

Abdichtungssysteme im Hoch- und Tiefbau

Autor(en): **Bangerter, Heinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 45

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74241>

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.

Abdichtungssysteme im Hoch- und Tiefbau

Von Heinz Bangerter, Zürich

Es sollte in allen Bereichen versucht werden, geeignete Abdichtungsverfahren mit einer gewissen Systematik aufzuspüren, um ungeeignete auszuschneiden. Selbst bei diesem Vorgehen bleibt dem Suchenden immer noch ein grosser Spielraum für Kombinationen, zumal er auch weiterhin seine persönliche Wertung und Gewichtung in die Evaluation einbringen kann. Damit ist aber auch Gewähr dafür gegeben, dass jedes einigermaßen taugliche Produkt und Verfahren bei richtiger Anwendung am rechten Ort seine Daseinsberechtigung beibehalten wird.

Stellenwert der Abdichtung

Die unbestreitbare Notwendigkeit, mit grossem finanziellem und technischem Aufwand erstellte Bauwerke vor *schädlichen Wassereinwirkungen* zu schützen, hat im Laufe der Jahre und Jahrzehnte eine Vielzahl von Abdichtungssystemen hervorgebracht, die heute einen festen und gesicherten Platz in den weitverbreiteten Bereichen des Hoch- und Tiefbaus, mithin im gesamten Gebiet der Bautechnik, einnehmen.

Das zunehmende Umweltschutzdenken hat zudem zu der Überzeugung geführt, dass nicht bloss Baukonstruktionen vor Wasser, sondern ebenso auch *Erdreich und Grundwasservorräte vor Verschmutzung zu schützen sind*. Mit dieser Einsicht hat sich der Abdichtungstechnik ein weiteres, grundlegend neues und grosses Gebiet eröffnet.

Um sich einen ungefähren Überblick über die Grösse der jährlichen finanziellen Aufwendungen für alle Abdichtungen des gesamten Hoch- und Tiefbaus zu verschaffen, sei daran erinnert, dass sich diese im Mittel auf *etwa 2 bis 3 Prozent des gesamten Rohbauvolumens* belaufen und demnach beispielsweise in der Schweiz die stolze Summe von *etwa 200 Mio Franken im Jahr* aufweisen. Rechnet man mit einem durchschnittlichen Preis von 35 Franken je abgedichtetem Quadratmeter, so bedeutet dies, dass in der Schweiz je Kopf und Jahr etwa ein Quadratmeter Fläche abgedichtet werden. Durch den Umstand, dass in diesem Land etwa 70 Prozent Bevölkerung auf etwa 30 Prozent der Landesfläche angesiedelt sind, eröffnet diese Zahlenspielerei mit Blick auf die weitere Zukunft eigentlich schon fast einen etwas ungemütlichen Aspekt.

Nun kann ja mit Statistiken alles Mögliche und Unmögliche bewiesen werden

und es ist sicher nicht das Ziel dieser Ausführungen, vor der Gefahr einer allmählichen «Abisolierung des Lebensraums» zu warnen; vielmehr besteht die Absicht, die Bedeutung und den Stellenwert der Abdichtung herauszustreichen – vor allem im Bewusstsein, dass die genannten 2 bis 3 Prozent Kostenanteil am Rohbauvolumen weitgehend über die *Funktionstauglichkeit und Lebensdauer* einer Anlage entscheiden.

Um aber dem Stellenwert dieses Kostenfaktors einigermaßen gerecht zu werden, ist es zweckmässig, sich vorerst einen *summarischen Überblick* über die verschiedenen Einsatzgebiete der Abdichtung und deren Aufgaben, sowie auch über ihre Beanspruchungen zu verschaffen (Tabelle 1).

Einsatzgebiete und Beanspruchungen

Es ist also zweckmässig, zwischen Bauwerken zu unterscheiden, die dem Schutze des Erdreichs und Grundwassers vor austretenden Flüssigkeiten dienen, und solchen, die den Schutz des Gebäudeinhaltes oder des Bauteils selber zum Ziele haben. Die *Beanspruchungen* können dabei innerhalb der *drei Hauptgruppen: Bewitterung, Mechanische Beanspruchung und chem./biologische Beanspruchung* im Detail gemäss Tabelle 2 dargestellt werden.

