

1  
Z  
E  
N  
B  
A  
U  
E  
S  
E  
I  
E  
R  
F  
E  
I  
E  
S  
H  
A  
D  
E  
N  
F  
R  
E  
I  
E  
S  
H  
A  
D  
E  
N

Herausgegeben von Ralf Ruhnau  
Begründet von Günter Zimmermann

Ralf Ruhnau

# Schäden an Außenwandfugen im Beton- und Mauerwerksbau

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Fraunhofer IRB ■ Verlag

Ralf Ruhnau

## Schäden an Außenwandfugen im Beton- und Mauerwerksbau



## **Schadenfreies Bauen**

Herausgegeben von Dr.-Ing. Ralf Ruhnau

Begründet von Professor Günter Zimmermann

Band 1

# **Schäden an Außenwandfugen im Beton- und Mauerwerksbau**

Von

Dr.-Ing. Ralf Ruhnau

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im  
Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9520-9

ISBN (E-Book): 978-3-8167-9521-6

Redaktion: Manuela Wallißer

Herstellung: Gabriele Wicker

Layout, Umschlaggestaltung: Martin Kjer

Satz: Manuela Gantner – Punkt, STRICH.

Druck: Offizin Scheufele Druck und Medien GmbH & Co. KG, Stuttgart

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V.  
wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten  
Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die  
über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung  
des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen,  
Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu  
der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetz-  
gebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI,  
VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit,  
Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbei-  
ten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2016

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-2500

Telefax +49 711 970-2508

irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

# Fachbuchreihe Schadenfreies Bauen

Bücher über Bauschäden erfordern anders als klassische Baufachbücher eine spezielle Darstellung der Konstruktionen unter dem Gesichtspunkt der Bauschäden und ihrer Vermeidung. Solche Darstellungen sind für den Planer wichtige Hinweise, etwa vergleichbar mit Verkehrsschildern, die den Autofahrer vor Gefahrstellen im Straßenverkehr warnen.

Die Fachbuchreihe SCHADENFREIES BAUEN stellt in vielen Einzelbänden zu bestimmten Bauteilen oder Problemstellungen das gesamte Gebiet der Bauschäden dar. Erfahrene Bausachverständige beschreiben den Stand der Technik zum jeweiligen Thema, zeigen anhand von Schadensfällen typische Fehler auf, die bei der Planung und Ausführung auftreten können, und geben abschließend Hinweise zu deren Sanierung und Vermeidung.

Für die tägliche Arbeit bietet darüber hinaus die Volltextdatenbank SCHADIS die Möglichkeit, die gesamte Fachbuchreihe als elektronische Bibliothek auf DVD oder online zu nutzen. Die Suchfunktionen der Datenbank ermöglichen den raschen Zugriff auf relevante Buchkapitel und Abbildungen zu jeder Fragestellung ([www.irb.fraunhofer.de/schadis](http://www.irb.fraunhofer.de/schadis)).

## Der Herausgeber der Reihe:

Dr.-Ing. Ralf Ruhnau ist ö. b. u. v. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden sowie Betontechnologie, insbesondere für Feuchteschäden und Korrosionsschutz. Als Partner der Ingenieurgemeinschaft CRP GmbH Berlin und in Fachvorträgen befasst er sich neben der Bauphysik und der Fassadenplanung vor allem mit Bausubstanzbeurteilungen. Er war mehrere Jahre als Mitherausgeber der Reihe aktiv und betreut sie seit 2008 alleinverantwortlich.

## Der Begründer der Reihe:

Professor Günter Zimmermann war von 1968 bis 1997 ö. b. u. v. Sachverständiger für Baumängel und Bauschäden im Hochbau. Er zeichnete 33 Jahre für die BAUSCHÄDEN-SAMMLUNG im Deutschen Architektenblatt verantwortlich. 1992 rief er mit dem Fraunhofer IRB Verlag die Reihe SCHADENFREIES BAUEN ins Leben, die er anschließend mehr als 15 Jahre als Herausgeber betreute. Er ist der Fachwelt durch seine Gutachten, Vortrags- und Seminartätigkeiten und durch viele Veröffentlichungen bekannt.

## Vorwort des Herausgebers zur zweiten Auflage

Seit dem Erscheinen des Bandes 1 SCHÄDEN AN AUSSENWANDFUGEN IM BETON- UND MAUERWERKSBAU der im Jahr 1992 von Prof. Günter Zimmermann gegründeten Fachbuchreihe SCHADENFREIES BAUEN ist nunmehr fast ein Vierteljahrhundert vergangen und die Anzahl der Bände ist bislang auf 46 angewachsen und sie wächst weiter. Ziel und Programm dieser Fachbuchreihe ist nach wie vor das schadenfreie Bauen.

Beschleunigt durch die Europäisierung des gesamten Baugeschehens drängen immer neue und vielfältigere Bauprodukte und Bauverfahren auf den Markt, sodass der einzelne Planer und Ausführende kaum mehr den sachverständigen Überblick über das Ganze behalten kann. Immer mehr Fachplaner und Spezialisten sind gefragt, deren Beiträge widerspruchsfrei koordiniert werden müssen.

Allein die Flut in jüngster Vergangenheit verabschiedeter und weiterhin zu erwartender neuer Europäischer Normen (DIN EN) greift einschneidend in alle Sachgebiete und Themen, auch dieser Fachbuchreihe, ein. Wo dem Planer bisher nationale Normen, Zulassungen und Prüfzeugnisse mit klaren Mindestanforderungen eine vergleichsweise einfache Entscheidung ermöglichten, ob ein Baustoff für den vorgesehenen Anwendungsfall geeignet ist oder nicht, ist dies mit dem europäischen Normenwerk nicht mehr gegeben: Mit dem CE-Zeichen gekennzeichnete Produkte können/müssen zwar grundsätzlich auf dem deutschen Markt Verwendung finden, eine Aussage über Qualität und Eignung findet man hier jedoch in der Regel nicht.

Somit werden die bisher in dieser Fachbuchreihe behandelten Themen von den Autoren auch kontinuierlich überarbeitet, angepasst oder auch vollständig neu bearbeitet; einige Bände liegen bereits in der dritten Auflage vor, Band 2 schon in vierter Auflage.



Die fachgerechte Herstellung und Sanierung von Außenwandfugen hat sich in den letzten 23 Jahren zwar nicht wesentlich geändert und auch die immer wieder auftretenden Mängel und Schäden ähneln sich, doch allein die in Bezug genommenen Normen und Richtlinien sind fast ausnahmslos nicht mehr die gleichen wie im Jahr 1992. So war es höchste Zeit, auch den vorliegenden Band zu überarbeiten und zu ergänzen.

So wünsche ich ganz im Sinne des Begründers dieser Fachbuchreihe, Herrn Prof. Zimmermann, dem Leser viel Nutzen aus diesem und den weiterhin folgenden Büchern. Durch Schaden wird man klug, es muss aber nicht der eigene Schaden sein, man kann auch aus den Schäden anderer lernen.

Berlin, im September 2015

Ralf Ruhnau

## Vorwort des Autors zur zweiten Auflage

Die Vorgaben für das fachgerechte Herstellen von Außenwandfugen haben sich in den letzten 23 Jahren seit Erscheinen der Erstauflage dieses Buches nicht verändert und auch die Materialien, ob elastischer Dichtstoff oder Fugenbänder, haben keine wirklich qualitativen Sprünge gemacht. Natürlich sind die Materialrezepte innerhalb dieser Zeit vielfach variiert und geändert worden; kein Dichtstoff mit genau der gleichen Rezeptur wie damals ist mehr erhältlich. Dass die neuen Rezepturen immer besser als die alten sind, wird zwar vorausgesetzt, wird sich letztlich aber erst beweisen, wenn es auch diese nicht mehr gibt.

Schäden durch Materialversagen aufgrund von Rezepturfehlern sind jedoch damals wie heute selten die Ursache für Fugenschäden. Entweder werden diese Materialien falsch verarbeitet oder an falscher Stelle eingesetzt. Die Flut der neuen europäischen Prüfnormen – praktisch jede noch so simple Materialeigenschaft kann geprüft werden – erfordert vom Planer und vom Ausführenden eine intensive Auseinandersetzung, ob die jeweils durch Normprüfung oder Prüfzeugnis belegte Eigenschaft überhaupt für die Aufgabenstellung relevant ist. So war diese Normenanpassung an den europäischen Markt allein schon Grund genug, dieses Buch gerade jetzt in neuer Auflage herauszubringen.

Diese zweite Auflage von SCHÄDEN AN AUSSENWANDFUGEN IM BETON- UND MAUERWERKSBAU wurde an die aktuellen Normen und Richtlinien angepasst und um zahlreiche neue Schadensbeispiele erweitert.

Möge der Leser viel Nutzen daraus ziehen.

Berlin, im September 2015

Ralf Ruhnau

# Vorwort des Autors zur ersten Auflage

Im ZWEITEN BERICHT ÜBER SCHÄDEN AN GEBÄUDEN des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau ist ausgewiesen, dass die Bauschäden an Außenwänden mit 32 % sämtlicher Schäden an der Bausubstanz bei Weitem die größte Schadensgruppe darstellen. Maßgeblichen Einfluss auf diese hohe Schadensquote im Außenwandbereich haben eine fehlerhafte oder unterlassene Planung von Fugenkonstruktionen, eine mangelhafte Bauausführung oder auch die falsche Wahl von Fugenabdichtungsmaterialien.

Der Architekt plant in der Regel Fugeneinteilungen am Gebäude lediglich nach gestalterischen Gesichtspunkten. Der Tragwerksplaner gibt zwar erforderliche Fugenteilungen vor, ohne jedoch gleichzeitig die erforderliche Breite der Fugen sowie die zu erwartenden Fugenbewegungen anzugeben. Damit verbleibt die Fugenplanung günstigstenfalls bei der örtlichen Bauleitung und nicht selten lediglich in den Händen der ausführenden Firma. Die Ausführungsfirmen sind in der Regel nur auf ein einziges Abdichtungssystem fixiert, sodass oftmals ungeeignete Materialien für den speziellen Anwendungsfall eingesetzt werden, weil die entsprechende Firma eben nur Erfahrung mit diesem einen Material hat.

Die hierdurch häufig notwendige Sanierung defekter Fugen erfolgt ebenfalls planlos. Auch hier hängen die Art der Sanierung und die Wahl des Materials in der Regel von der zufällig zum Zuge kommenden Ausführungs firma ab. Dadurch werden die gleichen Fehler wiederholt und es kommt erneut zu Schäden.

Das vorliegende Buch soll sowohl für die Neubau- wie auch für die Sanierungsplanung eine Hilfestellung bieten, Schäden an Fugen zu vermeiden, indem rechtzeitig eine Fugenplanung und damit die Auswahl des geeigneten Abdichtungssystems erfolgt und nicht dem Zufall überlassen wird. Dadurch wird die Außenwandfugen-Abdichtung in der Bauausführung in der Regel zwar nicht billiger, in jedem Fall jedoch über die Nutzungsdauer des Gebäudes wirtschaftlicher, da kostspielige Instandsetzungen entfallen.

Die geschilderten Schadensfälle zeigen einen Querschnitt der Außenwandfugen-Problematik im Beton- und Mauerwerksbau aus meiner Gutachtertätigkeit der letzten Jahre; Anregungen und Ergänzungen für eine nächste Auflage nehme ich gerne auf.

Berlin, im Oktober 1991

Ralf Ruhnau



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Planungsgrundlagen für die Fugenausbildung in Außenwänden</b>	<b>15</b>
1.1	Anforderungen an und Beanspruchungen von Fugenabdichtungen	15
1.1.1	Überblick	15
1.1.2	Schlagregenschutz	16
1.1.3	Tauwasserschutz	17
1.1.4	Wärmeschutz	18
1.1.5	Winddichtigkeit	19
1.1.6	Schallschutz	21
1.1.7	Brandschutz	21
1.2	Fugenarten und Prinzipien der Fugenabdichtung	22
1.2.1	Überblick	22
1.2.2	Fugen mit Dichtungsmassen	23
1.2.3	Fugen mit elastischen Bändern	25
1.2.4	Fugen mit vorkomprimierten Bändern	26
1.2.5	Fugenprofile (Klemmprofile)	27
1.2.6	Konstruktive belüftete Fugen	28
1.3	Dimensionierung von Fugen	30
<b>2</b>	<b>Schadensbeispiele</b>	<b>33</b>
2.1	Fugen mit Dichtungsmassen	33
2.1.1	Kohäsionsbruch in der Dichtungsmasse durch falsche Materialwahl	33
2.1.2	Flankenabriß (Adhäsionsbruch) durch falsch dimensionierte Dichtungsmasse und fehlerhafte Flankenvorbereitung	36
2.1.3	Flankenabriß (Adhäsionsbruch) durch Überbeanspruchung der Dichtungsmasse	41
2.1.4	Flankenabriß aufgrund unzureichender Flankenausbesserung	44
2.1.5	Flankenabriß aufgrund unterschiedlicher Fugenbreiten	47

2.1.6	Flankenabriß aufgrund fehlender Dehnzone (Dreiflankenhaftung)	49
2.1.7	Dichtstoffperforation aufgrund zu dünner Dehnzone	51
2.1.8	Flankenabriß aufgrund zu dünnen Dichtstoffauftrags	53
2.1.9	Asbestfaserbewehrte Morinol-Dichtungsmasse – Kohäsionsbrüche durch Materialschwinden und Überbeanspruchung	55
2.1.10	Übertragung von Zwängungskräften durch aushärtende Dichtungsmasse (Morinol)	58
2.1.11	Überalterung der Dichtungsmasse	59
2.1.12	Überbeanspruchung der Fugenflanke	61
2.1.13	Überbeanspruchung der Bauteilränder – Risse in den Fugenflanken	65
2.1.14	Überbeanspruchung der Bauteilränder – zu dicker Dichtstoffauftrag	66
2.1.15	Übertragung von Zwängungskräften durch unterdimensionierte Fugen	69
2.1.16	Flankenabriß durch unzureichende Flankenvorbereitung und zu dicken Dichtstoffauftrag	72
2.1.17	Mangelhafte Fugenhinterfüllung	74
2.1.18	Überstreichen von Dichtungsmassen – Kerbrissbildungen	77
2.1.19	Überstreichen von Dichtungsmassen – Farbabplatzungen	81
2.1.20	Unverträglichkeit der Dichtungsmasse mit Naturstein-Flanken	83
2.1.21	Fensterbankanschluss mit Dichtungsmasse – fehlende Dehnzone	85
2.1.22	Fensterbankanschluss mit Flankenabriß – Dreiflankenhaftung	88
2.1.23	Starre Fensteranschlussfuge – Flankenabriß	90
2.1.24	Dichtstofffuge zwischen Metall- Sandwichwandelementen	93
2.1.25	Horizontalfuge im Wärmedämmverbundsystem – Putzabplatzungen	94
2.1.26	Außenwandfuge als Wärmebrücke	97
2.1.27	»Rissanierung« mit Dichtungsmasse	101

<b>2.2</b>	<b>Fugen mit elastischen Bändern</b>	<b>104</b>
2.2.1	Unzureichende Verklebung des Fugenbandes mit dem Untergrund	104
2.2.2	Unzureichende Untergrundvorbereitung – mangelhafte Nachbesserung	107
2.2.3	Verschmutzung von aufgeklebten Fugenbändern	110
2.2.4	Überalterung von Fugenbändern	112
2.2.5	Übertragung von Zwängungskräften – vor Ort hergestellte Fugenbänder	114
2.2.6	Schwachstelle »Fugenentlüftung«	117
2.2.7	Mechanische Zerstörung durch Vandalismus	119
<b>2.3</b>	<b>Fugen mit vorkomprimierten Bändern</b>	<b>120</b>
2.3.1	Unzureichende Komprimierung der eingebauten Bänder – falsche Wahl der Fugenbandabmessungen	120
2.3.2	Unzureichende Komprimierung – Verdrehung des Fugenbandes	123
2.3.3	Falscher Einbau des Fugenbandes	125
2.3.4	Unzureichende Fugenflanken – mangelhafte Fixierung des Fugenbandes	127
2.3.5	Unzureichende Komprimierung – Versprung der Fugenbreite	129
2.3.6	Unzureichender Stoß der Fugenbänder	130
2.3.7	Nicht fachgerechte Nacharbeit mit Dichtstoff	132
2.3.8	Auswandern des Imprägnats in die Fugenflanken (Fugenmörtel)	134
2.3.9	Ungleichmäßige Komprimierung – Ausquetschen des Imprägnats	136
2.3.10	Falsches Fugenbandmaterial – fehlendes Imprägnat	137
2.3.11	Unzureichender Bandstoß bei aufgedoppeltem Fugenband (Gebäudedehnfuge)	139
2.3.12	Beschädigungen durch Vandalismus	141
<b>2.4</b>	<b>Fugenprofile</b>	<b>143</b>
2.4.1	Unzureichend fixiertes Klemmprofil	143
2.4.2	Flankenabriss eines Putzprofiles – unzureichende Elastizität	145
2.4.3	Blechabdeckung ohne ausreichende Bewegungsmöglichkeit	147
2.4.4	Mechanische Zerstörung durch Vandalismus	149

2.5	Konstruktive Fugen	149
2.5.1	Nicht funktionsfähige Fugenkonstruktion aufgrund übergroßer Toleranzen	149
2.5.2	Zerstörung der Horizontalfuge durch Ausbrüche der Betonschwelle	154
2.5.3	Konstruktive Fugenausbildung teilweise mit Dichtungsmasse geschlossen	156
2.5.4	Mit Mörtel teilweise geschlossene konstruktive Fugenausbildung	158
2.5.5	Zu schmale Fugen zwischen Natursteinbekleidungen – punktuelle Durchfeuchtungen	159
3	Fazit	163
	Literaturverzeichnis	165
	Stichwortverzeichnis	167

# 1 Planungsgrundlagen für die Fugen- ausbildung in Außenwänden

## 1.1 Anforderungen an und Beanspruchungen von Fugenabdichtungen

### 1.1.1 Überblick

Fugen sind Räume zwischen angrenzenden Bauteilen, die zur Vermeidung von Zwängungskräften und/oder Erzielung eines passungsgerechten Zusammenfügens von Bauteilen angeordnet werden bzw. angeordnet werden müssen. Die Fugen müssen Anforderungen erfüllen wie sie auch an angrenzende Bauteile gestellt werden. Des Weiteren darf die Fugenkonstruktion die statischen und bauphysikalischen Eigenschaften der angrenzenden Bauteile nicht negativ beeinflussen. Fugen in Außenwänden sind damit einer Fülle von Beanspruchungen ausgesetzt (Bild 1), die einzeln oder im Zusammenwirken häufig zu Mängeln und Schäden an der Fugenausbildung führen.

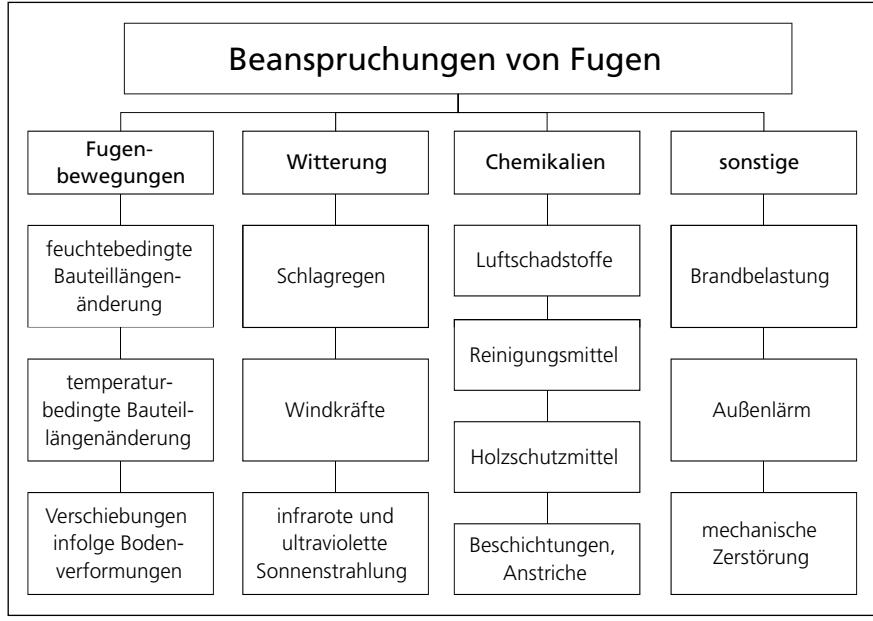


Bild 1 ■ Beanspruchungen von Außenwandfugen

Trotz der Vielzahl der Beanspruchungen von Fugen wird der Planung dieses Bauteils oftmals keine oder zu geringe Bedeutung beigemessen, weshalb allein schon aufgrund fehlender Planungsvorgaben Fugenabdichtungsarbeiten ohne die notwendige Sorgfalt und mit falschen Abdichtungsmaterialien ausgeführt werden. Die zahlreichen Anforderungen, die entsprechend den Beanspruchungen von Fugen über die reine Abdichtungsaufgabe hinaus gestellt werden, sind in der Übersicht in Bild 2 aufgezeigt.

In Abhängigkeit von den Prioritäten, die an die Gesamtkonstruktion gestellt werden, sind die einzelnen Anforderungskriterien bei der Planung von Fugenkonstruktionen zu wichtigen und für jede einzelne Bauaufgabe spezifisch zu lösen.

Die wesentlichen Anforderungen an Außenwandfugen, insbesondere in bauphysikalischer Hinsicht, werden im Folgenden als Grundlage für die Beurteilung von Schäden an Fugen zusammengefasst.



**Bild 2** ■ Anforderungen an Außenwandfugen

### 1.1.2 Schlagregenschutz

Der Schutz vor dem Eindringen von Niederschlagswasser in die Fugenkonstruktion ist im Außenwandbereich in der Regel die vordringlichste Aufgabe.

Die Schlagregenbeanspruchung (Regen in Verbindung mit Winddruck) ist abhängig von der Lage und Höhe des Gebäudes.

Vor der Einführung der europäisch vereinheitlichten Normung (EN) wurden für die Beurteilung der Schlagregendichtigkeit unterschiedliche Beanspruchungsgruppen in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe in der DIN 18055:1981-10 angegeben. Mit der DIN EN 12208 [1] wurde die Schlagregendichtigkeit neu definiert. Die alten, in der aus dem Jahr 1981 stammenden DIN 18055 festgelegten Beanspruchungsgruppen A bis C wurden in der neuen DIN EN 12208 durch die Beanspruchungsklassen 0 bis 9 ersetzt. In der Klasse 0 werden keinerlei Anforderungen an die Schlagregendichtigkeit gestellt, für die Klassen 1 bis 9 werden jeweils steigende Prüfdrücke von 50 bis 600 Pa festgelegt. In der neuen inhaltlich vollständig neu gestalteten Anwendungsnorm DIN 18055 [2] wird auf die DIN EN 12208 Bezug genommen und es werden nationale Anwendungsregeln festgelegt.

Bei konstruktiven belüfteten Fugenausbildungen und bei mit Dichtungsmassen gemäß DIN 18540:2014-09 [3] geschlossenen Fugen kann der Nachweis der Schlagregendichtigkeit auch auf der Grundlage der DIN 4108-3:2014-11 [4] geführt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Beanspruchungsgruppen I bis III der DIN 4108 nicht mit den Beanspruchungsklassen 0 bis 9 der DIN EN 12208 übereinstimmen. Die Wahl der Beanspruchungsgruppe I bis III erfolgt gemäß DIN 4108-3, Abs. 6.2 unter Berücksichtigung der regionalen klimatischen Bedingungen, der Lage des Gebäudes und der Art des Gebäudes. Die Anforderungen an die Fugenausbildung (konstruktive Fugen mit horizontalen Schwellen bzw. Dichtstoffffugen nach DIN 18540) sind in DIN 4108-3, Abs. 6.4.2 geregelt.

### 1.1.3 Tauwasserschutz

Während der kälteren Jahreszeiten liegt der Wasserdampfgehalt der Raumluft erheblich über dem Wasserdampfgehalt der Außenluft. Die aus den Wasserdampfgehalten resultierenden Dampfdrücke sind stets bestrebt, sich auszugleichen. Die Folge hiervon ist, dass der Dampfdruckausgleich durch die Außenbauteile hindurch erfolgt (Dampfdiffusion).

In den kühleren Jahreszeiten, wenn die Temperaturen in den Räumen höher sind als die der Außenluft, entsteht über den Querschnitt der Außenbauteile ein Temperaturgefälle von innen nach außen. Aus dem Rauminneren in die Konstruktion eindringende feuchte warme Innenraumluft und der durch die Außenbauteile hindurch diffundierende Wasserdampf kühlten sich mit dem Temperaturgefälle der Außenbauteile ab. Dort, wo der Taupunkt unterschritten wird, fällt Wasser im Außenwandquerschnitt bzw. innerhalb der Fugen

an. Dies führt zur Minderung des Wärmeschutzes und kann des Weiteren Schimmelpilzbefall, Blasenbildungen, Verrottungen, Ausblühungen und Absprengungen verursachen. Zur sicheren Vermeidung derartiger Schäden im Außenwandbereich sowie innerhalb der Fugen sollte daher grundsätzlich Folgendes beachtet werden:

- Raumseitig ist eine luftdichte Oberfläche, die das Eindringen von Raumluft in den Konstruktionsquerschnitt ausschließt, erforderlich und eine dampfdichte Ausbildung (Baustoffe mit einer hohen Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl) vorteilhaft, da Wasserdampf hierdurch nur in sehr geringem Umfang in den Außenwandquerschnitt bzw. in die Fugen gelangen kann.
- Außenseitig sind möglichst diffusionsoffene Baustoffe (niedrige Wasserdampfdiffusionswiderstandszahlen) zu wählen, damit Wasserdampf, der im Winter bestrebt ist, von innen nach außen zu diffundieren, nicht im Wandquerschnitt bzw. innerhalb der Fugenkonstruktion gehalten wird, sondern in die Außenluft ausdiffundieren kann.
- Innerhalb von Außenbauteilen sollten die Schichten so angeordnet werden, dass deren Wasserdampfdiffusionswiderstand von innen nach außen abnimmt und deren Wärmedurchlasswiderstände von innen nach außen zunehmen.

Zusammenfassend ist damit bei der Konstruktion von Fugen zu beachten, dass raumseitig eine luft- und dampfdichte Fugenausbildung gewählt wird und/oder außenseitig möglichst eine diffusionsoffene Fugenausbildung vorgenommen wird.

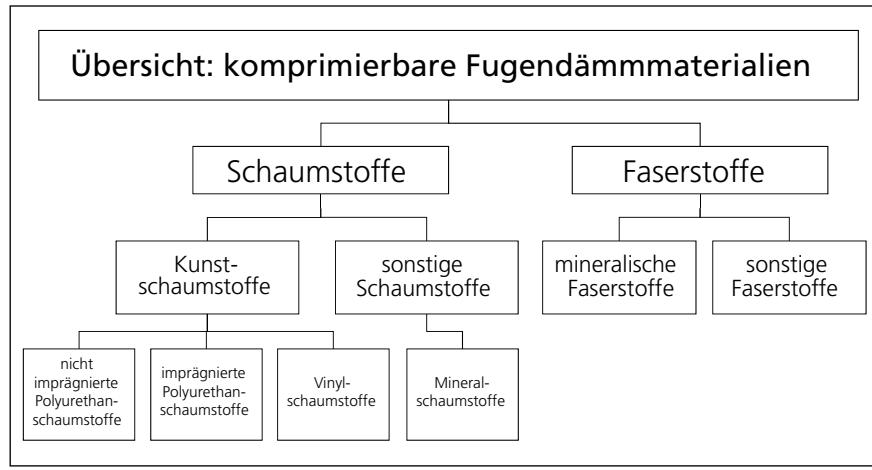
### 1.1.4 Wärmeschutz

Durch Fugen kann aus beheizten Räumen auf dem Weg der Wärmeleitung (Transmission) und auf dem Weg der Luftströmung (Konvektion) Wärme transportiert werden.

Zur Verringerung des Transmissionswärmeverlustes sollte der Wärmedurchlasswiderstand der Fugen zumindest genauso groß wie der Wärmedurchlasswiderstand der angrenzenden Bauteile sein. Gemäß DIN 4108-2:2013-02, Tabelle 1 [5] müssen Außenwände mindestens einen Wärmedurchlasswiderstand erf.  $R = 1,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  aufweisen.

Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse  $m < 100 \text{ kg/m}^2$  werden nach Abschnitt 5.1.2.2 der DIN 4108-2 mit erf.  $R = 1,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  gestellt.

Der Wärmebrückeneinfluss gemäß DIN 4108-2, Abschnitt 6.2.1 und dem Beiblatt 2 der DIN 4108 braucht für Fugen bei der Ermittlung des Wärme-



**Bild 3** ■ Komprimierbare Dämmstoffe für die Wärmedämmung von Bewegungsfugen

durchgangskoeffizienten U für die Außenwand im Allgemeinen nicht berücksichtigt zu werden; es sollte jedoch grundsätzlich angestrebt werden, die Wärmedämmung der Fugenkonstruktion zumindest gleich wirksam wie die in der ungestörten Außenwand auszubilden, um Wärmebrückenwirkungen sicher zu vermeiden.

Für die Wärmedämmung von Fugenkonstruktionen kommen im Wesentlichen nur komprimierbare Fugendichtungsmaterialien infrage, die keine Zwängungskräfte auf die angrenzenden Bauteile übertragen und dennoch den Fugenraum vollflächig ausfüllen. Unterschieden werden hier in erster Linie Schaumstoffe auf Polyurethan- oder Vinylbasis bzw. Mineralschaumstoffe und Faserstoffe auf mineralischer Basis (Bild 3).

## 1.1.5 Winddichtigkeit

Wird ein Gebäude von Wind angeströmt, so besteht zwischen dem Rauminneren und der vor dem Gebäude »angestauten« Außenluft eine Druckdifferenz. Infolge dieser Druckdifferenz strömt Luft durch undichte Fugen, wodurch ein Wärmeverlust verursacht wird. Darüber hinaus wird die Luftbewegung im Fugenbereich als Zug empfunden. In DIN 4108-3, Abschnitt 7 [4] wird mit Hinweis auf DIN 4108-7:2011-01 [6] daher gefordert, dass Fugen zwischen Bauteilen luftundurchlässig (winddicht) auszubilden sind.

Vor Einführung der europäischen Normung wurde die Luftdurchlässigkeit einer Fugenkonstruktion durch den Fugendurchlasskoeffizienten ( $a$ -Wert nach alter DIN 18055) gekennzeichnet. Der  $a$ -Wert gibt an, wie viel  $m^3$  Luft in 1 h

durch eine 1 m lange Fuge bei einer Druckdifferenz von 1 daPa hindurchströmt. Die Einheit des a-Wertes ist  $m^3/(h \cdot m \cdot (\text{daPa})^n)$ . Der durch eine Fuge strömende Luftstrom  $V' = l[\text{pa} - \text{pi}]^n$  in  $m^3/h$  ist nicht proportional der Druckdifferenz zwischen außen und innen  $[\text{pa} - \text{pi}]$ , weil mit größer werdender Druckdifferenz die Strömungsgeschwindigkeit und damit auch der Reibungsverlust in der Fuge steigt. Der Exponent n liegt zwischen n=1 bei laminarer Strömung und n≈0,5 bei vollständiger Turbulenz. Für übliche Fensterfugen gilt mit hinreichender Genauigkeit n=2/3.

Mit Einführung der europäischen Normung wird die Fugendurchlässigkeit gemäß DIN EN 12207 [7] als Gesamtluftdurchlässigkeit Q mit dem Luftstrom in  $m^3/h$ , der über die Fugen infolge einer Druckdifferenz hindurchströmt, beschrieben. Mit der neuen Norm wird der Begriff »Referenzdurchlässigkeit Q100« eingeführt, der sich auf einen Referenzdruck von 100 Pa bezieht. Die Referenzdurchlässigkeit wird entweder auf die Gesamtfläche des Bauteils oder, wie schon beim a-Wert, auf die Fugenlänge bezogen.

Analog zur Schlagregenbeanspruchung (siehe Kapitel 1.1.2) wird nicht mehr in Beanspruchungsgruppen A, B und C, sondern in die Beanspruchungsklassen 0 bis 4 unterteilt. In der Klasse 0 werden auch hier keinerlei Anforderungen gestellt; für die Klassen 1 bis 4 ergeben sich die in Tabelle 1 aufgeführten Anforderungen im Vergleich zu den alten Beanspruchungsgruppen A bis C.

Die Anforderungen an die Fugendurchlässigkeit der jeweils gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) [8] sind gemäß DIN 4108-7, Abschnitt 4 zu erfüllen. Sofern von der EnEV keine höheren Anforderungen gestellt werden, sind bei einer Druckdifferenz von 50 Pa Luftwechselraten von 3,0  $\text{h}^{-1}$  für Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen und von 1,5  $\text{h}^{-1}$  bei Gebäuden mit raumluftechnischen Anlagen nicht zu überschreiten.

**Tabelle 1** ■ Anforderungen an die Fugendurchlässigkeit bei Windbeanspruchung

Klasse (DIN EN 12207)	1	2	3	4
Referenzdurchlässigkeit pro m Fugenlänge bei 100 Pa in $m^3/(h \cdot m)$	12,5	6,75	2,25	0,75
maximaler Prüfdruck in Pa	150	300	600	600
Beanspruchungsgruppe nach DIN 18055 (alt)	A	B	C	

## 1.1.6 Schallschutz

Die einzuhaltenden Mindestwerte für den Luftschallschutz von Fugenkonstruktionen richten sich im Wesentlichen nach dem vorhandenen oder dem zu erwartenden Außenlärmpiegel. In Abhängigkeit von dem Lärmpegelbereich kann das erforderliche Luftschalldämmmaß von Außenbauteilen gegenüber Außenlärm der DIN 4109:1989-11 [9] bzw. der Berichtigung 1 zur DIN 4109:1992-08 [10] und gegebenenfalls dem Normentwurf der DIN 4109-1:2013-06 [11] entnommen werden.

Es ist bekannt, dass schon geringfügige Schallbrücken in einer Außenwand deren Luftschalldämmmaß insgesamt erheblich verringern können. Aus diesem Grund ist der schalltechnisch richtigen Ausbildung von Fugen besondere Beachtung zu schenken. Der Schallschutz im Fugenbereich wird durch das Einbringen von Dämmstoffen in die Fuge erreicht. Folgende Parameter beeinflussen dabei das Schalldämmmaß der Fugenkonstruktion:

- Fugenbreite und -geometrie,
- Materialstruktur des Dämmstoffes,
- Kompression des Dämmstoffes,
- Rohdichte des Dämmstoffes,
- dauerhafter Flankenandruck bzw. dauerhafte Flankenhaftung des Dämmstoffes.

Bei richtiger Wahl des Dämmstoffes [12] und der Fugenabmessungen kann der eingebrachte Stoff in der Regel sowohl die wärmeschutz- wie auch die schallschutztechnischen Anforderungen an die Fugenkonstruktion erfüllen.

## 1.1.7 Brandschutz

Entsprechend den Landesbauordnungen müssen bauliche Anlagen so beschaffen sein, dass der Entstehung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird und bei einem Brand wirksame Löscharbeiten und die Rettung von Menschen und Tieren möglich sind. Dementsprechend werden an Bauteile, die insbesondere Brandabschnitte begrenzen, Anforderungen hinsichtlich ihrer Feuerwiderstandsklasse gestellt. Die Feuerwiderstandsklassen F 30, F 60, F 90, F 120 und F 180 sind in der DIN 4102 [13] genormt und entsprechen einer Feuerwiderstandsdauer in Minuten. Fugen innerhalb von Bauteilen, an die brandschutztechnische Anforderungen gestellt werden, müssen so ausgebildet sein, dass das Brandverhalten des Bauteils insgesamt nicht negativ beeinflusst wird. Da in der DIN 4102 explizite Regelungen für Fugenausbildungen in brandschutztechnischer Hinsicht nicht enthalten sind, muss die jeweilige Fugenausbildung in einem Brandversuch in Anlehnung an DIN 4102-2 bei

einem beim Institut für Bautechnik in Berlin gelisteten Prüfinstitut geprüft und das Brandverhalten in einem Prüfzeugnis bescheinigt werden.

