone des Betons

Rolle der Betonplatte

Beton ist kein stiller Teilnehmer am Geschehen um die Belagsschäden. Vielmehr konnte sein Einfluss im Rahmen eigener Untersuchungen in den letzten 2 Jahren stark aufgehellt werden:

Der Beton kann von der Festigkeit her den gestiegenen *Anforderungen* des Verkehrs nicht oder nicht mehr genügen.

Der Beton kann z. B. eine gute Würfeldruckfestigkeit haben, aber trotzdem nicht *frostbeständig* oder gar *frost-tausalzbeständig* sein.

Der Beton kann in seiner Oberflächenzone bis einige cm tief *durchsalzen* sein (Rostgefahr für die Bewehrung).

Die Brücke kann *Konstruktionsfehler* aufweisen. Bei entsprechenden bauphysikalischen Verhältnissen kann Dampffeuchtigkeit in den Beton von unten eindringen, unter der Abdichtung auskondensieren, sich dort ansammeln und zu Rost- bzw. Frostschäden führen. Auch ohne Salz kann dieser Einfluss schwere Folgen zeigen. Viele bisher «rätselhafte» Schäden an diversen bekannten Brückenbauten lassen sich auf die gleiche Ursache zurückführen. Der kondensierte Dampf ist weiches Wasser und greift das Kalkgefüge des Betons an. Dies führt zu starken Schwächungen des Betons unter der Abdichtung.

Dieser Kondenswassereinfluss muss unbedingt vermieden werden! In vielen Kantonen ist dies seit Jahren bekannt und durch *besondere Lüftungsmassnahmen* behoben worden – in anderen Kantonen hat man keine Ahnung davon.

Fehlt die interkantonale Querinformation oder lässt man sich einfach nichts sagen?

Die *Karbonatisierung*, herrührend aus der Luft-Kohlensäure, bewirkt eine pH-Verschiebung vom alkalischen (rostschützenden) zum sauren Zustand. Erreicht sie die Bewehrungsstähle, sind diese nicht mehr rostgeschützt und beginnen zu oxydieren. Rost expandiert und sprengt die Betonüberdeckung weg, was zu einer Beschleunigung der Zerstörung der ganzen Brücke führt.

Der heute bekannte *saure Regen* mit Schwefelsäure und Stickoxyden führt noch schneller zu grossen Schäden. In Rissen erreicht er schnell die Stahlbewehrung. Vorgehende Feststellung und scheinbare «Behauptungen» finden in den nachfolgend beschriebenen Beispielen ihre Bestätigung.

Beispiele aus der Praxis

Beispiel A

Objektbeschrieb

Kantonsstrasse, starker Verkehr, etwa 1200 m ü.M., Südhang. Brücke in einer S-Kurve mit 7,5 % Längsgefälle und Seiten-Gefällswechsel von 2,6 % nach links (oben) auf 2,6 % nach rechts (unten). Alter 5 Jahre. Die Belagsentwässerungsröhrchen wurden seitlich dort angeordnet, wo der tiefste Punkt im Quergefälle liegt, sowie vor dem tiefsten Fahrbahnübergang.

Beobachtungen

Der Walzasphalt zeigt Belagsschäden in einem 1 m breiten Streifen rechts der Mittelnaht (Talspur) von Brückenmitte bis zum Fahrbahnübergang. Es handelt sich um die 1. Einbauetappe, die bekanntlich schlechter verdichtet ist. Aus Schema A1 geht hervor, dass Wasser, welches an der rechten Seite (oben) in den Belag eindringt, wegen starken

Längsgefälles und dem Quergefällswechsel nie die gegenüberligenden Entwässerungsröhrchen erreicht. Es fliesst in der Mitte der Brücke längs der kompakteren Belagszone und erreicht erst vor dem unteren Fahrbahnübergang wieder auf der rechten Seite die Entwässerungsröhrchen. Der schwächere Fahrbelag der rechten Seite wurde dadurch ausgewaschen.

Sanierung

Abfräsen bis auf gesunden Beton, Hochdruckwasserstrahl-Reinigung, 3schichtig Efkaprene S3, Ausgleichsschicht Gussasphalt mit Diagonalentwässerungsschienen, Verschleissschicht mit Walzasphalt.

Beispiel B

Objektbeschrieb

Autobahnbrücke im Mittelland, etwa 500 m ü.M. Zwei parallele Autobahnbrükken mit 2,4 % Längsgefälle und 2,5 % Quergefälle gegen Standspur auf Bergfahrt, 3 % Längsgefälle und 2,5 % Quergefälle gegen Überholspur auf Talfahrt. Der Walzasphalt ist als sogenannter S-Belag ausgeführt. Er ist sehr hart und spröde (zerschmiedet?). Alter knapp 4 Jahre.

Beobachtungen

Der sichtbare Belagschaden begann nach 3 Jahren durch Ausbrechen einzelner Belagskörner (auch auf der Strasse). Belagsrisse entstanden ausschliesslich in den beiden Hauptspuren unter demjenigen Rad, welches im Quergefälle der Brücke auf der tieferen Linie fährt, d.h. auf der Bergfahrt längs der Standspur, auf der Talfahrt längs der Überholspur. Der Schaden begann unter dem meistbelasteten Rad der Lastwagen (nach [1] steigt die Beanspruchung in der 4ten Potenz der Last). Verdichtung und Hohlraumgehalt werden gemessen und sind zurzeit noch nicht bekannt.

Bei 11 cm Belag sind starke Schäden, bei 13 cm sind (noch) keine Schäden aufgetreten. Drei Proben wurden auf der Bergfahrt-Brücke entnommen:

Probe 1: wenige Meter nach dem Fahrbahnübergang: Belag rissig, 11 cm stark.

Probe 2: etwa 20 m weiter oben, Resultat wie Probe 1.

Probe 3: etwa in der Mitte der Brücke in der gleichen Spur wie 1 + 2. Belag unbeschädigt, 13 cm stark, von unten gesehen kaum ausgewaschen, optisch beurteilt fetter als Proben 1 + 2.