Vier Grundcharakteristiken jeder Abdichtung

Bei dieser Vielzahl an Einsatzgebieten und Beanspruchungen sollte unbedingt versucht werden, auch auf der Seite der zur Verfügung stehenden Abdichtungsverfahren eine gewisse Systematik und Katalogisierung zu erzielen, mit dem

Ziel, bei der Auswahl geeigneter Konzepte nach einem objektiven Leitfaden vorgehen zu können.

Eine Abdichtung lässt sich – mit Blick auf ihr *Material*, ihr *Einbauverfahren* sowie ihr *Langzeitverhalten* auf vier wesentliche Grundcharakteristiken reduzieren.

Verhalten zum Träger

Es ist zu unterscheiden zwischen Abdichtungen, die landläufig als «*starr*», und solche, die als «*flexibel*» bezeichnet werden. Diese Eigenschaften stehen natürlich nicht für sich selbst, sondern beziehen sich auf ihr Verhalten zum Abdichtungsträger, d.h. auf ihr Verhalten zum *statischen Untergrund*. Aus dieser Überlegung drängt sich folgende *Definition* auf:

«Eine starre Abdichtung ist vom Dehnungsverhalten ihres Trägers direkt abhängig; reisst der Isolations-träger beispielsweise infolge statischer oder thermischer Überbeanspruchung, so tut dies auch eine im Verbund aufgebrachte, starre Abdichtung.»

Eine flexible Abdichtung, die mit ihrem statischen Träger innig verbunden wird, ist zwar ebenfalls von dessen Verformungen abhängig, im Gegensatz zur starren Abdichtung jedoch weitgehend (vgl. Abschnitt «Qualitativer Anforderungskatalog...») unempfindlich.»

Massstab für den Begriff «starr» oder «flexibel» ist somit das Verhalten der Abdichtung zu ihrem Träger im Verbund – unbeschauen, ob sie in Wirklichkeit «schwimmend» oder tatsächlich im Verbund aufgebracht wird.

Lagerung auf dem Träger

Weiteres wesentliches Merkmal jeder Abdichtung ist ihre Lagerungsart auf dem statischen Träger. Hier kann klar unterschieden werden zwischen Systemen, die mit dem Nachteil der Unterläufigkeit *schwimmend* – oftmals mit Trennlage – aufgebracht werden, und solchen, die mit dem Risiko eines «starken Verhaltens» im Verbund *mit dem Abdichtungsträger eingebaut* werden. Bei dieser Terminologie ist dabei nicht zu übersehen, dass den genannten individuellen Nachteilen auch deren entgegengesetzte Vorteile – keine Unterläufigkeit, keine Gefahr der Rissübertragung – gegenüberstehen.

Applikationsart

Zu unterscheiden ist hier zwischen Systemen, die wie alle Imprägnierungen,

Tabelle 1. Einsatzgebiete und Beanspruchungen im Überblick (aus «Sika informiert», Nr. 2, 1977)

Einsatzgebiete						
Bauwerke gegen eindringendes Wasser			Erdreich und Grundwasser gegen austretendes Wasser			
Konstruktion schützen	Anwendungen	Gebäudeinhalt schützen	mit chemischer Belastung		ohne chemische Belastung	
Dampfsperre gegen Kondensat	Dach	Wasserisol. (+ therm.) Flachdach	Temporäre Belastung	Dauerbelastung	Stehendes Wasser	Fließendes Wasser
saure Wässer und Erden	Keller	Grundwasserisolierung	Auffangwannen	Abwasserbecken	Retentionsbecken	Bewässerungskanäle
Brückenfahrbahn	Ingenieurbauwerke	Tunnelisolierung	Umschlagplätze	Hausmülldeponien	Energiespeicherbecken	Schiffahrtsrinnen
			Strassenbau/Wasserschutzgebiete	Sondermülldeponien	Nutz- und Zierteiche	Uferverbauungen