Fugen in Bauteilen mit hohen Feuerwiderstandsklassen wurden früher überwiegend mit asbesthaltigen Materialien ausgebildet. Wegen der gesundheitlichen Risiken sind diese schon seit den 1970er-Jahren nicht mehr zu verwenden. In den letzten Jahrzehnten wurden Fugenbänder aus Polyurethanschaum mit speziell entwickeltem keramisch-mineralischem Imprägnat oder Mineralwolle mit Dämmschichtbildnern eingesetzt, die die erforderlichen Feuerwiderstandsklassen des Bauteils nicht negativ beeinflussen und dennoch im normalen Gebrauchszustand ausreichend nachgiebig sind, um Fugenbewegungen zuzulassen.

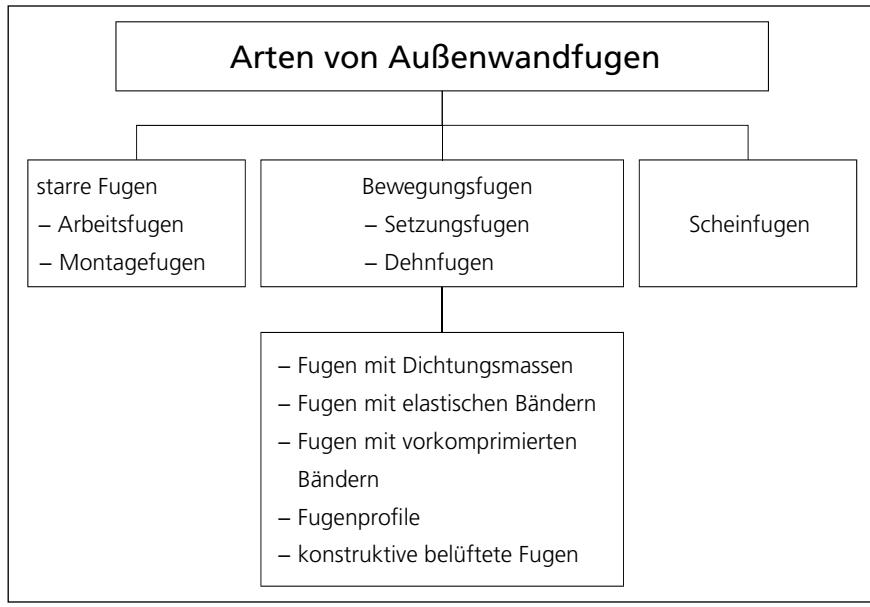
## 1.2 Fugenarten und Prinzipien der Fugenabdichtung

### 1.2.1 Überblick

Die am weitesten verbreitete Fugenabdichtungsart im Außenwandbereich stellt die Abdichtung mit mehr oder weniger elastischen Dichtungsmassen dar. Dies ist jedoch nicht allein der Grund dafür, dass diese Art der Fugenabdichtung die häufigsten Mängel und Schäden aufweist. Vor allem die zahlreichen Fehlermöglichkeiten bei der Planung und Ausführung von Fugen mit elastischen Dichtungsmassen sind ursächlich für die hohen Schadensraten. Dementsprechend ist es anzustreben, Fugenkonstruktionen zu planen, die zum einen möglichst große Toleranzen aufnehmen können und die zum anderen nicht bereits bei kleineren Ausführungsfehlern ihre Funktionstüchtigkeit verlieren. Ein Überblick über die gebräuchlichsten Fugenarten im Außenwandbereich ist Bild 4 zu entnehmen.

Hinsichtlich der Bauausführung und der Wirtschaftlichkeit sind die Fugenausbildungen jeweils objektbezogen zu planen. Treten z. B. planungsgemäß nur sehr kleine Fugenbewegungen auf, können relativ preiswerte Fugenabdichtungsmaterialien zum Einsatz gelangen. Bei größeren zu erwartenden Fugenbewegungen sind entsprechend aufwendigere Lösungen für die Fugenausbildung zu entwickeln, die unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten jedoch nur dann zu vertreten sind, wenn tatsächlich entsprechende Beanspruchungen vorliegen (Kapitel 1.3).

Ökologische Aspekte sind bei der Materialauswahl stets zu beachten, wobei aus dieser Sicht konstruktive Lösungen, d. h. Fugenkonstruktionen, vorzuziehen sind, die aufgrund ihrer Geometrie ihre Funktion über die gesamte

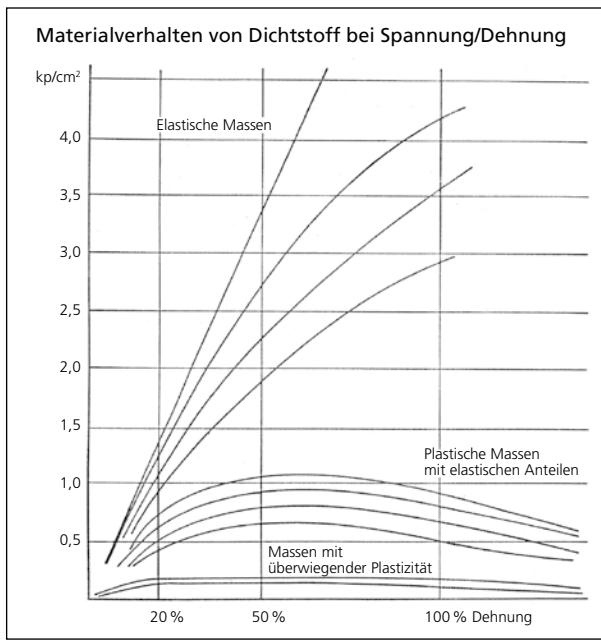


**Bild 4** ■ Arten von Außenwandfugen

Lebensdauer des Bauwerkes weitgehend wartungsfrei erfüllen und keinen hohen Materialaufwand für ein Schließen der Fugen benötigen (Kapitel 1.2.6).

## 1.2.2 Fugen mit Dichtungsmassen

Die Regelung für die Anwendung und Qualität von Fugendichtstoffen im Außenwandbereich ist in DIN 18540:2014-09 [3] festgelegt. Dementsprechend sind nur elastische Dichtstoffe anwendbar, die eine Gesamtverformung (Summe aus Stauchung und Dehnung) von mindestens 25 %, bezogen auf die Fugenbreite, zulassen. Diese Voraussetzungen werden in der Regel lediglich von Silikonkautschuk (Si), Polysulfiden (SR) und Polyurethan (PU) erfüllt. Die Verwendung anderer, weniger elastischer bzw. plastischer Dichtstoffe, wie z.B. Acrylaten, ist im Sinne der DIN 18540 nicht für das Schließen von Außenwandfugen zulässig. Solche Dichtstoffe können lediglich in denjenigen Bereichen eingesetzt werden, in denen kaum Fugenbewegungen auftreten, wie z.B. bei »Versiegelungen« von Fensterverglasungen und Ähnlichem. Das qualitativ unterschiedliche Materialverhalten von elastischen und plastischen Massen ist in Bild 5 dargestellt. Die konkreten Materialeigenschaften der einzelnen Dichtstofffabrikate können durch die jeweilige Rezeptur in weiten Bereichen gesteuert werden (Tabelle 2), sodass sich beispielsweise zwei Dichtstoffe auf Silikonbasis erheblich in ihren Eigenschaften unterscheiden



**Bild 5** ▪ Materialverhalten von Dichtstoffen im Spannungs-Dehnungs-Diagramm

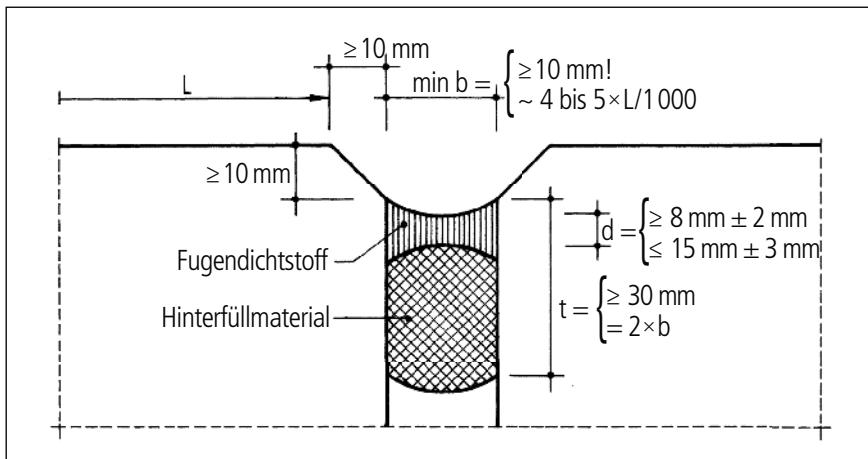
**Tabelle 2** ▪ Prinzipielle Rezepturbestandteile einer elastischen Dichtungsmasse

Bestandteile	Funktion
Polymer	Bindemittel zum Elastomeraufbau
Weichmacher	Einstellung mechanischer Werte wie Härte, Elastizität etc.
aktive Füllstoffe	Gerüstbildner (Standfestigkeit), Einstellung mechanischer Werte (Kohäsion)
passive Füllstoffe	Raumfüller (Rezepturkostensenkung), Builder (Standfestigkeit, mechanische Eigenschaften)
Pigmente	Farbgebung
spezielle Additive	Haftverbesserung, Alterungsschutz, Reaktionszeitbeschleunigung oder -verzögerung
Vernetzer	Vernetzung der Polymerkomponente (Netzwerkaufbau)

können. Dies begründet auch die grundsätzliche Voraussetzung, dass bei der Verwendung von Dichtstoffen Materialien unterschiedlicher Hersteller nicht gleichzeitig verarbeitet werden dürfen.

Die Problematik bei der Ausführung von mit Dichtungsmassen geschlossenen Fugen besteht darin, dass diese Fugenabdichtungen empfindlich gegenüber Toleranzen sind und die Verarbeitung in sehr hohem Maße witterungsabhän-

gig ist. In der Regel sind Vorbehandlungen der Fugenflanken erforderlich (z.B. Auftragen von Primer), die nur bei trockener Witterung und Temperaturen über 5 °C ausgeführt werden können. Die Vorgaben der Geometrie des Fugendichtstoffes in Abhängigkeit von den zu erwartenden Fugenbewegungen sind mit Angabe der maximal zulässigen Toleranzen in DIN 18540 zwar eindeutig geregelt (Bild 6), dennoch wird hiervon in der Praxis sehr häufig abgewichen, wodurch es oftmals zu Mängeln und Schäden kommt.

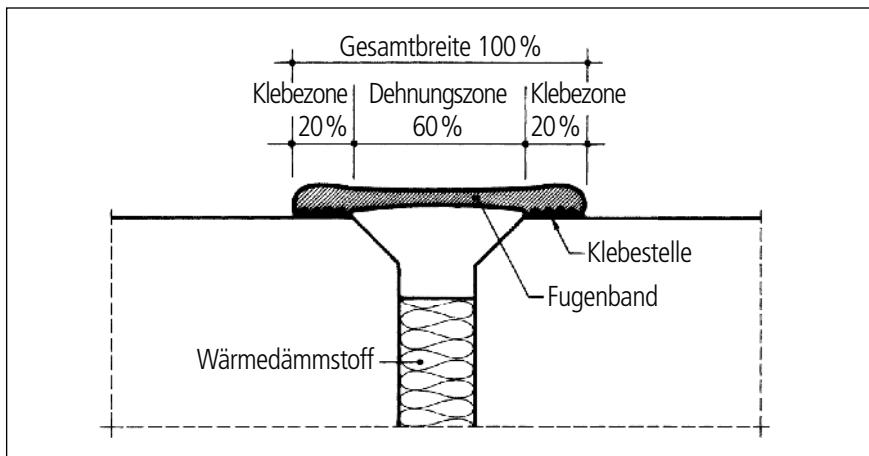


**Bild 6** ▪ Mit Dichtstoff geschlossene Fuge nach DIN 18540 [3]

### 1.2.3 Fugen mit elastischen Bändern

Fugenbänder aus elastischen Dichtungsmassen (ebenfalls wie die Dichtstofffugen entsprechend Kapitel 1.2.2 auf Basis von Silikonen, Polysulfiden oder Polyurethanen) werden in der Regel vorkonfektioniert und vor Ort so auf die Fugenflanken aufgeklebt (Kleber und Fugenbänder bestehen dabei grundsätzlich aus dem identischen Material), dass nur geringe Zug- und keine Druckkräfte unmittelbar auf die Bauteilränder übertragen werden (Bild 7). Die Schadenshäufigkeit von Fugen mit vorkonfektionierten Dichtungsbändern ist deutlich geringer als bei Fugen, die mit Dichtungsmassen nach DIN 18540 vor Ort geschlossen werden. Es ist jedoch zu beachten, dass aufgeklebte Fugendichtungsbänder relativ leicht zu beschädigen sind und dass sie den architektonischen Gesamtcharakter einer Fassade erheblich beeinflussen können.

Anforderungen und Verarbeitung von elastischen Fugenbändern sind in dem IVD-Merkblatt Nr. 4 des Industrieverbandes Dichtstoffe e.V. [14] im Einzelnen geregelt.



**Bild 7** ■ Fugenabdichtung mit elastischem Fugenband

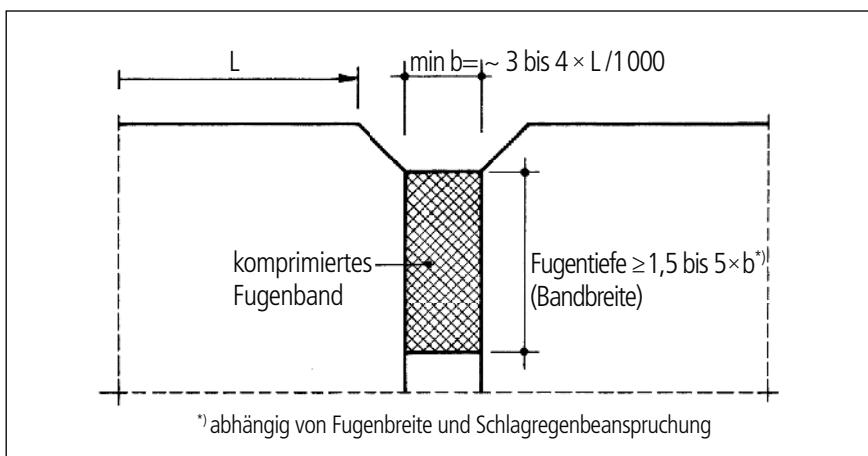
#### 1.2.4 Fugen mit vorkomprimierten Bändern

Imprägnierte Schaumstoffdichtbänder sind bei entsprechender Materialwahl und einer Komprimierung in der Größenordnung zwischen 1:3 und 1:5 (je nach Hersteller) regen- und winddicht. Die Dichtbänder können sowohl die Funktion der Regensperre als auch die Funktion der Windsperre übernehmen und haben darüber hinaus auch gute wärme- und schallschutztechnische Eigenschaften.

Die Dichtungsbänder werden vorkomprimiert geliefert, wobei die Rückstellung auf Fugenbreite während der Montage in der Regel so langsam abläuft, dass genügend Zeit für das Einbringen des Dichtbandes in die Fuge bleibt. Allerdings ist die Geschwindigkeit, mit der die Rückstellung erfolgt, abhängig von der Temperatur: Während bei niedrigen Temperaturen die Rückstellung sehr langsam erfolgt und bei Frost gänzlich zum Erliegen kommt, erfolgt das »Aufquellen« bei hohen sommerlichen Temperaturen so schnell, dass ein fachgerechtes Einbringen in den Fugenraum kaum noch möglich ist. Durch »Warmlagerung« bzw. Kühlung des Bandmaterials vor dem Einbau können diese Effekte jedoch kompensiert werden.

Die Haftung an den Fugenflanken wird maßgeblich durch die Rückstellkraft des expandierenden Bandes sichergestellt, sodass im Gegensatz zu den Dichtungsmassen und aufgeklebten elastischen Bändern keine weitere Vorbehandlung der Fugenflanken erforderlich ist und die Montage – unter Beachtung der temperaturabhängigen Quellgeschwindigkeit – witterungsunabhängig durchgeführt werden kann.

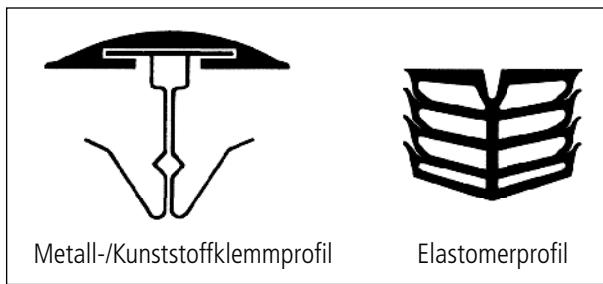
Zur Sicherstellung einer über die gesamte Fugenlänge gleichmäßigen Anpresskraft, die sich aus der Vorkomprimierung des Dichtbandes ergibt, müssen die Fugenflanken zum einen eine ausreichende Tiefe aufweisen und zum anderen weitgehend parallel verlaufen (Bild 8). Analog zur DIN 18540 für elastische Dichtungsmassen sind die Anforderungen an vorkomprimierte Bänder und deren Prüfungen in DIN 18542:2009-07 [15] genormt und im IDV-Merkblatt Nr. 28 [16] geregelt. Bei der Fugenplanung sind die jeweiligen Herstellerangaben zur Dimensionierung der Fugenbänder zu berücksichtigen, wobei die maßgeblichen Eigenschaften durch entsprechende Prüfzeugnisse nachzuweisen sind.



**Bild 8** ■ Fugenabdichtung mit vorkomprimiertem Dichtband

### 1.2.5 Fugenprofile (Klemmprofile)

Fugenprofile, die allein durch Klemmwirkung in den Fugen gehalten werden, sind nur für solche Einsatzgebiete im Außenwandbereich geeignet, bei denen sehr geringe Toleranzen aufzunehmen sind, wie z. B. im Bereich von Metall-/Glasfassaden. Der Einsatz von Fugenprofilen (beispielhaft Bild 9) im Bereich von Betonkonstruktionen oder gemauerten Außenwänden hat sich nicht bewährt, da aufgrund der in diesem Bereich bauüblichen Toleranzen Fugenprofile nicht über die gesamte Fugenlänge dauerhaft fixiert werden können. Dies führt dazu, dass der Schlagregenschutz nicht mit ausreichender Sicherheit gewährleistet werden kann oder es sogar zum Herausfallen der Fugenprofile kommt.



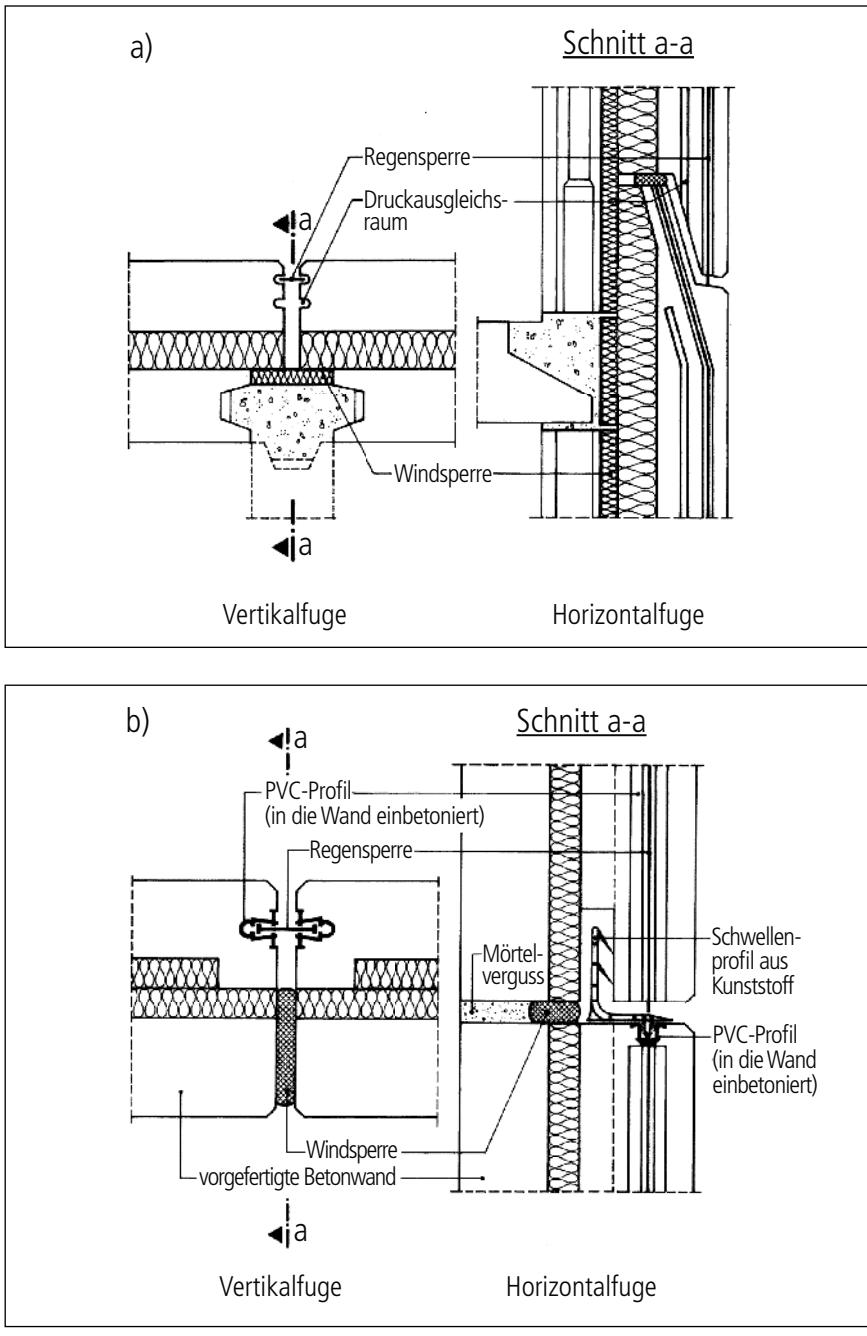
**Bild 9** ■ Gebräuchliche Fugenprofile

### 1.2.6 Konstruktive belüftete Fugen

Die schlagregenabdichtende Wirkung offener Fugen beruht ausschließlich auf der Formgebung der Bauteilränder, die nach dem Prinzip der Labyrinthdichtung den Abbau der Strömungsenergie bewirkt. Sofern es sich nicht um Vorsatzschalen von hinterlüfteten Außenwandkonstruktionen handelt, d. h. sofern eine zusätzliche Luftdichtigkeit gefordert wird, muss die Fuge zwischen den Bauteilen zusätzlich eine Windsperre erhalten.

Eine weiterentwickelte Form der offenen Fuge stellt die konstruktive belüftete Fuge dar, deren abdichtende Wirkung im Bereich der Vertikalfugen auf dem Prinzip des Druckausgleiches beruht: Die Regensperre verhindert den direkten Einfall des Schlagregens in das Rauminnere. Eine Druckdifferenz zwischen dem Raum hinter bzw. in der Ebene der Regensperre (Druckausgleichsraum) und der Außenluft wird durch Verbindung der beiden Räume verhindert. Ohne Druckdifferenz kann der Regen nicht um die Regensperre zum Rauminneren getrieben werden. Einzelne Regentropfen, die die Regensperre z. B. infolge ihrer kinetischen Energie umlaufen, werden im Druckausgleichsraum senkrecht nach unten abgeleitet. Bei der Horizontalfuge wird das Eindringen des Regens durch eine Schwelle verhindert. Die Schwellenhöhe wird in Abhängigkeit von der Beanspruchung (Schlagregenintensität, Gebäudehöhe) in DIN 4108-3, Abschnitt 6.4.2 [4] geregelt.

In der Vergangenheit wurden an Stahlbetonfertigteilen die notwendigen Profilierungen für eine konstruktive Fuge in der Regel direkt bei der Herstellung an den Beton angeformt (Bild 10a). Die relativ filigranen Schwellenausbildungen der Horizontalfuge sind bei Transport und Montage empfindlich gegenüber mechanischen Beschädigungen. Dies hat in der Vergangenheit – nicht nur bei der Großplattenbauweise in den neuen Bundesländern – zu erheblichen Schäden an diesen Fugenkonstruktionen geführt. Besser ist die Ausbildung einer konstruktiven Fuge durch Verwendung geeigneter Kunststoffprofile, die teilweise in den Beton eingebaut und erst vor Ort auf der Baustelle ergänzt werden (Bild 10b).



**Bild 10** a) Belüftete Fugenkonstruktion in einer dreischichtigen Betonfertigteilplatte mit direkt in den Beton geformten Profilierungen  
 b) Belüftete Fugenkonstruktion in einer dreischichtigen Betonfertigteilplatte mit Kunststoffprofilen

Gegenüber sämtlichen anderen Fugenausbildungen mit Dichtstoffbändern und Profilen ist ein entscheidender Vorteil der konstruktiven Fugenausbildung darin zu sehen, dass sie über die gesamte Lebensdauer der Außenwandkonstruktion wartungsfrei ist, sofern die konstruktive Fuge fachgerecht hergestellt wurde. Darüber hinaus können relativ große Toleranzen und Bewegungen innerhalb der Fuge aufgenommen werden, ohne dass die Gefahr einer Überbeanspruchung von Fugenmaterialien besteht.

## 1.3 Dimensionierung von Fugen

Für die dauerhafte Funktionsfähigkeit einer Fugenabdichtung ist deren richtige Auslegung, abhängig von den zu erwartenden Fugenflankenbewegungen, als grundlegende Voraussetzung anzusehen. Die Bemessung von Fugen, d. h. die Festlegung der Fugenabstände und der Fugenbreiten, ist von zahlreichen Einflussfaktoren abhängig. Bei Bewegungsfugen innerhalb von Außenwandkonstruktionen sind die temperatur- und feuchtebedingten Einwirkungen die maßgeblichen Parameter für die Fugenbemessung. Dies gilt insbesondere auch, wenn geschädigte Fugenabdichtungen instand gesetzt werden müssen. Eine ungeprüfte Erneuerung der vorhandenen Fugenausbildung im Glauben, dass es sich bei dem Schaden nur um übliche »Alterungserscheinungen« handelt, generiert oftmals kurzfristig ein erneutes Versagen von Dichtstoffen. Dies sei an einem kleinen Beispiel verdeutlicht:

Eine Fuge mit elastischem Dichtstoff gemäß Kapitel 1.2.2 ausgebildet, mit einer Fugenbreite  $b = 12 \text{ mm}$  zwischen zwei jeweils  $6 \text{ m}$  langen Fertigteilen, weist Risse auf und soll saniert werden. Die überschlägige Überprüfung der vorhandenen Fugenbreite erfolgt mit folgenden Annahmen:

- vorhandene Außentemperatur  $t = 10^\circ\text{C}$ ,
- Temperaturbeanspruchung Sommer  $45^\circ\text{C}$ , Winter  $-20^\circ\text{C}$ ,
- Wärmedehnzahl der Außenwandplatten  $10^{-5} \cdot \text{K}^{-1}$ ,
- Schwindmaß (starke Durchfeuchtung vorh.)  $30 \cdot 10^{-5}$ .

Ermittlung der Gesamtverformung:

$$\begin{array}{lll} \text{aus Feuchteinfluss (Austrocknung)} & 6,0 \text{ m} \cdot 0,30 \text{ mm/m} & = 1,8 \text{ mm} \\ \text{aus Temperatureinfluss} & 6,0 \text{ m} \cdot 30 \text{ K} \cdot 0,01 \text{ mm/(m} \cdot \text{K}) & = \underline{\underline{1,8 \text{ mm}}} \\ & & 3,6 \text{ mm} \end{array}$$

Ermittlung der erforderlichen Fugenbreite (zul. Gesamtverformung 25 %):

$$3,6 \text{ mm} / 0,25 = 14,4 \text{ mm} > 12 \text{ mm} = \text{vorhandene Fugenbreite}$$

Damit ist die vorhandene Fugenbreite nicht ausreichend, um eine erneute Abdichtung mit Dichtstoff nach Kapitel 1.2.2 auszuführen.

Fugen zwischen einzelnen Außenwandplatten können allerdings in der Regel nach den Richtlinien bzw. Normen (z. B. der DIN 18540) für mit Dichtungsmassen geschlossene Fugen ausgebildet werden, ohne dass hierfür in jedem Fall rechnerische Nachweise notwendig werden.

Die Dimensionierung von Gebäudedehnfugen ist jedoch maßgeblich abhängig vom statisch-konstruktiven Konzept des jeweiligen Bauwerkes. Die Fugenbemessung ist für derartige Fugen Bestandteil der Bauwerksplanung und somit Aufgabe des Tragwerksplaners. Diese erforderlichen Nachweise werden oftmals nicht erbracht, weshalb gerade an Gebäudedehnfugen häufig Schäden auftreten. Eine allgemeingültige Berechnungsregel zur Fugenauslegung kann naturgemäß nicht angegeben werden. Die erforderliche Fugenbreite ist von zahlreichen weiteren Einflussfaktoren abhängig, die hier beispielhaft aufgeführt sind:

- Abstand der Bewegungsfugen zueinander,
- thermisch bedingte Bauteilbewegungen,
- Quell- und Schwindbewegungen der Bauteile,
- Setzungsbewegungen,
- feuchtigkeitsbedingte Längenänderungen der Bauteile,
- Fabrikationstoleranzen der Bauteile,
- Ausführungstoleranzen der Bauteile,
- zulässige Stauchung und Dehnung des Fugendichtungsmaterials.

Anhand dieser Einflussfaktoren, aus denen sich die erforderliche Fugenbreite ergibt, kann man ersehen, dass die Fugenbreite nach Berechnung des Fugenspiels nur im Zusammenhang mit dem zur Ausführung vorgesehenen Dichtungsmaterial, d. h. nur unter Berücksichtigung der zulässigen Stauchung und Dehnung der Fugendichtung, berechnet werden kann.



## 2 Schadensbeispiele

### 2.1 Fugen mit Dichtungsmassen

#### 2.1.1 Kohäsionsbruch in der Dichtungsmasse durch falsche Materialwahl

##### Schadensbild

Das Versagen der Fugenabdichtung durch Aufreißen des Dichtstoffes (Kohäsionsbruch) stellt eines der häufigsten Schadensbilder an Fugenabdichtungen dar. Die Risse in dem Fugendichtstoff treten in der Regel dort auf, wo das Material am dünnsten ist. Je nach Sorgfalt bei der Ausführung kann dieser Riss genau in der Mitte der Fuge verlaufen oder aber auch Versprünge aufweisen (Bild 11).



**Bild 11** ▪ Kohäsionsbrüche im Fugendichtstoff

## Schadensursachen

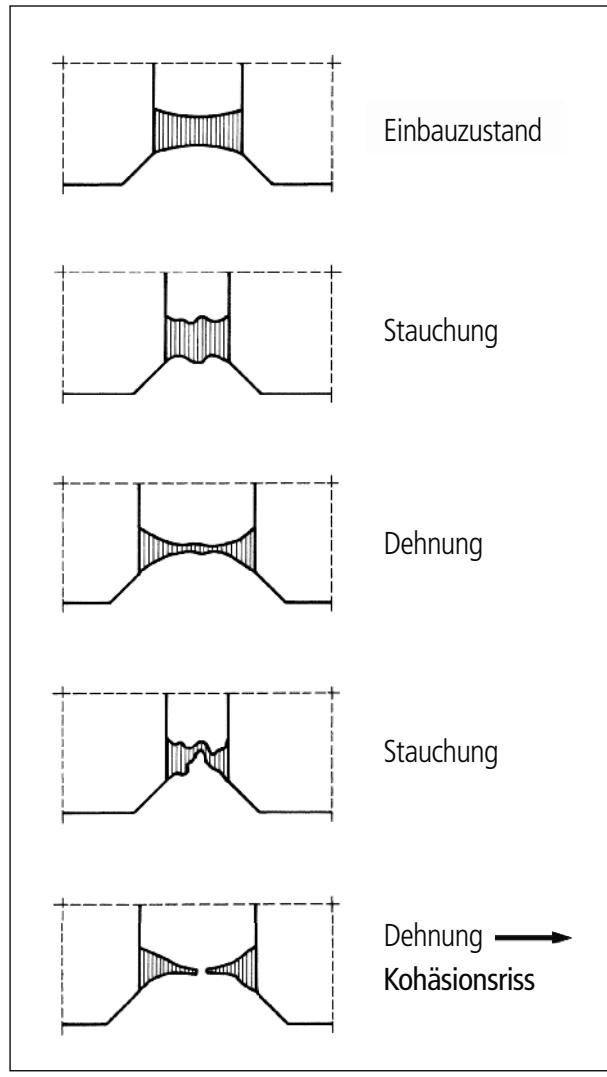
In den seltensten Fällen treten Kohäsionsbrüche in der Dichtungsmasse an fachgerecht nach DIN 18540 hergestellten Fugenabdichtungen durch Überbeanspruchung auf. Elastische Dichtungsmaterialien versagen bei fachgerechter Ausbildung entsprechend Bild 6 erst bei erheblicher Überschreitung der zulässigen Gesamtverformung von 25 %. Allein der rechnerische Nachweis, dass eine Gesamtverformung über 25 % des Fugendichtstoffes erfolgt ist, kann also keine hinreichende Begründung für den aufgetretenen Schaden sein. In der Regel wirken mehrere Ursachen zusammen, bis es schließlich zu einem Reißen des Dichtstoffes kommt. Bei der hier vorliegenden falschen Auswahl des Dichtstoffes kommen zwei unterschiedliche Ursachen für das Versagen infrage:

- Die Elastizität des Fugendichtstoffes ist zu gering, d.h., der Dehn-Spannungswert ( $E$ -Modul) ist zu groß, sodass die vorhandene Spannung im Dichtstoff  $\sigma = E \cdot \varepsilon$  bereits bei geringen Dehnungen  $\varepsilon \leq 0,25$  (25 %) die Bruchspannung des Dichtstoffes  $\sigma_b$  überschreitet. Die Folge ist, dass bei entsprechenden Dehnungen ein Riss an der jeweils dünnsten Stelle des Dichtstoffes auftritt (Bild 11).
- Der Dichtstoff ist plastisch eingestellt, sodass bei mehrfachem Lastspiel (Dehnung/Stauchung) jeweils nicht mehr der Ausgangszustand des Dichtstoffes erreicht wird, sondern die Dichtmasse durch einen »Kaugummi-Effekt« mehr und mehr verformt wird, bis sie versagt (Bild 12).

## Instandsetzung

Im Zuge der Instandsetzungsplanung ist das tatsächliche Fugenspiel (zu erwartende Gesamtverformung des Dichtstoffes) zu ermitteln. Im vorliegenden Fall (Bild 11) handelt es sich um Elementfugen zwischen Betonfertigteilen im Sockelgeschoss eines Wohngebäudes (keine Gebäudedehnfuge), weshalb eine Bemessung der Fuge auf der Grundlage der DIN 18540 ausreichend ist.

Sofern die vorhandene Fugenbreite der in DIN 18540 (in Abhängigkeit von der Länge der Fertigteilelemente) festgelegten Mindestbreite entspricht, können grundsätzlich der alte, nicht funktionsfähige Dichtstoff sauber herausgeschnitten, die Flanken vollständig von alten Dichtstoffresten und gegebenenfalls vorhandenen Anstrichen gereinigt und nach Auftrag eines neuen Haftprimers ein ausreichend elastischer Dichtstoff nach DIN 18540 gemäß Bild 6 eingebracht werden. Diese Art der Instandsetzung ist jedoch sehr arbeitsaufwendig (vollständiges Entfernen der alten Materialien) und darüber hinaus sehr anfällig gegenüber Verarbeitungsfehlern, sodass diese Art der Instandsetzung im Allgemeinen nicht empfohlen werden kann.



**Bild 12** ■ Kohäsionsbruch eines plastischen Dichtstoffes nach mehrfachem Lastwechsel (Dehnung/Stauchung)

Eine technisch wesentlich bessere Möglichkeit, die defekte Fuge instand zu setzen, stellt ein Überkleben mit elastischen Fugenbändern entsprechend Bild 7 dar, wobei in diesem Fall die alte Dichtungsmasse in der Fuge verbleiben kann und lediglich kontrolliert werden muss, ob eine Bewegung der Fugenflanken nach Überkleben mit einem Fugenband zwängungsfrei möglich ist. Gegebenenfalls ist lediglich der verhärtete alte Dichtstoff – dort, wo er nicht ohnehin gerissen ist – aufzuschneiden, um die Bewegungsmöglichkeit innerhalb der Fuge sicherzustellen.