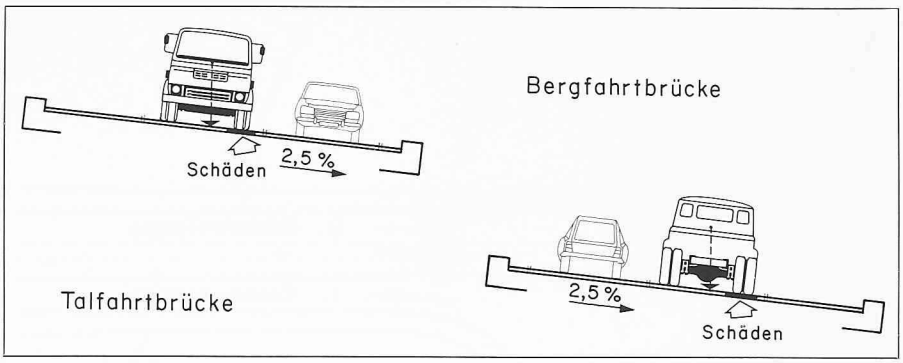


Bild B1. Querschnittskizze mit Orientierung über die Lage der Schäden. Die Schadenstellen (Pfeile) liegen unter dem am meisten belasteten Rad

Bild B2. Blick gegen unteren Fahrbahnübergang mit repariertem Schlagloch, Probe 1 wurde im Bereich vor der länglichen Belagsreparatur entnommen

Bild B3. Probe 1: Der WA-Belag (Belagsstärke 11 cm) ist an der Unterseite ausgewaschen (a). In Bruchflächen löst sich die Bitumenhaut vom Splittkorn (b). Auf der Abdichtung liegt ausgewaschener Splitt und stehendes Wasser aus dem Belag (c)

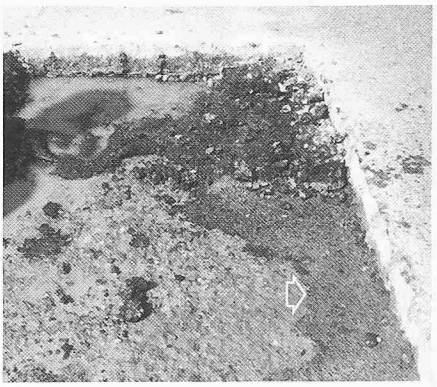


Bild B4. Probe 1: Der Belag ist entfernt. Die Abdichtung ist mit einer anhaftenden Betonschicht von bis zu 8 mm herauslösbar. Der linke und der rechte Rand der Abdichtung haften wieder fest an und mit dem Beton (Pfeil). Am tiefsten Punkt stehendes Wasser

Bild B5. Probe 1: Die entfernte Abdichtung mit anhaftendem Beton (umgekehrt)

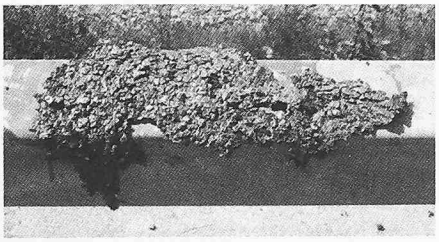
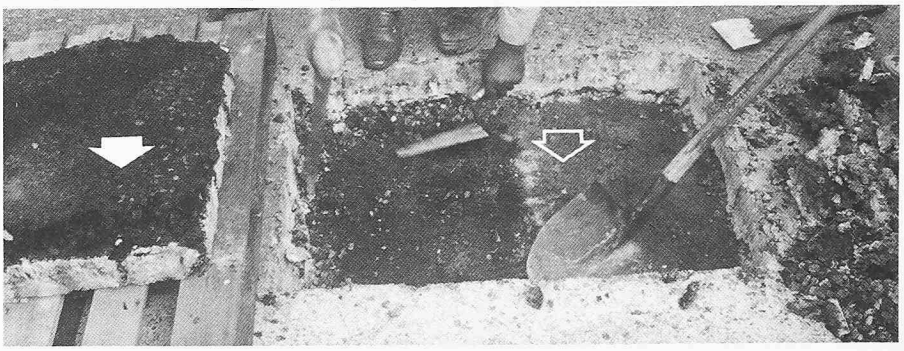


Bild B6. Probe 3: Der Belag kann praktisch «en bloc» unbeschädigt herausgehoben werden (Belagsstärke 13 cm). Darunter ist die Abdichtung intakt. Sie ist auch noch fest mit dem Beton verbunden. Ein Haftanstrich zwischen Abdichtung und Belag ist nicht feststellbar