Einsatzgebiete			Anwendungsbeispiele	Bewitterung	mech. Beanspruchung		chem. und chem.-biologische Beanspruchung
					im Einbau	im Gebrauch	
Einsatzgebiete	Bauwerke gegen eindringendes Wasser	Gebäudeinhalt schützen	Wasserisolierung nacktes Flachdach Kellerisolierung gegen Grundwasser Tunnelisolierung gegen Feuchtigkeit	XX	XX XX	X (Begehen) X (Setzungen)	X (Abgase)
		Konstruktion schützen	Warmdachkonstruktion gegen Kondensat Betonkonstruktion gegen saure Erden Brückenfahrbahn gegen Tausalz und Korrosion	X (Temp.-differenz innen/aussen)	XX	XX	XX X (Tausalz)
	Erdreich und Grundwasser gegen austretendes Wasser	mit chem. Belastung	Dauerbelast. Abwasserbecken Hausmülldeponien Sondermülldeponien	XX	X (Verlegen) X (Verlegen) X (Verlegen)	X (Bettung) X (Bettung) X (Bettung)	XX XX XX
			temp. Belast. Auffangwannen Umschlagplätze Strassenb./Wasserschutzgeb.	XX	X (Verlegen) X (Verlegen) X (Verlegen)	X (Bettung) X (Bettung) X (Bettung)	X (Belastungsd.) X (Belastungsd.) X (Belastungsd.)
		ohne chem. Belastung	fließ. Wasser Bewässerungskanäle Schiffahrtsrinnen Uferverbauungen	X (o. mech. Schutz)	X (Verlegen) X (Verlegen) X (Verlegen)	XX XX XX	
			steh. Wasser Retentionsbecken Energiespeicherbecken Nutz- und Zierteiche	XX XX XX	X (Verlegen) X (Verlegen) X (Verlegen)	X (Bettung) X (Bettung) X (Bettung)	

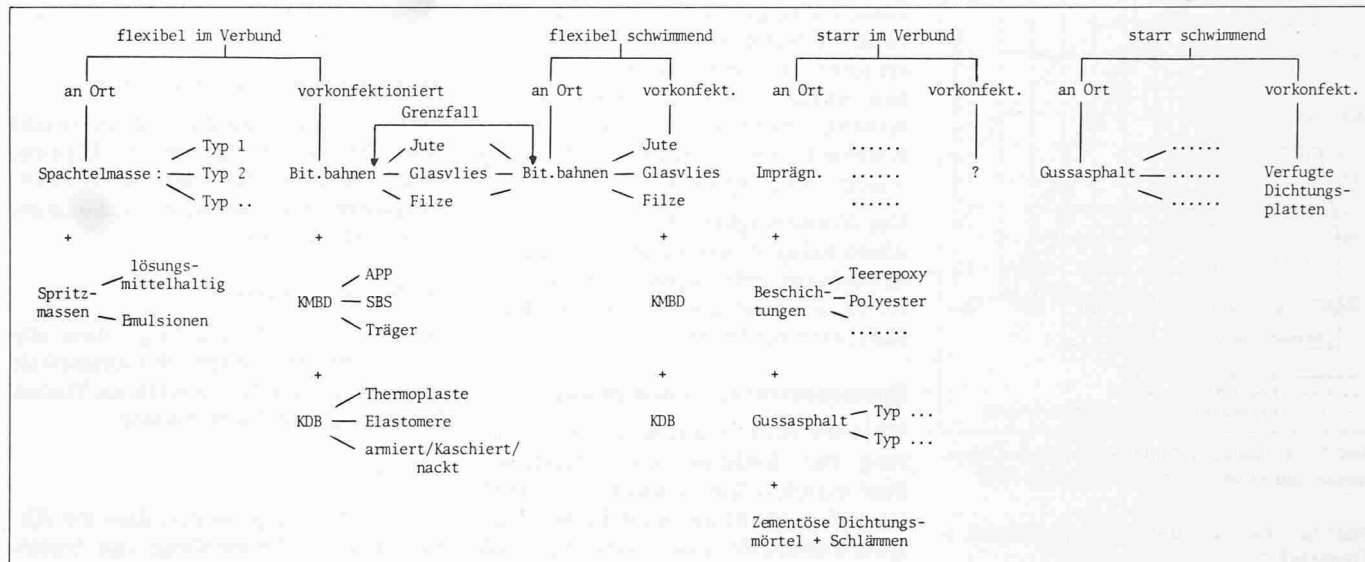
Tabelle 2. Beanspruchsarten von Abdichtungen (aus «Sika informiert», Nr. 2, 1977)

Bewitterung	mech. Beanspruchung		chemische und chem./biologische Beanspruchung
	im Einbau	im Gebrauch	
Licht/UV Windsog Hagel Schnee/Eis Temperatur (Extremwerte und Schwankungen)	Begehen Befahren Verlegen Eindecken, hinterfüllen Parallel laufende Arbeiten wie Schalen, Armieren, Betonieren usw.	dito, reinigen Wasser + Erddruck Bettung	wässrige Lösungen und aggressive Wässer und Erden Industrieabgase Öle/Fette Mikro-Organismen Verträglichkeit zu angrenzenden Materialien

Beschichtungen, Spritz- und Spachtelmassen *an Ort aufgebracht* werden, und solchen, die wie Kunststoffbahnen und -Planen, Dichtungsplatten, usw. auf der Baustelle nur noch *an ihren Nahtstellen gedichtet* werden müssen.