Insbesondere für den Fall, dass eine optisch breiter wirkende Fuge durch Überkleben mit einem Fugenband nicht gewünscht ist, bietet es sich an, eine Instandsetzung mit vorkomprimierten Dichtungsbändern entsprechend Bild 8 vorzunehmen. Hierbei kann in der Regel vorausgesetzt werden, dass die vorhandene Fugenbreite – wenn sie den Anforderungen der DIN 18540 genügt – auch für die Ausführung mit vorkomprimierten Fugenbändern ohne weiteren Nachweis ausreichend ist. Eine Entfernung des alten Dichtstoffes ist zwar auch in diesem Fall erforderlich, jedoch brauchen die Fugenflanken nicht so sorgfältig von Materialresten, Anstrichen und alten Primeraufträgen gereinigt zu werden, sofern eine Materialunverträglichkeit zwischen vorkomprimiertem Dichtband und verbleibenden Stoffen auf den Fugenflanken ausgeschlossen werden kann.

### **Schadensvermeidung**

Grundsätzlich sind bei der Planung der Fugenabdichtung alle drei oben genannten Varianten möglich. Die Abdichtung mit Dichtstoffen nach DIN 18540 sollte jedoch aufgrund der hohen Fehleranfälligkeit bei der Verarbeitung vor Ort nur als letzte Möglichkeit in Betracht gezogen werden. Bei der Planung der Fugenabdichtung ist insbesondere auch zu berücksichtigen, zu welcher Jahreszeit voraussichtlich die anstehenden Abdichtungsarbeiten ausgeführt werden müssen. Sowohl Dichtstoffe nach DIN 18540 wie auch elastische Fugenbänder können nur bei trockener Witterung und Oberflächentemperaturen über +5 °C fachgerecht verarbeitet werden. Da die Abdichtungsarbeiten im Bereich von Fugen nach Fertigstellung der Rohbauarbeiten sehr häufig in die kalte Jahreszeit fallen, ist grundsätzlich zu empfehlen, möglichst Fugenkonstruktionen einzuplanen, die witterungsunabhängig ausgeführt werden können. Hierfür bietet sich im vorliegenden Fall insbesondere die Ausführung mit vorkomprimierten Dichtungsbändern an, die auch bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt verarbeitet werden können.

## **2.1.2 Flankenabriß (Adhäsionsbruch) durch falsch dimensionierte Dichtungsmasse und fehlerhafte Flankenvorbereitung**

### **Schadensbild**

Ein Abriss des Fugendichtstoffes von den Fugenflanken (Adhäsionsbruch) tritt häufig auch bzw. gerade wegen der Verwendung hochwertiger Dichtstoffe bereits relativ kurze Zeit nach der Bauwerkserstellung auf. Im vorliegenden Fall hat sich der ansonsten intakte Dichtstoff in weiten Bereichen von einer Fugenflanke gelöst. Bei dem Herausschneiden einzelner Probestücke hat sich gezeigt, dass als Hinterfüllprofil keine Rundschnur, sondern

ein Rechteckprofil aus Schaumstoff eingelegt worden ist und relativ weit in die Fuge hineingeschoben wurde. Die anschließende Verfüllung mit Dichtstoff ist dadurch relativ voluminös geworden und es fehlt eine Verjüngung des Dichtstoffes zur Fugenmitte hin (Bild 13). Gleichartige Erscheinungsbilder sind an Dichtstofffugen zwischen mit Keramik bekleideten Wandflächen aufgetreten (Bilder 14 und 15).

Zwischen dem aufgetragenen Primer und dem Dichtstoff bestand in weiten Bereichen offensichtlich nie eine Verbindung, da die Primeroberflächen an zahlreichen Stellen frei von jeglichen Dichtstoffrückständen waren.



**Bild 13** ■ Flankenabriß und fehlende Verjüngung des Dichtstoffes zur Fugenmitte hin



**Bild 14** ■ Flankenabriß durch zu dicken, falsch dimensionierten Dichtstoff



**Bild 15** ■ Wechselseitiger Flankenabriß durch falsch dimensionierten Dichtstoff

## Schadensursachen

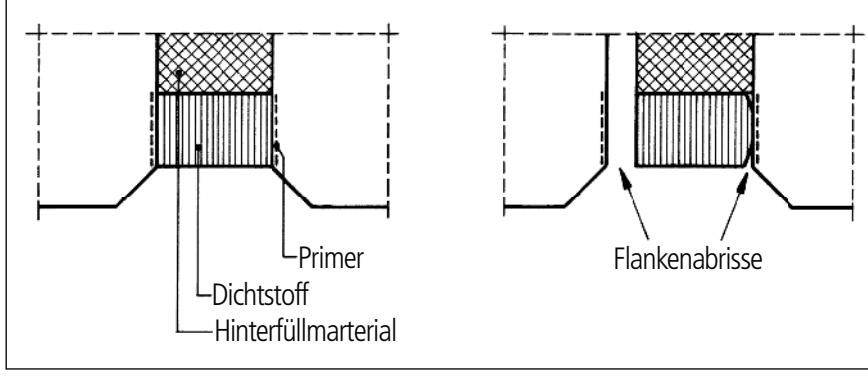
Sowohl der im vorliegenden Fall angewendete Primer wie auch der Dichtstoff waren vom selben Hersteller und von hoher Qualität. Die vorhandenen Fugenbewegungen (Elementfugen zwischen Stahlbetonfertigteilen) lagen noch im entsprechend DIN 18540 zulässigen Bereich zwischen 20 und 25 %, bezogen auf die vorgefundene Fugenbreite. Damit sind Fehler bei der Materialauswahl und eine Überbeanspruchung des Dichtstoffes als Schadensursachen auszuschließen.

Das Zusammenspiel folgender Ursachen ist im vorliegenden Fall schadensauslösend gewesen:

- a) Die Dimensionierung des Fugendichtstoffes erfolgte nicht entsprechend Bild 6; vielmehr wurde versäumt, den Dichtstoff zur Fugenmitte hin zu verjüngen (Bild 16).

Der Sinn der Verjüngung des Dichtstoffes zur Fugenmitte hin besteht darin, die Verbundspannung zwischen Fugenflanke und Dichtstoff möglichst gering zu halten und die eigentliche Dehnzone im Dichtstoff zur Fugenmitte hin zu verlagern. Bei konstanter Spannung im Fugendichtstoff ist bei Dehnung der Fuge die auf die Fugenflanke wirkende Kraft direkt proportional zum Querschnitt des Dichtstoffes. Durch die fehlende Verjüngung in Fugenmitte ist dementsprechend die auf die Fugenflanke wirkende Kraft erheblich größer als bei normgerecht ausgebildeter Verfugung, sodass der Haftverbund zwischen Dichtstoff und Fugenflanke überbeansprucht wird.

- b) Die falsche Dimensionierung des Dichtstoffes allein führt in der Regel jedoch noch nicht zu einem Versagen; im vorliegenden Fall ist offensichtlich in weiten Bereichen von Anbeginn kein ausreichender Haftverbund zwischen Primer und Dichtstoff hergestellt gewesen, weshalb allein schon durch die Materialschrumpfung beim Aushärten des Dichtstoffes eine Ab-



**Bild 16** ■ Flankenabrisse des Dichtstoffes aufgrund falscher Dimensionierung

lösung von den Haftflanken erfolgte. Die Ursache hierfür ist zum einen eine offensichtlich nicht ausreichend lange Abluftzeit des Primers gewesen, sodass noch nicht vollständig verdunstete Lösungsmittelreste des Primers eine Trennung zwischen Dichtstoff und Primer bewirkten. Zum anderen wurde der Dichtstoff offensichtlich nicht fest genug in die Fuge eingebracht, sodass kein ausreichender Anpressdruck als Voraussetzung für eine innige Verbindung mit den Haftflanken aufgebracht werden konnte.

## Instandsetzung

Die Möglichkeiten der Instandsetzung entsprechen den in Kapitel 2.1.1 beschriebenen, wobei auch hier zu empfehlen ist, anstelle eines aufwendigen Entfernen des vorhandenen Dichtstoffes die Neuabdichtung der Fugen durch Überkleben mit elastischen Fugenbändern vorzunehmen.

## Schadensvermeidung

Die DIN 18540 ist bei der Abdichtung der Fugen mit Dichtungsmassen sowohl hinsichtlich der Auswahl eines geeigneten Dichtstoffes als auch hinsichtlich der Verarbeitung genauestens zu beachten. Um die im vorliegenden Fall vorgefundenen Schäden sicher zu vermeiden, sind insbesondere folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Als Hinterfüllmaterial ist grundsätzlich eine Rundschnur aus geschlossen-zelligem Schaumstoff zu verwenden, um den einzubringenden Fugendichtstoff rückseitig mit entsprechender Verjüngung zur Fugenmitte hin und mit glatter Oberfläche herstellen zu können. Dabei muss der Durchmesser der Rundschnur abhängig von der Fugenbreite so gewählt werden, dass diese Rundschnur einerseits ausreichend fest zwischen den Fugenflanken eingeklemmt wird und andererseits die glatte Ausrundung der Oberfläche erhalten bleibt. Die Schaumstoffhinterfüllung stellt nur so eine ausreichend widerstandsfähige Schalung für den einzubringenden Dichtstoff dar.
- Vor dem Einbringen des Fugendichtstoffes ist ein geeigneter Primer einzubringen, wobei die Abluftzeiten lange genug gewählt werden müssen, um zum einen keine Lösungsmittelreste mehr zwischen Primer und Dichtstoff einzuschließen und zum anderen auch Kondenswasser auf den Primeroberflächen (infolge entstehender Verdunstungskälte beim Ablüften des Lösungsmittels) sicher auszuschließen. Da die hierfür erforderlichen Zeiten in hohem Maße von der jeweiligen Witterung abhängig sind, muss neben der Beachtung von Herstellerangaben die örtliche Fachbauleitung eigenverantwortlich im Einzelfall die Verhältnisse prüfen und entscheiden, ob eine Weiterbearbeitung der Fuge erfolgen kann.

- Beim Einbringen des Dichtstoffes ist darauf zu achten, dass ein ausreichender Anpressdruck gegen die Fugenflanken ausgeübt wird, damit insbesondere keine Hohlstellen im Dichtstoff verbleiben. Beim Glätten des Dichtstoffes ist sicherzustellen, dass eine Ausrundung erfolgt, sodass die in DIN 18540 geforderte Verjüngung des Dichtstoffes zur Fugenmitte hin erreicht wird.

### 2.1.3 Flankenabriß (Adhäsionsbruch) durch Überbeanspruchung der Dichtungsmasse

#### Schadensbild

Ein Abriss des Dichtstoffes von den Fugenflanken tritt besonders häufig an sehr schmalen Fugen (Bild 17) und vor allem dort, wo Unstetigkeiten durch Fugenversätze vorhanden sind (Bild 18), auf. Im vorliegenden Fall (Bild 17) wurde eine nur wenige Millimeter breite Fuge zwischen jeweils 6 m langen

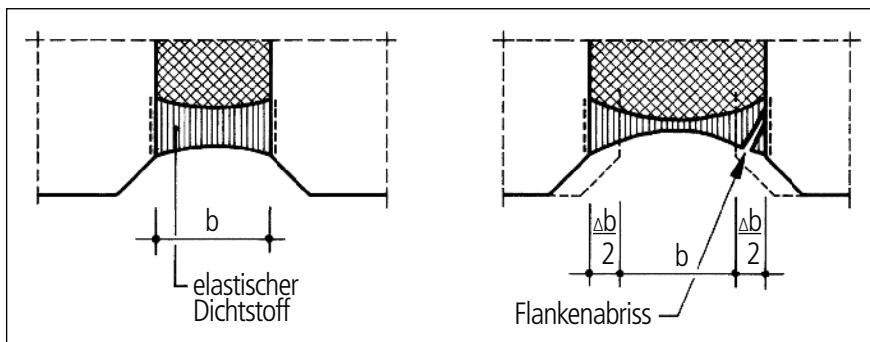


**Bild 17** ■ Flankenabriß des Dichtstoffes durch Überdehnung

Betonfertigteilelementen mit elastischer Dichtungsmasse geschlossen. An den Fugenflanken sind in weiten Bereichen Abrisse des Dichtstoffes aufgetreten. Trotz der nur wenige Millimeter breiten Fuge entsprach die Formgebung des Dichtstoffes im Wesentlichen den Vorgaben der DIN 18540 (Bild 19).



**Bild 18** ■ Flankenabrisse des Dichtstoffes in einer nur wenige Millimeter breiten Fuge an extremem Fugenversprung



**Bild 19** ■ Flankenabrisse durch Überdehnung des Dichtstoffes

## Schadensursachen

Bei dem vorhandenen Fugenabstand (Länge der einzelnen Fertigteile) von ca. 6 m ist nach DIN 18540 eine Mindestfugenbreite von 25 mm erforderlich (Tabelle 3). Damit ist die vorgefundene Fugenbreite von ca. 9 mm bei Weitem zu gering, sodass allein schon aus Temperaturbeanspruchung der Außenbauteile das zulässige Maß für die Gesamtverformung der Dichtungsmasse von 25 %, bezogen auf die Fugenbreite, überschritten wird (vgl. auch das Beispiel in Kapitel 1.3). Während im vorliegenden Fall die Dichtungsmasse selbst diese Überbeanspruchung weitgehend noch schadlos aufgenommen hat, wurde die aufnehmbare Haftzugkraft zwischen Dichtungsmasse und Flanke überschritten. Hierdurch kam es insbesondere dort, wo kleinere Imperfektionen in der Oberfläche des Dichtstoffes vorhanden waren, zu Einrissen, die sich dann zu den vorgefundenen großflächigen Flankenabrissen erweitert haben.

**Tabelle 3** ■ Maße für Fugen und Dichtstoff nach DIN 18540 [3]

Fugenabstand [m]	Fugenbreite		Dicke des Fugendichtstoffes <sup>3</sup> in Fugenmitte [mm]
	Nennmaß <sup>1</sup> b [mm]	Mindestmaß <sup>2</sup> b <sub>min</sub> [mm]	
bis 2	15	10	8±2
über 2 bis 3,5	20	15	10±2
über 3,5 bis 5	25	20	12±2
über 5 bis 6,5	30	25	15±3
über 6,5 bis 8	35	30	15±3

<sup>1</sup> Nennmaß für die Planung

<sup>2</sup> Mindestmaß zum Zeitpunkt der Fugenabdichtung

<sup>3</sup> Die angegebenen Werte gelten für den Endzustand, dabei ist auch die Volumenänderung des Fugendichtstoffes zu berücksichtigen.

## Instandsetzung

Da die vorhandenen Fugenbreiten zwischen den einzelnen Fertigteilelementen, gemessen an den Vorgaben der DIN 18540, bei Weitem zu gering sind, kann eine Abdichtung mit elastischem Dichtstoff nicht ohne Weiteres erfolgen. Ein Aufschneiden der vorhandenen Fugen bis auf die erforderliche Fugenbreite von mindestens 25 mm ist aufgrund des hohen Aufwandes in der Regel wirtschaftlich nicht vertretbar. Darüber hinaus ist auch in technischer Hinsicht ein Aufschneiden der Fugen auf die erforderliche Breite mit einem hohen Risiko verbunden, da durch Abtrag von Betonschichten an den Fugen-

flanken die im Beton liegende Stahlbewehrung im Flankenbereich entweder freigelegt oder zumindest die vorhandene Betondeckung stark reduziert wird. Dadurch besteht auch nach Durchführung der Fugeninstandsetzungsarbeiten die große Gefahr von Betonkorrosionsschäden.

Damit verbleibt als in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht vertretbare Sanierungsmaßnahme lediglich ein Überkleben der vorhandenen Fugen mit einem elastischen Fugenband. Im vorliegenden Fall sind die Fasen an den Fugenrändern relativ groß und glatt ausgebildet (Bild 17), sodass ein Fugenband schlafenförmig auf diese Fasen geklebt werden kann, und damit die Fugenbreite optisch weitgehend erhalten bleibt.

### **Schadensvermeidung**

Bereits bei der Montage von Fertigteilen ist darauf zu achten, dass die Mindestfugenbreiten in Abhängigkeit von den jeweiligen Elementgrößen eingehalten werden, wenn eine Verfugung mit Dichtstoff erfolgen soll. Bei der Planung und Errichtung von Neubaumaßnahmen sollte jedoch grundsätzlich eine andere Art der Fugenabdichtung gewählt werden, die zum einen größere Montagetoleranzen zulässt und zum anderen unempfindlicher gegenüber Bearbeitungsfehlern ist. Vorzugsweise sollten belüftete Fugenkonstruktionen, z. B. entsprechend Bild 10b, geplant werden.

## **2.1.4 Flankenabriß aufgrund unzureichender Flankenausbesserung**

### **Schadensbild**

Vor der Verfugung mit elastischem Dichtstoff wiesen die Kanten von keramischen Fassadenplatten zahlreiche Beschädigungen in Form von Abplatzungen auf. Anstelle einer fachgerechten Flankenausbesserung mit geeignetem Reparaturmörtel wurden diese Fehlstellen im Zuge der Verfugung mit dem Fugendichtstoff verfüllt (Bild 20). An diesen Stellen hatte sich der Dichtstoff von der Flanke gelöst und ließ sich ohne Kraftaufwand vom Untergrund abheben (Bild 21). Beim Herauslösen des Dichtstoffes war erkennbar, dass keinerlei Dichtstoffreste an dem unregelmäßig ausgebrochenen Untergrund hafteten (Bilder 21 bis 24).



**Bild 20** ■ Mit Fugendichtstoff egalisierter Flankenausbruch



**Bild 21** ■ Undefinierter Haftgrund für den Dichtstoff (vgl. Bild 20)



**Bild 22** ■ Undefinierte Mörtelausbesserung der Haftflanke



**Bild 23** ■ Flankenabriß über Sockelfliese



**Bild 24** ■ Ausgebrochene Haftflanke (vgl. Bild 23)

## Schadensursachen

Unabhängig davon, dass die unregelmäßig ausgebrochenen Plattenkanten offensichtlich weder gereinigt noch geprimert worden sind, führt die entsprechend unregelmäßige Dichtstoffgeometrie ohne definierte Dehnzone zu einem Flankenabriß. Durch die nicht senkrecht zur Dichtstoffachse stehenden Fugenflanken werden aus dem Dichtstoff bei Dehnung nicht nur Zugkräfte, sondern vor allem Scherkräfte auf die Flanken übertragen. Diese bewirken einen »Abschäleffekt« an den Dichtstoffrändern, der zur Ablösung führt.

## Instandsetzung

Der Dichtstoff ist vollständig zu entfernen und die betroffenen keramischen Platten sind vorzugsweise durch unbeschädigte Platten auszutauschen. Bei geringfügigen Ausbrüchen ist gegebenenfalls eine Ausbesserung mit gut haftendem Reparaturmörtel, z. B. auf Epoxidharzbasis, möglich, wobei die dann zu modellierende Fugenflanke ebenflächig und ausreichend zugfest sein muss.

Die anschließende Neuverfugung kann dann gemäß DIN 18540 mit Dichtstoff oder gegebenenfalls alternativ mit vorkomprimierten Bändern erfolgen.

## Schadensvermeidung

Bereits bei der Verlegung von Plattenbekleidungen an Fassaden ist darauf zu achten, dass nur unbeschädigte Platten verbaut werden, da Kantenbeschädigungen nicht nur – gegebenenfalls hinnehmbare – optische Beeinträchtigungen darstellen, sondern, wie gezeigt, auch einen technischen Mangel für die anschließende Verfugung bedeuten. Die nachträgliche Ausbesserung von Fehlstellen mit Reparaturmörtel stellt immer nur eine Notlösung dar.

### 2.1.5 Flankenabriß aufgrund unterschiedlicher Fugenbreiten

#### Schadensbild

Mit Dichtstoff geschlossene Dehnfugen in der Keramikbekleidung einer Außenwandfläche weisen, ausgehend von sprunghaften Versätzen der Fugenbreiten, Flankenabrisse auf (Bild 25), die verstärkt im Bereich von Versätzen im Fugenverlauf auftreten (Bild 26).

#### Schadensursachen

Bei sprunghaften Veränderungen der Dichtstoffgeometrie durch variierende Fugenbreiten wird der Dichtstoff bei Fugenaufweitung nicht nur einachsig auf Zug beansprucht, sondern erfährt durch die extrem unterschiedliche Dehnbeanspruchung der unterschiedlich breiten Dehnzonen im Übergangsbereich Scherspannungen: Der Dichtstoff im breiten Fugenbereich behindert die Dehnung des schmaleren Teils. Die Folge sind in der Regel Flankenabrisse, die sich von diesem Fugenversprung aus weiter ausdehnen. Ist darüber hinaus noch ein Versprung im Fugenverlauf vorhanden (Bild 26), ist die auftretende Scherspannung parallel zum Fugenverlauf noch bedeutend größer.

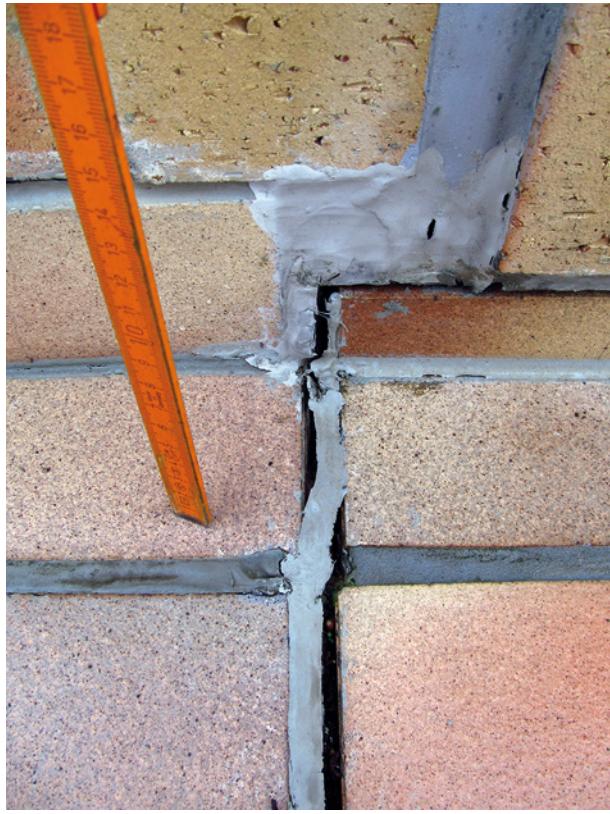


**Bild 25** ■ Flankenabrisse im Bereich verspringender Fugenbreiten

## Instandsetzung

Sofern eine Sanierung mit Dichtstoff erfolgen soll, sind die Fugen nach Entfernung des schadhaften Materials so weit zu überarbeiten bzw. aufzuweiten, dass anstelle des Breitversprunges ein kontinuierlicher Übergang der Fugenbreiten hergestellt wird. Kommt zusätzlich noch ein Versprung im Fugenverlauf hinzu, können die dann weiterhin auftretenden Scherspannungen nur durch »Überdimensionierung« der Fugenbreiten, d.h. Herstellung einer breiteren Dehnzone, aufgenommen werden.

Sofern technisch und gestalterisch möglich, sind derartig unregelmäßige Fugen besser mit entsprechend breiten Fugenbändern oder auch vorkomprimierten Fugenbändern zu sanieren.



**Bild 26** ■ Flankenabrisse im Bereich eines Fugenversprungs

## Schadensvermeidung

Sollen Bewegungsfugen mit Dichtstoff nach DIN 18540 ausgebildet werden, so ist schon bei der Planung und selbstverständlich bei der Bauausführung darauf zu achten, dass weder Dickenversprünge noch Versprünge im Fugenverlauf auftreten.

### 2.1.6 Flankenabriß aufgrund fehlender Dehnzone (Dreiflankenhaftung)

#### Schadensbild

Vor allem im Übergangsbereich von Fassadensockeln zu den aufgehenden Wänden werden die dort angeordneten und notwendigen Bewegungsfugen häufig ohne die Hinterlegung von Rundschnüren (vgl. Bild 6) ausgeführt, da eine ausreichende Fugentiefe nicht vorhanden ist und diese Fugen oftmals

auch sehr schmal ausfallen. Es kommt hier regelmäßig zu Flankenabrisse (Bilder 27 und 28).

### Schadensursachen

Fehlt eine ausreichend dimensionierte Dehnfugenausbildung und ist anstelle einer freien Fugenkammer lediglich im Mörteluntergrund eine »Sollbruchstelle« vorhanden, ist die Ausbildung einer fachgerechten Dehnfuge mit Dichtstoff auch bei ansonsten ausreichender Flankenvorbereitung nicht möglich. Wird der Dichtstoff in derartige Fugen eingebracht, so erfolgt – anstelle der Ausbildung einer Dehnzone – die Verklebung mit dem starren Fugengrund; es kommt zur Dreiflankenhaftung (Bilder 27 und 28).



**Bild 27** ■ Flankenabriß und Dichtstoffablösung vom Untergrund oberhalb der Sockelfuge



**Bild 28** ■ Fehlende Dehnzone (Dreiflankenhaftung) des Dichtstoffes (vgl. Bild 27)

## Instandsetzung

Für die fachgerechte Herstellung einer Dichtstofffuge, die tatsächlich auch Dehnungen schadenfrei aufnehmen soll, ist zwingend die Ausbildung einer behinderungsfreien Dehnzone – auch und gerade wenn die Fuge sehr schmal ist – erforderlich.

In der Praxis findet man aber dennoch gerade in Ixelbereichen (Anschlüsse Sockel/Fußboden) zahllose derartige Dichtstofffugen ohne Hinterlegung mit einer Rundschnur. Eine fachgerechte Ausführung ist bei den sehr schmalen Fugen zugegebenermaßen handwerklich kaum möglich. Die oft praktizierte »Sanierungsvariante« der mehrfachen nicht fachgerechten Neuverfugung, bis schließlich keine Fugenbewegungen mehr auftreten, mag zwar eine wirtschaftlich vertretbare Lösung sein, ist deshalb aber immer noch nicht fachgerecht. Ein Zurückziehen auf die Argumentation, dies seien »Wartungsfugen« und ein frühzeitiges Versagen gottgegeben, ist schlichtweg falsch; wer sich hier auf eine gerichtliche Auseinandersetzung einlässt, ist schlecht beraten.

## Schadensvermeidung

Sollen Anschlussfugen, insbesondere in Ixelbereichen, mit Dichtstoff geschlossen werden, sind entsprechend ausreichend dimensionierte Fugenräume zu planen und auszubilden, um die Anordnung einer Rundschnur zur Vermeidung der Dreiflankenhaftung zu ermöglichen.

Zur Vermeidung einer übergroßen frühen Beanspruchung des Dichtstoffes bei der Neubauerrichtung ist es zweckmäßig, die Verfugung so spät wie möglich auszuführen, damit maßgebliche Schwindverformungen und gegebenenfalls Setzungen schon vorab abgeklungen sind.

### 2.1.7 Dichtstoffperforation aufgrund zu dünner Dehnzone

#### Schadensbild

Bei der Herstellung breiterer Dichtstoffverfugungen ist die Versuchung groß, die Dehnzone materialsparend auszudünnen. Im vorliegenden Fall wurden breite Fugen zwischen einer Keramikbekleidung mit rechteckigem (nicht ausgerundetem) Hinterfüllprofil fast oberflächenbündig ausgefüllt und der Dichtstoff nur millimeterdünne überstrichen. Die Folge ist ein Aufreißen des Dichtstoffes schon bei geringsten Imperfektionen und mechanischen Einwirkungen (Bilder 29 und 30).



**Bild 29** ■ Dichtstoffperforation durch zu dünnen Materialauftrag



**Bild 30** ■ Gerissener Dichtstoff durch zu dünnen Materialauftrag

## Schadensursachen

Wenn auch grundsätzlich die möglichst dünne Ausbildung der Dehnzone die geringsten Kräfte auf die Flanken überträgt, so ist doch eine Mindestdicke, die allein schon unvermeidbare handwerkliche Unregelmäßigkeiten abdeckt, erforderlich. Dementsprechend gibt die DIN 18540 auch für die Dicke der Dehnzone Mindestwerte vor, die – abhängig von der Fugenbreite – im Mittel nicht unter 8 mm liegen sollen (vgl. Tabellen 2 und 3).

## Instandsetzung

Sowohl der Dichtstoff als auch die falsch dimensionierte Hinterfüllung sind restlos zu entfernen, die Flanken zu säubern und neu zu primern. Anschließend ist die Fugenausbildung gemäß DIN 18540 zu erneuern. Sollte sich die Fugentiefe nach Freilegung als zu gering herausstellen, ist ersatzweise gegebenenfalls ein Fugenband gemäß Bild 7 zu kleben.

## Schadensvermeidung

Sind vergleichsweise breite Dehnfugen abzudichten, sodass die Standfestigkeit des Dichtstoffes für eine ausreichende Dimensionierung nicht mehr ohne Weiteres gegeben und die Verarbeitung fragwürdig ist, sollten von vornherein Dichtstoffbänder gemäß Kapitel 1.2.3 geplant werden.

### 2.1.8 Flankenabriß aufgrund zu dünnen Dichtstoffauftrags

#### Schadensbild

In Fugenbereichen, in denen die Mindestdicke des Dichtstoffes für die Dehnzone zwar gerade noch eingehalten ist (vgl. Kapitel 2.1.7), aber die gleiche, nur wenige Millimeter dicke Dichtstoffschicht bis zur Haftflanke durchgeführt wurde, ist es zu durchgehenden Flankenabrissen gekommen (Bilder 31 und 32).

#### Schadensursachen

Durch die fehlende Ausrundung des Hinterfüllprofils entspricht die Breite der Haftflanke des Dichtstoffes nur derjenigen der Dehnzone. Hierdurch wird die von der Flanke aufnehmbare Haftspannung bereits bei geringfügiger Dehnung schnell überschritten, da für die aufzunehmende Kraft nur eine sehr kleine Fläche zu Verfügung steht.



**Bild 31** ■ Flankenabriss aufgrund zu dünner Haftflanke

## Instandsetzung

Ebenso wie in Kapitel 2.1.7 beschrieben, sind sowohl der Dichtstoff als auch die falsch dimensionierte Hinterfüllung restlos zu entfernen, die Flanken zu säubern und neu zu primern. Anschließend ist die Fugenausbildung gemäß DIN 18540 zu erneuern. Sollte sich die Fugentiefe nach Freilegung als zu gering herausstellen, ist ersatzweise gegebenenfalls ein Fugenband gemäß Bild 7 zu kleben.

## Schadensvermeidung

Bei der Fugenbearbeitung ist darauf zu achten, dass eine richtig dimensionierte Rundschnur in der richtigen Tiefe der Fuge so fixiert wird, dass sie ihre Aufgabe als »Schalung« für den Dichtstoff übernehmen kann (d. h. einerseits fest genug in der Fuge eingeklemmt ist und andererseits die Ausrundung erhalten bleibt!). Damit ist auch die Voraussetzung gegeben, dass die Haftflanke



**Bild 32** ■ Dichtstoffflanke zu dünn ausgeführt

gegenüber der Dehnzone deutlich breiter ausgebildet ist und die Dehnkräfte bei entsprechender Flankenvorbereitung aufgenommen werden können.

## 2.1.9 Asbestfaserbewehrte Morinol-Dichtungsmasse – Kohäsionsbrüche durch Materialschwinden und Überbeanspruchung

### Schadensbild

In den neuen Bundesländern wurden zum überwiegenden Teil Dichtstoffe (Morinol-Fugenkitt) verwendet, die nach der Herstellung weitgehend plastisch verformbar waren, jedoch kaum elastische Eigenschaften aufwiesen und bereits innerhalb weniger Monate aushärteten. Zur Verbesserung der Zugfestigkeit dieses Materials wurden bis 1983 zum Teil Asbestfasern beigemischt. Im Allgemeinen wiesen derart abgedichtete Fugen schon kurze Zeit nach der Herstellung sowohl Flankenabrisse (Adhäsionsbrüche) wie auch insbesondere Kohäsionsbrüche in der Dichtungsmasse auf (Bild 33). Ein punktuell



**Bild 33** ▪ Asbestfaserbewehrte, gerissene, vollständig ausgehärtete Morinol-Dichtungsmasse – Bereichsweise erfolglos nachgearbeitet

»Nacharbeiten« dieser Risse mit gleichen oder anderen Dichtstoffen führt grundsätzlich nicht zu einer dauerhaften Reparatur; die Risse treten erneut auf (Kapitel 2.1.27).

### Schadensursachen

Sowohl die asbestfaserbewehrten grauen als auch die asbestfreien bräunlichen oder auch grauen Morinol-Dichtstoffe waren von der Rezeptur her ungeeignet, dauerhaft Fugenbewegungen (auch deutlich unterhalb 25 % Gesamtverformung) aufzunehmen. Für das Auftreten von Rissen sind im Wesentlichen die beiden folgenden Faktoren ursächlich:

- a) Der Dichtstoff weist ein so hohes Schwindmaß auf, dass bereits in der plastischen Phase kurz nach dem Einbringen ein Überschreiten der aufnehmbaren Zugspannungen im Dichtstoff zu ersten Rissen führte.

- b) Mit dem Aushärten des Dichtstoffes (E-Modul wird mit der Zeit größer) steigt die Spannung  $\sigma_{\text{vorh}}$  bei Fugenbewegungen proportional an. Bereits bei Auftreten geringer Fugendehnungen  $\varepsilon$  wird selbst bei asbestfaserbewehrtem Dichtstoff schnell die maximal aufnehmbare Zugspannung  $\sigma_{\text{max}}$  überschritten:  $\sigma_{\text{max}} < \sigma_{\text{vorh}} = E \cdot \varepsilon$ . Die Risse weiten sich vorzugsweise dort auf, wo bereits aufgrund von Schwindrissbildungen Anrisse im Dichtstoff vorhanden sind (Bild 33).

## Instandsetzung

Im vorliegenden Fall wurde der Morinol-Dichtstoff offensichtlich zu einem Zeitpunkt in die Fuge eingebracht, an dem die Fugenbreite ein Minimum aufwies. Dadurch sind relativ große Rissbildungungen im Dichtstoff und Flankenablösungen erfolgt (Bild 33). Eine schadensverursachende Kraftübertragung in der Fuge über den vollständig ausgehärteten Dichtstoff ist im vorliegenden Fall jedoch nicht erfolgt, da die Fugenflanken keine Ausbrüche oder ähnliche Schadensbilder aufweisen. Zur Sicherstellung, dass auch in Zukunft keine Kräfte über die Fuge übertragen werden, ist es dennoch erforderlich, den vollständig ausgehärteten Dichtstoff vor einer Neuabdichtung der Fuge zu entfernen oder zumindest so weit aufzuschneiden, dass eine zwängungsfreie Bewegungsmöglichkeit gegeben ist. Eine derartige Bearbeitung des alten Fugendichtstoffes ist zum einen durch das ausgehärtete Material sehr mühsam und arbeitsintensiv, zum anderen ist bei asbestfaserbewehrten Morinolmassen darauf zu achten, dass bei der mechanischen Bearbeitung des Dichtstoffes nicht unzulässig viele Asbestfasern freigesetzt werden. Die Chrysotil-Asbestfasern sind in die Morinolmasse fest eingebunden – vergleichbar mit Asbestzementprodukten –, sodass nennenswerte Faseremissionen in die Umwelt nur bei mechanischer Bearbeitung des Dichtstoffes auftreten. Dementsprechend sind bei der Bearbeitung von asbesthaltigen Morinol-Dichtstoffen die gleichen Rechtsvorschriften – insbesondere die TRGS 519 TECHNISCHE REGELN FÜR GEFAHRENSTOFFE: ASBEST, ABBRUCH-, SANIERUNGS- ODER INSTANDHALTUNGSARBEITEN, Stand 01/2014 [17] – zu beachten wie für Asbestzement. Sollen die Fugendichtstoffe vollständig entfernt werden, ist es anzustreben, unter entsprechenden Schutzmaßnahmen Trennschnitte in den Fugenflanken dicht neben dem Morinol auszuführen, damit der faserbewehrte Dichtstoff selbst weitgehend unbearbeitet aus der Fuge gehoben werden kann.

Nach Entfernen bzw. Aufschneiden des Dichtstoffes kann die Fuge mit einem elastischen Fugenband entsprechend Bild 7 neu abgedichtet werden. Zuvor ist grundsätzlich zu überprüfen, inwieweit eine Wärmedämmung der Fuge vorhanden ist oder zusätzliche Maßnahmen zur Vermeidung einer Wärmebrücke vorgesehen werden müssen (siehe auch Kapitel 2.1.26).