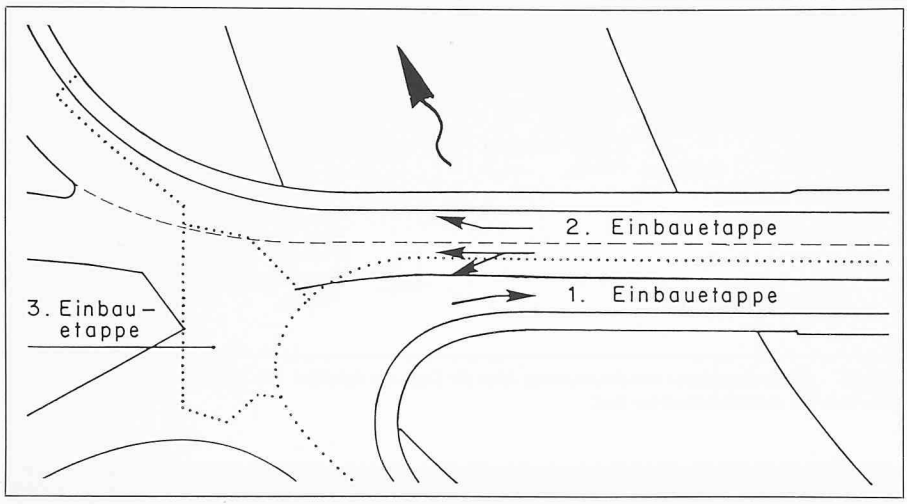
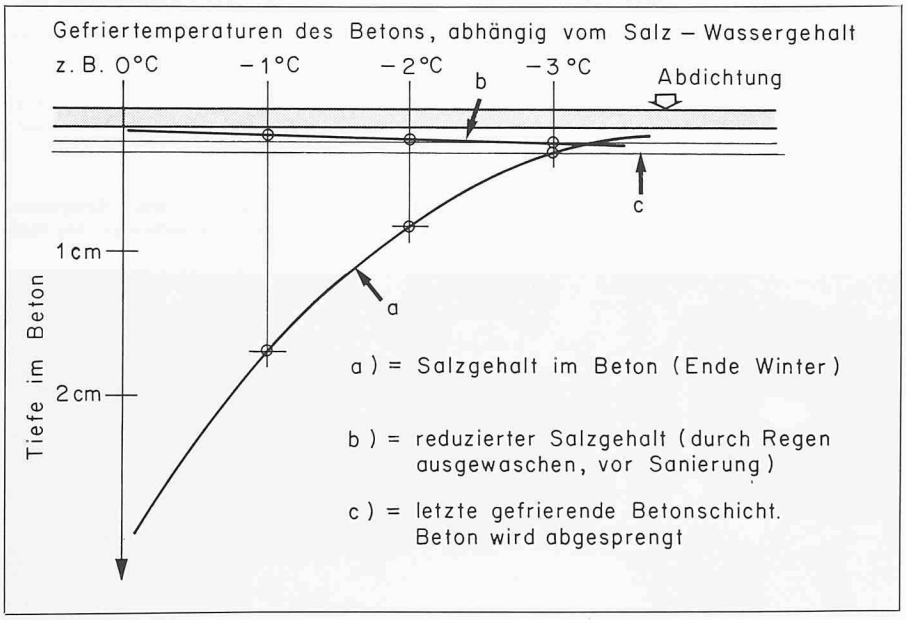


Bild C1. Grundriss-Skizze mit Fahrspuren und Belastung: links schwere Kiestransporte, Mitte Schwerverkehr mit Halt vor Kreuzung, rechte Spur mit wenig Verkehr und meist freier Fahrt nach rechts. Mit Numerierung der Einbauetappen

Bild C2. Übersicht Blick Richtung Kreuzung. Kommentar vgl. Bild C1

Bild C3. Salzkurve mit Frostbildung, schematisch



Beispiel C

Objektbeschrieb

Stark durch Kiestransporte befahrene 3-Spur-Brücke unmittelbar vor einer Kreuzung. Steigung gegen Kreuzung 0,5%, Sattelgefälle quer etwa 2%, Alter 22 Jahre, Beton salzhaltig, Belagsstärke 6,5 cm (!).

Beobachtungen

Ein optisch guter, 22jähriger Beton (abgefräst und hochdruckwassergestrahlt) wurde im Sommer und Herbst in 3 Etappen neu mit Flüssigkunststoff-Abdichtungen und mit neuem Walzasphalt versehen.

Im folgenden Winter zeigten sich Belagsschäden an den verkehrsmässig höchstbelasteten Stellen längs der Nahtstellen, jeweils in der älteren Etappe, wo der Belag bekanntlich am schlechtesten verdichtet ist. Im Sommer wurden Bohrkern-Proben unter den schadhaften sowie unter den sichtbar guten Belagsstellen entnommen. Mit Überraschung wurde festgestellt, dass der Beton parallel zur Abdichtung 1 bis5 mm tief praktisch vollflächig gerissen ist. Die Restzerstörung des ganzen Brückenbelages bleibt nur eine Frage der Zeit und der Verkehrsbelastung. Die Abdichtung wird zwischen Belag und zerstörtem Brückenbeton in den stärksten Verkehrszonen richtig zermalmt. Der Wasserzutritt zum Beton durch die zerstörte Abdichtung führt zur weiteren Zerstörung des Betons, der Abdichtung und des Fahrbelages (Waschmaschineneffekt). Die Bilder C sprechen ihre eigene Sprache!

Ursachen

Wie konnte es zu diesem schnellen Fiasko kommen? Eine Ist-Zustandsaufnahme wurde nicht gemacht. Die Brücke besteht aus drei längsgerichteten Hohlkammern, welche durch Deckel verschlossen sind. Temperatur-und Feuchtigkeitsmessungen während des folgenden Winters in zwei Hohlkammern ergaben relative Luftfeuchtigkeiten von bis zu 95% bei −3 bis −4 °C Innenlufttemperatur. Eine nahegelegene Station der SMA hat 82% relative Luftfeuchtigkeit in der Aussenlufttemperatur gemessen.

Eine nur um 0,6 °C betragende Abkühlung des Betons musste bereits eine Oberflächenkondensation ergeben. Aber schon lange vorher steigt Dampffeuchtigkeit in den Beton bis unter die Brückenabdichtung und kondensiert im Beton aus. Aus der Flachdachtechnik ist dieser Vorgang bekannt, er wird auch relative Thermodiffusion genannt.

Gemäss dem Dampfwanderungsgesetz wandert die Dampffeuchtigkeit von der wärmeren zur kälteren Seite (des Betons), d.h. nach Sonnenuntergang von innen nach aussen oder mit anderen Worten zum eingeschlossenen Salz unter der Abdichtung.