Einen *Grenzfall* stellen dabei die *konventionellen Bitumenbahnen* dar, die zwar als vorkonfektionierte Rollenware geliefert werden, deren Dichtigkeit aber per Definition erst mittels den an Ort applizierten, bituminösen Zwischen- und Überstrichen erzielt wird.

Tabelle 3. Die im wesentlichen bekannten und gebräuchlichen Kombinationen



Schutz der Abdichtung

Je nach Material und Zielsetzung kann und muss die Abdichtung ihren Schutz vor Bewitterung und/oder mechanischer Beanspruchung, und/oder chem./biologischer Angriffe im Sinne ihrer Immunität erbringen können (z. B. Kunststoffdichtungsbahn ohne Kieslage als sog. nacktes Leichtdach). Es ist somit von Fall zu Fall zu untersuchen, ob das abzudichtende Bauwerk, bzw. dessen Abdichtung eine separate Schutzlage erlaubt oder erfordert (Gewicht, Funktion, Nutzung, eingesetztes Abdichtungs-Material usw.), oder ob die Dichtungslage selbst den äusseren Einflüssen auch langfristig widerstehen kann.

Diese vier Grundcharakteristiken einer jeden Abdichtung haben demnach theoretisch schon $2^4 = 16$ Grundsysteme zur Folge, ohne dass dabei ein bestimmtes Produkt oder System näher bezeichnet wäre (Tabelle 3).

Bahnenförmige Abdichtungen

Bei den weiteren Betrachtungen sollen nun die bahnenförmigen Abdichtungen mittels Bitumenbahnen, kunststoffmodifizierter Bitumendichtungsbahnen sowie mittels reiner Kunststoffdichtungsbahnen im Auge behalten werden. Es wird dabei vorausgesetzt, dass diese Materialien als «flexibel» gelten dürfen, und dass sie sowohl als schwimmende wie auch als Abdichtungen im Verbund zum Einsatz gelangen. In bezug auf ihre Beanspruchbarkeit und ihr mechanisches Verhalten vergleiche Bild 1 und 1a.

«Entscheidungsprozess Brückenfahrbahn»

Wir stellen fest, dass sich die Abdichtungssysteme trotz aller Vielfalt an An-

Tabelle 4. Kennzeichnung von Bitumen- und Kunststoffbahnen

Bitumenbahnen	kunststoffmod. Bit.-dichtungsbahnen	Kunststoffbahnen
immer mit Träger: Jute, Filz, Glasvlies	immer mit Träger: Jute, Glasvlies, Polyester	mit oder ohne Träger oder Kaschierung
Bahnen = Armierung (keine Dichtefunktion)	gilt als Schweissbahn, d. h. Dichtung	1-lagige Verlegung
Zwischenstriche und Überstrich (= Dichtung)	daher 1- oder 2lagige Verlegung	Thermoplaste: verschweissbar (mit Wärme verformbar)
Immer mehrlagig	Anforderungskatalog nach SIA 281	Elastomere: nur kleben (vulkanisiert)
Bitumenbahn = Träger ~ 2 mm	Bahndicke etwa 3,5 bis 6 mm	Anforderungskatalog nach SIA 280
Fertige Abdichtung ~ 10 mm	keine Vorschrift über Kunststoffanteil (CH!)	

Tabelle 5. Typische Einsatzgebiete für bituminöse Abdichtungen

allgemein dort, wo:	Anwendung:
absolute Dichtigkeit gefordert, keine direkte Bewitterung, ebene, feste Untergründe vorhanden, rel. grosse Dicke der Abdichtung von Bedeutung	Betonierte Ingenieurbauwerke im Tiefbau, wie: Kellerabdichtung, Brückenfahrbahn, betonierte Wannen und Schächte, usw. sowie konventionelle Flachdächer

