

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 107 (1989)  
**Heft:** 16

**Artikel:** Abdichtungen für Ingenieurbauwerke: Planung und Ausführung  
**Autor:** Zwicky, Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-77087>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

**Literatur:**

- [1] Pfefferkorn, J.: Element 26, 1986  
 [2] Haller, P.: Publikation EMPA, 1942

terfeuchtungen entstanden, waren in der Regel darauf zurückzuführen, dass der Untergrund zum Zeitpunkt der Putzausführung noch zu feucht war.

**Zusammenfassung**

In der Vergangenheit waren sehr zahlreiche Schadensfälle und Bemängelungen zu behandeln, welche ihre Ursache

in einer zu hohen Feuchtigkeit der Untergrunde hatten. Aus verschiedenen Gründen ist sowohl der Planer als auch der ausführende Unternehmer zu immer höheren Risiken bereit. Für die Austrocknung wird der Feuchtigkeit der Baustoffe sowie der notwendigen Zeit zuwenig Beachtung geschenkt. Man ist zunehmend bereit, allfällige Schäden und Mängel, welche aus dem Verputzen zu feuchter Mauerwerke resultieren, in Kauf zu nehmen und auf einfache Art und Weise zu sanieren. Bei kleineren Objekten mögen diese Überlegungen wirtschaftlich sein, bei grösseren Bauten hingegen scheint dieses Vorgehen aber risikoreich zu sein,

können doch ganz erhebliche Kosten für die Beseitigung der Mängel entstehen.

In jedem Falle ist es empfehlenswert, sich wieder auf die Praktiken früherer Zeiten zu besinnen, und der Baufeuchtigkeit wieder den richtigen Stellenwert einzuräumen. Dies wiederum bedeutet, dass im Bauprogramm wieder genügend Zeit für die Austrocknung der Untergrunde vorzusehen ist.

Adresse des Verfassers: J. Pfefferkorn, Marmon AG, 8604 Volketswil.

## Abdichtungen für Ingenieurbauwerke

### Planung und Ausführung

**Ingenieurbauwerke brauchen einen dauerhaften Schutz vor schädigenden Einflüssen durch Grund- und Oberflächenwasser. Gleichzeitig müssen die Benutzer und die Einrichtungen solcher Bauwerke geschützt werden. Eine weitere Schutzwirkung ist dann erforderlich, wenn das Grundwasser schädigenden Einflüssen aus dem Betrieb ausgesetzt ist. Ein wesentliches Kriterium für diese Schutzfunktion ist die geforderte, lange Nutzungsdauer. Die Abdichtung muss für die geplante Nutzungsdauer ausgelegt werden. Ein Ersatz der Abdichtung, wie z.B. bei der Gebäudehülle (Dach, Fassade) ist bei Ingenieurbauwerken in der Regel ausgeschlossen. Behelfsmässige Massnahmen, wie z.B. nachträgliche Injektionen sind meist Flickwerke und können die nötigen Schutzfunktionen nur teilweise erfüllen. Ebenso unbefriedigend sind Sanierungen, da sie häufig mit wesentlichen Einschränkungen in der Nutzung verbunden sind.**

Es lohnt sich, ausreichende Mittel in die Planung und Ausführung von Abdichtungen zu investieren, auch wenn

viele und so gravierende Schäden anzutreffen, wie auf dem Gebiet der Abdichtungen.

Für den Erfolg einer Abdichtungsmassnahme ist es deshalb unerlässlich, sich von Anfang an, d.h. vor Planungsbeginn, über verschiedene Begriffe und Zusammenhänge Klarheit zu verschaffen.

### Der Dichtigkeitsbegriff

Der Bauherr erwartet von einer Abdichtungsmassnahme, die er – auf Vorschlag der Fachberater – anordnet und bezahlt, ein trockenes Bauwerk und einen trockenen Nutzraum auf lange Sicht.

Entsprechend der Nutzung setzt er jedoch den Grad der Trockenheit unterschiedlich an. Computerräume erfordern einen höheren Dichtigkeitsgrad als Autoeinstellhallen, Strassentunnels einen höheren als Bahntunnels.