Skizze C3 zeigt eine mögliche Erklärung, warum der Beton schon beim ersten Frost Anfang Winter parallel zur Abdichtung gerissen ist. Der Beton wurde vor der Sanierung während Jahren bis zur Kurve a) durchsalzen. Durch Regenwasser wurde im Sommer das Salz an der Oberfläche bis in etwa 2–5 mm Tiefe teilweise ausgespült, Kurve b). Der salznasse Beton ist unter der

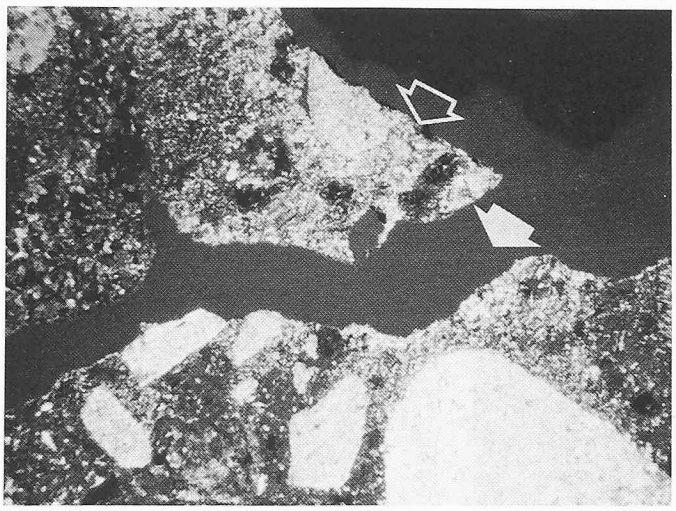


Bild C4. Bohrkernproben aus Belags-Schadzone, Brückenabdichtung bereits weggelöst, kachelige, sichtbare Risse in der Betonoberflächenzone. Dünnschliff (30:1), Foto LPM-Labor

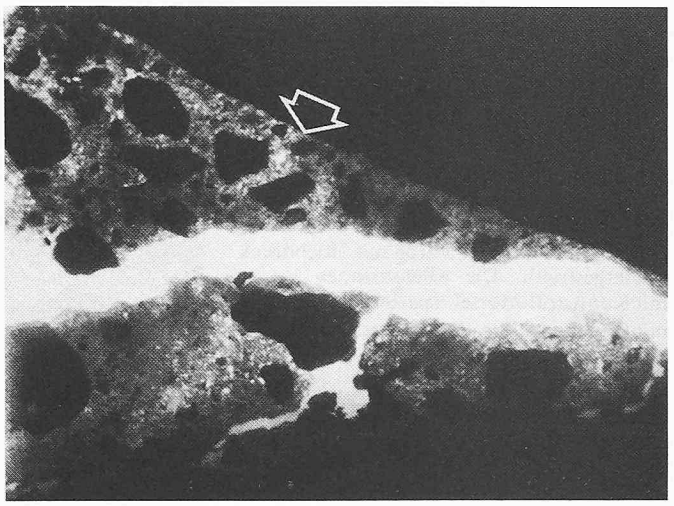


Bild C5. Bohrkernprobe aus scheinbar guter Zone, Abdichtung unbeschädigt und gut verbunden mit Beton, Horizontalrisse in der Betonoberflächenzone. Dünnschliff (30:1), Foto LPM-Labor

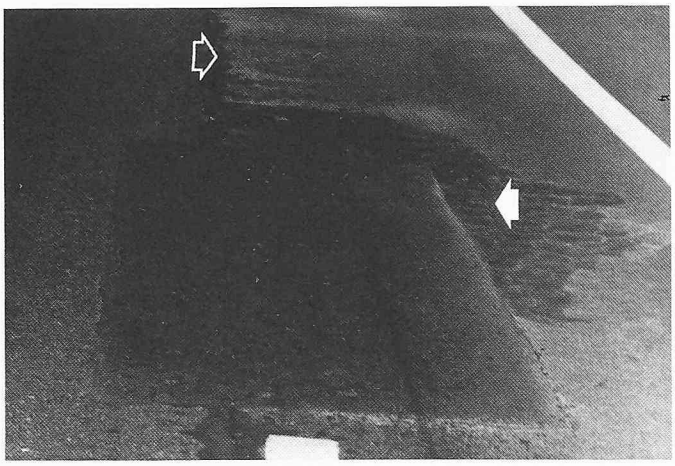


Bild C6. Erste Belagsschäden in der 1. Einbauetappe längs Mittelnaht

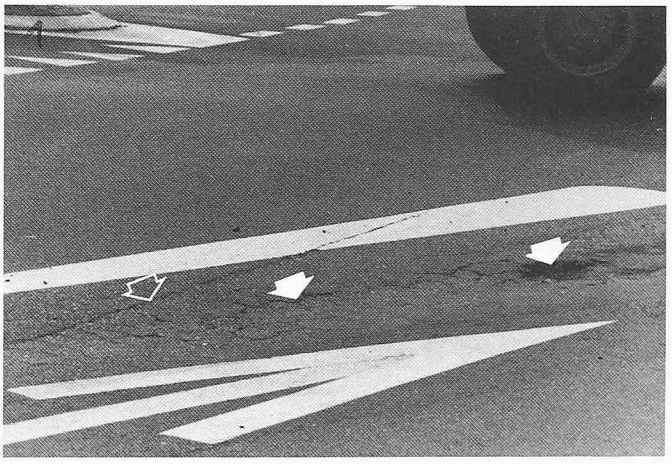


Bild C7. Fortschreitende Zerstörung einseitig auf zweiter Etappe rechts (dritte Etappe links der sichtbaren Naht)

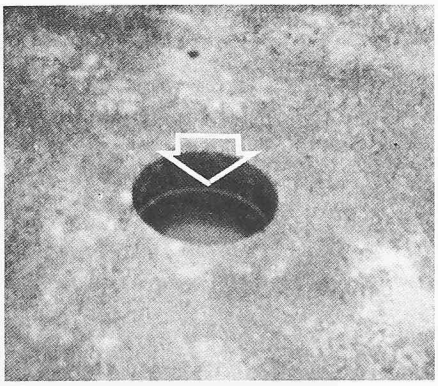


Bild C8. Belags-Bohrproben zwei Jahre nach «Sanierung». Abdichtung (noch) gut haftend. 20 Minuten nach Probenahme 1,4 cm stehendes Wasser