## Schadensvermeidung

Asbestfreie Morinol-Dichtstoffe sind bis Anfang der 1990er-Jahre noch an Neubauten (Großtafelbauten) eingesetzt worden, obwohl auch in den neuen Bundesländern spätestens seit 1990 der DIN 18540 entsprechende elastische Materialien durchaus verfügbar waren. Deshalb ist nicht auszuschließen, dass vereinzelt noch derart abgedichtete Fugen saniert werden müssen.

Im Hinblick auf eine Schadensvermeidung sind grundsätzlich nur Dichtstoffe anzuwenden, die zum einen ausreichend elastische Eigenschaften aufweisen und zum anderen keine umweltschädlichen oder gesundheitsgefährdenden Stoffe enthalten.

### 2.1.10 Übertragung von Zwängungskräften durch aushärtende Dichtungsmasse (Morinol)

#### Schadensbild

Teilweise weisen die vollständig ausgehärteten Morinol-Dichtstoffe (vgl. auch Kapitel 2.1.9) nur relativ feine oberflächennahe Risse auf. Dies ist insbesondere bei mit Asbestfasern bewehrten Dichtstoffen der Fall (Bild 34). In diesen Bereichen ungerissener oder nur geringfügig aufgerissener Dichtstoffe sind häufig Abplatzungen der Fugenflanken vorhanden, sodass der ausgehärtete Dichtstoff an den Flanken freiliegt und Niederschlagswasser ungehindert in die Wandkonstruktion eindringen kann (Bild 34).



**Bild 34** ■ Betonabplatzungen im Fugenflankenbereich neben vollständig ausgehärtetem Morinol-Dichtstoff

## Schadensursachen

Erfolgte die Abdichtung mit Morinol-Dichtstoff zu einem Zeitpunkt, an dem die Fugenbreite ein Maximum aufwies (in der Regel die kalte Jahreszeit), so wurde der Dichtstoff in seiner plastischen Phase nicht auf Zug beansprucht und es entstanden lediglich oberflächennahe Schwindrisse (vgl. Kapitel 2.1.9). Solange der Dichtstoff noch plastische Eigenschaften aufwies, wurden keine nennenswerten Zwängungs Kräfte auf die Fugenflanken übertragen. Da jedoch bereits nach kurzer Zeit ein völliges Aushärten des Dichtstoffes erfolgte und damit der Dichtstoff erhebliche Kräfte übertragen kann, ist eine zwängungsfreie Bewegung der Außenwandelemente (hier Betonvorsatzschalen) nicht mehr möglich, sodass unzulässig große Kräfte in die angrenzenden Betonbauteile übertragen werden und es zu Flankenabplatzungen und Betonausbrüchen kommt (siehe auch Kapitel 2.1.15).

## Instandsetzung

Vor einer Neuabdichtung der Fugen – z.B. mit elastischen Fugenbändern entsprechend Bild 7 – ist in jedem Fall die Fuge aufzuschneiden, um eine Bewegungsmöglichkeit der einzelnen Vorsatzschalen sicherzustellen. Hinsichtlich der Problematik bei asbestfaserbewehrten Dichtstoffen wird auf die Einhaltung der einschlägigen Rechtsvorschriften für den Umgang mit Asbestzementprodukten verwiesen [17] (siehe auch Kapitel 2.1.9).

## Schadensvermeidung

Bei der Abdichtung von Außenwandfugen mit Dichtstoffen sind nur elastische Materialien einzusetzen, die sämtliche Anforderungen der DIN 18540 erfüllen (siehe auch Kapitel 2.1.9).

### 2.1.11 Überalterung der Dichtungsmasse

#### Schadensbild

An älteren Verfugungen mit elastischen Dichtstoffen treten des Öfteren netzartige Risse auf der Oberfläche auf, ohne dass es zunächst zu größeren Rissbildung oder Flankenablösungen kommt (Bild 35). Im Laufe der Zeit führen diese Rissbildung jedoch auch zu einer vollständigen Zerstörung des Dichtstoffes, wodurch Niederschlagswasser in die Konstruktion eindringen kann.



**Bild 35** ■ Elastische Fugenabdichtung, ca. zwölf Jahre alt

## Schadensursachen

Auch hochwertige elastische Fugendichtstoffe haben eine begrenzte Haltbarkeit. Je nach Art und Qualität des Dichtstoffes verliert die oberflächennahe Schicht durch Umwelteinwirkungen ihre Elastizität, wodurch es nach einigen Jahren oder auch erst nach Jahrzehnten zu Rissbildungen entsprechend Bild 35 kommt. Neben der Art und der Qualität des Dichtstoffes hängt die Dauerhaftigkeit in hohem Maße von der Lage der jeweiligen Fuge ab. Direkte Sonneneinstrahlung, ständiger Frost-Tau-Wechsel, Schadgase aus der Luft, Fassadenreinigungsmittel und Ähnliches haben großen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit. Die im Außenwandbereich überwiegend verarbeiteten Dichtstoffqualitäten auf Silikon- oder Polysulfidbasis überdauern bei fachgerechter Verarbeitung ohne Weiteres einen Zeitraum von mindestens zehn Jahren und

können bei entsprechend günstigeren Randbedingungen auch bis zu 20 Jahre ohne nennenswerte Schäden ihre Aufgabe erfüllen.

Der in Bild 35 dargestellte ca. zwölf Jahre alte Dichtstoff hat die Grenze seiner Dauerhaftigkeit erreicht und sollte ausgewechselt werden, bevor durchgehende Risse und damit Folgeschäden durch eintretendes Niederschlagswasser auftreten können.

## **Instandsetzung**

Sofern der Dichtstoff im Wesentlichen noch eine ausreichende Elastizität aufweist und die Fugenbreiten ausreichend sind, empfiehlt es sich aus wirtschaftlichen Gründen, den Dichtstoff zu belassen und die Fuge durch Überkleben mit einem elastischen Fugenband neu abzudichten. Lediglich für den Fall, dass aus architektonischen Gründen eine optische Verbreiterung der Fuge nicht hingenommen wird, muss der Dichtstoff entfernt werden und beispielsweise durch Einbringen eines vorkomprimierten Fugenbandes ersetzt werden (siehe auch Kapitel 2.1.1).

## **Schadensvermeidung**

Eine schadenfreie Fugenausbildung über einen Zeitraum von zwölf Jahren – wie im vorliegenden Fall gegeben – setzt voraus, dass die Verarbeitung des Dichtstoffes exakt nach den Vorgaben der DIN 18540 erfolgt. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass hier große Risiken bei der handwerklichen Ausführung vor Ort bestehen, weshalb für Neubauplanungen andere Abdichtungen entsprechend Kapitel 1.2 vorgesehen werden sollten.

### **2.1.12 Überbeanspruchung der Fugenflanke**

#### **Schadensbild**

Im Bereich von mit elastischen Dichtstoffen geschlossenen Fugen treten des Öfteren Abrisse im Fugenflankenmaterial auf. Hierbei bleibt die abgedichtete Fuge selbst vollkommen intakt, die vorhandenen Bewegungen werden jedoch nicht von dem Fugendichtstoff aufgenommen, sondern spielen sich vielmehr in dem Riss ab, der sich neben der Fuge gebildet hat (Bild 36). Damit ist die Abdichtung der Fuge gegen Niederschlagswasser vollkommen unwirksam und Feuchtigkeit kann durch den breiten Riss ungehindert in das Bauwerk eindringen.



**Bild 36** ▀ Abriss der Betonflanke neben einer elastisch abgedichteten Bewegungsfuge zwischen zwei Betonbauteilen

## Schadensursachen

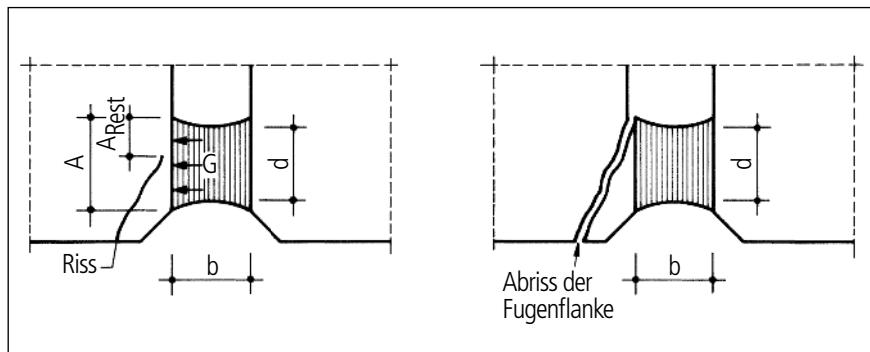
Für elastische Dichtstoffe nach DIN 18540 – wie sie im vorliegenden Fall zur Anwendung gelangt sind – ist der maximal zulässige Dehn-Spannungswert (E-Modul) auf  $0,4 \text{ N/mm}^2$  bei 100 %iger Dehnung des Dichtstoffes (bei Normalklima) begrenzt. Damit soll sichergestellt werden, dass die aufnehmbare Haftspannung zwischen Dichtstoff und Fugenflanke immer deutlich größer ist als der maximal zu erwartende Dehn-Spannungswert. Selbst bei mehrfacher Überdehnung des Dichtstoffes (zulässige Gesamtverformung  $25\% << 100\%$ ) ist damit theoretisch eine hohe Sicherheit gegenüber einem Abriss von der Fugenflanke oder gar einem Bruch in den Fugenflanken gegeben. Als Mindestwert für die Haftzugfestigkeit  $\beta_z$  von Betonoberflächen vor dem Auftrag von Beschichtungen, Anstrichen oder auch Dichtstoffen

wird in der Regel  $\beta_z \geq 1,5 \text{ N/mm}^2$  gefordert und im Allgemeinen auch ohne Weiteres eingehalten. Damit ist ein Versagen der Haftflanken im Normalfall praktisch ausgeschlossen, da der Dichtstoff das schwächste Glied in der Kette der Kraftübertragung darstellt. Treten dennoch Schadensbilder entsprechend Bild 36 auf, ist zwingend davon auszugehen, dass die Fugenflanken vor Aufbringen des Dichtstoffes bei Weitem keine ausreichende Haftzugfestigkeit aufgewiesen haben.

Im vorliegenden Fall wurde der Dichtstoff vergleichsweise tief in die Fuge eingebracht, sodass die kraftübertragende Fläche zwischen Dichtstoff und Fugenflanke relativ groß war (Bild 37).

Vor dem Einbringen des Dichtstoffes war der Beton parallel zur Fugenflanke bereits rissig, wodurch keine vollflächige Kraftübertragung in die angrenzenden Betonbauteile erfolgen konnte:

Die weiterzuleitende Kraft in der Kontaktfläche zwischen Dichtstoff und Fugenflanke beträgt  $F = \sigma \cdot A$  (Bild 37). Bereits wenige Millimeter neben dieser Haftfläche verhindert die vorhandene Rissbildung jedoch eine Übertragung dieser Kraft  $F$  über die gesamte Flankenfläche; es steht nur noch ein schmaler Steg mit der Fläche  $A_{\text{Rest}}$  zur Verfügung, über den die gesamte Kraft  $F$  übertragen werden muss. Damit ist die hier aufzunehmende Spannung  $\sigma = F/A_{\text{Rest}}$  sehr viel größer als an der Haftflanke zwischen Beton und Dichtstoff. Dadurch ist es an dieser schwächsten Stelle des Querschnitts im Bereich der Fugenflanke zum Versagen gekommen, wodurch sich praktisch neben der abgedichteten Fuge eine »neue unplanmäßige Fuge« gebildet hat.



**Bild 37** ▪ Versagensbild bei Überbeanspruchung der Fugenflanke

## Instandsetzung

Im Hinblick darauf, dass die Abrisse im Bereich der Fugenflanke stellenweise relativ weit in die Betonbauteile hineinreichen, kommt im vorliegenden Fall ein Überkleben mit elastischen Fugenbändern nicht infrage. Es ist vielmehr erforderlich, die gesamte Fugenkonstruktion aufzuschneiden und den gesamten Fugenflankenbereich einschließlich des gegebenenfalls bereits freiliegenden Bewehrungsstahls einer fachgerechten Betoninstandsetzung zu unterziehen. Durch Einlegen wieder entferbarer Schalungen (z. B. Polystyrolstreifen) ist die Fuge in der erforderlichen Breite freizuhalten, damit anschließend eine Neuverfugung erfolgen kann.

Da auch bei sorgfältiger Ausführung der Betoninstandsetzungsarbeiten die Fugenflanken im Hinblick auf die Haftzugfestigkeit gegenüber dem Altbeton nach wie vor eine Schwachstelle darstellen, sollte nicht wieder eine elastische Dichtungsmasse eingebracht werden, die erneut Zugkräfte auf die Betonflanken ausübt. Vielmehr sollte ein vorkomprimiertes Dichtband eingelegt werden, sodass lediglich Druckkräfte auf die Fugenflanken wirken, jedoch keinerlei Zugkräfte auf die nachgearbeiteten Flanken ausgeübt werden.

## Schadensvermeidung

Fugenflanken – sei es, dass die Bauteile vor Ort hergestellt oder als Fertigteile angeliefert worden sind – weisen des öfteren Beschädigungen in Form von Haarrissen auf, die auf den ersten Blick nicht ohne Weiteres erkannt werden, aber eine erhebliche Schwachstelle bezüglich der Haftzugfestigkeit darstellen. Häufig werden vor Durchführung der Verfugungsarbeiten auch Ausbesserungsarbeiten notwendig – dort, wo Kantenabplatzungen infolge von Transport, Montage oder Baustellenbetrieb verursacht worden sind. Eine Überprüfung des geforderten Mindestwertes der Haftzugfestigkeit (im Allgemeinen  $1,5 \text{ N/mm}^2$ ) kann zwar an den zugänglichen Oberflächen problemlos erfolgen; gerade im Bereich der Fugenflanken jedoch ist solch eine Überprüfung technisch kaum möglich, sodass insbesondere hier – wo es darauf ankommt – keine durchgreifende Kontrolle erfolgt.

Nach alledem ist – zumindest in sämtlichen Bereichen, in denen Fugenflanken nachgearbeitet wurden oder Risse parallel zu den Fugenflanken vorhanden sind – zu empfehlen, die Abdichtung mit vorkomprimierten Bändern, die keine Zugkräfte übertragen, vorzunehmen, wenn schon keine konstruktive belüftete Fugenausbildung vorgenommen wird.

## 2.1.13 Überbeanspruchung der Bauteilränder – Risse in den Fugenflanken

### Schadensbild

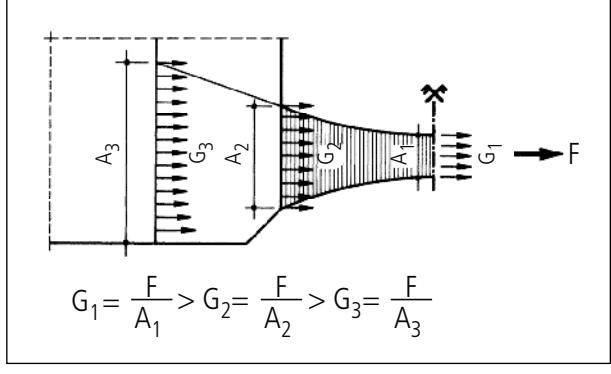
An einer Stahlbetonkonstruktion mit Keramikplattenbekleidung im Verbund war eine sehr schmale Fuge mit elastischem Dichtstoff satt ohne Hinterfüllprofil gefüllt worden. Bereits relativ kurze Zeit nach Bauwerkserstellung traten erste Risse in der Keramikbekleidung parallel zur Fuge auf (Bild 38).

### Schadensursachen

Entsprechend den Ausführungen in Kapitel 2.1.12 ist bei fachgerechter Ausführung der Gesamtkonstruktion auszuschließen, dass es zu dem hier vorgefundenen Schadensbild kommt. Die zu übertragenden Spannungen innerhalb der Keramikbekleidung sind geringer als diejenigen zwischen dem Dichtstoff und der Fugenfläche (Bild 39).



**Bild 38** ■ Rissbildungen im Bekleidungsmaterial der Außenwand parallel zur unversehrten Dichtstofffuge



**Bild 39** ■ Kraftübertragung vom Dichtstoff in den Betonuntergrund bei Fugenaufweitung

Es ist davon auszugehen, dass die Keramikplatten nicht vollflächig an dem Betonuntergrund anhafteten und gegebenenfalls bereits Haarrissbildungen vorhanden waren. Dadurch war die tatsächliche lastübertragende Fläche zur Aufnahme der Zugkräfte wesentlich kleiner, wodurch es zu den Rissen gekommen ist (Kapitel 2.1.12, Bild 37).

### **Instandsetzung**

Eine Instandsetzung ist nur durch Austausch der gerissenen Keramikbekleidung und Erneuerung der Fugenabdichtung möglich.

Dementsprechend ist es erforderlich, die gerissenen Keramikplatten zu entfernen und gegebenenfalls eine Betoninstandsetzung des Untergrundes vorzunehmen. Die Neuabdichtung der Fuge sollte auch hier vorzugsweise mit vorkomprimierten Bändern erfolgen (Kapitel 2.1.12).

### **Schadensvermeidung**

Soll elastischer Dichtstoff zur Fugenabdichtung zur Anwendung gelangen, so sind sowohl die ausreichende Zugfestigkeit der Fugenflanken als auch die ausreichende Tiefe der Flankenflächen zu überprüfen. Sind Fugenbreiten – gewollt oder ungewollt – am Bauwerk entstanden, die eine Abdichtung mit elastischem Dichtstoff nicht mehr zulassen, sollte die Abdichtung dieser Fugen z. B. mit elastischen Bändern erfolgen.

## **2.1.14 Überbeanspruchung der Bauteilränder – zu dicker Dichtstoffauftrag**

### **Schadensbild**

In der als Rollschicht mit Formziegeln hergestellten Brüstungsabdeckung einer Attika wurden die Dehnfugen, die aus optischen Gründen die gleiche Breite wie die anschließenden Mörtelfugen aufwiesen, satt mit Dichtstoff ausgefüllt. In den jeweils benachbarten, parallel zu den Dehnfugen verlaufenden Mörtelfugen kam es zu erheblichen Flankenabrissen, während der Dichtstoff weitgehend schadenfrei blieb (Bild 40) bzw. oberflächennah nur geringfügige Flankenablösungen aufwies (Bild 41). Bei stichprobenartiger Überprüfung der Dichtstoffdimensionierung zeigte sich, dass keinerlei Hinterfüllprofil vorhanden war und übermäßig viel Dichtstoff (zum Teil mehrere Zentimeter dick) eingebracht worden ist (Bild 42).



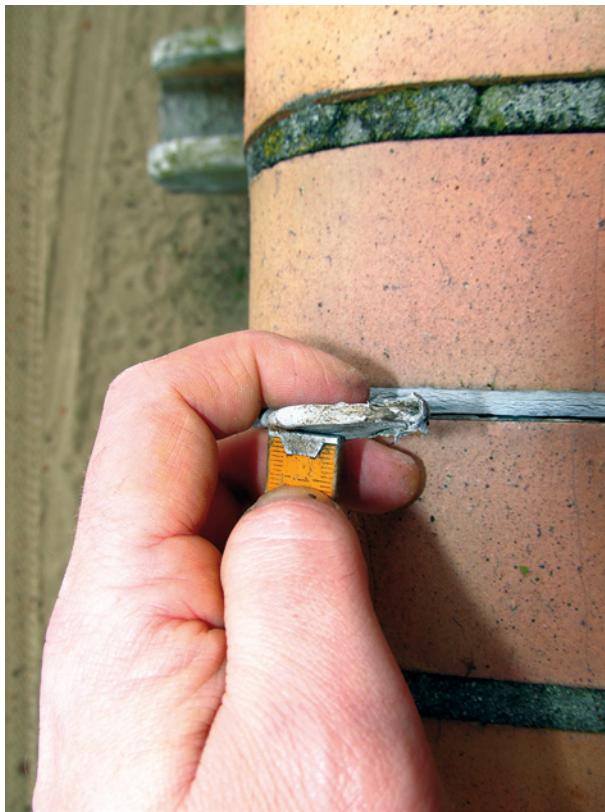
**Bild 40** ■ Breite Dehnfuge mit Dichtstoff satt ausgefüllt und Flankenabrisse der benachbarten Mörtelfugen



**Bild 41** ■ Schmale Dehnfuge mit Dichtstoff satt ausgefüllt und Flankenabrisse der benachbarten Mörtelfugen

## Schadensursachen

Der in großer Dicke satt eingebrachte und offenbar gut an den Flanken haftende Dichtstoff konnte die ihm zugedachte Aufgabe der Dehnungsaufnahme nicht erfüllen. Stattdessen wirkte er in dieser Form als »Verklebung« der Fugenflanken und war aufgrund der großen Haftfläche in der Lage, große Zugkräfte auf das Mauerwerk zu übertragen. Diese Zugkräfte bei auftretender Dehnung infolge Temperatureinwirkung (Fugenaufweitung in der kalten Jahreszeit) konnten von den Ziegeln zwar aufgenommen werden, jedoch nicht von dem Fugenmörtel. Damit hat sich die erforderliche Dehnfuge in der nächstliegenden schwächsten Mörtelfuge ausgebildet.



**Bild 42** □ Dichtstoff ohne Hinterfüllprofil satt in Fuge eingebracht

## Instandsetzung

Zur Instandsetzung ist zunächst die »Verklebung« der Dehnfugen aufzuheben; d. h. der Dichtstoff ist vollständig aus der Fuge zu entfernen. Anschließend kann eine DIN-gerechte Neuverfugung mit entsprechender Rundschnur als »Schalung« für den richtig dimensionierten Dichtstoff hergestellt werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch zunächst eine planerische Überprüfung, ob die Fugenbreiten ausreichend dimensioniert sind, um die Fugenbreitenänderung aus Feuchte und Temperatur unterhalb der zulässigen Gesamtverformung von 25 % zu halten.

## Schadensvermeidung

Bei der Dimensionierung von Dehnfugen ist abhängig vom Fugenabstand die Mindestfugenbreite so festzulegen, dass die zulässige Gesamtverformung für das Fugenmaterial nicht überschritten wird. Bei der Ausführungsplanung

ist hierbei ein ausreichendes Vorhaltemaß vorzugeben, damit die Mindestfugenbreite in der Bauausführung mit ausreichender Sicherheit an keiner Stelle unterschritten wird (vgl. Tabelle 3).

## 2.1.15 Übertragung von Zwängungskräften durch unterdimensionierte Fugen

### Schadensbild

Aufgrund mangelhafter Montage von Stahlbetonfertigteilen werden die planmäßigen Fugenbreiten häufig unterschritten und im Extremfall kommt es zu einem direkten Kontakt zwischen den einzelnen Vorsatzschalen (Pressfugen). Im Bereich der Fugenflanken treten in der Folge sowohl an horizontalen als auch an vertikalen Pressfugen Kantenabplatzungen auf (Bild 43), sodass insbesondere dort, wo Bewehrung durch die Abplatzungen freigelegt wird, das Schadensausmaß rasch zunimmt.

### Schadensursachen

Die Anordnung von Fugen zwischen den Vorsatzschalen von Stahlbetonfertigteilelementen erfolgt im Wesentlichen deshalb, um aus Temperatur- und Feuchtedehnungen keine Zwängungsspannungen in den Vorsatzschalenbeton einzuleiten. Deshalb sind in der Regel die Traganker der Vorsatzschalen in Elementmitte angeordnet, sodass sich die Elementränder in Richtung der umlaufenden Fugen frei bewegen können und lediglich in der Mitte – dort, wo der Traganker vorhanden ist – ein Festpunkt besteht. Werden diese umlaufenden Fugen auf Pressfugen reduziert, ist die Ausdehnungsmöglichkeit be-



**Bild 43** ■ Pressfuge zwischen Stahlbetonfertigteiltritten mit Betonabplatzungen an den Fugenflanken

hindert und es kommt, abhängig von den gegebenen Randbedingungen, zu mehr oder weniger großen Zwängungsspannungen.

Zwängungsspannungen aufgrund einer Temperaturänderung des Vorsatzschalenbetons  $\sigma_T$  ergeben sich unabhängig von den Elementabmessungen zu

$$\sigma_T = E \cdot \alpha_T \cdot \Delta \vartheta.$$

Geht man im ungünstigsten Fall von der Annahme aus, dass die Fertigteilmontage während der kalten Jahreszeit erfolgte, so ergibt sich im Sommerhalbjahr bei Annahme einer Erwärmung seit dem Zeitpunkt der Montage von  $\Delta \vartheta = 35\text{ K}$  für einen Beton der alten Güteklaasse B 25 mit einem Elastizitätsmodul  $E = 30\,000\text{ N/mm}^2$  die Zwängungsspannung  $\sigma_T$  bei vollständig behinderter Dehnung (Pressfuge) zu

$$\sigma_T = 30\,000 \cdot 10^{-5} \cdot 35 = 10,5\text{ N/mm}^2.$$

Setzt man des Weiteren voraus, dass zum Zeitpunkt der Fertigteilmontage das Schwinden des Betons weitgehend abgeklungen und der Beton trocken ist und im ungünstigsten Fall zum Zeitpunkt der größten Erwärmung auch eine hohe Durchfeuchtung des Betons vorhanden ist, ergibt sich mit einer Feuchtedehnung  $u \approx 0,3\text{ mm/m}$  die Zwängungsspannung aus der Feuchtedehnung  $\sigma_u$  bei vollständiger Dehnungsbehinderung überschlägig zu

$$\sigma_u = E \cdot \varepsilon_u = 30\,000 \cdot 3 \cdot 10^{-4} = 10,2\text{ N/mm}^2.$$

Die Überlagerung der Zwängungsspannungen aus Temperatur- und Feuchtedehnung ergibt mit  $\sigma = \sigma_T + \sigma_u$  eine maximale Zwängungsspannung bei vollständiger Dehnungsbehinderung von ca.  $20\text{ N/mm}^2$ . Damit ist die rechnerisch zulässige Druckspannung für einen alten B 25 zwar überschritten, aber die Nennfestigkeit  $\beta_{WN}$  selbst bei diesen ungünstigsten Rechenannahmen noch nicht erreicht. Unter der idealisierten Annahme, dass eine vollkommen gleichmäßige Spannungsverteilung über die Pressfuge gegeben ist, sind die auftretenen Betonabplatzungen allein durch diese vereinfachte Abschätzung der Zwängungsspannungen nicht erklärbar. Tatsächlich jedoch wird dieser idealisierte Zustand einer gleichmäßigen Kraftübertragung über die gesamte Pressfuge niemals gegeben sein, sondern es werden vielmehr einzelne Kontaktzonen vorhanden sein, in deren Bereich die Dehnungen behindert werden; in benachbarten Bereichen dagegen sind Längenänderungen zwängungsfrei möglich. Dadurch entstehen Spannungsspitzen und erhebliche Querzugsspannungen in den Pressfugenbereichen, sodass die Betondruckfestigkeit örtlich um ein Vielfaches überschritten werden kann. Überlagert werden diese Spannungen in der Regel noch durch Schubspannungen, da die Längenänderung der Betonbauteile aufgrund von Temperatur- und Feuchtegradienten nicht einachsig, sondern auch in Querrichtung erfolgt.

## Instandsetzung

Zur Beseitigung der schadensauslösenden Spannungsspitzen im Bereich der Kontaktzonen sind die Pressfugen aufzuschneiden, damit eine freie Beweglichkeit der Betonvorsatzschalen ermöglicht wird. Geht man von den oben genannten ungünstigsten Randbedingungen aus und setzt eine Elementhöhe  $h=3\text{ m}$  für die einzelnen Fertigteilelemente voraus, so ergibt sich beispielsweise das maximale Fugenspiel  $\Delta l$  aus Temperatur- und Feuchtedehnung für die Horizontalfuge wie folgt:

$$\Delta l = \alpha_T \cdot \Delta \vartheta \cdot h + \varepsilon_u \cdot h = 10^{-5} \cdot 35 \cdot 3000 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot 3000 \approx 2\text{ mm}.$$

Das heißt, für den vorliegenden Fall ist ein Trennschnitt in der Horizontalfuge mit einer Breite von ca. 2 mm ausreichend, um die Zwängungsspannungen vollständig abzubauen.

Nach dem Aufschneiden der Pressfugen und Ausbessern der Betonabplatzungen stellt die Überklebung der Fugen mit einem elastischen Fugenband entsprechend Bild 7 die technisch einfachste und sauberste Lösung dar.

Eine Abdichtung mit elastischen Dichtungsmassen entsprechend Bild 6 scheitert allein schon deshalb aus, weil die Fugen wesentlich weiter aufgeschnitten werden müssten (im vorliegenden Fall nach DIN 18540:  $b=20\text{ mm}$ ). Abgesehen von dem hohen, in der Regel wirtschaftlich nicht vertretbaren Arbeitsaufwand für ein derartiges Aufschneiden besteht in hohem Maße die Gefahr, dass an den Betonkanten liegende Bewehrung entweder freigelegt oder zumindest ihrer Betondeckung beraubt wird, sodass eine erhöhte Korrosionsgefahr auch nach Sanierung der Fugen bestünde.

## Schadensvermeidung

Bei der Herstellung und Montage von Betonfertigteilen sind die erforderlichen Mindestbreiten der Fugen – abgestimmt auf die vorgesehene Fugenabdichtung – zu planen und sorgfältig zu überwachen. Insbesondere kommt derartigen Bauüberwachungen bei der Montage eine entscheidende Bedeutung zu, um gerade im Bereich von Fugen kostenintensive Nachbesserungsarbeiten zu vermeiden.

## 2.1.16 Flankenabriß durch unzureichende Flankenvorbereitung und zu dicken Dichtstoffauftrag

### Schadensbild

Der elastische Dichtstoff der Fugen zwischen mit einer Beschichtung versehenen Sichtbetonfertigteilen wiesen Flankenablösungen unterschiedlichen Ausmaßes auf. Zum Teil war der Dichtstoff durchgehend über größere Längen von der Flanke abgelöst (Bild 44), stellenweise waren nur punktuell wenige Zentimeter lange Flankenabrisse vorhanden (Bild 45). Nach dem Herausschneiden einzelner Dichtstoffproben war zum einen festzustellen, dass die Fugenflanken unregelmäßig verteilt mit der Fassadenbeschichtung versehen waren (Bild 44). Zum anderen haftete der Dichtstoff nur kleinflächig entlang der Fassadenkante am Untergrund und wies zum überwiegenden Teil zu keinem Zeitpunkt eine Haftung auf dem Untergrund auf. Spuren eines Primers wurden auf den Fugenflanken an keiner der Untersuchungsstellen vorgefunden (Bild 46). Der Vergleich der Untersuchungsstellen ergab, dass der Dichtstoff in sehr unterschiedlichen Dicken (vgl. Bilder 44 und 46) und in weiten Bereichen – dort, wo durchgehende Flankenabrisse festzustellen waren – in deutlich zu großer Dicke eingebracht wurde (Bild 44).

### Schadensursachen

Durch die unregelmäßig auf die Fugenflanken aufgetragene Fassadenbeschichtung und den fehlenden Primerauftrag konnte der eingebrachte Dichtstoff auf den Flankenoberflächen nur sehr begrenzt und zum Teil gar nicht haften. Bereits bei der Aushärtung des Dichtstoffes konnten die Schwindverkürzungen durch das Ausgasen der Lösungsmittel nicht durch die Flankenhaftung kompensiert werden und es kam bereits unmittelbar nach Herstellung der



**Bild 44** ■ Flankenabriß zwischen zu dick eingebrachtem Dichtstoff und gestrichener Betonflanke



**Bild 45** ■ Punktuerer Flankenabriß (vor der Probenahme; vgl. Bild 46)



**Bild 46** ■ Sichtbare Haftflächen von Beton und Dichtstoff nach Probennahme (deutlich erkennbar: nur begrenzt wirksame Haftflächen)

Fugen zu den Flankenabrisse. In den Fugenbereichen, in die der Dichtstoff zusätzlich noch zu dick eingebracht worden ist, sind die Fugenflankenabrisse besonders ausgeprägt, da hier entsprechend größere Kräfte aus der Schwindverformung und den Fugenbreitenänderungen auftraten.

## Instandsetzung

Für eine fachgerechte Instandsetzung sind die vorhandenen Dichtstoffe komplett aus den Fugen zu schneiden, die Flanken anzuschleifen und von Beschichtungsresten zu säubern. Anschließend ist ein auf Dichtstoff und Betonflanke abgestimmter Primer aufzutragen und eine Neuverfugung nach DIN 18540 vorzunehmen. Sofern eine Anarbeitung der Fassadenbeschichtung erforderlich wird, ist zwingend die Verträglichkeit zwischen Dichtstoff und Beschichtung mit den Materialherstellern abzuklären, wobei auch die Reihenfolge der Verarbeitung (erst Dichtstoff, dann Beschichtung – oder umgekehrt?) zu beachten ist. Insbesondere bei Silikonen hängt die Verträglichkeit mit der Beschichtung mitunter entscheidend von der Verarbeitungsreihenfolge ab!

## Schadensvermeidung

Zur fachgerechten Herstellung von Dichtstofffugen gehört zwingend die ausreichende Flankenvorbereitung: Die Haftflanken müssen sauber, trocken und mit einem auf den Untergrund abgestimmten Primer behandelt werden. Werden die Dichtstofffugen auf beschichtete Flanken aufgebracht, so ist zum einen die Verträglichkeit mit den Materialherstellern abzuklären und zum anderen die ausreichende Haftzugfestigkeit der Beschichtung mit dem Untergrund zu überprüfen (vgl. hierzu Kapitel 2.1.18, Bilder 53 und 54). Im Hinblick darauf, dass die dauerhafte Funktionsfähigkeit der Fugenabdichtung nicht nur von Primer und Dichtstoff selbst abhängt, sondern auch von der Dauerhaftigkeit der Beschichtungshaftung am Untergrund, sollte die Fugenabdichtung vorzugsweise vor Aufbringen der Fassadenbeschichtung erfolgen.

### 2.1.17 Mangelhafte Fugenhinterfüllung

#### Schadensbild

Das häufigste Erscheinungsbild bei versagenden Dichtstofffugen ist eine unzureichende, zu dicke und unregelmäßige Formgebung der Rückseite des Dichtstoffes (Bilder 47 bis 49).

#### Schadensursachen

Fehlt dem Dichtstoff eine definierte, sich verjüngende Dehnzone, sodass es entweder zu einer Haftung auf dem Untergrund (Dreiblankenhaftung) kommt oder die Haftflanken bei Fugenaufweiterungen durch die fehlende Dehnzone hohen Zugspannungen ausgesetzt sind, reichen in der Regel schon geringste Fugenbewegungen, um zu einem Versagen des Dichtstoffes zu führen.



**Bild 47** ■ Kein definierter Untergrund – Dichtstoff ohne geometrische Begrenzung eingebracht



**Bild 48** ■ Zu dünne Rundschnur mit Dämmstoffstreifen »ergänzt« – keine fachgerecht ausgerundete Dichtstoffrücklage



**Bild 49** ▀ Lückenhaftes Hinterfüllprofil mit Dichtstoff undefiniert ausgefüllt

## Instandsetzung

Es liegt auf der Hand, dass sowohl der Dichtstoff als auch die unzureichenden Dichtstoffhinterfüllungen vollständig entfernt werden müssen und anschließend die Fuge normgerecht wiederherzustellen ist. Bezuglich sprunghafter Fugenbreitenänderungen (Bild 47) wird zusätzlich auf die Ausführungen im Kapitel 2.1.5 verwiesen.

## Schadensvermeidung

Bei der Herstellung der Fugenhinterfüllung sollte man sich stets vor Augen führen, dass das ausgerundete Hinterfüllprofil – analog zum Betonschalungsbau – die Schalung für den Dichtstoff darstellt, entsprechend formgebend ist und dem »Schalungsdruck« beim Einbringen des Dichtstoffes standhalten muss.

## 2.1.18 Überstreichen von Dichtungsmassen – Kerbrissbildungen

### Schadensbild

Entgegen den Empfehlungen in DIN 18540 werden Fugendichtstoffe häufig zusammen mit der Fassade überstrichen. Zum Teil geschieht dies aus Unkenntnis der Problematik, zum Teil aber auch planmäßig im Rahmen der farblichen Gestaltung der Objekte.