Dr. A. Haak von der STUVA [11] macht den Vorschlag, diese Dichtigkeitsgrade im Untertagbau anhand von zulässigen Leckwassermengen festzulegen. Abgesehen davon, dass diese Mengen nicht leicht festzulegen sind (zu welchem Zeitpunkt wird gemessen, z.B. nach starken Niederschlägen?), ist noch auf einen anderen Punkt hinzuweisen:

Verschiedentlich begegnet man der Auffassung, ein «bisschen tröpfeln» schade nichts. Geht diese Auffassung schon vom Bauherrn aus, so wird sie sich über den planenden Ingenieur, den Bauleiter, den Polier, den Abdichtungsunternehmer bis hin zum Facharbeiter fortsetzen, der schliesslich die Arbeiten ausführen muss. Die Folgen können völlig missratene Arbeiten sein, die das ursprünglich tolerierte Mass an Wasserinfiltration weit überschreiten und kostspielige Sanierungsmassnahmen notwendig machen.

Ein Problem ergibt sich daraus, dass eine zuverlässige Abdichtung, welche in der Regel durch eine Fachfirma im Unterakkord für den Bauunternehmer erstellt wird, nicht zwangsläufig zu einem dichten Bauwerk führt. Oft wird der Abdichtungs-Fachmann erst zuletzt in den Entscheidungsprozess einbezogen. Aus der Konkurrenzsituation heraus muss dieser dann auf Bedingungen eingehen, zu denen er eigentlich gar nicht stehen kann.

Bei der Beurteilung von Infiltrationsscheinungen muss auch beachtet werden, dass äussere Einflüsse, wie z.B. von oben eindringendes Oberflächenwasser, welches am tiefsten Punkt als «Grundwasser» aus einer Arbeitsfuge tritt, eine Rolle spielen kann. Ähnliches gilt, wenn einzelne Bauteile gar

### VON PETER ZWICKY, SARNEN

diese Kosten anfänglich hoch erscheinen. Dabei kann festgestellt werden, dass auch hochwertige Abdichtungen bei den Gesamtkosten keine wesentliche Rolle spielen; betragen die Abdichtungskosten doch in der Regel 2–4% der Baukosten, während die Sanierung einer bestehenden Anlage bei mangelhafter oder fehlender Abdichtung, bis zu 50% der Gesamtkosten ausmachen kann [11].

### Begriffe und Abgrenzungen

Auf kaum einem Fachgebiet der Bau-technik sind in den letzten Jahren so

nicht abgedichtet werden, wie z.B. die Sohle eines Tunnels oder ein Liftschacht.

Die Gegenmassnahmen sind rechtzeitige und detaillierte Abdichtungsplanung mit Nutzungsabklärungen sowie Kosten- und Nutzen-Vergleiche für die verschiedenen Abdichtungssysteme.

### Die Garantie-Frage

Oft wird im Verkaufsgespräch mit dem Garantiebegriff operiert. Dabei muss sich der Bauherr darüber im klaren sein, dass eine eigentliche Garantieerfüllung im Sinne der SIA-Normen für Abdichtungen bei Ingenieurbauwerken nur in den seltensten Fällen möglich ist. Das Werk des Abdichtungsunternehmers ist in den meisten Fällen nicht mehr zugänglich, ein Schaden lässt sich nur anhand von Infiltrationserscheinungen vermuten. Behoben werden kann dieser nicht direkt, eine Garantieleistung, nämlich die Instandstellung des Werkes, ist nur indirekt erfüllbar, da die hierfür in der Regel notwendigen Aufbrucharbeiten zur vollständigen Zerstörung des Werkes führen würden. Entsprechend vorsichtig ist demzufolge mit dem Garantiebegriff zu verfahren, wenn man kostspielige technische und juristische Nachspiele vermeiden will.

### Schadenbehebung

Dass bei der Planung und Herstellung einer Abdichtung mit grösster Sorgfalt vorzugehen ist, dürfte als selbstverständlich gelten. Trotzdem neigen Planer und Ausführende unter Termin- und Kostendruck dazu, allfällig erkannte Mängel zu verdrängen.

Für jedes Abdichtungssystem gibt es eine Reihe von Planungs- und Kontrollmassnahmen, um Mängel an der Quelle auszuschalten (Tabelle 1).

Bekannt ist zum Beispiel auch das Sarna-Prüf- und Injektionsverfahren, das mit flächiger Vakuumprüfung arbeitet und bei dem, zwischen zwei abgeschotteten Kunststoffdichtungsbahnen bei Bedarf nachträglich eine Kunstharzmasse verpresst werden kann. [18, 19]

Auch bei anderen Materialien und Systemen kann durch Injektionen in einen abgeschotteten flächigen Hohlräum die Funktionstüchtigkeit einer Abdichtung wieder hergestellt werden.