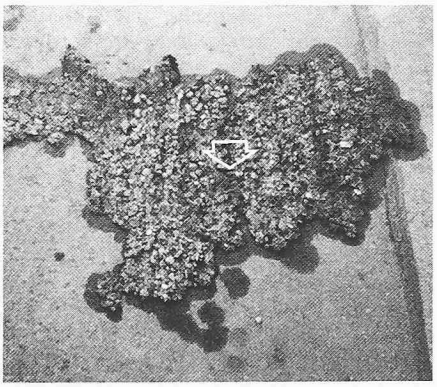


Bild C9. Belagsprobe zwei Jahre nach «Sanierung», entnommen bei Mittelnaht kurz vor Kreuzung. Abdichtung mit Beton: deutliche Schleifspuren! Ansicht von unten

Abdichtung gefroren, und zwar je nach Salzgehalt *von oben und unten* mit zunehmender Abkühlung bis zum höchsten Salzgehalt (in etwa 3 mm Tiefe). Das Wasser konnte in dieser Zone c) beim Gefrieren nicht mehr expandieren, weil es von oben und unten durch Eis abgeriegelt war, und musste deshalb den Beton an dieser Stelle absprengen. Wegen der vorhandenen vollflächigen Absprengung der Betonoberfläche kann die weitere Zerstörung nicht mehr aufgehalten werden.

Es tönt paradox, dass ein schlecht oder gar nicht abgedichteter Beton frosttausalzbeständiger sein kann, als eine mit eingeschlossenem Salz gut abgedichtete Betonoberfläche. Selbst eine Blechabdichtung hätte den Schaden nicht verhindern können, weil *Wasser von unten* zum Salz gelangen konnte. Dass der WA-Fahrbelag mit nur 6,5 cm Stärke (Norm min. 9 cm) ohnehin der grossem Belastung nicht lange hätte standhalten können, sei nur am Rande bemerkt.

Eine gründliche Sanierung erfordert:
1. Öffnung der Hohlkammern
2. Betonsanierung
3. Flüssigkunststoffabdichtung verstärkt
4. Gussasphaltbelag

Beispiel D

Beobachtung

Dieser Fall beweist, dass die Ursachenforschung längst nicht abgeschlossen ist! Autobahnbrücke (im Jura) mit rätselhafter Betonauswaschung bei Riss über Tragpfeiler.

Sanierung

Der abgefräste Beton wurde mit Hochdruck wassergestrahlt. Die «Betonrinne» wurde mit Kunststoff-Mörtel repariert. Abdichtung mit Efkaprene. Zwei Lagen Gussasphalt.

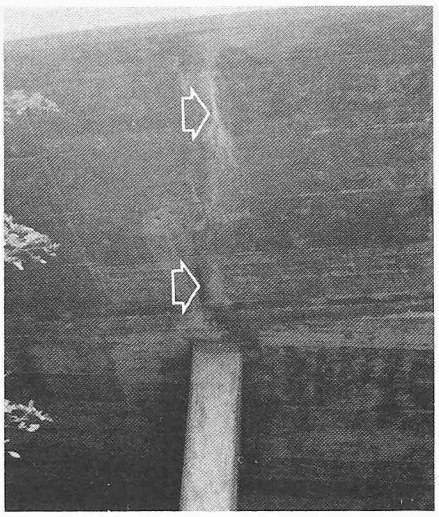


Bild D1. Sichtbarer Wasseraustritt aus Riss an der Fahrbahnplatte über einem Zwischentragpfeiler (Kalkspur: weiss am Rand bis rötlich beim Pfeiler)

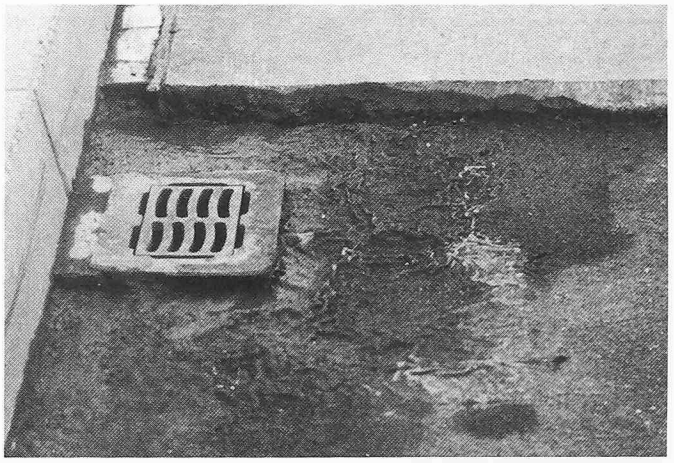
Bild D2. Beim Öffnen des Belages zeigte sich ein feuchter Riss im Beton. Etwa 3 mm unter der Betonoberfläche befand sich reiner Kies. Die sichtbare obere Hauptarmierung war nicht gerostet – die Entstehungsgeschichte ist unklar

Beispiel E

Bahnübergang einer kleinen Dorfzufahrt

Bild E1. Sichtbar: gerissener Walzasphalt

Bild E2. Nach dem Entfernen des Walzasphaltes: Eine gequollene, gewellte Kunststoffolie hatte den Belagsschaden verursacht



Beispiel F

Objektbeschrieb

Im Rahmen einer Sanierung neuerstellte Brückenfahrbahntafel auf alter Tragkonstruktion aus vakuumiertem Pumpbeton.

Beobachtungen

Fast gleichzeitig zeigten sich an diesem sowie an einem anderen Objekt ähnliche Schwierigkeiten beim Applizieren der Flüssigkunststoffabdichtung: kleine Bläschen, von unten wassergefüllt, waren oben abgeschlossen. (Die schwarze Abdichtung hat unter Sonnenbestrahlung freies Wasser im Beton zur Expansion gezwungen.) Nach etwa 2 Tagen Sonnenschein war das Wasser verschwunden und nur noch Luft in den oben geschlossenen Bläschen. Unter jedem Bläschen zeigte sich eine Kanüle im Beton, welche in einer kleinen Kaverne im Beton endete.