Tabelle 6. Typische Einsatzgebiete für Kunststoffdichtungsbahnen nebst Flachdächern

allgemein dort, wo:	Anwendung:
rel. unebene Untergründe vorhanden (Anpassungsfähigkeit) Etappenbauweise verlangt wird (Planen, Konfektion), rel., nicht absolute Dichtigkeit (1 Lagigkeit, Poren, Nähte) genügt Bewitterungsfähigkeit verlangt wird (UV-Strahlung, Hagel, Eisbildung) Chemikalienbeständigkeit im Vordergrund steht (temp. oder perman. Resistenz)	Tunnelisolationen offene Gruben und Becken Gartenteiche künstliche Seen Mülldeponien

wendungsgebieten, Materialien und Beanspruchungen einigermaßen katalogisieren lassen. Wir wollen nun versuchen, in einem eigentlichen Entscheidungsprozess, und mit Hilfe der bisher angestellten Überlegungen ein für Brückenfahrbahnen geeignetes Abdichtungssystem zu bestimmen. Das Beispiel der Brückenfahrbahn wird dabei gewählt, weil in der Schweiz sowohl aus

topographischen als auch aus politischen Gründen eine überdurchschnittlich grosse Zahl von Brücken – speziell von Beton-Strassenbrücken – erstellt werden. Weiter auch deshalb, weil diese Fahrbahnen wegen der harten klimatischen Verhältnisse in den Wintermonaten dauernd von Schnee und Eis befreit werden, und dadurch eine extrem starke Beanspruchung ertragen müssen.

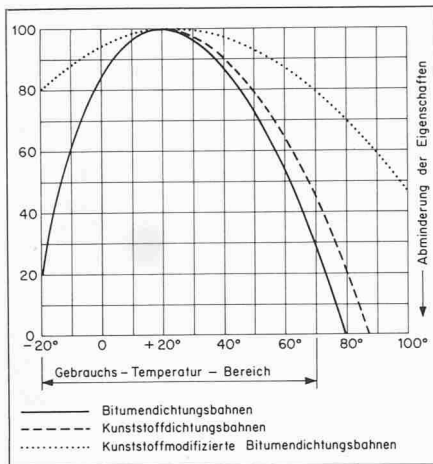


Bild 1. Verhalten in Funktion der Gebrauchstemperatur (aus «Kunststoffe im Bau», Nr. 46, 1976)

Bild 1a. Unterschiedliche Beanspruchbarkeit – Tendentiell

	Bewitterung	mechanisch	chem./biolog.
Bit.-bahnen	o ①	o ②	–
KMBD	– ①	+ ②	o
KDB	+	–	+

- + gut
 o fragwürdig
 – schlecht
 ① unbeschiefert
 ② je nach Träger
- [Symbol: Quadrat mit Schraffur] Bewitterungs-plus (z. B. UV) z. T. durch «mechanisches Minus» (z. B. Hagelschlag, Vogelpick usw.) kompromittiert!

Massgebende Kriterien

Als massgebende Kriterien einer Brückenfahrbahn können ihre *Tragsicherheit* und ihr *Fahrkomfort* bezeichnet werden. Der Angriff von Schnee und Eis auf eine – gedanklich nicht abgedichtete – Betonfahrbahn hat zwar keinen Einfluss auf ihre Tragfähigkeit, wohl aber auf den Fahrkomfort; zwangsläufig muss daher die Fahrbahn dauernd von Schnee, und mittels Tausalz auch von Eis befreit werden.

Erst die Verwendung von Tausalz hat durch seine *korrosive Wirkung* auf Stahl und Beton sowohl eine Gefährdung der Tragsicherheit, wie auch eine Verminderung des Fahrkomfortes durch Frostaufrüche zur Folge. Eine erste Massnahme wird also darin bestehen, die Betonfahrbahn mit einer tausalzbeständigen Abdichtung vor Korrosion zu schützen.

Damit wäre zwar die Tragfähigkeit wiederum sichergestellt, aber je nach Abdichtungsart bleibt der Fahrkomfort (auf dieser Abdichtung) weiterhin fragwürdig. Ausserdem ist die Tragsicherheit nur solange gewährleistet, als die Abdichtung nicht durch Befahren, Bewitterung, mechanische Verletzung usw. beschädigt wird.

Als zweite Massnahme folgt daraus zwangsläufig der Einbau einer separaten Fahr- bzw. Verschleiss-Schicht, die

gleichzeitig den Schutz der eigentlichen Abdichtung gewährleisten sollte. Konsequenterweise ist dabei ein tausalzbeständiger, bituminöser Belag vorzusehen, würde doch bei der Wahl einer zementösen Fahr- und Schutzschicht der Kreislauf von Ursache und Wirkung wieder vorne beginnen.