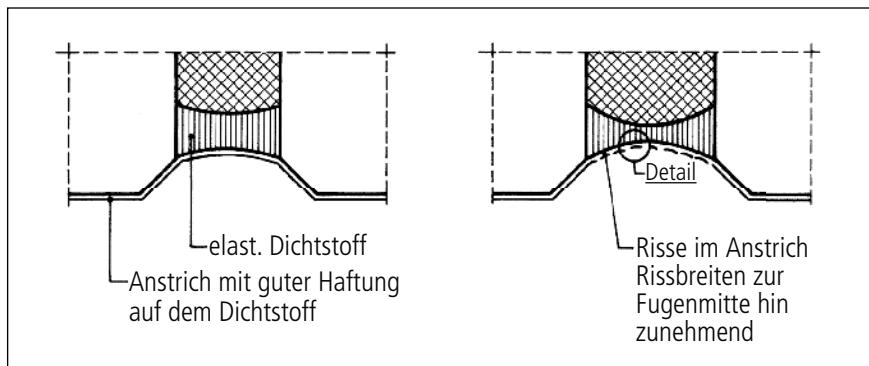
Im vorliegenden Fall wurden die Betonbauteile einschließlich der dazwischenliegenden Fugen mit einem Lasuranstrich überzogen, dessen Verträglichkeit mit dem Dichtstoff vorab überprüft wurde, sodass schädliche chemische Wechselwirkungen zwischen Dichtstoff und Lasuranstrich ausgeschlossen werden konnten. Bereits nach einem Jahr ist es zu erheblichen, deutlich sichtbaren Rissbildungen in dem Anstrich gekommen, die bereichsweise bereits Kerbrissbildungen im oberflächennahen Dichtstoff ausgelöst haben (Bild 50).

### Schadensursachen

Die Schadensursache für die Rissbildungen im Anstrich oberhalb des Dichtstoffs liegt in dem unterschiedlichen Dehnverhalten von Anstrich und Dichtstoff. Während der Dichtstoff im vorliegenden Fall schadlos eine Gesamtverformung von ca. 20 % bezogen auf die Fugenbreite überstanden hat, konnte der mit dem Fugendichtstoff verträgliche und fest haftende Anstrichfilm schadlos nur Gesamtverformungen aufnehmen, die um Zehnerpotenzen niedriger lagen. Die Folge war, dass bei Dehnung des Dichtstoffes der Anstrichfilm in relativ kurzen Abständen aufriss – jeweils an den Stellen, an denen die maximal aufnehmbare Zugspannung im Anstrichfilm überschritten war (Bild 51). Da die Dehnung im Mittelbereich der Fuge – bedingt durch



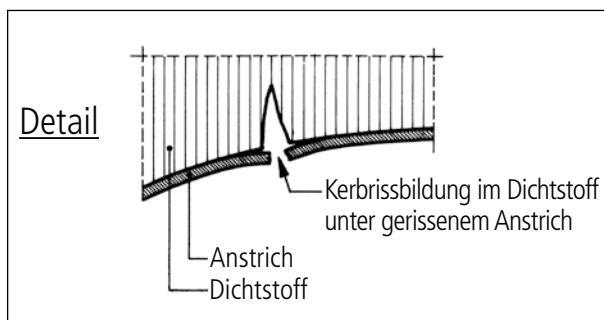
**Bild 50** ■ Gerissener Lasuranstrich und Kerbrissbildungen im Dichtstoff an einer überstrichenen Fuge



**Bild 51** ■ Aufreißen eines fest auf dem elastischen Dichtstoff haftenden Anstriches bei Fugen-dehnung

die richtig ausgebildete Form des Dichtstoffes – am größten ist, treten hier auch die breitesten Risse im Anstrichfilm auf. In den Randzonen (Bereiche geringerer Dehnung des Dichtstoffes) ist die Gefahr der Rissbildung im Anstrichfilm entsprechend geringer.

Die Rissbildung im Anstrichfilm selbst stellt zunächst lediglich einen ästhetischen Mangel dar, ist jedoch darüber hinaus auch schadensauslösend für eine Kerbrissbildung im Dichtstoff (Bild 52). Diese Kerbrissbildung wird insbesondere bei gut haftenden Anstrichen begünstigt, da der Anstrichfilm auf der Oberfläche des Dichtstoffes auch eine Dehnungsbehinderung für die oberflächennahen Dichtstoffbereiche darstellt. Die Dehnung in diesen oberflächennahen Zonen kann nicht mehr über die gesamte Fugenbreite erfolgen, sondern nur noch in den Rissbereichen des Anstriches, d. h., einem relativ großen Dehnweg  $\Delta l$  ist nur die Breite des Risses im Anstrich  $l$  (zum Zeitpunkt der Rissentstehung  $l \approx 0!$ ) zugeordnet. Damit wird die Dehnung  $\varepsilon = \Delta l/l$  an diesen oberflächennahen Stellen im Dichtstoff annähernd unendlich groß.



**Bild 52** ■ Vom gerissenen Anstrichfilm ausgehende Kerbrissbildung im Dichtstoff

Durch diese Kerbrissbildung an der Oberfläche des Dichtstoffes wird die Langzeitbeständigkeit der Fugenabdichtung insgesamt erheblich herabgesetzt, weshalb allein durch Überstreichen von Dichtstoffen ein frühzeitiges Versagen der ansonsten fachgerecht hergestellten elastischen Fugenabdichtung provoziert wird.

## Instandsetzung

Im Hinblick darauf, dass zum einen der Anstrich nachträglich kaum vom Dichtstoff zu entfernen ist und zum anderen die Kerbrissbildung im Dichtstoff nicht mehr rückgängig gemacht werden kann, ist im Einzelfall zu entscheiden, ob die gesamte Fuge sofort derart überarbeitet wird, dass der Dichtstoff einschließlich Anstrich entfernt wird und eine Neuverfugung erfolgt, oder ob die Instandsetzung hinausgezögert wird, bis die Kerbrissbildung derart fortgeschritten ist, dass die Gefahr von Fugenundichtigkeiten unmittelbar bevorsteht. Hierfür ist es selbstverständlich erforderlich, dass in regelmäßigen Abständen (z.B. zweimal jährlich) der Zustand der Fugenabdichtung überprüft wird.

## Schadensvermeidung

Elastische Fugendichtstoffe, die zum Abdichten von Bewegungsfugen eingebracht werden, dürfen grundsätzlich nicht überstrichen werden. Dies trifft ausdrücklich auch für Anstrichstoffe zu, deren Verträglichkeit mit dem Dichtstoff nachgewiesen ist (siehe obiges Beispiel). Die zahlreichen Praxisbeispiele, in denen die Dichtungsmasse überstrichen worden ist und es dennoch nicht zu dem oben genannten Schadensbild gekommen ist, ergeben sich daraus, dass oftmals Fugen mit hochwertigem elastischem Dichtstoff abgedichtet werden, in denen keine oder nur sehr geringe Fugenbewegungen auftreten. Wird aber der Dichtstoff nicht nennenswert gedehnt, so wird auch der darauf aufgebrachte Anstrich nicht beansprucht und bleibt schadenfrei. In all diesen Fällen hätte jedoch auch ein weniger elastischer, preiswerterer Dichtstoff die Bauaufgabe erfüllt.

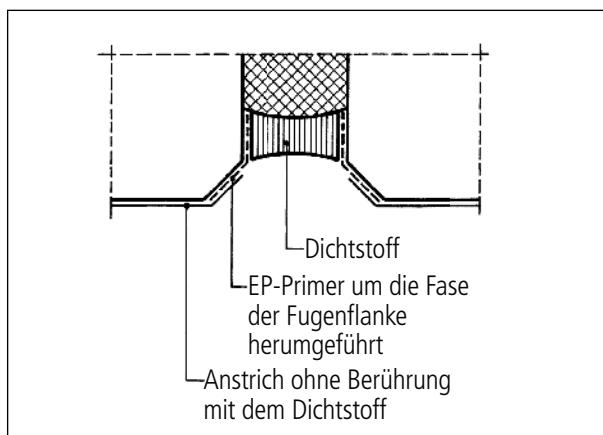
Bei der Ausführung der Fugenabdichtung – insbesondere im Zusammenhang mit Arbeiten zur Betoninstandsetzung – muss die Dichtungsmasse jedoch zwangsläufig an den entweder bereits aufgebrachten Anstrich oder den nachfolgenden Anstrich angearbeitet werden. Zwischen Anstrich und Dichtungsmasse dürfen keine schädigenden Wechselwirkungen auftreten; die Materialien müssen entweder miteinander verträglich sein oder wirksam voneinander getrennt werden. Die Verträglichkeit zwischen Anstrich und Dichtungsmasse bedeutet in erster Linie, dass keine Weichmacherwanderung auftritt

(Erweichung des Anstrichs im Bereich der Berührung mit der Dichtungsmasse) und dass die Haftung der Dichtungsmasse auf dem Anstrich bzw. die Haftung des Anstriches auf der Dichtungsmasse erhalten bleibt. Die Prüfung der Anstrichverträglichkeit kann z. B. in Anlehnung an DIN 52455 [18] erfolgen, wobei hier in jedem Fall objektbezogen Rückfragen bei den jeweiligen Materialherstellern erfolgen sollten.

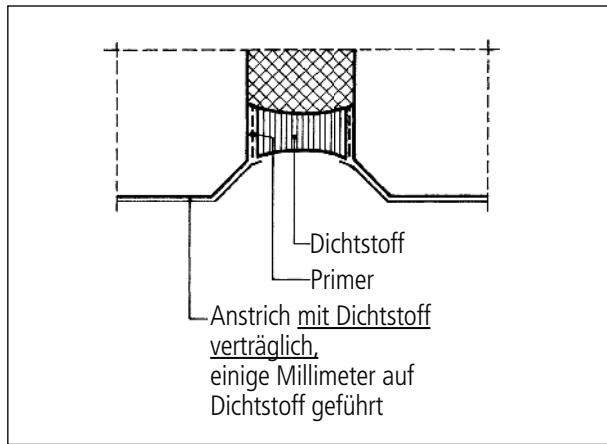
Es kann insbesondere auch von entscheidender Bedeutung sein, in welcher Reihenfolge die einzelnen Arbeiten ausgeführt werden. Silikondichtungsmaßen haften beispielsweise auf Acrylatanstrichen, umgekehrt jedoch besteht keine Verträglichkeit zwischen beiden Stoffen, wenn Acrylatanstriche auf bereits vorhandene Silikondichtungsmassen aufgebracht werden.

Für den Fall, dass zwischen Dichtstoff und Anstrich keine Verträglichkeit gegeben oder dies zweifelhaft ist, muss eine Berührung zwischen beiden Stoffen sicher vermieden werden, z. B. durch Überlappung eines auf den Dichtstoff abgestimmten Epoxidharzprimers mit dem Anstrich (Bild 53). Wenn sicher gestellt ist, dass die Verträglichkeit zwischen Anstrich und Dichtstoff gegeben ist, kann die Ausführung auch entsprechend Bild 54 erfolgen.

Sinngemäß sind die entsprechenden Ausführungshinweise auch auf elastische Fugenbänder anzuwenden.



**Bild 53** ■ Ausführung eines mit dem Dichtstoff nicht verträglichen Anstriches



## 2.1.19 Überstreichen von Dichtungsmassen – Farbabplatzungen

### Schadensbild

Werden Anstriche auf mit Dichtstoff geschlossene Fugen aufgetragen, treten anstelle der in Kapitel 2.1.18 beschriebenen feinen Rissbildungen häufig auch große breite Risse, verbunden mit Farbabplatzungen, auf (Bild 55). Der Dichtstoff unterhalb dieser abblätternden Anstriche ist in der Regel intakt und weist keine die Funktionsfähigkeit der Abdichtung beeinträchtigenden Mängel auf.

### Schadensursachen

Im vorliegenden Fall ist die Verträglichkeit zwischen Dichtstoff und Anstrich nicht in vollem Umfang gegeben. Wenn auch keine den Dichtstoff schädigende Wechselwirkung vorliegt, so besteht doch zwischen Anstrich und Dichtstoff praktisch kein Haftverbund. Die Folge ist, dass sich der Dichtstoff bei Fugenaufweiterungen frei unterhalb der Anstrichschicht dehnen kann, ohne dass der weitaus weniger elastische Anstrich diese Dehnungen nachvollziehen kann. An der jeweils zufällig schwächsten Stelle im Anstrichfilm reißt der Anstrich auf und es entsteht so an der Stelle, an der die erste Rissbildung auftritt, ein einzelner breiter Riss – die »Fuge im Anstrich« ist damit wiederhergestellt. Aufgrund der fehlenden Dehnungsbehinderung im oberflächennahen Bereich des Dichtstoffes treten hier in der Regel keine Kerbisse auf (Kapitel 2.1.18). Damit liegt in erster Linie ein ästhetischer Mangel vor, ohne dass die Funktionsfähigkeit der Fugenabdichtung unmittelbar beeinträchtigt ist. Bei Belassen dieses Zustandes besteht allerdings die Gefahr, dass sich

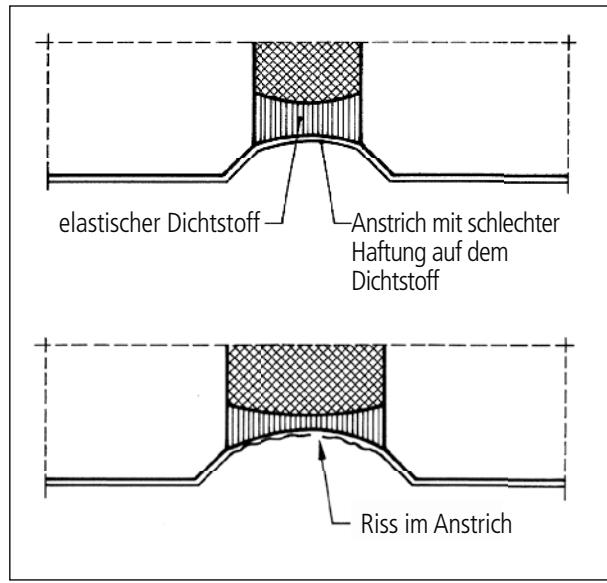


**Bild 55** ■ Gerissener und abblätternder Farbanstrich auf elastischem Fugendichtstoff bei fehlendem Haftverbund zwischen Anstrich und Dichtstoff

Schmutz und Feuchtigkeit zwischen Anstrich und Dichtstoff ansammeln und zu einer frühzeitigen Alterung und damit Einschränkung der Langzeitbeständigkeit führen (Bild 56).

### Instandsetzung

Sofern der Anstrich an keiner Stelle auf dem Dichtstoff haftet, kommt als einfachste Instandsetzungsmaßnahme ein vorsichtiges Entfernen der losen Anstrichbereiche oberhalb des Dichtstoffes infrage. Wenn eine derartige Entfernung ohne Zerstörung der oberflächennahen Fugenabdichtung nicht möglich ist, ist eine Neuverfugung entsprechend Kapitel 2.1.18 vorzunehmen.



**Bild 56** ■ Schadensbild eines nicht auf dem Dichtstoff haftenden Anstriches bei Fugen-  
dehnung

## Schadensvermeidung

Fugendichtstoffe in Bewegungsfugen dürfen grundsätzlich nicht überstrichen werden; im Übrigen wird hierzu auf die Ausführungen in Kapitel 2.1.18 verwiesen, wobei im vorliegenden Fall insbesondere eine Überprüfung auf Verträglichkeit zwischen Dichtstoff und Anstrich unterblieben ist.

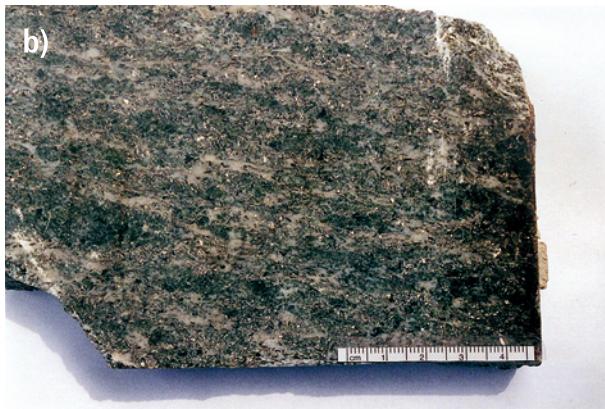
### 2.1.20 Unverträglichkeit der Dichtungsmasse mit Naturstein-Flanken

#### Schadensbild

In den Fugenflankenbereichen von mit elastischen Dichtstoffen geschlossenen Fugen zwischen Natursteinen treten des Öfteren Verfärbungen auf, die zu erheblichen optischen Beeinträchtigungen der Gesamtfassaden führen können (Bild 57a).

#### Schadensursachen

Durch die kapillare Saugfähigkeit von feinporigen Baustoffen wie z.B. Natursteinen oder Kunstmarmor besteht bei der Verfugung mit elastischen Dichtstoffen die Gefahr, dass unmittelbar nach dem Applizieren der Dichtstoffe noch in der plastischen Phase leicht fließfähige Bestandteile wie z.B. Weich-



**Bild 57a + b** ■ Verfärbungen im Fugenflankenbereich von mit elastischem Dichtstoff verfügten Natursteinplatten

macher oder ölige Substanzen aus dem Dichtstoff in die Fugenflanken abwandern. Je nach Porenstruktur des Baustoffes können dabei die Dichtstoffbestandteile mehr oder weniger tief in die Fugenflanken eindringen (Bild 57b).

Oftmals werden derartige Unverträglichkeiten zwischen Dichtstoff und angrenzendem Baustoff erst einige Zeit nach Fertigstellung der Verfugungsarbeiten bemerkt, wenn die aus dem Dichtstoff ausgewanderten Bestandteile farblos sind, jedoch eine Klebrigkeitsbildung der Flankenoberfläche verursachen. Sichtbare Verschmutzungen treten erst durch Ablagerungen von in der Umgebungsluft enthaltenen Schmutzpartikeln auf; während die übrigen Fassadenbereiche durch Niederschlag ständig einer Reinigung unterliegen, haften die Schmutzpartikel an den klebrigen Flankenrändern fest an und stellen einen mitunter erheblichen ästhetischen Mangel dar.

## Instandsetzung

Eine Entfernung der Verfärbungen bzw. Schmutzablagerungen ist in der Regel nicht ohne Weiteres möglich, da die Dichtstoffbestandteile nicht nur auf der Bauteiloberfläche abgelagert sind, sondern die gesamte Fugenflanke durchtränkt haben.

Versuche, die Verfärbungen bzw. Verschmutzungen durch mechanische oder chemische Verfahren zu entfernen, sind in jedem Einzelfall zunächst an Probeflächen durchzuführen, da sowohl hinsichtlich der Steinmaterialien als auch der zur Anwendung gelangten Dichtstoffe sehr unterschiedliche Randbedingungen gegeben sein können. In den meisten Fällen wird man jedoch davon ausgehen müssen, dass eine vollkommene Entfernung der ästhetischen Beeinträchtigungen nicht mehr möglich ist, sodass in aller Regel eine Minderung der geschuldeten Leistung vorzunehmen sein wird, sofern ein Austausch der betroffenen Beläge oder Platten nicht infrage kommt.

## Schadensvermeidung

Ist es vorgesehen, eine Verfugung zwischen Natursteinen oder auch feinporigen Betonwerksteinen mit elastischem Dichtstoff vorzunehmen, ist in jedem Fall vorab der Dichtstoffhersteller zu befragen, inwieweit eine Verträglichkeit des Dichtstoffes mit dem jeweiligen Steinmaterial gegeben ist. Im Zweifelsfall – sofern keine einschlägigen Erfahrungen beim Dichtstoffhersteller vorliegen – sind entsprechende Voruntersuchungen durchzuführen, die hinsichtlich der Verträglichkeit der Dichtstoffe mit dem angrenzenden Material nach DIN 52452 [19] durchgeführt werden können und hinsichtlich der Gefahr von Bindemittelabwanderungen nach DIN 52453 [20] erfolgen können.

Fassadenbekleidungen aus Natursteinplatten sollten vorzugsweise nicht mit Dichtstoffen verfügt, sondern als hinterlüftete Fassadenbekleidung mit offenen Fugen ausgeführt werden.

### 2.1.21 Fensterbankanschluss mit Dichtungsmasse – fehlende Dehnzone

#### Schadensbild

Der Anschluss von Außenfensterbänken an die Laibungen aus Mauerwerk oder Beton sollte vorzugsweise mit einem Unterschnitt ausgeführt werden. In zahlreichen Fällen erfolgt die Abdichtung der Fensterbank mit Dichtstoff, wobei die Geometrie des Dichtstoffes in aller Regel nur von zufälligen Einbaubedingungen und auftretenden Toleranzen beeinflusst wird. Eine plan-

mäßige Fugengeometrie in Anlehnung an DIN 18540 wird selten ausgeführt. Im vorliegenden Fall sollte die Abdichtung des Fensterbrettes mit Dichtstoff erfolgen, der aufgrund einer fehlenden Fuge zwischen Fensterblechaufkantung und Putzlaibung jedoch gar nicht erst eingebracht werden konnte. Bereits kurze Zeit nach Bauwerkserrichtung kam es zu zwängungsbedingten Rissen und Putzabplatzungen (Bild 58).

## Schadensursachen

Bedingt durch die fehlende Bewegungsfuge zwischen dem gekanteten Fensterblech ohne Bordprofil und der Putzlaibung wurden bei der sommerlichen temperaturbedingten Ausdehnung des Bleches Zwängungskräfte ausgeübt, die vom Putz nicht aufgenommen werden konnten. Selbst wenn hier der Dichtstoff zur Abdichtung wie ursprünglich vorgesehen eingebracht worden wäre, hätte dies am Schadensbild nichts geändert. Auch wenn eine Fuge zum Einbringen des Dichtstoffes (z. B. durch Kürzen des Fensterbleches) hergestellt worden wäre, hätte wohl kaum eine definierte Dehnzone ausgebildet werden können (Bild 59).

## Instandsetzung

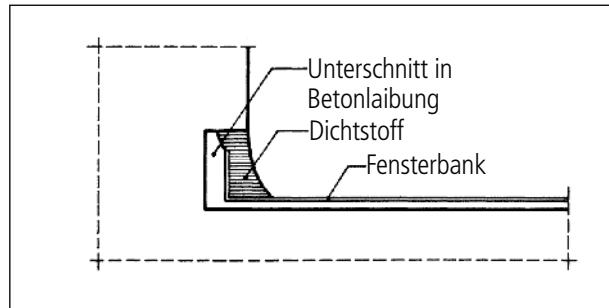
Für eine fachgerechte Abdichtung der Fuge zwischen Fensterbank und Fensterauflistung sind in jedem Fall glatte und parallel verlaufende Fugenflanken sowohl an der Fensterbank als auch an dem Unterschnitt der Laibung erforderlich. Im vorliegenden Fall ist das vorhandene Fensterblech aufgrund des fehlenden Fugenspiels nicht geeignet und muss vollständig ersetzt oder mit geeigneten Bordprofilen ergänzt werden. Eine fachgerechte Abdichtung



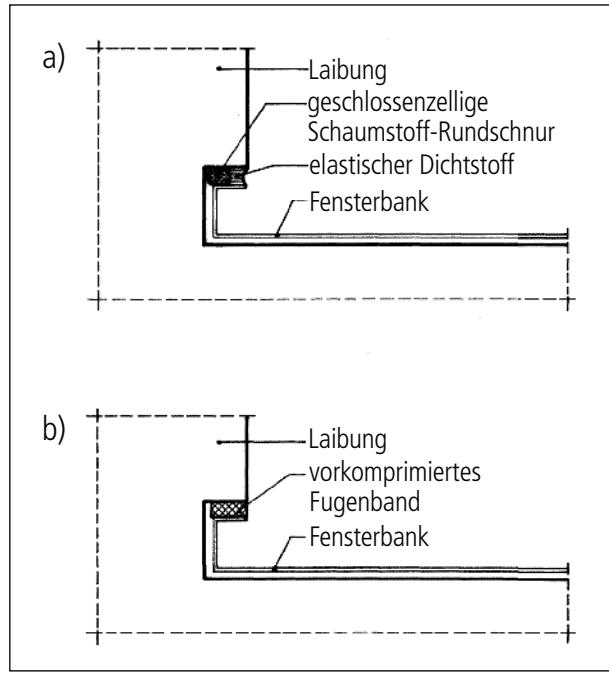
**Bild 58** ■ Fehlende Fensterblechabdichtung – Risse und Putzabplatzungen infolge von Zwängungen

einer neuen Fensterbank kann mit elastischem Dichtstoff erfolgen (Bild 60a), wobei hier die fachgerechte Ausbildung des Dichtstoffes in Anlehnung an DIN 18540 in der Regel handwerklich sehr aufwendig und damit insbesondere in diesen Bereichen schadensanfällig ist. Die alternative Abdichtung durch Überkleben mit einem elastischen Fugenband ist aufgrund der zahlreichen Abkantungen im Bereich des Anschlusses Fensterbrett/Laibung ebenfalls sehr aufwendig und in der Regel nicht zu empfehlen. Für die Abdichtung derartiger Anschlussfugen haben sich vorkomprimierte Fugenbänder bewährt, die allerdings für einen fachgerechten Einbau ebenfalls parallele Fugenflanken erfordern (Bild 60b).

**Bild 59** ■ Fehlende Ausbildung einer Dehnzone im Dichtstoff zwischen Fensterblech und Betonlaibung



**Bild 60** ■ Fensterblechanschluss mit  
a) elastischem Dichtstoff und  
b) vorkomprimiertem Fugenband



## Schadensvermeidung

Bei der Planung von Fensterbankanschlüssen sollten von vornherein zum einen Unterschnitte und Bordprofile vorgesehen werden und zum anderen sollte eine Abdichtung vorzugsweise mit vorkomprimierten Dichtungsbändern entsprechend Bild 60b angestrebt werden.

### 2.1.22 Fensterbankanschluss mit Flankenabriß – Dreiflankenhaftung

#### Schadensbild

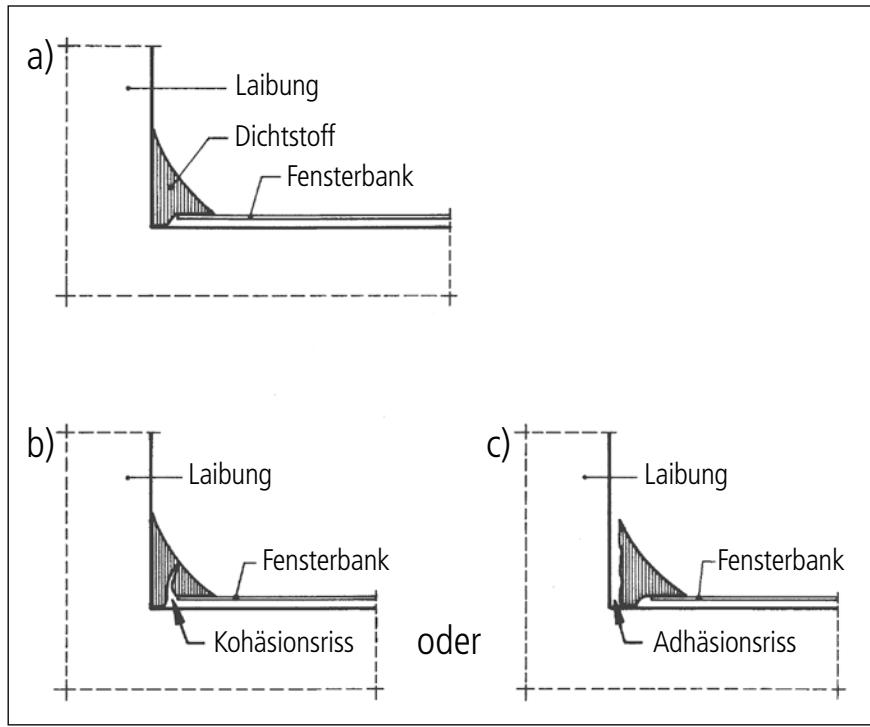
Fensterbankanschlüsse werden häufig auch ohne Unterschnitt lediglich mit Dichtstoff an die angrenzenden Außenwandbauteile angeschlossen. Im vorliegenden Fall wurde ein Fensterblech stumpf gegen ein Wärmedämmverbundsystem mit einem Kunstharzputz gestoßen und mit elastischem Dichtstoff angearbeitet (Bild 61). Eine Aufkantung des Fensterbleches und eine planmäßig ausgebildete Fugengeometrie mit verjüngter Dehnzone ist nicht vorhanden (Bild 62a); der Dichtstoff weist vereinzelt Kohäsionsrisse innerhalb des Materials auf (Bild 62b) und ist in weiten Bereichen vom angrenzenden Kunstharzputz abgerissen (Bild 62c).

#### Schadensursachen

Ursächlich für das vorgefundene Schadensbild ist die vorhandene »Dreiflankenhaftung« des Dichtstoffes, d. h., es ist keine Dehnzone ausgebildet, sodass bereits geringe Zugbeanspruchungen, z. B. aufgrund thermischer Längenänderungen der Metallfensterbank, zu einer Überbeanspruchung des Dichtstoffes führen (dem Dehnweg  $\Delta l$  ist praktisch keine zur Verfügung stehende Dehnänge  $l$  zugeordnet; siehe Kapitel 2.1.6).



**Bild 61** ■ Fensterblechanschluss an den Kunstharzputz eines Wärmedämmverbundsystems – von den Haftflanken abgerissener elastischer Dichtstoff

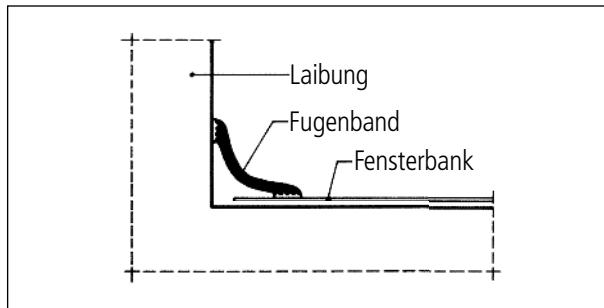


**Bild 62** ■ Schadensverlauf bei Beanspruchung des Dichtstoffs auf Zug

- a) Ausgangssituation mit Dreiflankenhaftung
- b) Kohäsionsriss aufgrund von Kerbwirkung im Dichtstoff
- c) Flankenabriß des Dichtstoffs vom Untergrund

## Instandsetzung

Die Abdichtung mit elastischem Dichtstoff erfordert in jedem Fall eine ausgebildete Dehnzone, die gegenüber den Haftflanken verjüngt ausgeführt ist. Die hierfür erforderliche Fugengeometrie kann z.B. durch Anordnen einer Schaumstoffrundschnur im Ixel Laibung/Fensterbank geschaffen werden. Eine derartige Ausführung ist jedoch im Fensterbankanschlussbereich handwerklich kaum praktikabel. Ist die nachträgliche Herstellung eines Unterschnittes und Austausch des Fensterbleches durch ein Blech mit entsprechenden Aufkantungen bzw. aufgesteckten Bordprofilen technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht vertretbar, so bleibt als Instandsetzungsmaßnahme die Abdichtung mit einem elastischen Fugenband entsprechend Bild 63.



**Bild 63** ■ Abdichtung des Fensterblechanschlusses an die Laibung mit elastischem Fugenband

## Schadensvermeidung

Bei der Planung sollte grundsätzlich ein Unterschnitt für die Fensterbank vorgesehen werden, damit eine Abdichtung, z.B. mit vorkomprimierten Dichtungsbändern, möglich ist (Kapitel 2.1.21).

### 2.1.23 Starre Fensteranschlussfuge – Flankenabriß

#### Schadensbild

Werden die Blendrahmen von Fenstern und deren Fensterbleche ohne Fugen- spalt in die Mauerwerkslaibungen eingebaut und fugenlos bis an das Rahmenmaterial angeputzt, treten zwangsläufig mehr oder weniger ausgeprägte Abrisse zwischen Putz und Rahmen auf (Bild 64). In der Folge kommt es durch eindringendes Wasser bei Schlagregenbeaufschlagung zu weiteren Rissbildung im Laibungsputz und zu Putzabplatzungen (Bild 65). Diese Abrisse des Putzes setzen sich an den anschließenden Fensterblechen fort (Bild 66) – vgl. Kapitel 2.1.21.

#### Schadensursachen

Fensterkonstruktionen, ob aus Holz, Kunststoff oder Metall, unterliegen insbesondere aus Temperaturbeanspruchung laufend anderen Verformungen als die angrenzenden Fassadenoberflächen. Wird diesen Verformungsunterschieden nicht durch die Ausbildung einer Bewegungsfuge Rechnung getragen, kommt es zwangsläufig zu mehr oder weniger ausgeprägten Rissbildungen – die notwendige Fuge bildet sich selbst aus. Fehlt dieser Fuge dann aber eine wirksame Abdichtung, tritt Niederschlagswasser in die Konstruktion ein und kann Feuchteschäden und weitere Rissbildungen und Abplatzungen auslösen.



**Bild 64** ▀ Riss zwischen Blendrahmen und Putzlaibung ohne Fugenausbildung



**Bild 65** ▀ Risse und Putzabplatzungen bei fehlender Fugenausbildung zwischen Blendrahmen und Putzlaibung



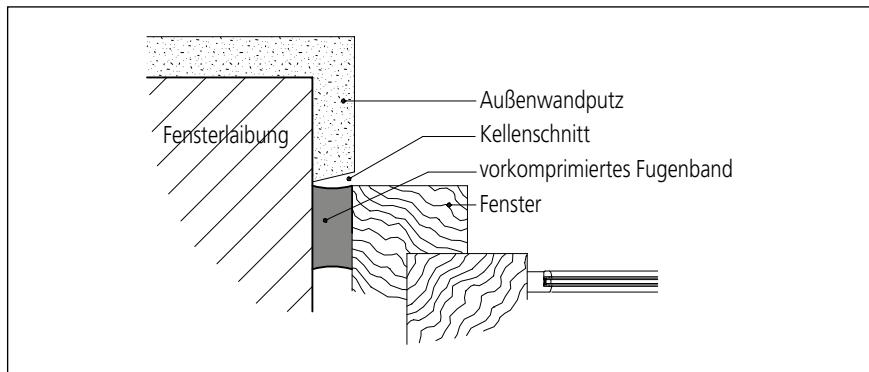
**Bild 66** ▀ Fensterblechanschluss an die Fassade ohne Fugenabdichtung

## Instandsetzung

Anschlüsse von Fenstern an den Baukörper sind grundsätzlich raumseitig luft- und diffusionsdicht anzuschließen, während außenseitig eine möglichst diffusionsoffene, aber wasserdichte Fugenausbildung gefordert ist. Zur nachträglichen Herstellung dieser außenseitigen Fugenausbildung bietet es sich an, eine Fuge in den Laibungsputz einzuschneiden und den so hergestellten Fugenraum mit einem vorkomprimierten Fugenband zu schließen. Vorkomprimierte Fugenbänder sind vergleichsweise diffusionsoffen, bieten bei ausreichender Komprimierung einen ausreichenden Schlagregenschutz und lassen die relativ kleinen Fugenbewegungen zwängungsfrei zu.

## Schadensvermeidung

Zur Herstellung eines schlagregendichten, aber möglichst diffusionsoffenen Anschlusses von Fenstern an den Baukörper kommen neben aufgeklebten Folienanschlüssen insbesondere vorkomprimierte Fugenbänder zum Einsatz. Ist auf diese Weise ein funktionsfähiger Fensteranschluss an die Laibung hergestellt, genügt in der Regel im Zuge der Anputzarbeiten ein sauber geführter Kellenschnitt entlang des Rahmenprofils um auch optisch einen mangelfreien Anschluss herzustellen (Bild 67) – die Bewegungsfuge bildet sich im Grund des Kellenschnittes aus und ist so nicht mehr als »Riss« wahrnehmbar.



**Bild 67** ■ Fachgerechte Fensteranschlussfuge mit vorkomprimiertem Dichtband

## 2.1.24 Dichtstofffuge zwischen Metall-Sandwichwandelementen

### Schadensbild

Im Sockelbereich von Stahl-Sandwichwänden (Bild 68) traten in der kalten Jahreszeit regelmäßig erhebliche Mengen von Wasser aus den vertikalen Elementstoßfugen aus und führten im Rauminneren zu Feuchteschäden. Die Öffnung einer Stoßfuge ergab, dass ein raumseitiger Verschluss der Vertikalfugen gar nicht vorhanden war und die Fugen außenseitig mit Dichtstoff satt ausgefüllt waren (Bild 69).