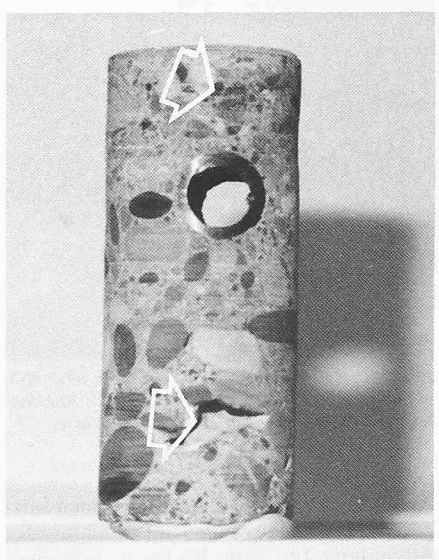
Auf der Suche nach der gemeinsamen Ursache stellte sich heraus, dass beide Brücken mit Pumpbeton hergestellt wurden. Dünnschliffproben eines Bohrkernes zeigten im LPM-Labor ein erstaunliches Bild: der Pumpbeton dieses Bohrkernes wurde auf der Baustelle vakuumiert. Das Wasser wurde dabei aus dem Beton abgesaugt und hinterliess kavernenartige Hohlräume.

Das Wasser steigt teilweise aus grösserer Tiefe an die Betonoberfläche und hinterlässt kleine Kanülen, durch welche Regen wieder eindringen kann. Dies bedeutet für jede Abdichtung eine Gefahr zur Blasenbildung. Es ist offensichtlich, dass ein solcher Beton «ausblasen» muss, wenn er erwärmt wird. Im vorliegenden Fall war es teilweise Wasser.

Viele Blasen zwischen Beton und Belägen können aber ohne Dampfdruck entstehen, nämlich einzig und allein durch Expansion erwärmter Luft. Luft enthält immer Feuchtigkeit, so dass sich beim Abkühlen Kondensfeuchtigkeit an den Blasenwänden ablagert. Dieser Vorgang verleitet viele Beobachter zur irrigen Annahme, dass es sich um «Dampfblasen» handle.

Die Folgerung ist klar: Pumpbeton benötigt eine verstärkte Vorimprägnierung der Betonoberfläche, evtl. vorheriges Abfräsen von etwa 2 mm der Betonoberfläche (zum Freilegen der oberen Kavernen).

Bild F1. Bohrkern ∅ 5 cm mit von Auge sichtbarer Grosslunker in ca. 8 cm Tiefe. Kleinlunkern auf Bild nicht erkennbar



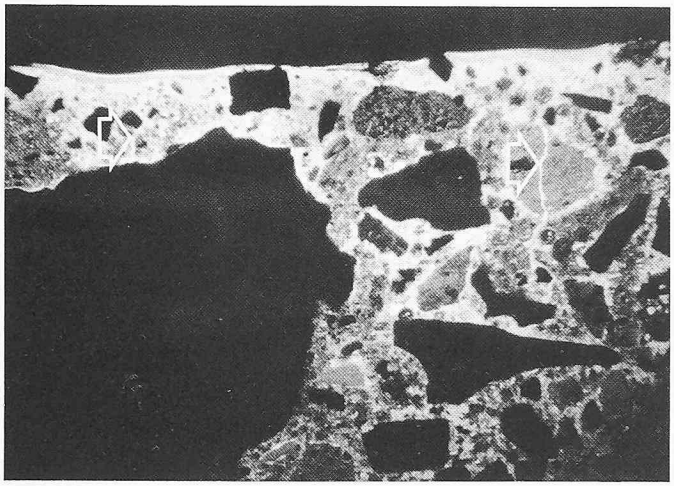


Bild F2. Betonoberfläche mit sichtbaren Risschen, Querschnitt. Dünnschliffprobe (20:1), Foto LPM-Labor, Beinwil

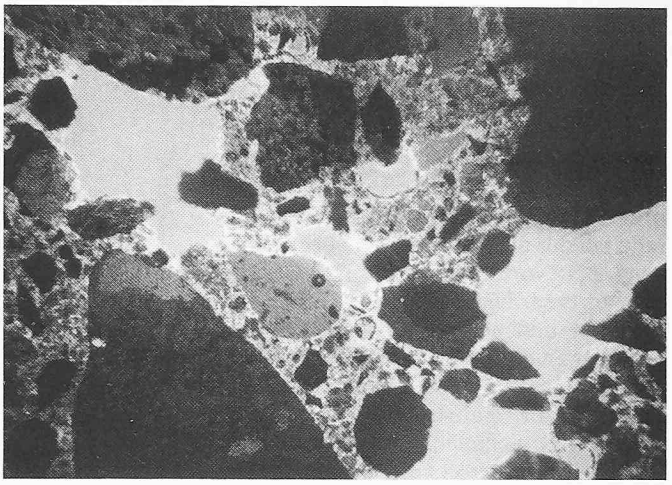


Bild F3. Beton ab 2 mm Tiefe, mit Lunker-Ansammlung, Querschnitt. Dünnschliffprobe (20:1), Foto LPM-Labor, Beinwil

Beispiel G

Selbsttrocknung einer Betonbrücke (bauphysikalische Überlegungen): Eine Autobahnbrücke konnte nach dem Aufbringen der Efkaprene-Abdichtung nicht mehr im gleichen Herbst mit GA belegt werden. Nach dem Dampfwanderungsgesetz müsste die Brücke trotzdem austrocknen: Dampffeuchtigkeit wandert von der Wärme zur Kälte. Die Brücke ist meist oben wärmer als unten. Die Austrocknung müsste eigentlich automatisch erfolgen. Parallele Messungen an Modellplatten haben diese Annahmen bestätigt.