Die Notwendigkeit aber, einen bituminösen Belag in heissem Zustand auf die Abdichtung aufbringen zu müssen, hat für diese eine Reihe von weiteren Konsequenzen zur Folge.

Konsequenzen für die Abdichtung

Während des Einbaus muss die Abdichtung der *Einbauwärme* widerstehen, dem *maschinellen Verdichten* standhalten und auch alle unvermeidlichen *Baustellentransporte* sowie das *dauernde Begehen* schadlos überstehen können. Die Folge davon ist, dass je nach Abdichtungsmaterial vorgängig des Belagseinbaus eine *erste Schutzschicht* vor den erwähnten Angriffen eingebaut werden muss, die zwar nicht als Fahrbahnbelag gelten kann, die aber bei dessen Einbau die Abdichtung – in geringerem Masse – wie der eigentliche Belag beansprucht.

Das nun resultierende *Paket aus Abdichtung, bituminöser Schutzlage und bituminöser Fahrbahn* hat dabei im Gebrauchszustand die folgenden Eigenschaften zu erbringen:

Brems- und Anfahrkräfte – allgemein Schubkräfte – müssen von OK Fahrbahnbelag über die Schubfestigkeiten der verschiedenen Materialien in sich sowie über die Haftflächen zwischen den einzelnen Schutz- und Dichtungsebenen *verformungsfrei* auf die Betonunterlage übertragen werden können. Das Abdichtungspaket hat weiter auch langfristig alle physikalischen und chemischen Verträglichkeiten unter sich sowie gegenüber dem Betonuntergrund zu erbringen. Namentlich muss die Abdichtungsebene alle Schwingungen, Vibrationen und thermischen Längenänderungen der Brückentafel schadlos mitmachen, und bei allfälligem «Einbau im Verbund» als *flexible Abdichtung* alle vorhandenen Mikrorisse im Konstruktionsbeton überbrücken können.

Qualitativer Anforderungskatalog / Klassierung nach den vier Grundcharakteristiken

Die Abdichtung einer Brückenfahrbahn müsste somit – ohne konkrete Systemidee – die folgenden Anforderungen erfüllen:

Gleichmässige Schichtstärke

Aus dieser Sicht müssen alle an Ort applizierten Beschichtungen und Spachtelmassen wegfallen:

Wenn örtlich zu dünn: Einwalzgefahr
Wenn örtlich zu dick: Schubprobleme

Wenn möglich ohne Schutzschicht

Soll diese, auch um damit das Gewicht des Überbaus reduzieren zu können, weggelassen werden, darf die Abdichtungsebene ein minimales Dickenmass nicht unterschreiten.

Nicht unterwanderbar

Aus dieser Forderung folgt, dass alle schwimmenden Beläge (ob Gussasphalt an Ort erstellt, oder ob KDB als Planen lose verlegt) wegfallen müssen.

Dehnfähig

Aus Punkt 3 folgt weiter, dass die Abdichtung zur Vermeidung von Unterläufigkeiten «im Verbund» aufgebracht werden muss; daraus wiederum ist die Einsicht abzuleiten, dass keine starren, sondern bloss flexible Abdichtungsebenen zugelassen werden können, die dehnfähig genug sind, um vorhandene Mikrorisse überbrücken zu können.

Nicht umwanderbar

Es ist dafür zu sorgen, dass die Isolationsabschlüsse nicht umwandert werden können, d. h. die Abdichtung ist fugenlos über den Fahrbahnbelag hochzuziehen. Diese Forderung ist, wenn auch nicht in letzter Konsequenz, so doch am ehesten mit vorkonfektionierten Dichtungsbahnen einzuhalten.

Genügend dick und druckfest

Damit beim Belagseinbau keine Perforationen der Dichtungsebene von Betonkörnern unter der Abdichtung oder von Kieskörnern des Belages über der Abdichtung erfolgen, ist eine Dicke der Abdichtung anzustreben, die wesentlich über den konkurrenzfähigen Dicken der gebräuchlichen Kunststoffdichtungsbahnen liegt.

Leicht verarbeitbar

Es muss sich um ein System handeln, das sowohl in handwerklicher Hinsicht sowie auch bezüglich des «klimatischen Spielraums beim Einbau» keine allzu hohen Ansprüche stellt. Unbesehen der weiteren Vorbehalte müssen hier alle mehrkomponentigen Mischungen, Reaktivharze, usw. in Frage gestellt werden.