### Schadensursachen

Durch die raumseitig offenen Elementstoßfugen kann warme feuchte Raumluft in den Fugenraum gelangen und bei Unterschreitung der Taupunkttemperatur an der kalten außenseitigen Dichtstoffoberfläche kondensieren. Das so anfallende Kondenswasser kann ungehindert im Fugenraum bis zur Sockelaufstandsufe ablaufen, sich dort ansammeln und in das Rauminnere gelangen.

### Instandsetzung

Die Elementfugen sind raumseitig luft- und diffusionsdicht zu verschließen, damit die warme feuchte Innenraumluft wirksam am Eindringen in den Fugenraum gehindert wird. Im Hinblick darauf, dass nennenswerte Fugenbewegungen zwischen den relativ schmalen Sandwichelementen (Fugenabstand ca. 1 m) nicht zu erwarten sind, kann in diesem Fall auf die handwerklich kaum leistbare Hinterfüllung mit einer Rundschnur verzichtet werden.



**Bild 68** ■ Metall-Sandwichwand – Außenansicht



**Bild 69** ■ Fugen-detaill der Elementstöße (außenseitig mit Dicht-stoff gefüllt und raum-seitig mit offener Fuge)

## Schadensvermeidung

Fugen zwischen Bauteilen, die warme beheizte Räume von der Außenluft abtrennen, sind grundsätzlich raumseitig luft- und diffusionsdicht und außenseitig möglichst diffusionsoffen auszubilden. Unabhängig davon sind die Fugenräume von wärmegedämmten Konstruktionen zusätzlich mit komprimierbarem Dämmstoff zu füllen, um Wärmebrücken zu vermeiden.

### 2.1.25 Horizontalfuge im Wärmedämmverbundsystem – Putzabplatzungen

#### Schadensbild

Fugen in Wärmedämmverbundsystemen sind überall dort anzutreffen, wo im tragenden Untergrund der Außenwand Bewegungsfugen vorhanden sind. Im vorliegenden Fall wurde die horizontale Gleitfuge zwischen dem Ringbalken auf dem Mauerwerk und der Dachdecke mit aufgehender Attika durch

Unterbrechung des gewebearmierten Kunsthärzputzes und Verfugung mit elastischem Dichtstoff ausgeführt. Einige Monate nach Fertigstellung des Wärmedämmverbundsystems traten erste Aufwölbungen und Abplatzungen des Putzes unmittelbar unterhalb der Fugenbildung auf (Bild 70).

Der elastische Dichtstoff ließ sich ohne weitere mechanische Hilfsmittel aus der Fuge entfernen; eine Hinterlegung mit Rundschnur und Ausbildung der Fugengeometrie entsprechend DIN 18540 waren nicht vorhanden (Bild 70).

Der gewebearmierte Kunsthärzputz auf den Polystyroldämmplatten war nicht um die Fuge herumgeführt worden, sondern Putz und Gewebe endeten stumpf an der Fuge. Die Flanken des Dichtstoffs stießen zum Teil auf die Kunsthärzputzkante (im vorderen Bereich) und zum Teil unmittelbar gegen die Polystyrolwärmedämmung (im hinteren Teil). Die vorgefundene Situation und das Schadensbild sind skizzenhaft in Bild 71 dargestellt.

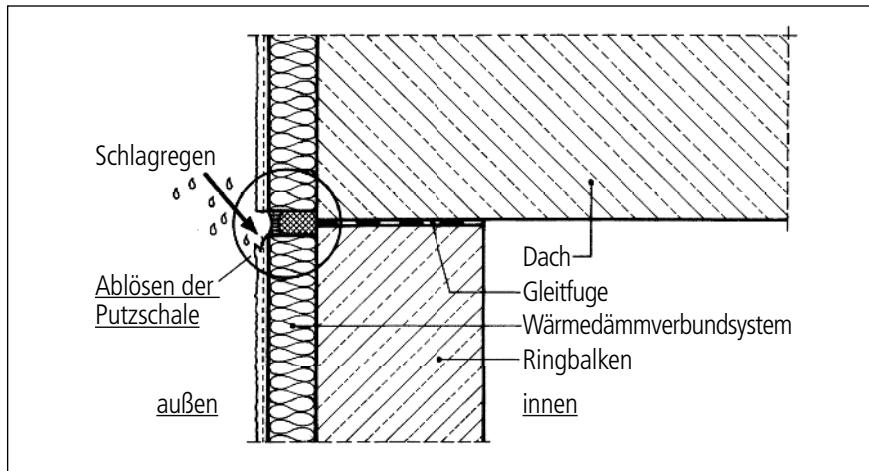
### Schadensursachen

Ursächlich für das vorgefundene Schadensbild ist eingedrungenes Niederschlagswasser bei Schlagregenbeanspruchung in die Fuge und insbesondere auch hinter die gewebearmierte Kunsthärzputzsicht unterhalb der Fuge. Durch die etwas zurückversetzte elastische Fugenabdichtung liegt die Kante der Putzarmierung frei und ist der Witterung unmittelbar ausgesetzt.

Darüber hinaus stellt die Kante des Putzes und der Polystyrolplatte keinen geeigneten Haftgrund für das Dichtungsmaterial in der Fuge dar, sodass Niederschlagswasser auch zwischen Dichtstoff und Fugenflanke eindringen konnte und zwischen Polystyroldämmplatte und Kunsthärzputz zu einem extremen Festigkeitsverlust des Putzes und zur Trennung zwischen Putz und Gewebearmierung führte. Die Folge sind die vorgefundenen, zum Teil großflächigen Putzabplatzungen.



**Bild 70** ■ Horizontale Fugenbildung im Wärmedämmverbundsystem mit elastischem Dichtstoff – Aufwölbungen und Abplatzungen des gewebearmierten Kunsthärzputzes an den Rändern



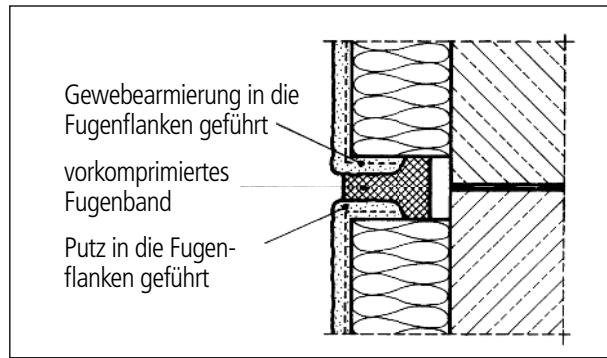
**Bild 71** ■ Nicht fachgerecht mit Dichtstoff ausgebildete Horizontalfuge im Wärmedämmverbundsystem

## Instandsetzung

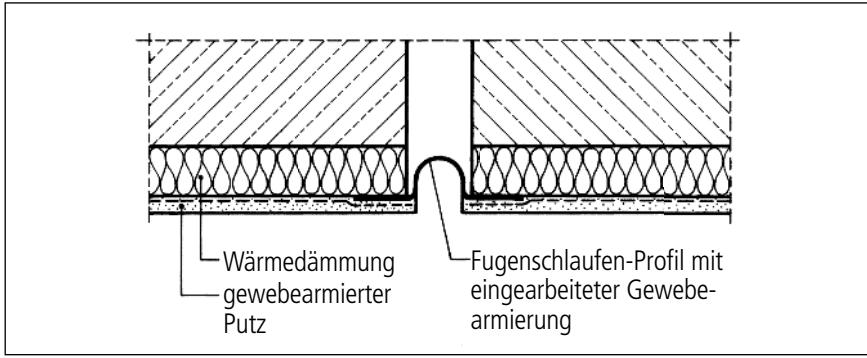
Entscheidend für die Beständigkeit des dünnen Kunstharpuzes von Wärmedämmverbundsystemen ist ein einwandfreier Witterungsschutz. Bereits geringfügige Beschädigungen, Rissbildungen oder unzureichende Fugenabdichtungen führen durch eindringende Feuchtigkeit zum Festigkeitsverlust und zu schnell fortschreitender Zerstörung des Haftverbundes der unteren Putzlage. Im vorliegenden Fall ist die Zerstörung des Putzes bereits so weit fortgeschritten, dass großflächige Erneuerungen des Putzes notwendig sind und in diesem Zuge auch eine vollständige Neugestaltung der Horizontalfuge erfolgen muss. Hierfür können beispielsweise die Gewebearmierung und der Putz um die Fugenflanke herumgeführt und die Fuge mit einem vorkomprimierten Dichtband entsprechend Bild 72 abgedichtet werden. Da gerade bei schmalen Fugen diese Ausführung handwerklich problematisch und eher unüblich ist, wird alternativ empfohlen, Fugenprofile vorzusehen, die bereits vorgefertigt entsprechende Gewebearmierungen aufweisen, um den Anschluss an die Kunstharpuzflächen zu erleichtern (Bild 73). Entsprechende Fugenprofile werden von fast allen Herstellern von Wärmedämmverbundsystemen angeboten.

## Schadensvermeidung

Fugen in Wärmedämmverbundsystemen stellen stets eine konstruktive Schwachstelle dar, weshalb die Fugen auf das zwingend erforderliche Maß



**Bild 72** ■ Fugenausbildung im Wärmedämmverbundsystem mit vorkomprimiertem Dichtband und in die Fugenflanken geführtem Putz



**Bild 73** ■ Fugenausbildung im Wärmedämmverbundsystem mit vorgefertigtem Fugenschlaufen-Profil

beschränkt werden sollten. Bewegungsfugen im Untergrund sind jedoch entsprechend dem derzeitigen Stand des Wissens auch im Wärmedämmverbundsystem auszubilden. Insbesondere bei der Bekleidung von Fertigteilbauten mit Wärmedämmverbundsystem sind die Elementfugen in diesem aufzunehmen. Die Fugenausbildung kann entweder durch Herumziehen des Putzes um die Fugenflanken und Abdichten mit vorkomprimierten Dichtungsbändern entsprechend Bild 72 erfolgen oder alternativ mit vorgefertigten Fugenprofilen entsprechend Bild 73.

## 2.1.26 Außenwandfuge als Wärmebrücke

### Schadensbild

An den inneren Außenwandoberflächen in Wohnungen, die in Großtafelbauweise errichtet sind, zeichnen sich gelegentlich dort, wo die Vertikalfugen

zwischen den Fertigteilelementen verlaufen, dunkle Verfärbungen auf den Tapeten ab, die den in der Regel auf den Innenseiten verspachtelten Stoß zwischen den einzelnen Wandelementen deutlich markieren.

Im Bereich der Horizontalfugen zwischen den Fertigteilelementen, die in der Regel in Höhe der Geschossdecken verlaufen, treten des öfteren in den Ixeln zwischen Außenwand und Geschossdecke, aber auch in den Scheuerleistenbereichen Verfärbungen und auch Schimmelpilzbildungen auf.

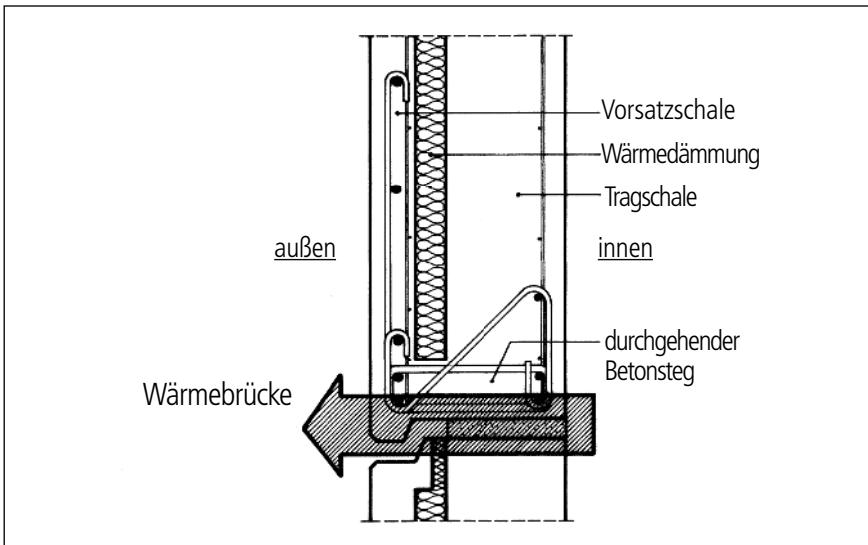
Zumeist sind im Bereich der Fassaden keine Mängel feststellbar, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Fugen ausreichend schlagregendicht sind und keine niederschlagsbedingte Feuchtigkeit in das Gebäude eindringen kann. Durch Untersuchungen der unterschiedlichen Wärmestromdichten mithilfe der Thermografie kann nachgewiesen werden, dass in den Fugenbereichen verstärkt Wärme abgeführt wird, wodurch die Oberflächentemperaturen auf den Wandinnenseiten im Fugenbereich niedriger sind als in den übrigen Wandbereichen. Gelegentlich kann man diesen Effekt auch ohne weitere Hilfsmittel an Gebäuden in Großtafelbauweise beobachten, wenn sich in einer kalten Winternacht Raureif auf die Fassaden gelegt hat und aufgrund der Beheizung der Innenräume verstärkt Wärme in den Fugenbereichen und sonstigen Wärmebrücken abfließt. Hier taut der Raureif schneller als auf den übrigen Wandflächen, sodass sich dadurch die Wärmebrückebereiche insbesondere bei Streiflicht deutlich abzeichnen.

## Schadensursachen

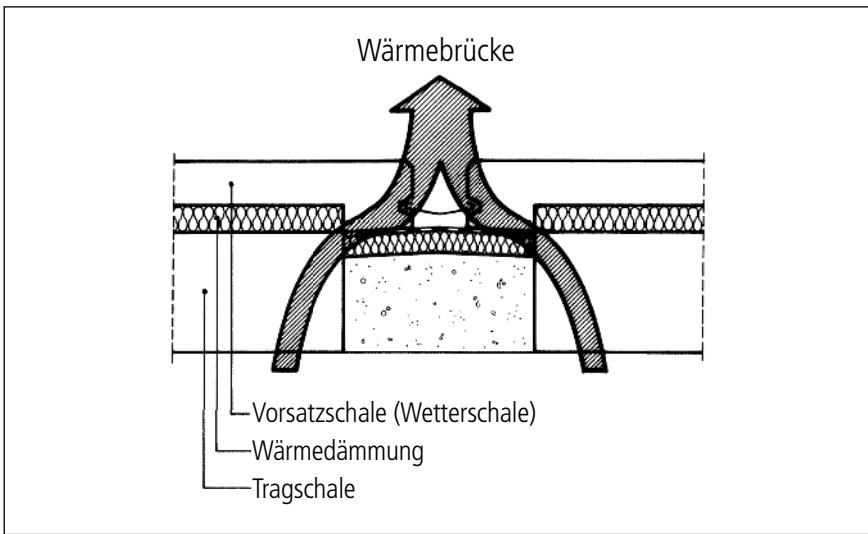
Dunkle Wandverfärbungen und im Extremfall auch Schimmelpilzbildungen treten dort auf, wo es auf der Wandoberfläche zumindest zeitweise zu Feuchtigkeitsansammlungen aufgrund von Tauwasserbildungen kommt. Die hierzu notwendige Unterschreitung der von der Innenraumtemperatur und Luftfeuchte abhängigen Taupunkttemperatur kann in den Fugenbereichen dadurch eintreten, dass innerhalb der Fugen eine Wärmedämmung vollständig vergessen worden ist und lediglich eine Abdichtung gegen Schlagregen erfolgte.

Wärmebrückewirkungen in Fugenbereichen treten jedoch abhängig von der jeweiligen Konstruktion der Fertigteilelemente auch planmäßig auf. Beispielsweise sind in den Bildern 74 und 75 konstruktionsbedingte Wärmebrücken aufgezeigt.

Diese planmäßigen Wärmebrücken stellen jedoch nicht zwingend die alleinige Ursache für Schimmelpilzschäden dar, wie folgendes Beispiel belegt: Die Wärmebrückewirkung im Bereich der Vertikalfugen gemäß Bild 75 kann zwar zu einer Absenkung der Oberflächentemperatur führen, die eine ver-



**Bild 74** ■ Vorsatzschalenverankerung im Horizontalfugenbereich (System Coignet) als Wärmebrücke



**Bild 75** ■ Wärmebrückenwirkung im Vertikalfugenbereich (WBS 70) durch versetzt angeordnete Wärmedämmung

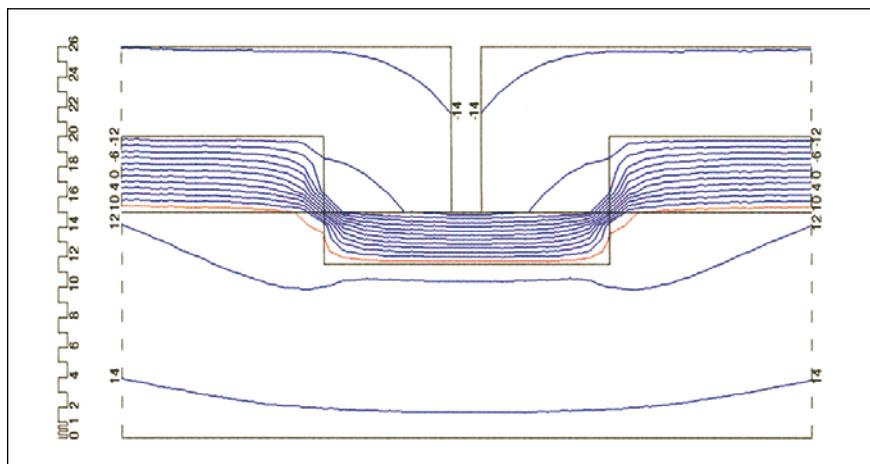
stärkte Staubablagerung in diesem Bereich und damit ein Abzeichnen dunkler Verfärbungen auf der Wand verursacht. Die Oberflächentemperatur liegt mit deutlich über 14°C bei einer Außentemperatur von 15°C jedoch auch an der ungünstigsten Stelle noch deutlich über der Taupunkttemperatur bei

üblicher Raumnutzung mit ca. 20 °C und Luftfeuchten unter 65 % (vgl. Isothermendarstellung in Bild 76), sodass tauwasserbedingte Schimmelpilzschäden auszuschließen sind.

## Instandsetzung

Treten Schäden aufgrund von Wärmebrückenwirkungen in Fugenbereichen auf, so ist eine Instandsetzung allgemeingültig nicht ohne Weiteres anzugeben. Sofern nur in einzelnen Wohnungen oder Räumen entsprechende Schäden vorhanden sind, können unter Umständen punktuelle Maßnahmen wie z.B. das Anbringen innen liegender Wärmedämmungen im Zusammenhang mit Dampfsperren oder auch die Beheizung der Wärmebrücken sinnvoll sein. Oftmals sind derartige Schäden nach Durchführung entsprechender fungizider Behandlungen der befallenen Flächen und Renovierung in Zukunft auch allein dadurch zu vermeiden, dass nutzungs- und lüftungstechnische Maßnahmen ergriffen werden. Dies können z.B. schon geringfügige Änderungen der Möblierung, verbunden mit regelmäßiger Stoßlüftung der Räume, bewirken.

Sofern gleichartige Feuchtigkeits- und Schimmelpilzschäden in Wohnanlagen auftreten, die auf systematische Wärmebrücken in den Fugenbereichen zurückzuführen sind, wird in der Regel eine zusätzliche außen liegende Wärmedämmung nicht nur in den Fugenbereichen, sondern über die gesamten Außenwandflächen, z.B. in Form einer wärmegedämmten hinterlüfteten Fassadenkonstruktion, sinnvoll sein.



**Bild 76** ■ Isothermenverlauf im Bereich einer Vertikalfuge (WBS-70-Variante entsprechend Bild 75) – Isothermenabstand 2 K, Außentemperatur –15 °C, Innentemperatur 20 °C

## Schadensvermeidung

Neben der Abdichtung gegen Niederschlagswasser und Herstellen einer ausreichenden Winddichtigkeit sind die Fugen auch derart wärmezudämmen, dass der Wärmedurchlasskoeffizient im Fugenbereich nicht größer ist als in den übrigen ungestörten Wandbereichen (Kapitel 1.1.4). Der Wärmeschutz der Fugen wird in der Regel mit kompressiblen Wärmedämmstoffen sichergestellt, da elastische Dichtungsmassen oder auch elastische Fugenbänder lediglich die Anforderungen an den Witterungsschutz und die Winddichtigkeit erfüllen, aber keinen ausreichenden Wärmeschutz erbringen. Lediglich mit vorkomprimierten Fugenbändern kann bei entsprechenden Randbedingungen gleichzeitig auch der Wärmeschutz erbracht werden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass beispielsweise bei Großtafelbauelementen in Dreischichtenbauweise (Tragschale, Wärmedämmsschicht, Vorsatzschale) die Abdichtung zwar im Bereich der Vorsatzschale erfolgen muss, die Wärmedämmung der Fuge jedoch in Höhe der Wärmedämmsschicht in der Dreischichtenplatte anzutragen ist, sodass hier in jedem Fall zusätzlicher Wärmedämmstoff in die Fuge eingebracht werden muss.

### 2.1.27 »Rissanierung« mit Dichtungsmasse

#### Schadensbild

An Außenwänden treten häufig Risse unterschiedlichster Art und aus den unterschiedlichsten Ursachen heraus auf. Oftmals werden bei derartigen Rissen, ohne die Ursache zu ermitteln und ohne Kenntnis darüber, ob die Rissufer sich noch in Bewegung befinden, Sanierungsversuche mit mehr oder weniger elastischen Dichtstoffen unternommen. Abgesehen von der zweifelhaften Ästhetik dieser Rissanierungen (Bild 77) treten Risse auch bei Verwendung relativ elastischer Dichtungsmassen in der Regel bereits nach kurzer Zeit wieder auf, sofern die Rissufer noch Bewegungen unterliegen.

#### Schadensursachen

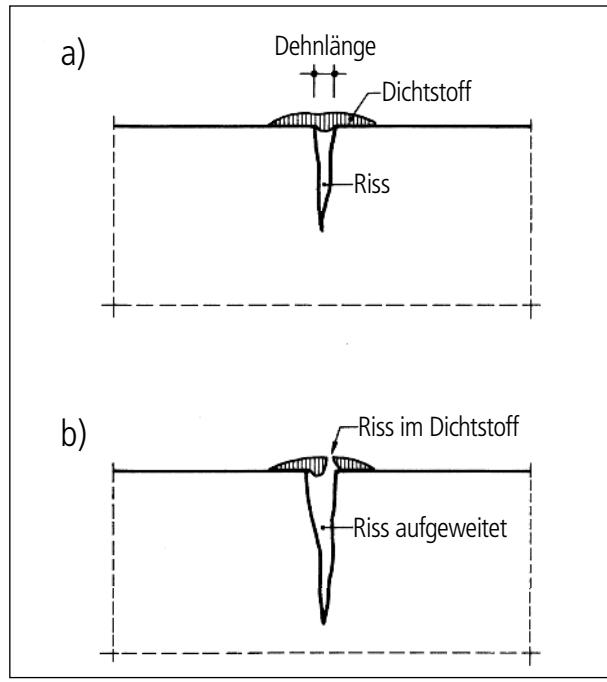
Unabhängig davon, wie weit der Dichtstoff auf beiden Seiten über die Rissufer verteilt wird, kann eine Dehnung bei Rissuferbewegungen nur in dem Bereich stattfinden, der nicht an dem Untergrund (Rissufer) haftet. In Abhängigkeit von der Dicke des aufgetragenen Dichtstoffes werden die Spannungen zwar abgebaut, unter Vernachlässigung dieses Effektes ergibt sich die zwangsläufige Ursache für ein Aufreißen des Dichtstoffes jedoch wie folgt:

Die Dehnänge entspricht der vorhandenen Rissbreite (Bild 78a) und die sich in dem Dichtstoff einstellende Spannung beträgt  $\sigma = E \cdot \varepsilon$ . Für elastische Dicht-



**Bild 77** ■ »Rissanierung« mit elastischem Dichtstoff an einer Stahlbetonfertigteilaußenwand

stoffe kann die zulässige Dehnung mit zul.  $\varepsilon \approx 0,25$  angesetzt werden, wenn mit ausreichender Sicherheit Rissbewegungen schadenfrei aufgenommen werden sollen (in Anlehnung an DIN 18540). Daraus ergibt sich, dass beispielsweise bei einer vorhandenen Rissbreite von  $b = 0,4\text{ mm}$  (entspricht der Dehnänge) nur eine maximale Rissbreitenänderung von  $\Delta b = 0,1\text{ mm}$  zulässig ist. Eine ausreichend sichere Voraussage – selbst bei Kenntnis der Rissursachen –, ob derartige Randbedingungen eingehalten werden oder nicht, ist in der Praxis kaum möglich. So führt ein »Zuschmieren« von Rissen selbst mit elastischen Dichtstoffen häufig zu einer Überbeanspruchung des Materials (Bild 78b).

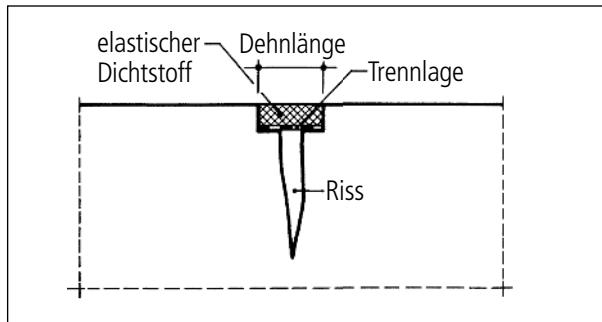


**Bild 78** ■ Schadensverlauf bei einer »Rissanierung« mit Dichtungsmasse

## Instandsetzung

Vor der Instandsetzung von Rissen ist es zwingend erforderlich, die Ursachen für die Rissentstehung zu ermitteln und zu klären, ob es sich um Bewegungsrisse handelt oder um zur Ruhe gekommene Rissbildungen. Treten keine Bewegungen der Rissufer mehr auf, ist ein Schließen der Risse mit Materialien zu empfehlen, die dem vorhandenen Wandbaustoff entsprechen bzw., sofern notwendig, kraftübertragend sind (z.B. Verpressung mit Epoxidharzen oder Ähnlichem).

Sofern die Risse weiterhin Bewegungen unterliegen und eine kraftschlüssige Verbindung der Rissufer aus statisch-konstruktiven Gründen nicht notwendig ist, kann eine Abdichtung der Risse entsprechend der Abdichtung einer Bewegungsfuge erfolgen. Soll hierfür elastischer Dichtstoff zum Einsatz gelangen, ist dafür Sorge zu tragen, dass eine ausreichend große Dehnänge vorhanden ist, ohne dass es zu einer Dreiflankenhaftung kommt. Dies ist z.B. dadurch möglich, dass eine Nut dem Rissverlauf folgend in den Wandbaustoff eingefräst wird (dies stößt bei unregelmäßigen Rissverläufen handwerklich auf Schwierigkeiten) und auf den Grund der Nut oberhalb des Risses eine Trennlage angeordnet wird (zur Vermeidung der Dreiflankenhaftung). Anschließend kann die Nut mit Dichtstoff gefüllt werden (Bild 79).



**Bild 79** ■ Abdichtung eines »Bewegungsrißes« mit elastischem Dichtstoff

Die Durchführung derartiger Rissabdichtungsmaßnahmen kann in der Regel nur auf örtlich begrenzte Schadbereiche beschränkt bleiben. Sind in Außenwandelementen abzudichtende Risse in größerer Anzahl vorhanden, wird regelmäßig zu überprüfen sein, inwieweit alternativ weiterreichende Maßnahmen wie z.B. Fassadenbekleidungen nicht die sinnvollere Instandsetzungsvariante darstellen.

### Schadensvermeidung

Durch sorgfältige Planung und Bauwerkserstellung sind Rissbildungen in Außenwänden zu vermeiden. Im Zweifelsfall sollten besser konstruktive Fugen vorgesehen werden, die planmäßig Bewegungen aufnehmen können, anstatt das Risiko einzugehen, dass es zu unregelmäßigen Rissbildungen kommt. Dies darf selbstverständlich nicht dazu führen, dass von den Planern aus übertriebener Vorsicht unnötig viele Fugen angelegt werden, da Fugen in vielerlei Hinsicht zum einen Schwachstellen in der Konstruktion bilden und zum anderen jede fachgerecht geplante und ausgeführte Fuge auch Kosten verursacht.

## 2.2 Fugen mit elastischen Bändern

### 2.2.1 Unzureichende Verklebung des Fugenbandes mit dem Untergrund

#### Schadensbild

An einem über eine Gebäudedehnfuge geklebten Polysulfid-Fugenband traten Ablösungen im Bereich der Verklebung mit dem Untergrund auf, wodurch in die Fugenkonstruktion eindringendes Niederschlagswasser zu Feuchteschäden im Gebäudeinneren führte. Das Fugenband war ohne Schlaufenausbil-

dung straff über der Gebäudedehnfuge angeordnet. Bei dem Herausschneiden einiger Probestücke aus den schadhaften Fugenbereichen stellte sich heraus, dass die Verklebung der Fugenbandränder mit dem Untergrund jeweils nur wenige Millimeter betrug und stellenweise gar nicht vorhanden war (Bild 80).

### Schadensursachen

Anstelle der erforderlichen Verklebung des Fugenbandes mit dem Untergrund auf jeder Seite von ca. 20 % der gesamten Fugenbandbreite (Bild 7) erfolgte die Verklebung nur an den unmittelbaren Kanten des Fugenbandes (Bild 81a). In der Folge übertrug das ohne Schlaufenausbildung angebrachte Fugenband bei der temperaturbedingten Aufweitung der Dehnfuge in der kalten Jahreszeit relativ große Zugkräfte, die die aufnehmbaren Haftzugkräfte überstiegen, auf die kleinfächigen Klebezonen. Der Vorteil einer Fugenabdichtung mit vorgefertigtem Fugenband gegenüber elastischen Dichtungsmassen wurde im vorliegenden Fall zunichte gemacht.



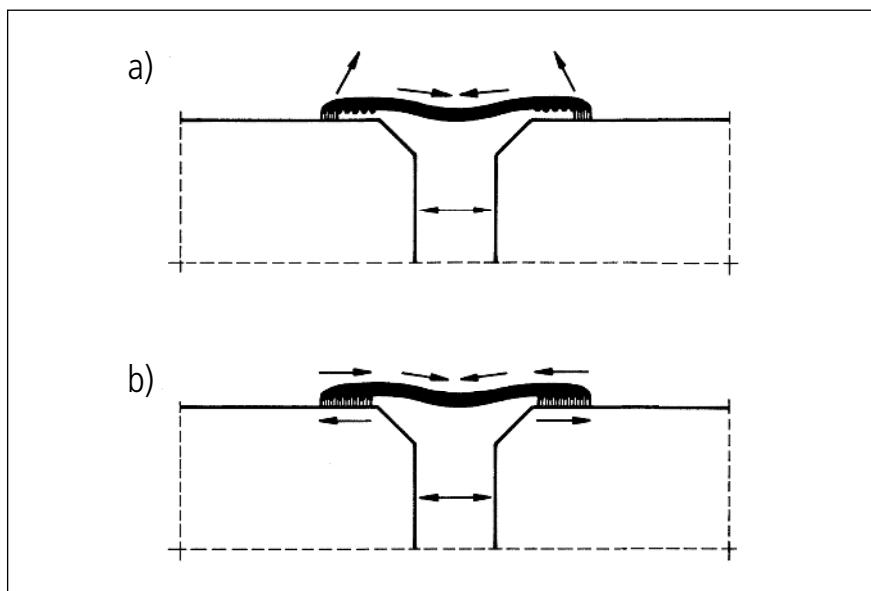
**Bild 80** ■ Unzureichende Verklebung eines Fugenbandes mit dem Untergrund

## Instandsetzung

Zur Instandsetzung der Dehnfugenabdichtung sind das vorhandene Fugenband sowie die Reste der vorhandenen Verklebung sorgfältig zu entfernen und anschließend ist ein neues Fugenband mit leichter Schlaufenausbildung entsprechend Bild 7 anzutragen, damit die Verklebung nur geringe Scherkräfte übertragen muss (Bild 81b) und Fehlstellen in der Verklebung, die zu Wasserhinterläufigkeit führen können, ausgeschlossen sind.

## Schadensvermeidung

Bei sorgfältiger Verarbeitung von Fugenbändern entsprechend den Herstellerangaben und einer möglichst schlaufenförmigen Verlegung der Fugenbänder ist die Beanspruchung der Klebezonen durch Zugkräfte praktisch ausgeschlossen und die Beanspruchung durch Scherkräfte äußerst gering. Abgestimmt auf den jeweiligen Untergrund und die gewählte Fugenbandbreite ist die erforderliche Klebermenge zuverlässig vorauszubestimmen. So kann schon allein anhand des Materialverbrauchs an Kleber kontrolliert werden, ob eine ausreichende Verklebung vorgenommen wurde.



**Bild 81** a) Unzureichende Verklebung eines Fugenbandes mit dem Untergrund – große Haftzugkräfte im Bereich der Verklebung  
b) Fachgerechte Verklebung eines Fugenbandes – Scherbeanspruchung der Verklebung

## 2.2.2 Unzureichende Untergrundvorbereitung – mangelhafte Nachbesserung

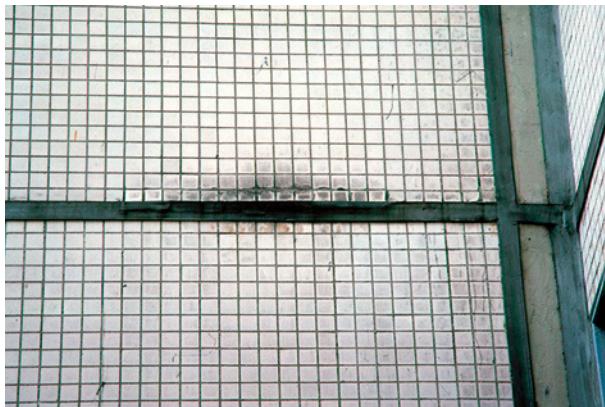
### Schadensbild

An Fugenrändern von Betonfertigteilelementen treten des Öfteren Beschädigungen in Form von Kantenabplatzungen aufgrund mechanischer Einwirkungen oder insbesondere aufgrund von Betonkorrosionsschäden auf. Damit ist in der Regel auch die vorhandene Fugenabdichtung (mit Dichtstoff geschlossene Fuge oder auch konstruktive belüftete Fuge) nicht mehr gegeben, sodass häufig eine Neuabdichtung mit elastischen Fugenbändern erfolgt. Wurde vorab eine Instandsetzung der Fugenflanken unterlassen – in der Hoffnung, durch die Wahl besonders breiter Fugenbänder Fugenflankenschäden zu kaschieren –, können erneut auftretende oder weiter fortschreitende Korrosionsschäden im Fugenflankenbereich zu Abplatzungen führen, die ein Hinterlaufen der Fugenabdichtung durch Schlagregen ermöglichen (Bild 82). Gelegentlich erfolgt der Versuch einer Kaschierung derartiger Schäden durch Überkleben der Schadstellen mit noch breiteren Fugenbandstreifen (Bild 83). Hier kommt es häufig schon nach kurzer Zeit zu erneuten Schäden im Untergrund oder zu Ablösungen der Fugenbänder in den Randbereichen.

### Schadensursachen

Bei fachgerecht aufgeklebten elastischen Fugenbändern sind die Beanspruchungen der Fugenflanke äußerst gering, sodass Überbeanspruchungen aus Fugenbewegungen an den Fugenflanken wie bei mit Dichtstoff geschlossenen Fugen (Kapitel 2.1.12 und 2.1.13) kaum auftreten werden. Sind die Fugenflanken jedoch aus anderen Gründen – z. B. durch Korrosion des Bewehrungsstahles – geschädigt, ist auch eine noch so sorgfältig ausgeführte Fugenabdichtung auf dem unzureichenden Untergrund sinnlos (Bild 84).