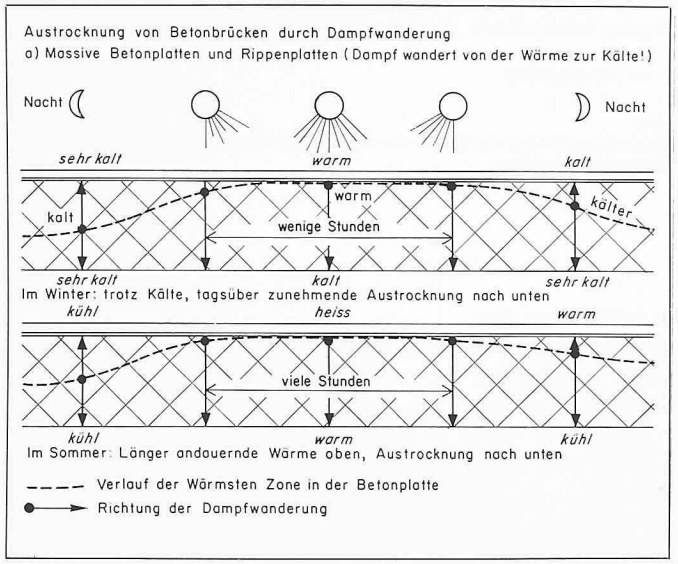


Bild G1. Rippen-Betonplatte einer Autobahnbrücke in Gebirgsregion

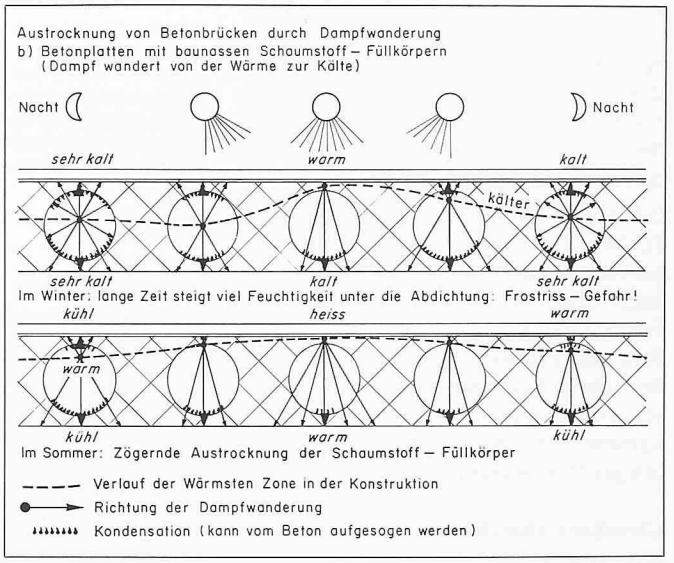


Bild G2. Autostrassenbrücke (im Gebirge) mit wassergefüllten Schaumstoff-Füllkörpern. Eine Austrocknung der Schaumstoffkörper dauert Jahre

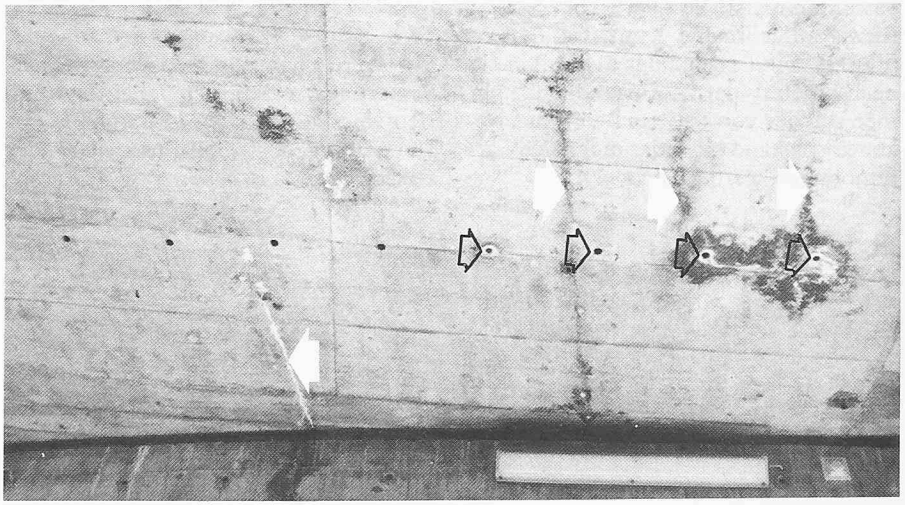


Bild G3. Ansicht von unten: bis in die Schaumstoffkörper angebohrte Betonplatte. In Längsrissen ist das Wasser bereits ausgeflossen. Wasseraustritt aus den Bohrlöchern (rechts im Bild). Siehe auch Bild G2

Schlussfolgerungen und Lehren

Sorgfältige Bestandesaufnahmen

Der Ist-Zustand der Betonbrücke ist als erstes in angemessener Weise festzustellen. Brückensanierungen stehen praktisch immer unter Zeitdruck. Gerade bei der Sanierung sollte aber *genügend Zeit* vorhanden sein: Der Beton soll vor einer Neuabdichtung sorgfältig repariert und getrocknet werden. Ein Schaden an der Brückenfahrbahnplatte kann von unten bereits sichtbar sein, während die Fahrbahn noch keine sichtbaren Schäden aufweist. Ein durchsalzener Beton kann durchaus für das Auge eine gute Oberfläche präsentieren. Sein genauer Salzgehalt kann aber nur anhand einer Bohrkernprobe ermittelt werden.

Beton beachten

Die Beton-Sanierung wird vom Betontechnologen bestimmt. Betonkosmetik an der Oberfläche ist aber auf jeden Fall zu vermeiden (flächige Ablösungsgefahr). Die meist schon stark salzhaltige Betonoberfläche muss nach Angaben des Spezialisten vorbehandelt werden (Fräsen, Stocken, Schleifen und Reparatur einzelner Stellen mit geeignetem Spezialmörtel, evtl. der ganzen Betonoberfläche durch den Betonspezialisten).