Denkbar ist auch die Ausweitung dieses Vorgehens mit vollflächiger systematischer Injektion. Dieses Verfahren, als Kompaktverfahren bezeichnet, eignet sich besonders für Fälle mit hohen Druckbelastungen.

Andere Schadenortungssysteme, beispielsweise die Thermografie, wie sie Dr. N. Klawia in [20] und Dr. G. Girnau

| Möglicher Mangel   | Behebung  | Zuständigkeit                   |
|--|---|---------------------------------|
| <b>Herstellung</b>   |   |                                 |
| Fabrikationsfehler (Wellen, Lunkern, Delaminieren)   | Fabrikationskontrolle<br>Laborkontrolle   | Hersteller<br>Prüfinstitut      |
| Perforation bei zu rauhem Untergrund   | Abnahme des Untergrundes  | Abdichtungsfirma                |
| Zugbeanspruchung bei stark unebenem Untergrund   | Verlegen der KDB in Vertiefungen, evtl. Ausgleichen der Vertiefungen mit Spritzbeton  | Abdichtungsfirma<br>Unternehmer |
| Schweissfehler   | Schweissnahtprüfung auf Baustelle<br>Prüfprotokoll erstellen  | Abdichtungsfirma<br>Bauleitung  |
| <b>Baustellenbedingte Gegebenheiten</b>  |   |                                 |
| Beschädigung beim Abschalen des Innenrings   | Schutzstreifen aus KDB  | Unternehmer                     |
| Beschädigung beim Einbau von Bewehrungen   | Einbau von Schutz- und Signalschicht  | Abdichtungsfirma                |
| Beschädigung beim Einbringen des Betons  | Kein Unterprofil, vor allem im Bereich Auflager, Zwischendecke und Luftpfeifen  | Unternehmer                     |
| Abreissen der KDB bei Wassersackbildung  | Aufschneiden und unmittelbar vor dem Betonieren wieder schweissen   | Abdichtungsfirma                |
| Beschädigung nach dem Betonieren bei sehr grossen Hohlräumen (Abreissen der KDB durch Wassersäcke) | Sofort nach dem Betonieren des Innenrings Hohlräume vollständig ausinjizieren   | Unternehmer<br>Bauleitung       |
| Perforation durch Druck- und Schubkräfte infolge Gebirgs-, Wasser- und Betondruck                  | Ausreichend dimensionierte Ausgleichsschicht und Dichtungsbahn  | Planer                          |
| <b>Langzeiteinwirkungen</b>  |   |                                 |
| Langzeitverhalten der KDB  | Laborkontrollen nach SIA- und DIN-Normen  | Prüfinstitut                    |
| Versintern und Verstopfen der Flächendrainage hinter der KDB                                       | Ausreichend dimensionierte Ausgleichsschicht mit maximaler Langzeit-Drainagewirkung   | Planer                          |
| Versintern und Verstopfen der Drainageleitungen  | Ausreichend dimensionierte Drainageleitung mit maximalen Eintrittsöffnung, Kontroll- und Reinigungsschächte in kurzem Abstand anordnen<br>Drainageleitungen periodisch spülen | Planer<br>Unterhaltsdienst      |

*Tabelle 1. Mängel/Behebung/Zuständigkeiten am Beispiel von Tunnelabdichtungen mit Kunststoffdichtungsbahnen. Analoge Listen lassen sich auch für andere Anwendungsgebiete und Systeme zusammenstellen.*

in [21] vorstellen, sind in der Schweiz nicht verbreitet, unterstreichen aber die grosse Bedeutung dieses Gebietes.

Weitere, mit der Abdichtung zusammenhängende Begriffe, sind in den Normen [12][15][16] umschrieben.

### Abdichtung/Isolation

Vereinzelt trifft man noch auf den Begriff «Isolation» für Abdichtungen. In den Normenwerken, in der Fachliteratur und in Fachkreisen wird jedoch ausschliesslich der Begriff «Abdichtungen» für Massnahmen gegen eindringendes Wasser in Bauwerke verwendet, auch über die Sprachgrenzen hinaus (étanchéité, impermeabilizzazione, waterproofing). Ähnliches gilt für «Folien»: der Begriff «Dichtungsbahnen» hat sich ebenfalls durchgesetzt. Andere Ausdrücke sollten im Sinne einer klaren, aufgabenbezogenen Verständigung nicht mehr verwendet werden.