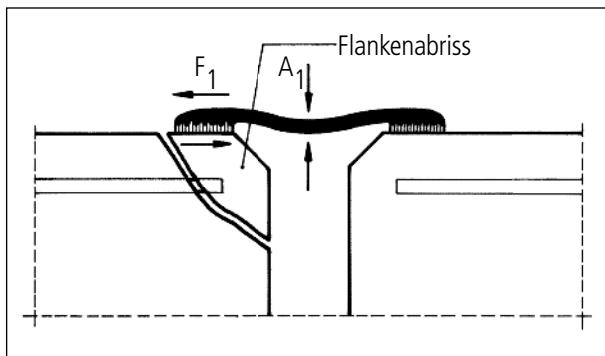
Das Überkleben der vorhandenen Fugenabdichtung mit einem breiteren Fugenband in derart geschädigten Bereichen führt in der Regel nicht zu einer dauerhaften Schadensbeseitigung. Vielmehr wird dadurch die Beanspruchung der Fugenflanke durch Scherspannungen in der Klebezzone vergrößert, sodass vorhandene Schäden an den Fugenflanken eher noch vergrößert werden: Bei Dehnung des Fugenbandes und entsprechender Zugspannung  $\sigma_1$  in der Dehngrenze des Bandes ergibt sich die Scherkraft  $F_1$  in Abhängigkeit von dem Fugenbandquerschnitt  $A_1$  zu  $F_1 = \sigma_1 \cdot A_1$  (Bild 84). Wird das vorhandene Fugenband für die vermeintliche Sanierung mit einem breiteren Band überklebt, ergibt sich die Situation entsprechend Bild 85 mit der dann vorhandenen Scher-



**Bild 82** ▪ Rissbildungen und Abplatzungen des Mittelmosaiks im unmittelbaren Fugenflankenbereich oberhalb aufgeklebter elastischer Fugenbänder

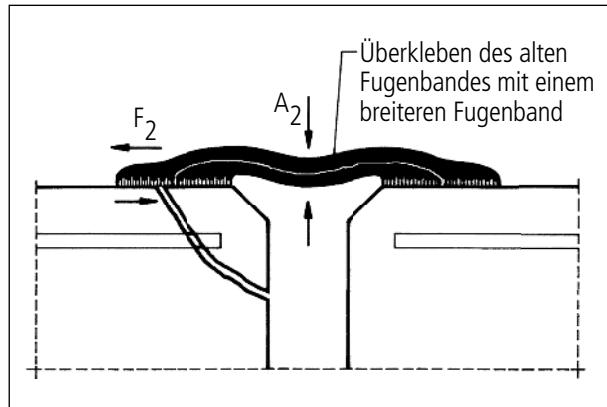


**Bild 83** ▪ Ausbesserung einer schadhaften Fugenflanke durch Überkleben mit einem breiten Dichtband



**Bild 84** ▪ Elastisches Fugenband auf geschädigten Bauteilflanken

kraft  $F_2 = \sigma_2 \cdot A_2$ . Da die Zugspannung in der Dehnzone des Fugenbandes mit  $\sigma_1 = \sigma_2 = E \cdot \varepsilon$  gleich bleibt, die Fläche  $A_2$  aber größer als die Fläche  $A_1$  ist, steigt auch die von der Klebezonen aufzunehmende Scherkraft an ( $F_2 > F_1$ ).



**Bild 85** ■ Untaugliche Nachbesserung durch Überklebung mit breitem Fugenband

## Instandsetzung

Für die fachgerechte Instandsetzung unzureichender Fugenflanken sind die Fugenbänder in den betroffenen Bereichen vollständig zu entfernen und es muss eine fachgerechte Betoninstandsetzung im Bereich der Haftflanken erfolgen. Nach einer entsprechenden Sanierung des Untergrundes stellt die Neuabdichtung wiederum mit elastischen Fugenbändern eine durchaus geeignete Maßnahme dar, da insbesondere bei schlaufenförmiger Verlegung die Übertragung von Kräften auf die instand gesetzten Haftflanken äußerst gering gehalten wird. Bei der Erneuerung der Fugenabdichtung mit elastischen Bändern ist darauf zu achten, dass im Anschlussbereich an verbliebene Fugenbänder keine Überlappung der Stöße (Bild 85) erfolgt, sondern ein stumpfer Stoß ausgeführt wird. Dadurch wird vermieden, dass im Bereich der verklebten Überlappungen durch die größere Materialdicke in der Dehnzone größere Kräfte über die Verklebung in den Untergrund übertragen werden müssen.

## Schadensvermeidung

Vor der Ausführung von Fugenabdichtungsarbeiten mit elastischen Fugenbändern ist sorgfältig zu prüfen, ob der Untergrund der angrenzenden Bauzeile ausreichend tragfähig und dauerhaft ist. Derartige Überprüfungen sollten nicht dem Fugenwerker überlassen werden, sondern sind vorab von unabhängiger Seite im Rahmen der Sanierungsplanung durchzuführen. Sind Betoninstandsetzungen an der Fassade notwendig, sind die Fugenabdichtungsarbeiten in jedem Fall zunächst zurückzustellen.

## 2.2.3 Verschmutzung von aufgeklebten Fugenbändern

### Schadensbild

Horizontalfugenabdichtungen mit flach auf die Außenwandoberflächen aufgeklebten Fugenbändern weisen mitunter bereits nach einigen Jahren deutliche Verschmutzungen an der Wandoberfläche auf (Bild 86). Verstärkt kommt es zu derartigen Schmutzablagerungen im Bereich der Fugenbänder dort, wo eine erhöhte Staubbelastung in der Umgebungsluft vorliegt und gleichzeitig die Wandkonstruktion einer vergleichsweise geringen Schlagregenbeanspruchung ausgesetzt ist.

### Schadensursachen

Fugenbänder aus elastischen Dichtstoffen wie Silikon oder Polysulfid weisen im fabrikneuen Zustand eine gewisse Klebrigkeit an der Oberfläche auf, die im Laufe der Jahre nachlässt. Hierdurch werden Schmutzpartikel aus der Luft auf der Fugenbandoberfläche besser festgehalten als in den übrigen Fassadenbereichen. Dies führt in der Regel nicht zu Verschmutzungsproblemen, da die natürlichen Reinigungskräfte des Niederschlagswassers ausreichen, um die Verschmutzungen abzuwaschen bzw. gleichmäßig auf der Fugenbandoberfläche zu verteilen. Dadurch kommt es zwar zu Nachdunkelungen der Bandoberflächen, die aber aufgrund ihrer Gleichmäßigkeit keinen ästhetischen Mangel darstellen. Bei der Überklebung horizontaler Fugen kann es jedoch an den Bandoberkanten zu verstärkten Schmutzablagerungen kommen. Diese können, bedingt durch die mehr oder weniger sorgfältig durchgeföhrte Glättung der Bandverklebung, vom Niederschlag nicht gleichmäßig über die Fugenlänge abgespült werden, sondern laufen konzentriert an einzelnen Stellen mit dem Niederschlagswasser über das Band ab (Bilder 86 und 87a).



**Bild 86** ■ Schmutzläufer auf einer Horizontalfugenabdichtung zwischen Stahlbetonfertigteilelementen

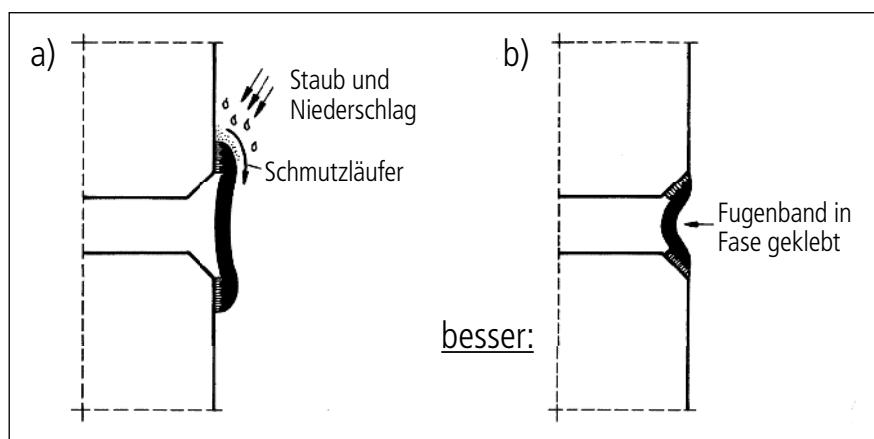
Insbesondere dann, wenn sich durch relativ geringe Schlagregenbeaufschlagung Schmutzpartikel aus der Luft längere Zeit ansammeln können, treten entsprechende Verschmutzungen auf.

## Instandsetzung

Abgesehen von der schnelleren Alterung des Fugenbandmaterials im Bereich stärkerer Verschmutzungen liegt hier in erster Linie ein ästhetischer Mangel vor, der nicht in jedem Fall eine sofortige Ausbesserung erfordert. Gegebenenfalls sind die Schmutzläufer durch regelmäßige manuelle Reinigung zu entfernen, um so auch die Langzeitbeständigkeit der Fugenbänder zu erhöhen.

## Schadensvermeidung

Besteht aufgrund der Lage des Objektes und der Struktur vorhandener Außenwandoberflächen die verstärkte Gefahr von Schmutzablagerungen auch auf der Fugenkonstruktion, so sollten, wenn möglich, die Fugenbänder schlaufenförmig in vorhandene Fasen der Fugenflanken eingeklebt werden (Bild 87b). Damit kann zwar nicht verhindert werden, dass an der Fassade ablaufendes Wasser auch die Fugenbänder überstreicht, jedoch sind Schmutzablagerungen an den oberen Klebenähten der Bänder damit weitgehend ausgeschlossen.



**Bild 87** ▪ a) Erhöhte Gefahr der Verschmutzung von flach aufgeklebten Fugenbändern  
b) Geringere Verschmutzungsgefahr bei schlaufenförmig in die Flanken geklebten Fugenbändern

## 2.2.4 Überalterung von Fugenbändern

### Schadensbild

Ebenso wie an vor Ort eingebrachten Dichtungsmassen (siehe Kapitel 2.1.11) treten mitunter auch auf den Oberflächen von elastischen Fugenbändern kralleartige Rissbildungen auf und es kommt vorzugsweise an Stoßbereichen zu durchgehenden Rissen innerhalb der Dehnzone der Fugenbänder (Bild 88). In der Folge kann Niederschlagswasser in die Fugenkonstruktion eindringen und zu Feuchteschäden im Gebäudeinneren führen.

### Schadensursachen

Elastische Fugendichtungsbänder, die aus den gleichen Materialien bestehen wie auch vor Ort zu verarbeitende elastische Dichtstoffe, unterliegen ebenfalls einer Alterung. Hierbei ist das Alterungsverhalten maßgeblich durch die Rezepturen des Dichtstoffes bestimmt. Neben dem Polymer (dem



**Bild 88** ■ Überaltetes Fugenband mit Rissbildungen in der Dehnzone am unteren Bandende

Bindemittel zum Elastomeraufbau) und dem Vernetzer (zur Vernetzung der Polymerkomponente) sind eine Reihe weiterer Bestandteile in den Rezepturen vorhanden, um gezielt bestimmte Eigenschaften zu erreichen. Insbesondere die Polymerkomponente sowie die Weichmacher zur Einstellung der mechanischen Werte wie Härte, Elastizität und auch Alterungsverhalten werden von den einzelnen Materialherstellern durchaus in unterschiedlichen Anteilen der Rezeptur beigegeben. Während beispielsweise hohe Weichmacheranteile insbesondere bei Silikondichtstoffen eine klebrige Oberfläche bewirken, die zu Verschmutzungen führt (Kapitel 2.2.3), sind insbesondere zu geringe Polymeranteile verantwortlich für ein frühes Altern und Versagen der Bandabdichtung.

Grundsätzlich ist die Langzeitbeständigkeit von elastischen Fugenbändern höher zu bewerten als die von vergleichbaren vor Ort eingebrachten Dichtstoffen. Zum einen können die Rezepturen im Herstellerwerk besser überwacht werden als die Vermischung der in der Regel zweikomponentigen Systeme am Objekt, zum anderen ist die beanspruchte Dehnzone bei den Fugenbändern durch die werkмigie Vorfertigung optimiert. Dadurch wird das Material wesentlich geringer beansprucht als vergleichbare Dichtstoffe, die nach DIN 18540 verarbeitet werden.

## Instandsetzung

Treten an den Bandoberflächen Alterungserscheinungen wie in Bild 88 dargestellt auf, sind die entsprechenden Fugenbänder vollständig zu entfernen und durch neue Materialien zu ersetzen. Vorab ist jedoch in jedem Fall zu prüfen, ob der aufgetretene Alterungsschaden auf eine minderwertige Qualität des Fugenbandes zurückzuführen ist, auf eine tatsächliche Überalterung (Standzeit > 20 Jahre) oder möglicherweise durch Einwirken aggressiver materialangreifender Umweltbelastungen ausgelöst wurde. Im letztgenannten Fall ist die Fugenabdichtung mit entsprechend anderen Materialien, die der Umweltbelastung besser standhalten, zu ersetzen.

## Schadensvermeidung

Bei der Ausschreibung von Abdichtungsarbeiten mit elastischen Fugenbändern sollten in jedem Fall die Forderungen entsprechend dem IVD-Merkblatt Nr. 4 des Industrieverbandes Dichtstoffe e. V. [14] zugrunde gelegt werden. Die entsprechenden Materialeigenschaften sind vom Bandhersteller durch Prüfzeugnisse nachzuweisen. Elastische Fugenbänder von Herstellern, die entsprechende Qualitätsnachweise durch neutrale Prüfzeugnisse nicht erbringen können, sollten von der Anwendung ausgeschlossen werden.

## 2.2.5 Übertragung von Zwängungskräften – vor Ort hergestellte Fugenbänder

### Schadensbild

Insbesondere in den neuen Bundesländern wurden vor der Wende zwischen Außenwandelementen der Großtafelbauweise häufig vor Ort am Objekt Fugenabdichtungen mit nur wenige Millimeter dick aufbrachtem Dichtstoff oberhalb der Fugenkonstruktion ausgeführt. Hierfür war es – allein schon aus Gründen der gewünschten Materialeinsparung an Dichtstoff – erforderlich, die Fugen zwischen den einzelnen Außenwandelementen weitgehend oberflächenbündig zu verschließen. Neben kompressiblen Materialien wie z. B. Stricken aus Hanf oder Textillumpen wurde auch des Öfteren eine Vermörtelung der Fugen vorgenommen. Neben großflächigen Ablösungen dieser vor Ort aufgebrachten »Fugenbänder« treten auch Abplatzungen der Fugenflanken und Risse in vorhandenen Keramikbekleidungen der Außenwände in großer Anzahl auf (Bild 89).

In derart geschädigten Bereichen wurden entweder kraftschlüssige Ausmörtelungen der Fugen vorgefunden (Bild 90) oder die Fertigteilelemente waren so montiert, dass eine Pressfuge entstanden ist (Bild 91).

### Schadensursachen

Werden planerisch vorgesehene Bewegungsfugen zwischen den äußeren Schalen an Stahlbetonaußenwandelementen kraftschlüssig verfüllt oder von vornherein als Pressfugen hergestellt, können durch Temperatur- und Feuchtedehnungen Zwängungskräfte übertragen werden, die zu einer Zerstörung der Fugenflanken führen (siehe hierzu im Einzelnen Kapitel 2.1.15).



**Bild 89** ▪ Risse in der Keramikbekleidung von Außenwandplatten aufgrund der Übertragung von Zwängungskräften über die Horizontalfugen



**Bild 90** ■ Bewegungsfuge zwischen Fertigteilelementen kraftschlüssig mit Mörtel ausgefüllt



**Bild 91** ■ Pressfuge zwischen Fertigteilelementen

Obwohl aufgrund fehlender Bewegungsmöglichkeit der Fuge im Untergrund keine nennenswerten Dehnungen von dem aufgebrachten Dichtstoff aufgenommen werden mussten, kam es zu einem vollständigen Versagen derabdichtenden Wirkung. Zum einen wies der gewählte Morinol-Fugenkitt bereits nach kurzer Zeit keinerlei Elastizität mehr auf (Kapitel 2.1.9), zum anderen stelle der Betonuntergrund keine ausreichende Haftflanke dar. Überdies fehlte jegliche Trennung vom Fugengrund in der »Dehnzone« des Fugenbandes (Bild 92).

## Instandsetzung

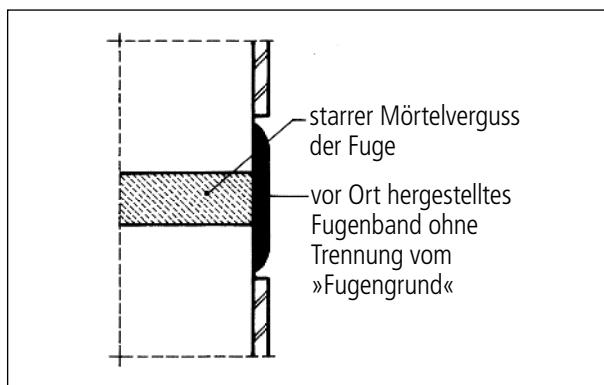
Die Instandsetzung derart geschädigter Fugen ist stufenweise wie folgt vorzunehmen:

Zunächst ist der noch vorhandene Morinol-Dichtstoff vollständig zu entfernen, was bei dem hier vorliegenden Fall aufgrund der völlig unzureichenden

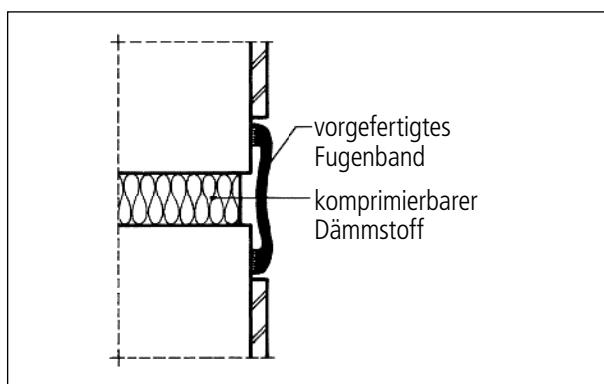
Haftung am Untergrund ohne größere Probleme möglich ist, sodass Schwierigkeiten hinsichtlich Schadstoffbelastungen bei der Demontage weitgehend auszuschließen sind (Kapitel 2.1.9).

Nach Entfernen des Dichtstoffes sind die Ausmörtelungen bzw. Pressfugen so weit aufzuschneiden, dass eine zwängungsfreie Bewegung der einzelnen Fertigteilelemente wieder ermöglicht wird (vgl. hierzu Kapitel 2.1.15); im Zuge dieser Bearbeitung sind auch die Außenwandelemente in den geschädigten Fugenbereichen instand zu setzen. Bei der Fugenflankenbearbeitung ist zu überprüfen, inwieweit ein ausreichender Wärmeschutz im Bereich der Fugen vorhanden ist; gegebenenfalls ist Wärmedämmstoff in den von Mörtel befreiten Fugen zu ergänzen (Kapitel 2.1.26).

Nach sorgfältiger Reinigung und Untergrundvorbehandlung können die Fugen mit vorgefertigten elastischen Fugenbändern abgedichtet werden. Hierbei sollte das Fugenband vorzugsweise so angeordnet werden, dass es bündig



**Bild 92** ■ Vor Ort hergestelltes Fugenband ohne Trennung vom Fugengrund in der Dehnzone (Dreiflankenhaftung)



**Bild 93** ■ Instandsetzung mit vorgefertigtem Fugenband flächenbündig mit der Keramikbekleidung

mit der Oberfläche aus Spaltkeramik liegt (Bild 93). Abhängig von den vorgefundenen Bauteiltoleranzen wird dies jedoch nicht immer möglich sein, weshalb die Bänder im Zweifelsfall auf die Keramikoberfläche aufgebracht werden müssen.

## Schadensvermeidung

In der Regel sind derartige Fugenschäden nur dort aufgetreten, wo ursprünglich eine offene belüftete Fugenkonstruktion vorgesehen war, diese bereits bei der Bauwerkserrichtung nicht ordnungsgemäß hergestellt worden ist und damit von vornherein funktionsunfähig war. Zur entsprechenden Schadensvermeidung sind sowohl die Herstellung der Fertigteile als auch die Montage sorgfältig auszuführen und intensiv zu überwachen. Konstruktiv ausgebildete Fugen stellen nach wie vor die beste und dauerhafteste Fugenausbildung dar (Kapitel 1.2.6).

### 2.2.6 Schwachstelle »Fugenentlüftung«

#### Schadensbild

In der Vergangenheit wurde des Öfteren ein »Entlüftungsröhrchen« in die Kreuzungspunkte von Horizontal- und Vertikalfuge zwischen Großtafelbau-Außenelementen eingearbeitet (Bild 94). Dieses Röhrchen stellt stets eine Schwachstelle in der bandförmigen Fugenabdichtung dar und ist häufig Ausgangspunkt für Risse und damit Undichtigkeiten der Fugenabdichtung.



**Bild 94** ■ »Entlüftungsröhrchen« im Fugenkreuz zwischen Außenwandelementen

## Schadensursachen

Wird vorausgesetzt, dass die Fugenabdichtung jegliches Eindringen von Niederschlagswasser wirksam verhindert, kann die Funktion der in den Fugenkreuzen angeordneten Röhrchen nur darin gesehen werden, eine Entlüftung des Fugenhohlraumes zu ermöglichen, um Tauwasseranfall innerhalb der Fugen zu verhindern (Kapitel 1.1.3). Querschnitt und Anzahl dieser »Entlüftungsröhrchen« sind jedoch bei Weitem nicht ausreichend, um tatsächlich eine Luftzirkulation innerhalb der Fugenräume in Gang zu setzen. Damit kann lediglich auf dem Diffusionsweg eine Feuchtigkeitsabfuhr erfolgen. Führt man sich jedoch vor Augen, dass die Diffusionsfähigkeit für Wasserdampf der Luft ( $\mu=1$ ) nur etwa 100 mal so groß ist wie die des angrenzenden Bauteilbetons ( $\mu \approx 100$ ), so erkennt man, dass die Diffusion vorhandener Feuchte über die Fugenflanken mindestens in gleicher Weise zu einer Feuchteabfuhr aus dem Fugenhohlraum führt wie die Entlüftungsröhrchen. Die gewünschte Diffusionsoffenheit der außen liegenden Fugenabdichtung bei gleichzeitiger Regendichtigkeit (Kapitel 1.1.3) wird damit durch Einbau dieser Röhrchen nicht nennenswert verbessert, sondern man handelt sich im Gegenteil zusätzliche Schwachstellen in der Konstruktion ein.

Als Notentwässerung der Fugen sind diese Röhrchen vollständig ungeeignet, da das Wasser – für den Fall, dass tatsächlich Feuchtigkeit hinter die Fugen gelangt – an den Fugenflanken ablaufen wird und keine Veranlassung hat, sich frei durch die Luft zu bewegen und durch die Röhrchen zu zwängen. Sinnvoll ist in diesem Zusammenhang bestenfalls eine Entwässerungsmöglichkeit der Fugenräume an den Unterkanten der jeweils untersten Elemente oberhalb des Kellergeschosses.

## Instandsetzung

Im Zuge von Instandhaltungs- oder Erneuerungsmaßnahmen an der Fugenabdichtung sollten vorhandene Entlüftungsröhrchen ersatzlos entfernt werden.

## Schadensvermeidung

Die Anordnung von Entlüftungsröhrchen in Fugenkreuzen stellt einen konstruktiven Schwachpunkt dar und deren Anordnung ist grundsätzlich nicht erforderlich, wenn Fugenabdichtungen mit elastischen Bändern fachgerecht ausgeführt werden. Es sind keine Schadensfälle bekannt, bei denen es bei intaktem innenraumseitigem Fugenverschluss aufgrund fehlender Entlüftung des Fugenraumes zu Tauwasserschäden gekommen ist.

## 2.2.7 Mechanische Zerstörung durch Vandalismus

### Schadensbild

Bedingt durch die geringe Materialdicke von elastischen Fugenbändern ist die Gefahr einer mechanischen Beschädigung relativ groß. Insbesondere in zugänglichen Sockelbereichen von Gebäuden kommt es häufig zu Zerstörungen durch Einwirkung spitzer Gegenstände. Auch ein Einfassen derartiger elastischer Fugenbänder in Metallzargen stellt dann keinen wirksamen Schutz dar, wenn die freie Dehnänge nicht durch zusätzliche Abdeckungen geschützt ist (Bild 95).



**Bild 95** ■ Zerstörung von in Metallzargen eingefassten elastischen Fugenbändern im Gebäudesockelbereich durch Vandalismus

## Schadensursachen

Ursächlich für die große Beschädigungsgefahr elastischer Fugenbänder ist deren geringe Materialdicke, verbunden mit dem Umstand, dass die Fugenbänder in der Dehnzone hohl liegen, sodass spitze Gegenstände ohne Schwierigkeit in die Fuge hineingestoßen werden können.

## Instandsetzung und Schadensvermeidung

Ohne zusätzlichen mechanischen Schutz sind elastische Fugenbänder ungeeignet für die Abdichtung in Sockelbereichen, insbesondere dann, wenn diese Bereiche öffentlich zugänglich sind und keiner ständigen Überwachung unterliegen. Hier sind entweder grundsätzlich andere Abdichtungsarten für die Fugen zu wählen (z. B. vorkomprimierte Fugenbänder) oder es sind geeignete Abdeckungen vorzusehen (Kapitel 2.4.4).

## 2.3 Fugen mit vorkomprimierten Bändern

### 2.3.1 Unzureichende Komprimierung der eingebauten Bänder – falsche Wahl der Fugenbandabmessungen

#### Schadensbild

Durch unzureichend an den Fugenflanken anliegende vorkomprimierte Dichtungsbänder kann Schlagregen in die Fugenkonstruktion eindringen und zu Feuchteschäden im Gebäudeinneren führen. Derart unzureichend an den Fugenflanken anliegende Bänder lassen sich ohne größeren Widerstand aus der Fugenkonstruktion herausziehen (Bild 96).

#### Schadensursachen

Die Funktionssicherheit von vorkomprimierten Dichtungsbändern insbesondere gegenüber Schlagregenbeanspruchung ist nur dann gegeben, wenn die Herstellerangaben hinsichtlich der erforderlichen Bandabmessungen eingehalten werden. Hierbei muss zum einen eine Mindestkomprimierung im Einbauzustand gewährleistet sein und zum anderen muss auch eine ausreichende Fugenbandbreite in die Tiefe der Fuge eingebracht werden. Bei Unterschreitung nur eines dieser beiden Mindestmaße (Bild 97a) besteht die Gefahr, dass zum einen Schlagregen in die Konstruktion eintritt und zum anderen, dass das Band bei entsprechenden Fugenflankenbewegungen im Extremfall aus der Fuge herausrutscht. Abhängig von der vorhandenen Fugenbreite und der zu

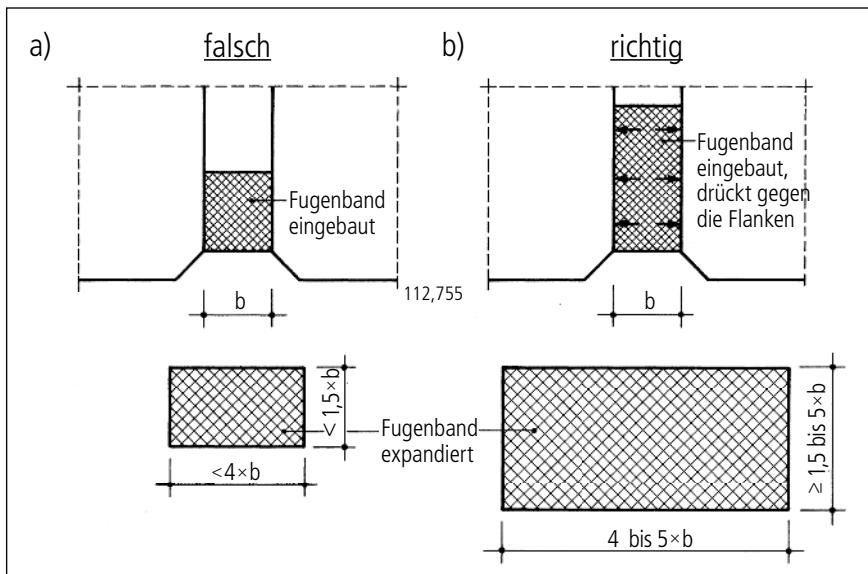


**Bild 96** ■ Leicht aus der Fuge herausziehendes, unzureichend komprimiertes Dichtband

erwartenden Gesamtverformung der Fuge sind die Bandabmessungen nach Herstellerangaben zu wählen (siehe beispielhaft Bild 97b). Hierbei ist zu beachten, dass am Bauwerk auftretende, unterschiedliche Fugenbreiten auch unterschiedliche Bandabmessungen erfordern. Damit wird es in der Regel notwendig sein, mehrere Bandabmessungen an der Baustelle vorzuhalten, um unmittelbar vor Ort das auf die jeweilige Fuge abgestimmte Band zur Verfügung zu haben.

### Instandsetzung

Zur Instandsetzung der Fugenabdichtung sind die unzureichend komprimierten Fugenbänder aus der Fuge zu entfernen, was aufgrund der ungenügenden Komprimierung in der Regel ohne Schwierigkeiten möglich ist. Anschließend

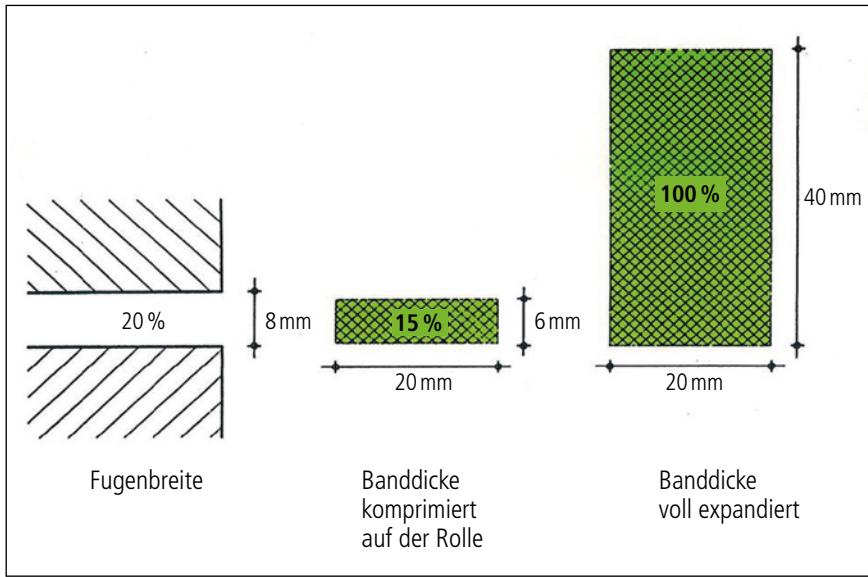


**Bild 97** □ a) Unterdimensionierung eines vorkomprimierten Fugenbandes  
b) Richtig Fugenbandwahl für schlagregendichte Fugenabdichtung

sind auf die vorhandenen Fugenbreiten und die zu erwartenden Gesamtverformungen abgestimmte vorkomprimierte Fugenbänder neu einzubauen (Bilder 98 und 99). Eine Untergrundvorbehandlung ist in der Regel nicht notwendig; gegebenenfalls ist lediglich die Materialverträglichkeit zwischen Fugenflanke, gegebenenfalls vorhandenen Anstrichen und Klebstoffresten alter Fugenabdichtung und dem neu einzubringenden Material zu überprüfen.

### Schadensvermeidung

Ebenso wie bei der Abdichtung mit elastischen Dichtstoffen oder Fugenbändern ist auch vor Einsatz vorkomprimierter Fugenbänder vorab zu klären, welche Gesamtverformungen in der Fuge zu erwarten sind. Danach sind die erforderlichen Bandabmessungen entsprechend den Herstellerangaben festzulegen [15]. Der Verarbeiter bekommt die Fugenbänder im expandierten Zustand in der Regel gar nicht zu Gesicht, denn die Fugenbänder werden als Rollenware mit einer Überkomprimierung (um den Einbau zu ermöglichen) angeliefert (Bild 99). Damit kommt der Kontrolle der gelieferten Bandabmessungen entsprechend Herstellerangabe mit den Sollmaßen für die jeweilige Fuge eine besonders große Bedeutung zu.



**Bild 98** ■ Visualisierung des »Quellvermögens« vorkomprimierter Fugenbänder



**Bild 99** ■ Konfektionierung der Fugenbänder in überkomprimiertem Zustand auf Rollen  
(Quelle: tremco illbruck Group GmbH, Köln – [www.illbruck.com](http://www.illbruck.com))

## 2.3.2 Unzureichende Komprimierung – Verdrehung des Fugenbandes

### Schadensbild

Werden Fugenbänder unzureichend komprimiert und mit zu kleinen Bandabmessungen in Fugen eingebaut, können sie sich im Extremfall ohne äußere Einwirkung aus der Fuge herausdrehen. Dann hilft auch ein händisches Zurückschieben des Fugenbandes in die Fuge nichts – eine ausreichende Fixierung ist im Nachhinein nicht herstellbar (Bild 100).



**Bild 100** ■ Nach dem Einbau verdrehtes Fugenband aufgrund unzureichender Komprimierung

## Schadensursachen

Auch wenn, bedingt durch das große Expansionsvermögen der vorkomprimierten Fugenbänder, zunächst der optische Eindruck einer ausreichend geschlossenen Fuge entsteht, führen unzureichende Komprimierung im Endzustand und zu geringe Fugenbandtiefen unweigerlich zu einem Versagen.

## Instandsetzung

Die unzureichend dimensionierten Fugenbänder sind restlos zu entfernen und durch für die vorhandenen Fugenbreiten ausreichend breite Bänder zu ersetzen. Vor dem Einbau der neuen Bänder ist zu überprüfen, ob die Fugentiefe ausreichend ist und die Fugenflanken eben und geeignet sind, die Druckkräfte aus der Dekomprimierung des Bandes dauerhaft aufzunehmen.

## Schadensvermeidung

Durch die Wahl ausreichend großer Bandabmessungen und einen fachgerechten Einbau gemäß Herstellervorgaben und [15] werden die Fugenbänder so fest an die Fugenflanken gedrückt, dass ein Herausfallen und selbst ein gewaltsames Herausziehen des Bandes praktisch nicht mehr möglich sind.

## 2.3.3 Falscher Einbau des Fugenbandes

### Schadensbild

In Fensteranschlussfugen verblieb auch längere Zeit nach dem Einbau ein durchgehender Spalt zwischen Fugenband und Fensterrahmenprofil und die sichtbare Bandoberseite wies eine netzartige Klebeschicht auf (Bild 101). Die Fugenbänder ließen sich ohne Widerstand aus der Fuge herausziehen (Bild 102).

### Schadensursachen

Im vorliegenden Fall wurden die Fugenbänder gegenüber der Solleinbaulage um 90° verdreht eingebaut; die mit einer Klebeschicht versehene Bandseite – die planmäßig auf der Fugenflanke aufliegen sollte – lag sichtbar an der offenen Fugenseite. Damit expandierte das Fugenband nicht zwischen den Fugenflanken, sondern ohne Widerstand in die Fugentiefe (Bild 102).



**Bild 101** ▪ Um 90° gedrehter falscher Einbau des Fugenbandes mit »gummierter« Seite nach außen zeigend



**Bild 102** ■ Um 90° gedrehter falscher Einbau des Fugenbandes – Dekomprimierung nicht gegen die Fugenflanken, sondern in die Fugentiefe

Die hier sichtbare Klebeschicht (Bild 101) dient ausschließlich als Montagehilfe in der Weise, dass beim Einbau des noch nicht expandierten Bandes, dieses durch die Klebung an einer Fugenflanke fixiert wird, bis es durch die Expansion fest eingeklemmt ist. Im fertig eingebauten Zustand kommt der Klebeschicht keinerlei Funktion mehr zu.

### Instandsetzung

Auch in diesem Fall sind eine restlose Entfernung des falsch eingebauten und dimensionierten Fugenbandes und der Ersatz durch ein entsprechend größeres Fugenband erforderlich.

### Schadensvermeidung

Der hier gezeigte Einbaufehler verdeutlicht, dass vorkomprimierte Fugenbänder nicht selten von unzureichend geschulten Monteuren verarbeitet werden. Wirkungsweise und Einbaubedingungen sollten vorab jedem bekannt gemacht werden, der diese Fugenbänder verarbeiten soll, und nicht erst am Objekt durch teures »Learning by doing«.