Der bleibende Rest-Salzgehalt hat seine Tücken. Die Betonplatte sollte gut ausgetrocknet sein, bevor sie (mit ihrem Salz) abgedichtet wird. Ein erneuter Feuchtigkeits- oder Wasserzutritt zum Salz sollte unbedingt vermieden werden, denn Salz zieht bekanntlich Wasser an (Osmose). Konstruktive Hohlkammern müssen unbedingt gegen unten geöffnet werden!

Giessbare Abdichtung

Die Abdichtung muss in der Lage sein, auf dem rauhen, gefrästen oder sanierten Beton sich vollflächig und festhaftend der unregelmässigen Form anzupassen und Risse zu überbrücken. Eine flüssig aufgebrachte Kunststoffabdichtung ist somit geeigneter als Folien. Je nach Ergebnis der Ist-Zustandesaufnahmen soll der vorbereitete Beton in trokkenem Zustand ein- oder mehrfach vorimprägniert werden (Primer).

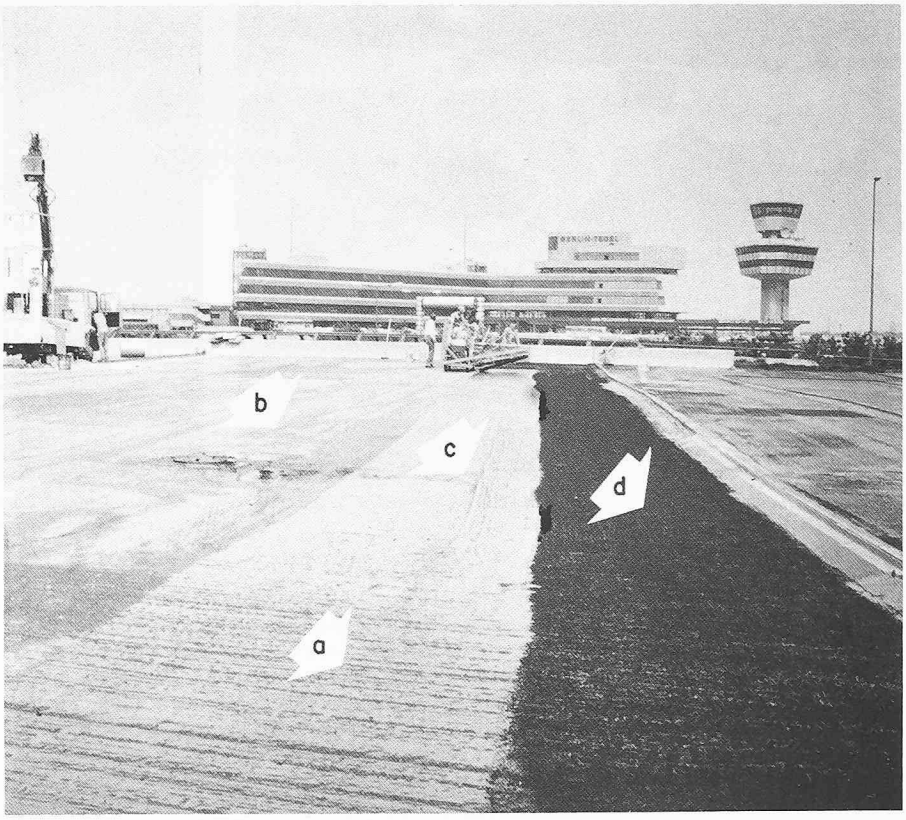


Bild 8. Sanierung einer Flugzeug-Rollweg-Brücke für Schwerstlasten (Galaxy-Flugzeuge). Rollrichtung quer zum Feld
a) Fräsrillen (etwa 3 cm Beton wurden abgefräst)
b) Geprimerte Betonfläche
c) Flüssigkunststoff-Abdichtung
d) Verankerungsschicht aus Gummigranulat zur Aufnahme von Gussasphalt-Fahrbelag
Rechts im Bild: Fahrbahnübergangskonstruktion

Giessbarer Belag

Die Ausgleichsschicht sollte aus den gleichen Gründen giessbar sein, was eindeutig für Gussasphalt spricht, der sich plastisch den Unebenheiten anpasst und eine sehr gute Last- und Schubverteilung dank guter Verankerung am Untergrund erreicht.

Als Verschleissschicht bewährt sich Gussasphalt mit Grobsplitt-Abstreuung am besten. Jede poröse Verschleissschicht würde wiederum eine Belagsentwässerung über dem GA erfordern und ist deshalb unwirtschaftlich (Bild 8).

Ein vom Ist-Zustand aus bearbeitetes Sanierungskonzept ermöglicht systemrichtige Sanierungsmassnahmen zur Herstellung des «Soll-Zustandes» der zu sanierenden Brücke.

Literaturhinweise

[1] *Blumer, M. et al.*: «Schäden an bituminösen Fahrbahnbelägen». Dokumentationsreihe Baumängel, Behebung und Vorbeugung, Band 4. Baufachverlag Zürich, 1982
[2] Vereinigung Schweiz. Strassenfachleute: «Brückenbeläge und -isolationen». Norm SNV 640 490 a, Zürich, 1972
[3] *Blumer, M.*: «Einbauen und Verdichten». Schweiz. Mischgutindustrie, 1981
[4] *Blumer, M.*: «Technik des bituminösen Strassenbaus». Infobit 80, 1980
[5] *Romer, B.*: «Schutz und Sanierung von Bauwerken». Edition Lack und Chemie, Möller GmbH, Filderstadt, 7/1980
[6] *Romer, B.*: «Qualitätsüberwachung von Beton-Bauwerken». Schweizer Bauwirtschaft, Heft 20, 1980

Adresse des Verfassers: *F. Kilcher*, Ingenieur SIA, Wengisteinstr. 9a, 4500 Solothurn.