### Bauphysik

In vielen Fällen kann auch bei Ingenieurbauwerken im Zusammenhang mit dem Feuchtigkeitsschutz die bauphysikalische Berechnung eines Schichtaufbaus notwendig sein, z.B. bei Untergeschoß-Bauten im Hochbau, bei Trafostationen im Tunnelbau und bei Brücken. Kondenswasserbildung oder Dampfdruck können den Erfolg einer Abdichtungsmassnahme ebenso in Frage stellen wie eigentliche Infiltrationen.

### Entwässerung und Abdichtung

Diese beiden Bauteile stehen in engstem Zusammenhang. Entwässerungs-

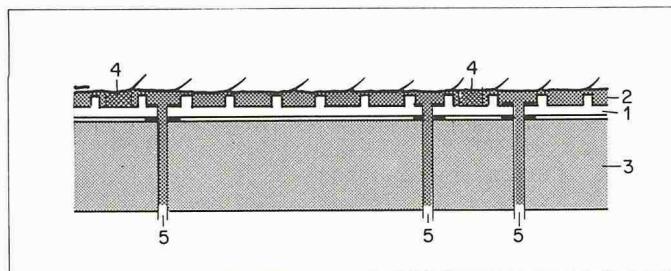


Bild 1. Schematischer Aufbau einer Abdichtung im Kompaktverfahren. (1) profilierte Dichtungsbahn; (2) Injektion, systematisch; (3) Innenring; (4) Abschottung; (5) Injektionsstutzen, Ausführung bei hohen Drücken und absoluter Wasserdichtigkeit.

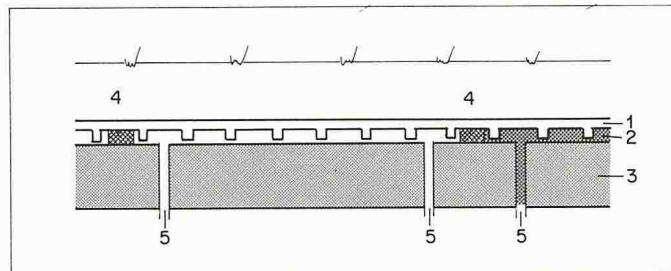


Bild 2. Abdichtung mit Abschottung und Injektionsstutzen. Die Injektion erfolgt nur partiell bei Undichtigkeiten im betroffenen Abschnitt. (1) profilierte Dichtungsbahn; (2) Injektion, systematisch; (3) Innenring; (4) Abschottung; (5) Injektionsstutzen.

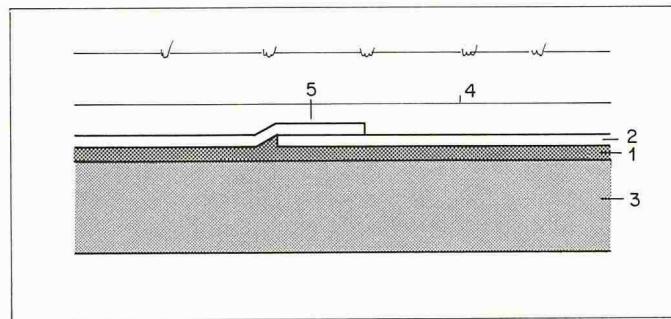


Bild 3. Vollflächige Verklebung von Kunststoffdichtungsbahnen. (1) Hohlräumfüllender Kleber, z.B. Zweikomponenten-PU; (2) Kunststoffdichtungsbahn; (3) Betondecke/Wand; (4) Schutzschicht (z.B. Schutzmörtel oder Schutzmatten); (5) Stöße überlappt oder stumpf mit Bandschweißen.

und Drainageelemente verhindern einen Wasserdruckaufbau und erlauben den Einbau einer *nicht druckwasserhaltenden Abdichtung*.

Ist umgekehrt eine Entwässerung des Bauwerkes und seiner Umgebung nicht erwünscht oder nicht möglich, wird auf den Einbau einer Entwässerung und Drainage ausserhalb der Abdichtung verzichtet. In diesem Falle ist eine *druckwasserhaltende Abdichtung* erforderlich.

An diese beiden Systeme werden qualitativ ganz unterschiedliche Anforderungen gestellt. Besonders zu beachten ist, dass bei der druckwasserhaltenden Abdichtung schon ein geringer Defekt zu einem vollständigen Versagen der Abdichtung führen kann.