Bezahlbar

Selbst unter Einhaltung der obigen sieben Positionen verbleiben noch mehrere Möglichkeiten zur Erstellung eines zuverlässigen Abdichtungssystems auf der Brücke. Entscheiden unter diesen wird somit letztlich der Preis, der allerdings von weiteren, als bloss von den rein «technischen Kosten» abhängt.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Von den total $2^4 = 16$ Grundsystemen fallen weg:

wegen Pos. 1, 5, 7: alle «an Ort» erstellten Abdichtungen
es verbleiben acht Grundsysteme
wegen Pos. 3, (4), (6): alle «schwimmenden» Abdichtungen und alle «starren Abdichtungen im Verbund»

Es verbleiben zwei *Grundsysteme*, nämlich *flexibel – im Verbund – vorkonfektioniert, mit oder ohne Schutzschicht*.

Innerhalb dieses begrenzten, verbleibenden Spektrums behaupten sich zwei *ähnliche Konzepte* mit Erfolg:

Var. 1: Die bituminöse Bahn als Dichtungslage mit oberseitiger Metallkaschierung und dem darauf aufgetragenen Gussasphalt als Schutzlage und Verschleiss-Schicht.

Var. 2: Die kunststoffmodifizierte Bitumendichtungsbahn auf vorgrundierter Betonunterlage als aufgeschweisster Dichtungsebene sowie der direkt auf die Abdichtung oder auf eine bituminöse Schutzschicht (2 bis 3 cm AB4) aufgetragene Asphaltbeton AB16 als Fahrbelag.

Da die Variante 2 in der Schweiz, nicht zuletzt aus preislichen Gründen, wesentlich häufiger angewandt wird, sollen über dieses System ein paar letzte Bemerkungen angebracht werden.

Frage der Schubfestigkeit und der Schutzschicht

Es hat sich gezeigt, dass die Schubfestigkeit der gebräuchlichen, kunststoffmodifizierten Bahnen (pm: hohe Wärmestandfestigkeit, gute Kälteflexibilität!) allgemein deutlich über den auftretenden Belastungen liegt. Es darf hier keine Verwechslung zwischen «verschobenen Fahrbelägen» und möglichen Schubverformungen in der dünnen Abdichtungsebene entstehen: Kritisch sind einzig die von der Wärme aufgeweichten, dicken Belagsschichten, sowie allenfalls die Haftfestigkeiten zwischen den verschiedenen Materialebenen.

Aus diesem Grunde wird die Betonunterlage vor dem Aufschweißen der KMBD vollflächig vorgrundiert. Aus demselben Grunde sollte aber – wo dies aus Festigkeitsgründen zulässig ist – auf unnötige Schutzschichten über der Abdichtungsebene verzichtet werden, weil diese unter ungünstigen Voraussetzungen ebenso auch als Trennlagen zwischen Dichtung und Fahrbelag wirken könnten.

Frage der Dehnfähigkeit

Es sind hier zwei *grundverschiedene Beanspruchungsarten* zu unterscheiden:

Überbrückt eine im Verbund aufgebrachte KMBD einen schon anfänglich vorhandenen Betonriss von bestimmter Breite, und muss angenommen werden, dass sich dieser entsprechend gewisser Temperaturzyklen immer etwas bewegt, so wird die Bahn durch die dauernden Dehn- und Stauchbewegungen auf «Ermüdungsbruch» beansprucht; es muss aber erwartet werden dürfen, dass eine KMBD-Bahn mit geeigneter Einlage dieser Wechselbelastung auch langfristig widersteht.

Eine ganz andere Beanspruchung auf den Dichtungsquerschnitt erfolgt dann, wenn eine ursprünglich intakte, und vollflächig mit der Abdichtung verbundene Betonebene infolge von Temperaturspannungen schlagartig reißt. Bei dieser Beanspruchung geht es weniger darum, dass nun für die Abdichtung eine theoretische Dehnung von ∞ entsteht (eine allmähliche Fugenöffnung, z.B. von Null auf 1 mm lässt sich bei einem elastischen Material von vielleicht etwa 4 bis 5 mm Dicke über die Querkontraktion ohne weiteres überbrücken), sondern vielmehr, dass sich bei 100prozentigem Verbund der Impuls aus der schlagartigen Rissbildung ohne Dämpfung auf die Abdichtung überträgt.

Hier muss an den Brückenkonstrukteur die klare Forderung gerichtet werden, dass seine Fahrbelagplatte kein derartiges Verhalten aufweisen darf; andernfalls wären kaum kontrollierbare Konzessionen an die Verbundwirkung, damit aber auch an die Unterläufigkeit der Abdichtung zu machen.

Frage der Blasenbildung

Fälschlicherweise wird immer wieder – auch in der Literatur – von «Dampfblasen», «Wasserdampfblasen», «Blasen infolge Dampfdruck» usw. gesprochen. Mit einer Ausnahme handelt es sich jedoch bei den fraglichen Blasen unter Belägen, Beschichtungen, Anstrichen usw. jedesmal um *eingeschlossene Luftpohlräume*, die nach dem *Gesetz von Dalton*: «Gasdruck mal Volumen durch absolute Temperatur gleich konstant» bei Erwärmung den teilweisen Druckabbau durch teilweise Volumenvergrößerung (= Blasenbildung) erzielen. An dieser Druckerhöhung infolge Temperaturerhöhung ist der Teildruck des Wasserdampfes der ursprünglich kühlen, eingeschlossenen Luft praktisch nicht beteiligt, da sich der absolute Feuchtigkeitsgehalt dieser Luftblasen bei Erwärmung nicht ändert und deren relative Feuchte entsprechend der Erwärmung abfällt.

Der Partialdruck des Wasserdampfes lässt sich unterhalb seines Siedepunktes nicht durch Volumenverkleinerung (Kompression) erhöhen: Entsprechend der Reduktion des Platzangebotes in

einem ausschliesslich mit H_2O -Dampf gefüllten Gefäss kondensieren ohne Druckerhöhung eine entsprechende Anzahl Wasserdampfmoleküle zu Wasser. Umgekehrt ist daher der Partialdruck des Wasserdampfes unterhalb seines Siedepunktes auch nicht in der Lage, einen Überdruck auf eine Behälterwandung auszuüben (Siedepunkt = Gleichgewicht zwischen Dampfdruck und Umgebungsdruck, bei Wasser auf Meereshöhe etwa bei $100^\circ C$).

Eine praktische Anschauung dieser Zusammenhänge kann dadurch gewonnen werden, dass man ein vollständig mit Wasser gefülltes Kissen aus zwei an ihren Rändern zusammengeklebten Bitumenbahnen gegen $100^\circ C$ erhitzt. Aufgrund der landläufigen Vorstellungen über den «zunehmenden Dampfdruck» müsste sich doch das Kissen schon bei etwa 60 bis $70^\circ C$ zu einem Ballon ausweiten...?

Für die Abdichtung ist eine Feststellung wichtig: Es ist für einen Dichtungsbelag mit Blick auf dessen Blasenbildung völlig belanglos, ob sein Wasserdampf-Diffusionswiderstand $\mu \cdot d = 100, 200$ oder 500 beträgt; *Wasserdampf-Überdruckblasen* wegen ungenügender Dampfdurchlässigkeit und infolge Erwärmung durch Sonneneinstrahlung werden sich nie einstellen. Werden hingegen zwischen Beton und Abdichtung Luftblasen – mit oder ohne Feuchtigkeitsgehalt – eingeschlossen, so wird auch eine Dichtungshaut mit einem Diffusionswiderstand von 50, 20 oder noch weniger die Blasenbildung infolge Erwärmung der eingeschlossenen Luft nicht verhindern.

Ein Widerspruch – aber auch bloss ein scheinbarer – zeigt sich beim Einbau von Gussasphalt ohne Trennlage direkt auf den Beton. Die sich hier bildenden Blasen sind tatsächlich auf Wasserdampfentwicklungen zurückzuführen – aber eben bei Temperaturen oberhalb des Siedepunktes von etwa $100^\circ C$, d.h. bei einem grösseren Partialdruck als dem Atmosphärendruck, der ihn umgibt. Die derart im Gussasphalt entstandenen und erhärteten Hohlräume sind nun der Ausgangspunkt zur eigentlichen, wachsenden Blasenbildung durch Lufterwärmung und Pumpeffekt bei Abkühlung.

Nach einem Vortrag, gehalten am 1. Internationalen Abdichtungskongress in Barcelona (12. bis 14. Mai 1980)

Adresse des Verfassers: H. Bangerter, Ing. SIA, Weder + Bangerter AG, Ing. Büro für Hoch- und Tiefbau, Abdichtungstechnik, Energieberatung, Waffenplatzstr. 63, 8002 Zürich