Heute ist allgemein bekannt, dass Entwässerungsanlagen für dauernden Unterhalt (Reinigung) eingerichtet sein müssen. Dieser wird in der Regel auch konsequent durchgeführt. Das gleiche gilt für die Qualität der Entwässerungsbauteile, es kann nur beste Qualität eingesetzt werden.

Trotzdem kann ein Entwässerungselement kurzfristig seinen Dienst versagen (zum Beispiel eine Tunnel-Seitenentwässerungsleitung bei starken Niederschlägen und Schneeschmelze). Ein zu geringes Schluckvermögen führt zu Druckwasseranstieg hinter der Abdichtung, zu Umläufigkeit am Gewölbe und zum Sohlaufstossen und zum

Hochsteigen des Wassers in den Ringfugen [17].

### Varianten

Gelegentlich trifft man in Ausschreibungsunterlagen noch die Formulierung: «nach Vorschlag des Unternehmers». Dies kann dazu führen, dass ein wichtiges Detail allein anhand der Kosten ausgewählt wird. Der Bauherr bzw. der Ingenieur, muss die Abdichtung rechtzeitig bis ins Detail konzipieren. Die Unternehmervarianten können dann sowohl technisch wie kostenmäßig am Ausschreibungskonzept des Ingenieurs gemessen werden.

Für den Unternehmer und für den Bauherrn bringt dieser Weg Vorteile: Der Unternehmer weiß, wie er zu rechnen hat und kann seine Variante gezielt einsetzen, und der Bauherr kann aufgrund klarer technischer und finanzieller Kriterien auswählen.

### Abdichtungsverfahren

#### Abdichtungssysteme

Die Abdichtungssysteme lassen sich grob in zwei Gruppen einteilen, in starre Abdichtungen und in flexible Abdichtungen.

Zur Gruppe der starren Abdichtungen gehören Baustoffe, bei denen mittels eines bekannten E-Moduls Berechnun-

gen (Druck, Schub, Zug) und Bemessungen möglich sind, zum Beispiel Beton (WU-Beton), zementgebundene Beschichtungen, Spritzbeton, Stahl, Metalle, Guss- und Walzaspalt und Kunststoffe (Polymere der Gruppe Duroplaste). Sie sind nicht rissüberbrückend.

Zur Gruppe der flexiblen Abdichtungen gehören jene Stoffe, die sich unter Druckbelastung oder Wärme mehr oder weniger plastisch (bzw. plastoelastisch) verhalten und bei denen, infolge weit streuendem E-Modul, Berechnungen und Bemessungen nur schwer möglich sind, z.B. Bitumen, Polymerbitumen, Kunststoffe (Polymere der Gruppen Elastomere und Thermoplaste), kunststoffvergütete Zementbeschichtungen mit elastischem Verhalten.

### Auswahlkriterien

Welches Verfahren und welches Material am besten geeignet ist, hängt hauptsächlich von der Nutzung (Verkehrsstruktur und -intensität, dynamische und statische Belastungen, Bepflanzungen, Befahrbarkeit, Schadstoffe durch Betrieb und Unterhalt, Tausalz, Feuchtigkeitsempfindlichkeit der Nutzräume und Einrichtungen), der Unterhaltssituation (einfache oder erschwerete Verhältnisse, intensiver oder extensiver Unterhalt) und den Bauwerksverhältnissen (geographische Lage, Klima, auch während der Bauzeit, Geologie/

Hydrologie, Bodenverhältnisse, konstruktive Gegebenheiten, Baugrubensicherung, Zugänglichkeit, aggressive Luft-, Niederschlags- und Grundwasserbestandteile, Termine) ab.

Sicher müssen auch die Kosten unter dem Aspekt einer wirtschaftlichen Bauweise als Kriterium bewertet werden, doch sind neben den Investitions- auch die Unterhaltskosten und die Verluste infolge gestörter Nutzung in die Überlegungen einzubeziehen.

## Neuere Abdichtungsverfahren

### Das Kompaktverfahren

Das Kompaktverfahren besteht aus einer Flächenabdichtung mittels Kunststoffbahnen mit systematischer Verpressinjektion (Bild 1).

Es wird eingesetzt bei:

- absoluter Wasserdichtigkeit (z.B. Beton-aggressives Druckwasser),
- hoher Druckkraftübertragung Außenring-Innenring (Gebirgsdruck, Wasserdruck),
- hohem Innendruck (Wasserdruck).

Es wird folgendermassen ausgeführt. Verlegen einer Kunststoffdichtungsbahn (Dicke 2–4 mm) – vorzugsweise mit hohlräumbildenden Profilstegen aus PVC oder PE – oder Dichtungsbahnen mit Noppenbahn als Ausgleichsschicht. Die Dichtungsbahn wird gegen den Außenring hin mittels Klemmprofilen oder Fugenbändern abgeschottet. Der durch die profilierte Dichtungsbahn (oder Noppenbahn) gebildete ausserliegende Hohlraum ist über Injektionsstützen mit dem Innenraum verbunden.

Wenn die innere Betonkonstruktion zur Aufnahme der Injektionen bereit ist (Abbindezeit, Firstspaltinjektion ausgeführt), wird der Hohlraum zwischen Außenring und Dichtungsbahn mit Injektionsmaterial systematisch verpresst. Dafür kommen Zement, Zement/Kunststoff oder Kunsthars in Frage.

Die Vorteile dieses Verfahrens liegen darin, dass dem Wasser die Fliesswege verstopft werden, die Dichtungsbahn bei Druck- und Schubbelastungen optimal geschützt ist und allfällige Lecks, z.B. infolge Beschädigung, systematisch abgedichtet werden. Dabei bleibt die Abdichtung selber flexibel.

Dieses Verfahren wurde verschiedentlich in österreichischen Kraftwerkstanlagen angewandt, so 1977 im Rottenbergstollen (Vorarlberger Illwerke, Bregenz) oder 1985 im Wasserschloss Ofenwald (Tauernkraftwerke, Salzburg).

### Das Abschott- und Injektionsverfahren

Ähnlich wie das Kompaktverfahren funktioniert das Abschott- und Injektionsverfahren, nur liegt dabei der Injektionshohlraum auf der Trockenseite und wird nur im Bedarfsfall, bei Infiltrationen also, ausgefüllt (Bild 2). Die Vorteile liegen, abgesehen von den gegenüber dem Kompaktverfahren tieferen Kosten, in der Kombinationsmöglichkeit von loser Verlegung mit vollflächiger Verklebung.

Die lose oder schwimmende Verlegung weist bei der Herstellung viele Vorteile auf (Witterung, nasser Untergrund möglich, Termine, Dampfdruck-Entspannung), hat jedoch den schwerwiegenden Nachteil der Unterläufigkeit. Die partielle Injektionsmöglichkeit gleicht aber diesen Nachteil aus.

Ausgeführt, allerdings wegen der fehlenden Auflast ohne die Injektionsphase, wird das System im grösseren Stil bei Unterterrainerabdichtungen im Hochbau oder im Tunnel-Tagbau (z.B. Tunnel Rathausen, Luzern, 1984) oder bei Grundwasserabdichtungen.

### Vollflächige Verklebung von Kunststoffbahnen

In bestimmten Anwendungsfällen, besonders bei sehr langer Nutzungsdauer, möchte man Kunststoffbahnen den Bitumenbahnen vorziehen. Dagegen spricht aber die lose Verlegung, da sie ein hohes Unterwanderungsrisiko einschliesst. Verwendet man nun einen hohlräumfüllenden Kunststoffkleber für die vollflächige Verklebung der Kunststoffbahnen (z.B. 2-Komponenten-Polyurethan), so kann man die Vorteile der Kunststoffbahn ohne Risiko nutzen. Allerdings kann sich die relativ hohe Witterungsabhängigkeit dieses Systems negativ auswirken (Bild 3).

### Beschichtungen

Eine grosse Zukunft wird den Beschichtungen, den vor Ort hergestellten Abdichtungen vorausgesagt, vermögen sie doch in der Theorie viele Forderungen und Vorstellungen der Bauverantwortlichen zu erfüllen.

Bisher gelang der Durchbruch aber nicht, sei es wegen zu hoher Anforderungen an die Vorbedingungen (trockener Untergrund, Witterung, kompli-

### Literatur

- [1] Band 6 der STUVA-Buchreihe Forschung + Praxis, «Tunnelabdichtungen», 1969.
- [2] «Entwicklung des Strassentunnelbaus in der Schweiz», Studie Elektro-Watt Zürich, im Auftrag des Bundesamtes für Strassenbau, S. 40, 1977.
- [3] G. Herken, Frankfurt: «Abdichtungen in Tiefbau», VDI-Bericht Nr. 295, Tagung Düsseldorf 1977.
- [4] Dr. P. Schmalz, Sektionschef, Bundesamt für Strassenbau, Bern: «Die Dauerhaftigkeit von Brücken aus der Sicht des Bauherrn», VESTRA-Fachtagung Februar 1987, Zürich.
- [5] Dr. J.P. Junker, EMPA Dübendorf: «Abdichtungen von Kunstdämmen im Strassenbau, insbesondere Brückenabdichtungen mit Polymerbitumenbahnen unter Gussasphalt-Überbau», Strasse + Verkehr 12/1986.
- [6] F. Ruckstuhl, Sektionschef, Bundesamt für Strassenbau, Bern: «Tunnelabdichtungen im Nationalstrassenbau», Referat an der SVG/VSS/SIA-Fachtagung vom Januar 1987 in Zürich.
- [7] Norm SIA 280 «Kunststoff-Dichtungsbahnen», 1983, Art. 4.6
- [8] Norm SIA 281 «Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen», 1983, Art. 3.2
- [9] A. Kolmos, Basel, Präsident der VESTRA: «Zur Problematik der Fahrbahnsanierung auf Brücken», Fachtagung VESTRA, Februar 1987, Zürich.
- [10] R. Mettler, Chur: «Sanierung der Tunnel Munt la Schera, Versasca und Rofla», Symposium Sanierung von Tunnelbauwerken, März 1987, München.
- [11] Dr. A. Haak, Köln: «Unterhaltung und Reparatur von Tunneln aus internationaler Sicht», Symposium Sanierung von Tunnelbauwerken, März 1987, München.
- [12] DIN 18195 «Bauwerksabdichtungen», 1983.
- [13] F. Nicolet, Solothurn: «Brückenschäden an Autobahnen», Schweizer Baublatt Nr. 92, 1985.
- [14] Institut für Hochbauforschung ETHZ, Band 13 «Mangelhafte Brückenabdichtungen», 1985, Zürich.
- [15] Empfehlung SIA 271, «Flachdächer», 1986
- [16] Empfehlung SIA 272, «Grundwasser-Abdichtungen», 1980.
- [17] P. Zwicky, Sarnen: «Beurteilung der Nassstellen im Tunnel Dalaas», Bericht z. Hd. Firma Haberkorn, Wollfurt, 1986 (nicht veröffentlicht).
- [18] P. Zwicky, Sarnen: «Kunststoffdichtungsbahnen im Tunnelbau heute», Eurotunnel-Symposium 1987, Basel.
- [19] Sarna Kunststoff AG, Sarnen: «Grundwasserabdichtungen», Prospekt, 1982.
- [20] Dr. N. Klawo, Köln: «Aufspüren von Abdichtungsschäden an fertiggestellten Bauwerken», VDI-Bericht Nr. 295, Tagung Düsseldorf 1977.
- [21] Band 20 der STUVA-Bücherreihe Forschung + Praxis, «Aufspüren von Abdichtungsschäden», 1976.

zierte Verarbeitungsanlagen), sei es wegen der gefürchteten Blasenbildung oder der fehlenden Schichtdickenkontrolle.

Die Entwicklung auf diesem Gebiet wird weitere Fortschritte bringen, besonders bei den reinen Kunststoffbeschichtungen wie z.B. Polyurethan. Als Einsatzgebiete eignen sich praktisch alle Sickerwasserabdichtungen, für Druckwasser liegen noch wenig Erfahrungen vor.

## Planung und Ausführung

### Ingenieur oder Architekt?

Bei Ingenieurbauwerken wird der Ingenieur die Planung und Bauleitung für die Abdichtung übernehmen. In beson-

deren Fällen, z.B. bei Objekten im Hochbau, kann diese Aufgabe aber auch in den Händen des Architekten oder des Generalplaners liegen. In allen Fällen ist es wichtig, sich frühzeitig im Detail mit der Abdichtung zu befassen. Dafür steht jetzt auch der neutrale Spezial-Ingenieur für Abdichtungen für die produkt- und systemunabhängige Beratung zur Verfügung, besonders bei heiklen Fragen der Systemwahl, des Kosten-Nutzen-Verhältnisses und für alle weiteren Detailfragen.

### Die Spezialfirma

Für Abdichtungen wird der Bauherr in der Regel eine Spezialfirma, sei es direkt oder im Unterakkord, beauftragen. Wichtig ist, dass diese Spezialfirma rechtzeitig für die Vorbereitungen zugezogen wird, damit man zu Lösungen

kommt, die auch ausgeführt werden können.

Trotz den vielleicht etwas zu pessimistisch formulierten Äusserungen zu den Garantiefragen wird die Spezialfirma die Gewährleistung für ein dichtes Bauwerk übernehmen müssen und auch können, zusammen mit spezialisierten Lieferfirmen, welche auf diesem Gebiet ebenfalls über ein grosses Know-how und eine lange Erfahrung verfügen. Die sorgfältige Planung durch die planenden Ingenieure und Architekten wird ihnen dabei wesentlich helfen.

Adresse des Verfassers: P. Zwicky, Ing. HTL, Ingenieurbüro für Abdichtungstechnik, Terrassenstrasse 5, 6060 Sarnen.

# Risse in Fensterstürzen

## Ursachen im Putzsystem trotz Armierung

**Durch Verbesserung der wärmetechnischen Eigenschaften von Backsteinfassaden ist die Häufigkeit von Verputzrissen grösser geworden. Dies führt im Einzelfall zu unangenehmen Diskussionen zwischen Bauherren, Planern und Unternehmern. Der Zweck dieses Beitrages ist, Ursachen und Massnahmen zur Verhinderung von Rissen im Putzsystem darzustellen und Planer und Materiallieferanten zu konstruktiven Gedanken anzuregen.**

### Allgemeines

Relativ oft sind in Aussenputzsystemen Risse an ganz bestimmten Orten anzutreffen. Zu diesen Orten gehört der Be-

VON J. PFEFFERKORN,  
VOLKETSWIL, UND  
U. PFLEGHARD,  
EFFRETIKON

reich um die Fensterstürze, die Fensterbrüstung sowie der Materialwechsel bei Gebäudesockel oder Terrassenbrüstungen.

Schon vor sehr langer Zeit hat es sich eingebürgert, diesen kritischen Stellen besondere Beachtung zu schenken. Für den Putzaufbau bedeutet dies, dass an solchen Orten eine Armierung in eine oder mehrere Putzschichten eingelegt wird.

Während früher traditionellerweise ein Draht- oder Ziegelrabitz, teilweise auch ein Streckrabitz verwendet wurde, zieht

man heute der Einfachheit halber ein kunststoffummanteltes Glasgittergewebe (fälschlich oft auch Glasseidenetz) vor.

Verschiedene Unternehmer machen die überraschende Feststellung, dass trotz dieser Putzarmierung Risse entstehen können. Solche Beobachtungen konnten aber nicht nur beim zwei- oder dreischichtigen Aussenputz auf Mauerwerken, sondern auch bei verputzten Aussenwärmedämmungen gemacht werden. Selbst bei massiven Betonwänden sind Risse im Bereich von Fensterausschnitten auszumachen.

Diese Rissbildung in unterschiedlichen Putzsystemen und auch im Beton lässt die Vermutung aufkommen, dass die Ursache grundsätzlicher Natur ist und einer umfassenden Untersuchung bedarf. Es ist offensichtlich nicht damit getan, irgendein Armierungsgitter in den Putz einzulegen, sondern die Armierung muss im Materialverhalten und im Armierungsgehalt dem jeweiligen Putzaufbau angepasst werden. Es

bestehen diesbezüglich Parallelen zur Festlegung der Armierung im Beton.

Wie aber bereits erwähnt, treten beim Beton ebenfalls Risse auf, wenn gewisse Momente nicht oder ungenügend berücksichtigt werden. Beim Putz trifft es ebenfalls zu, dass mit einer richtig dimensionierten und in der Materialart zweckmässigen Armierung noch nicht alle Rissrisiken ausgeschaltet werden können. Als weiterer Faktor, welcher einen wesentlichen Einfluss auf eine mögliche Rissbildung im Putzsystem nimmt, ist der Putzträger zu nennen.

### Mögliche Rissursachen

#### Risse im Bereich von Fensterstürzen

Je nach Art der verwendeten Fensterstürze, der Beschaffenheit des Mauermörtels und der vorliegenden Randbedingungen beim Versetzen des Sturzes treten verschiedene Faktoren auf, welche eine spätere Rissbildung im Putz, im Bereich der Fensterstürze, verursachen bzw. in der Entstehung begünstigen (vgl. Bild 1).

An der Schmalseite weisen verschiedene Sturztypen relativ glatte Flächen auf, welche die Haftung des Mauermörtels am Sturz stark beeinträchtigen. Messungen mit Mauermörtel, welche noch zusätzliche Hilfsstoffe aufwiesen, ergaben an rauen Flächen Haftzugfestigkeitswerte von 0,2-0,4 N/mm<sup>2</sup>,