## 2.3.4 Unzureichende Fugenflanken – mangelhafte Fixierung des Fugenbandes

### Schadensbild

Im Bereich von Fensteranschlussfugen zwischen Fensterzarge und Keramikbekleidung der Fensterlaibung haben sich die vorkomprimierten Fugenbänder nach hinten in den Fugenraum hinausgedreht. An diesen Stellen bestand die Fugenflanke lediglich aus der wenige Millimeter dicken Keramikplattenkante, dahinter war ein sich aufweitender Hohlraum vorhanden, da das Mörtelbett der Keramikplatten nicht vollflächig und bündig mit der Plattenkante abschloss (Bild 103). Im Bereich aufgedoppelter Keramikplatten waren zusätzlich Versätze in den Fugenflanken vorhanden (Bild 104).

### Schadensursachen

Sind die Fugenflanken nicht beidseitig ebenflächig mindestens so tief ausgebildet, dass sie der Tiefe des Fugenbandes entsprechen, kann das eingebrachte Fugenband im hinteren Fugenraum ungehindert expandieren, wodurch sich kein gleichmäßiger Anpressdruck über die gesamte Bandtiefe einstellen kann. Die Folge ist, dass sich die Bänder nach hinten in den freien Fugenraum hineindrehen und schließlich vollständig von der vorderen »Restfugenflanke« ablösen.

### Instandsetzung

Im vorliegenden Fall genügt ein Austausch der herausgedrehten Fugenbänder gegen neue Bänder nicht. Vorab sind die Fugenflanken ausreichend tief,



**Bild 103** ▪ Zu schmale Fugenflanke (kleiner als die Fugenbreite) mit offenem Hohlraum dahinter



**Bild 104** ▪ Blick in die zu schmale, verspringende Fugenflanke, bestehend aus den Stirnseiten der Fassadenbekleidung

eben und druckfest herzustellen. Bei nur mit Mörtelbatzen angeklebten Keramikplatten und schmalen Fugen ist dies ohne Abschlagen der Laibungsplatten und vollflächige Neuverlegung handwerklich kaum möglich. Sollen oder können die Laibungsplatten nicht zerstört werden, wäre die Alternative der Ausbau der Fenster, die dann mögliche Ergänzung der Fugenflanken und anschließender Wiedereinbau der Fenster. Auch dies stellt aber die Verhältnismäßigkeit des Sanierungsaufwandes infrage. Soweit die vorhandenen Fugenbreiten dies ermöglichen, verbliebe als Sanierungsvariante das Einkleben eines Metall- oder Kunststoffwinkels in die Kante der Keramikplatten, sodass dieser Winkel für den anschließenden Einbau des Fugenbandes eine ausreichende Rücklage bildet.

### Schadensvermeidung

Bereits bei Planung und Ausführung von Laibungsanschlüssen von Fensterkonstruktionen sind die Art der Fugenausbildung festzulegen und die entspre-

chenden einzuhaltenden Randbedingungen zu beachten. Bei der vorgesehnen Ausführung mit vorkomprimierten Fugenbändern sind dies in allererster Linie die ausreichende Fugentiefe und die vollständig vorhandenen druckfesten Fugenflanken.

### 2.3.5 Unzureichende Komprimierung – Versprung der Fugenbreite

#### Schadensbild

An einem Versprung der Fugenbreite wurden die vorkomprimierten Fugenbänder zwar richtigerweise gestoßen, allerdings wurden die gleichen Fugenbandabmessungen in der schmaleren wie auch in der breiteren Fuge eingebaut. Im Bereich der breiteren Fuge drehte sich das Fugenband aus der Fuge heraus (Bild 105).



**Bild 105** ■ Unzureichende Komprimierung am Versprung der Fugenbreite

## Schadensursachen

Ein Versprung in der Fugenbreite hat zur Folge, dass für die unterschiedlichen Fugenbreiten auch unterschiedlich dimensionierte Fugenbänder eingesetzt werden müssen. Dies ist im vorliegenden Fall offensichtlich nicht geschehen. Während das Fugenband in der schmaleren Fuge augenscheinlich richtig dimensioniert und eingebaut wurde, ist die gleiche Fugenbandabmessung für die breitere Fuge zu gering bemessen, wodurch der Anpressdruck hier nicht ausreichend ist.

## Instandsetzung

Das unzureichend komprimierte Fugenband im oberen Teil der Fuge (Bild 105) ist auszubauen und durch ein ausreichend dimensioniertes Band zu ersetzen.

Der Bandstoß zu dem verbleibenden Fugenband ist so auszubilden, dass die Bänder beim Einbau an ihren Enden so aneinandergedrückt werden, dass kein Spalt im Bandstoß entsteht.

## Schadensvermeidung

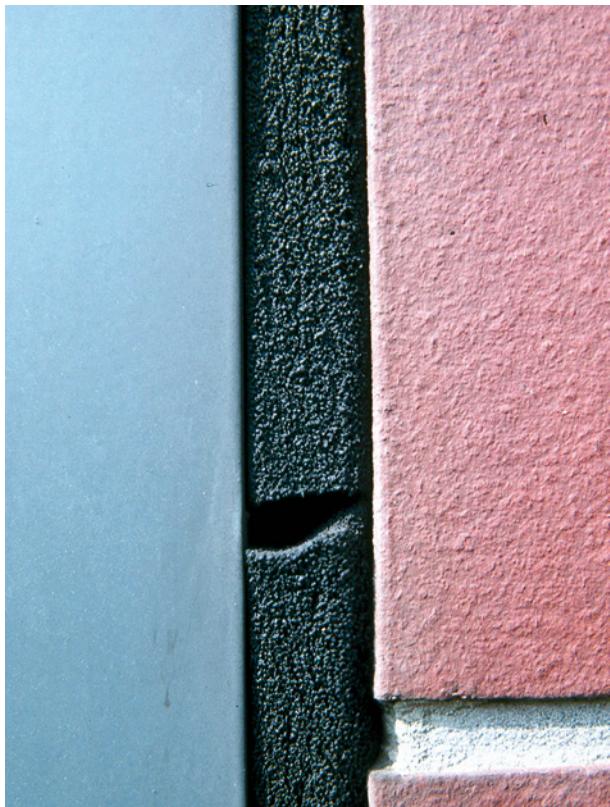
Fugenbreitenversprünge sollten grundsätzlich vermieden werden; treten derartige Versprünge bei der Ausführung unplanmäßig aufgrund von Material- oder Ausführungstoleranzen auf, sollten diese vor der Fugenabdichtung möglichst beseitigt werden.

Bei nicht zu vermeidenden Fugenversprünge sind die Bänder grundsätzlich am Versprung zu stoßen und für beide Fugenbreiten sind die jeweils richtig dimensionierten Bänder auszuwählen. Beim Einbau ist auf einen auf Pressung hergestellten Bandstoß zu achten (siehe Kapitel 2.3.6).

### 2.3.6 Unzureichender Stoß der Fugenbänder

#### Schadensbild

Eine Schwachstelle bei den Fugenabdichtungen mit vorkomprimierten Bändern stellen die Bandstöße dar. Je nach Sorgfalt bei der Verarbeitung bilden sich hier des Öfteren mehr oder weniger große Spalte, in die Schlagregen hinter die Fugenabdichtung gelangen kann und die in wärme- und schalltechnischer Hinsicht die Konstruktion erheblich schwächen (Bild 106).



**Bild 106** ■ Unzureichender Stoß vorkomprimierter Fugenbänder

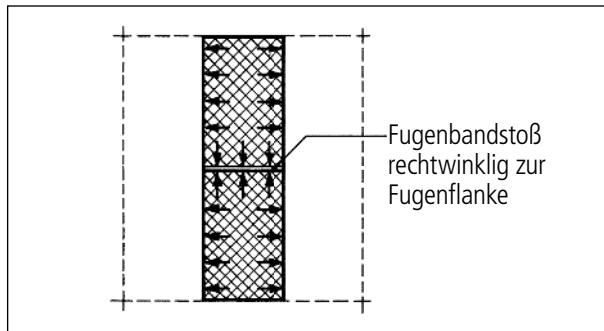
### Schadensursachen

Entsprechend den Herstellerangaben ist in der Regel ein stumpfer Stoß oder auch eine Verklebung zwischen den einzelnen Fugenbandstreifen gefordert, wobei beim Zuschnitt der Bänder eine gewisse Überlänge vorzusehen ist, um auch eine Komprimierung des Materials parallel zum Fugenverlauf in Richtung der Bandstöße zu erzeugen (Bild 107).

Unzureichend ausgebildete Bandstöße entsprechend Bild 106 sind in der Regel auf ein zu kurzes Ablängen und auf einen nicht senkrecht zum Fugenband geführten Schnitt zurückzuführen.

### Instandsetzung

Unzureichende Bandstöße können durch punktuelles Entfernen der zu kurz abgeschnittenen Bänder und anschließendes Einbringen eines neuen Fugen-



**Bild 107** ■ Stumpfer Fugenbandstoß – Pressfuge im Bandstoß durch Komprimierung parallel zur Fugenfläche

bandes mit ausreichender Überlänge instand gesetzt werden. Die jeweiligen Ausführungsvorschriften der Bandhersteller sind genauestens einzuhalten.

### Schadensvermeidung

Da die Stoßfugenausbildung bei vorkomprimierten Bändern grundsätzlich eine Schwachstelle darstellt, sollten die Verlegearbeiten so erfolgen, dass möglichst wenige Bandstöße erforderlich werden. Im Bereich von Kreuzungsfugen sollte vorzugsweise zunächst die Vertikalfuge durchlaufend abgedichtet werden und die Horizontalfugen sind dann jeweils mit Überlänge gegenzuarbeiten. In jedem Fall sind die jeweiligen Herstellerangaben exakt einzuhalten.

### 2.3.7 Nicht fachgerechte Nacharbeit mit Dichtstoff

#### Schadensbild

Punktuelle Flankenbeschädigungen an Keramikbekleidungselementen oder auch Fehlstellen in Mörtelverfügungen werden häufig nicht vorab ausgebessert, sondern nach Einbau der vorkomprimierten Fugenbänder mit elastischem Dichtstoff verschmiert (Bilder 108 und 109). Je nach Umfang der auf diese Weise kaschierten Beschädigung kann bei Versagen des Dichtstoffes unkontrolliert Wasser in die Konstruktion eindringen.

#### Schadensursachen

Durch das Expansionsvermögen richtig dimensionierter und eingebauter Fugenbänder können kleinere Ausbrüche und Fehlstellen an den Fugenflanken in der Regel noch ausreichend abgedichtet werden. Ist dies augenscheinlich nicht mehr der Fall, liegen entweder Einbaufehler des Bandes vor oder die Fehlstellen sind so groß, dass die aufquellenden Bänder diese nicht mehr



**Bild 108** ■ Gestückelte Fugenbänder mit lückenhaften Stoßfugen

kompensieren können. In beiden Fällen stellt die Kaschierung dieser Fehlstellen mit Dichtstoff keine dauerhafte Ausbesserung dar.

### Instandsetzung

Werden kleinere Fehlstellen an den Fugenflanken vom Fugenband nicht ausgefüllt, sollte zunächst überprüft werden, ob die Fugenbänder richtig nach Herstellervorgabe dimensioniert sind. Dementsprechend sind die Bänder entweder auszutauschen oder/und die Fehlstellen sind mit entsprechendem Material (Mörtel, Steinersatzmassen oder Ähnlichem) zu reparieren.

### Schadensvermeidung

Vor dem Fugenbandeinbau sind die Fugenflanken auf Vollständigkeit und Ebenheit zu kontrollieren. Fehlstellen sind vor dem Bandeinbau zu beseitigen.



**Bild 109** ▪ Mit Dichtstoff geflicktes Fugenband an der Flanke

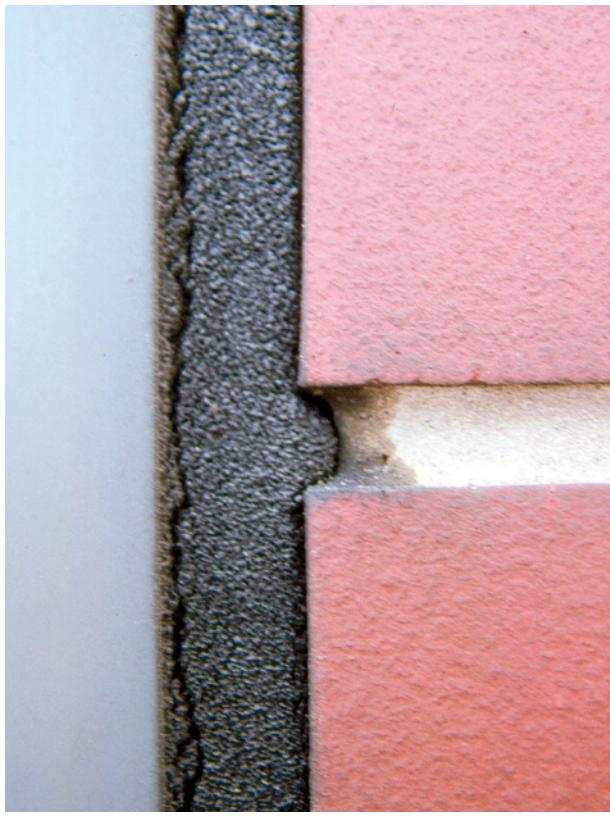
### 2.3.8 Auswandern des Imprägnats in die Fugenflanken (Fugenmörtel)

#### Schadensbild

Im Bereich feinporiger Baustoffflanken wie z. B. Natursteinen, aber auch im Bereich von Mörtelfugen kommt es vor, dass dunkle Verfärbungen und klebrige Oberflächen im unmittelbaren Fugenflankenbereich auftreten, die optisch störend in Erscheinung treten (Bild 110) und im ungünstigsten Fall auch durch Wechselwirkungen zwischen Fugenband und Fugenfläche weitergehende Schädigungen auslösen können.

#### Schadensursachen

Ebenso wie bei elastischen Dichtstoffen können Inhaltsstoffe (insbesondere Bitumenemulsionen bei älteren Fabrikaten) aus den Fugenbändern zu Unver-



**Bild 110** ■ Auswanderung des Imprägnats aus einem stark komprimierten Dichtband in den Fugenmörtel

träglichkeiten und Verfärbungen führen (Kapitel 2.1.20), wobei auch hier insbesondere feinporige Natursteine besonders gefährdet sind. Die Gefahr des Auswanderns von Imprägnat steigt mit zunehmender Komprimierung der Fugenbänder. Bei Überkomprimierung besteht die Gefahr, dass schon allein dadurch das Imprägnat aus dem Trägermaterial ausgequetscht wird und zum einen an der Bandoberfläche selbst, zum anderen auch an den angrenzenden Fugenflanken zu Verfärbungen führt. Durch die Klebrigkeit des Imprägnats können nachfolgend Schmutzpartikel aus der Umgebung das Schadensbild schnell verstärken.

### Instandsetzung

Sind Inhaltsstoffe aus dem Fugenband erst einmal in die Baustoffflanken eingedrungen, ist eine Entfernung sichtbarer Verfärbungen in der Regel kaum noch möglich (Kapitel 2.1.20). Sofern keine weitergehenden Schädigungen aufgrund von Materialunverträglichkeiten zu erwarten sind, wird man in der

Regel aus Gründen der Verhältnismäßigkeit der Mittel auf eine vollständige Schadensbeseitigung verzichten und eine Minderung hinnehmen müssen. Im Einzelfall ist zu entscheiden, ob die vorhandene Fugenabdichtung zu entfernen ist und die Verfärbungen durch geeignete Reinigungsverfahren zumindest teilweise zu beseitigen sind oder ob durch Beschichtungen eine Kaschierung möglich ist. Bei der anschließenden Neuverfugung ist vorab zu überprüfen, ob die Materialverträglichkeit mit den Fugenflanken gegeben ist.

### **Schadensvermeidung**

Vor der Ausführung von Fugenabdichtungsarbeiten mit vorkomprimierten Fugenbändern ist vorab durch Nachfrage beim Hersteller sicherzustellen, dass keine Materialunverträglichkeiten oder Abwanderungen des Imprägnats auftreten können. Insbesondere wenn Natursteinbekleidungen mit dem Fugenbandmaterial in Berührung kommen, sind gegebenenfalls vorab Eignungsversuche in Abstimmung mit dem Hersteller oder durch diesen vorzunehmen.

### **2.3.9 Ungleichmäßige Komprimierung – Ausquetschen des Imprägnats**

#### **Schadensbild**

Ein Vorteil der Anwendung vorkomprimierter Fugenbänder gegenüber elastischen Dichtstoffen besteht darin, dass die vorkomprimierten Bänder im Zuge von Fertigteilmontagen auf eine Fugenflanke geklebt werden können und das nächste Fertigteil direkt dagegen gesetzt wird. Hierbei kommt es vor, dass aufgrund von Montagegenauigkeiten zum einen die planmäßige Fugenbreite nicht eingehalten wird und sich zum anderen durch Schiefstellungen einzelner Elemente unterschiedliche Fugenbreiten einstellen können. Hierdurch kann es auf der einen Seite zu unzureichender Komprimierung der Bänder kommen (Kapitel 2.3.1) und auf der anderen Seite können die Fugenbänder überkomprimiert werden. Dies hat zur Folge, dass das Imprägnat aus dem Trägermaterial ausgequetscht wird.

#### **Schadensursachen**

Die Ursache für zu stark komprimierte Fugenbänder kann montagebedingt sein – dann, wenn die Fugenbänder im Zuge der Montage bereits aufgebracht werden und Fertigteile zu dicht gegeneinander montiert werden. Des Weiteren kann die Fugenbreite durch Unterbemessung der Fuge, z. B. infolge von Temperatur- und Feuchtedehnungen, so weit reduziert werden, dass es ebenfalls zu einem Ausquetschen des Imprägnats kommt. Die Folge ist in

jedem Fall ein Verlust der Funktionsfähigkeit des Fugenbandes und darüber hinaus treten in der Regel Verschmutzungen durch die frei werdenden klebrigen Inhaltsstoffe auf.

## **Instandsetzung**

Die Abdichtung von nur wenigen Millimeter breiten Bewegungsfugen und von Fugen mit stark unterschiedlichen Fugenbreiten ist mit vorkomprimierten Dichtbändern fachgerecht nicht möglich. Ein Aufschneiden der Fugen auf die erforderlichen Fugenbreiten ist mit vertretbarem Aufwand in der Regel nicht möglich und kann auch leicht dazu führen, die Betondeckungen von Bewehrungsstahl im Fugenflankenbereich so weit zu vermindern, dass in Zukunft Korrosionsschäden an der Bewehrung entstehen können. Damit bietet sich als Instandsetzungsmaßnahme für Fugen mit derartigen Toleranzen die Instandsetzung durch Überkleben mit elastischen Fugenbändern entsprechend Bild 7 an.

## **Schadensvermeidung**

Soll der Vorteil von vorkomprimierten Fugenbändern genutzt werden, sie bereits bei Fertigteilmontage an den Bauteilflanken anzubringen, ist eine sorgfältige Planung und Bauausführung notwendig. Die Auswahl der Fugenbandabmessungen richtet sich nach den Sollfugenbreiten, wobei bei der Montage diese Sollfugenbreiten in einem vorgegebenen Toleranzbereich durch entsprechende Montagehilfen und Kontrollen auch sichergestellt werden muss. Hierbei ist vor allem auch zu beachten, dass die vorkomprimierten Fugenbänder abhängig von der Umgebungstemperatur mehr oder weniger schnell expandieren. Dies bedeutet, dass die Fugenbänder insbesondere bei höheren Außentemperaturen erst unmittelbar vor der Montage des anschließenden Fertigteils auf die Flanken aufgebracht werden, bevor das Fugenband über die Sollfugenbreite hinaus expandiert ist.

### **2.3.10 Falsches Fugenbandmaterial – fehlendes Imprägnat**

#### **Schadensbild**

Im vorliegenden Fall wurden Fugenbänder in Fensteranschlussfugen vorgefunden, die sich ohne größeren Widerstand fast vollständig zusammendrücken ließen, ohne dass erkennbar Imprägnat aus den Poren hervortrat. Diese Bänder lagen vergleichsweise lose in den Fugen und drehten sich in weiten Bereichen heraus (Bilder 111 und 112).



**Bild 111** ▪ Einbau eines falschen Fugenband-materials mit unzureichender Kompression

## Schadensursachen

Hier wurden Schaumstoffbänder anstelle der für die Abdichtung vorgesehenden vorkomprimierten und mit Imprägnat versehenen Fugenbänder eingebaut. Diese Schaumstoffbänder ähneln auf den ersten Blick zwar den imprägnierten Fugenbändern für den Außenbereich und werden von den gleichen Herstellern angeboten, die auch die vorkomprimierten Bänder mit Imprägnat herstellen. Schaumstoffbänder ohne Imprägnat sind jedoch nicht für die Fugenabdichtung im Außenbereich vorgesehen und können hier entsprechende Abdichtungsaufgaben nicht übernehmen.

## Instandsetzung

Die falschen Bänder sind restlos zu entfernen und durch vorkomprimierte imprägnierte Fugenbänder zu ersetzen.



**Bild 112** ■ Einbau eines falschen Fugenbandmaterials mit unzureichender Kompression

## Schadensvermeidung

Ein Blick in das Produktdatenblatt, das für alle eingesetzten Bandmaterialien auf der Baustelle verfügbar sein muss, genügt in der Regel, um derartige Ausführungsmängel zu verhindern, sofern das erforderliche Fachpersonal mit den Fugenbandverlegungen beauftragt ist.

### 2.3.11 Unzureichender Bandstoß bei aufgedoppeltem Fugenband (Gebäudedehnfuge)

#### Schadensbild

Sollen breitere Fugen mit vorkomprimierten Dichtbändern geschlossen werden, erfolgt gelegentlich anstelle der Verwendung eines breiten Bandes auch eine Aufdoppelung durch Aufeinanderlegen von zwei entsprechend schmaleren Fugenbändern. An den Stoßausbildungen kommt es des Öfteren zu

Undichtigkeiten, die zu Durchfeuchtungsschäden im Gebäudeinneren führen können (Bild 113).

### Schadensursachen

In Unkenntnis des Funktionsprinzips der vorkomprimierten Dichtbänder wird häufig versucht, durch Schräganschnitte an den Stößen einen weitgehend nahtlosen Übergang zwischen den einzelnen Bandenden zu erreichen. Bei schrägem Anschnitt ist der Einbau als Pressstoß durch entsprechende Überlänge des zugeschnittenen Bandes baupraktisch nicht möglich. Dadurch verbleiben stets an den spitz zulaufenden Bandenden entweder unmittelbar Hohlstellen oder zumindest unzureichend komprimierte Schwachstellen der Bandabdichtung (Bild 113).



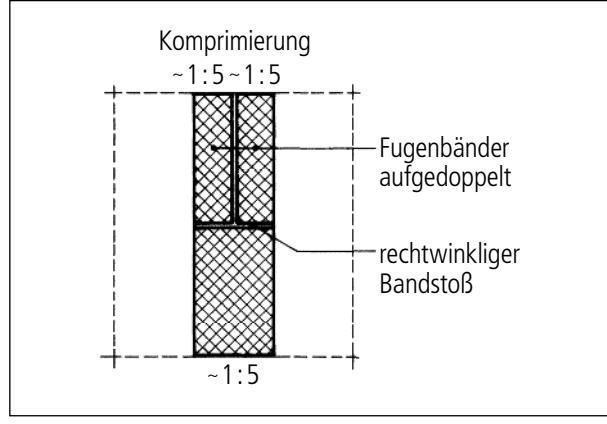
**Bild 113** ■ Fugenbandstoß im Bereich aufgedoppelter vorkomprimierter Dichtbänder mit größeren Fehlstellen

## Instandsetzung

Für eine Instandsetzung sind entsprechend Kapitel 2.3.6 die unzureichend gestoßenen Bandbereiche aus der Fuge herauszuschneiden und durch entsprechend neue Fugenbänder mit fachgerecht hergestelltem, senkrecht zur Fuge verlaufendem Stoß und Überlänge einzupassen.

## Schadensvermeidung

Ein Aufdoppeln von elastischen Fugenbändern sollte für Sonderfälle vorbehalten werden; soweit möglich, sind Fugenbänder mit ausreichenden Abmessungen bereitzuhalten, die ein Schließen der Fuge in einem Stück ermöglichen. Für die Fälle, in denen eine Aufdoppelung der Fugenbänder vorgenommen wird, sind die Bandstöße entsprechend Bild 114 senkrecht zur Fugenflanke auszuführen und die Bänder sind mit entsprechender Überlänge auf Pressstoß einzubauen (siehe hierzu auch Kapitel 2.3.6). Bei der Auswahl der Bandabmessungen ist darauf zu achten, dass sowohl im Bereich der aufgedoppelten Bänder als auch im Bereich einlagig verlegter Bänder die vom Hersteller vorgeschriebene Komprimierung eingehalten wird, damit die Bandkomprimierung auf beiden Seiten des Stoßes in etwa gleich groß ist.



**Bild 114** ■ Stoß zwischen vorkomprimierten Dichtbändern im Bereich aufgedoppelter Bänder

### 2.3.12 Beschädigungen durch Vandalismus

#### Schadensbild

Ebenso wie an Fugenabdichtungen aus elastischen Dichtstoffen werden in frei zugänglichen Sockelbereichen auch an vorkomprimierten Fugenbändern häufig Versuche unternommen, eine Zerstörung mit spitzen Gegenständen oder

z. B. Flammen von Feuerzeugen herbeizuführen. Hierbei leisten fachgerecht eingebrachte vorkomprimierte Fugenbänder jedoch einen wesentlich höheren Widerstand als andere Fugenabdichtungsmaterialien. In der Regel werden lediglich oberflächennahe Beschädigungen verursacht, die die Funktionsfähigkeit der Bänder insgesamt nicht nennenswert beeinträchtigen (Bild 115).

### Instandsetzung und Schadensvermeidung

Sofern nur oberflächennahe Zerstörungen der Fugenbänder auftreten, ist es wenig sinnvoll, durch Austausch der Fugenbänder eine Instandsetzung vorzunehmen, da in der Regel bereits kurze Zeit danach mit erneuten Beschädigungen zu rechnen ist. Für den Fall, dass z. B. aus optischen Gründen derartige Schäden dennoch beseitigt werden sollen, ist ein zusätzlicher Schutz, z. B. durch Blechabdeckungen oberhalb der Fugen, notwendig. Aufgrund des vergleichsweise hohen Widerstandes, den vorkomprimierte Dichtbänder me-



**Bild 115 ▪**  
Beschädigungsversuche  
an vorkomprimiertem  
Fugenband durch spitze  
Gegenstände und  
Flammeneinwirkung

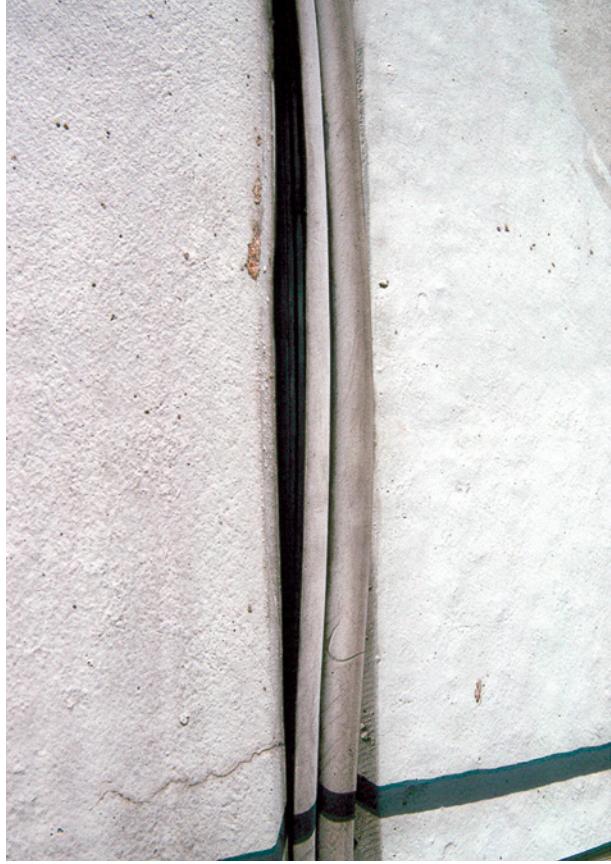
chanischen Beschädigungen entgegengesetzen, und der schweren Entflammbarkeit des Dichtstoffes ist gerade in ungeschützten Sockelbereichen der Einsatz dieses Materials wesentlich sinnvoller als die Verwendung elastischer Dichtstoffe.

## 2.4 Fugenprofile

### 2.4.1 Unzureichend fixiertes Klemmprofil

#### Schadensbild

Klemmprofile entsprechend Bild 9 sitzen häufig nur lose zwischen den Fugenflanken und rutschen im Extremfall aus den Fugenbereichen heraus (Bild 116). Damit ist die Gefahr des Eindringens von Schlagregen in die Fugenkonstruk-



**Bild 116** ■ Lose zwischen den Fugenflanken sitzendes elastisches Fugenprofil

tion mit nachfolgenden Durchfeuchtungsschäden gerade bei mit Fugenprofilen abgedichteten Fugen relativ groß.

### **Schadensursachen**

Zur Erzielung einer hinreichend abdichtenden Wirkung von Fugenprofilen müssen diese mit ausreichendem Anpressdruck vollflächig an den Fugenflanken anliegen. Bereits kleinere Unebenheiten im Bereich der Fugenflanken bewirken punktuelle Undichtigkeiten. Insbesondere bei schwankenden Fugenbreiten ist die Auswahl geeigneter Profile, die auch an den breitesten Stellen der Fugen noch ausreichend fest sitzen, kaum möglich. Die größten Fugenbreiten infolge von Temperaturdehnungen treten in der kältesten Jahreszeit auf, bei Temperaturen also, bei denen das Material der Klemmprofile die geringste Elastizität aufweist. Dadurch kommt es vorzugsweise im Winterhalbjahr zu Ablösungen von Klemmprofilen mit Folgeschäden durch ein dringendes Niederschlagswasser.

### **Instandsetzung**

Da eine ausreichende Funktionssicherheit von Klemmprofilen nur bei absolut ebenen und parallel laufenden Fugenflanken erreicht werden kann, ist eine Instandsetzung der Fugenabdichtungen in der Regel mit anderen Materialien vorzunehmen. Sofern die Fugenbreiten keinen allzu großen Schwankungen unterliegen und das Erscheinungsbild der Fuge, d.h. die Fugenbreite, erhalten bleiben soll, kommen zur Abdichtung vorkomprimierte Dichtbänder in Betracht. Sind größere Toleranzen innerhalb der Fugenbreiten aufzunehmen, bietet sich als Instandsetzungsmaßnahme das Überkleben mit elastischen Dichtbändern an, wobei sich die zu wählende Bandbreite nach den maximalen Fugenbreiten richten muss.

### **Schadensvermeidung**

Aufgrund der hohen Anforderungen an die Beschaffenheit der Flankenoberflächen und deren Parallelität sind Klemmprofile zumindest bei Mauerwerks- und Betonbauten nicht geeignet. Hier sollten zur Schadensvermeidung grundsätzlich andere Fugenabdichtungsmaterialien zum Einsatz gelangen.

## 2.4.2 Flankenabriß eines Putzprofiles – unzureichende Elastizität

### Schadensbild

Gebäudedehnfugen im Bereich von Putzfassaden werden häufig mit winkel-förmigen Putzabschlussprofilen aus Metall und dazwischenliegender Verfü-gung mit elastischem Dichtstoff ausgebildet. Während die elastische Abdich-tung zwischen diesen Putzprofilen relativ selten Schäden aufweist, kommt es häufig zu Abrissen zwischen Metallprofil und Putz (Bild 117). Durch diese Risse kann Schlagregen hinter die Fugenabdichtung gelangen und zu Feuch-teschäden führen.

### Schadensursachen

Wird der elastische Dichtstoff zwischen den Metallflanken der Putzabschluss-profile in einer relativ großen Dicke eingebracht ohne eine ausgeprägte Dehn-zone durch Verjüngung des Dichtstoffes in Fugenmitte, ist eine relativ große



**Bild 117** ■ Dehnfugen-ausbildung in einer Putz-fassade mittels Putzab-schlussprofilen aus Metall und Versiegelung mit elastischem Dichtstoff – Abriss des Putzprofils von der Putzflanke und Rissbildungen in den Putzflanken

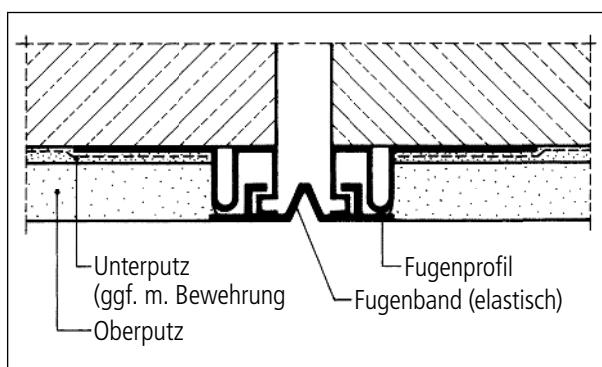
Kraft notwendig, um die Dehnung entsprechend den Fugenflankenbewegungen in dem Dichtstoff zu bewirken (Kapitel 2.1.12). Hierdurch werden die aufnehmbaren Haftzugkräfte zwischen Putzprofil und Putz unterschritten und es kommt vorzugsweise zu Ablösungen zwischen Putzprofil und Putz mit der Folge mehr oder weniger großer Rissbildungen.

### Instandsetzung

Eine Instandsetzung durch kraftschlüssiges Verschließen der Risse zwischen Putzprofil und Putz stellt in der Regel keine dauerhafte Instandsetzungsmaßnahme dar, da erneute Rissbildung üblicherweise neben dem ursprünglichen Riss wieder auftreten. Dies kann nur dadurch verhindert werden, dass zusätzlich der zu dick eingebrachte Dichtstoff aus der Fuge herausgeschnitten und beispielsweise durch vorkomprimierte Dichtbänder ersetzt wird. Dadurch, dass vorkomprimierte Bänder lediglich Druckkräfte auf die Fugenprofile an den Putzflanken ausüben, ist ein erneutes Auftreten von Rissen weitgehend ausgeschlossen.

### Schadensvermeidung

Werden Putzabschlussprofile als Fugenflankenbegrenzung mit elastischem Dichtstoff geschlossen, besteht grundsätzlich die Gefahr, dass durch zu dickes Einbringen des Dichtstoffes unzulässig große Kräfte bei Fugenbewegungen auf die Profile übertragen werden. Derartige Fugen sind entweder durch vorkomprimierte Fugenbänder abzudichten oder aber es sind Putzprofile vorzusehen, die Nuten aufweisen, um hochelastische Profile aufnehmen zu können, die im Falle von Zerstörungen oder Überalterung problemlos ersetzt werden können (Bild 118).



**Bild 118** ■ Fugenausbildung in einer Putzfassade mit Fugenprofil und auswechselbarem elastischem Fugenband

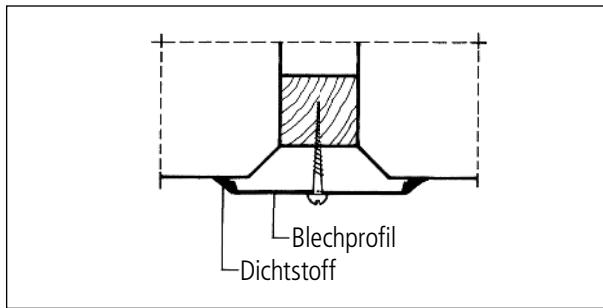
## 2.4.3 Blechabdeckung ohne ausreichende Bewegungsmöglichkeit

### Schadensbild

Fugen, die größeren mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, werden häufig durch Metallabdeckungen geschlossen, die gleichzeitig die dichtende Funktion für die Fuge übernehmen sollen. Hierbei wird oftmals keine ausreichende Bewegungsmöglichkeit der Fugenflanken gegeneinander vorgesehen. Im vorliegenden Fall wurde ein Fugenabdeckblech an beiden Seiten der Fugenflanke mit elastischem Dichtstoff an die Fassade angeschlossen (Bild 119). Die Fixierung des Abdeckbleches erfolgte mit Schrauben innerhalb der Fugenkonstruktion an punktuell eingeschlagenen Holzleisten (Bild 120). Die elastischen Verfugungen zwischen Blechprofil und Untergrund wiesen durchgehend Abrisse auf, und teilweise fiel die gesamte Blechkonstruktion aus den Fugen heraus.



**Bild 119** ■ Fugenabdichtung zwischen Außenwandelementen mit Blechprofilen



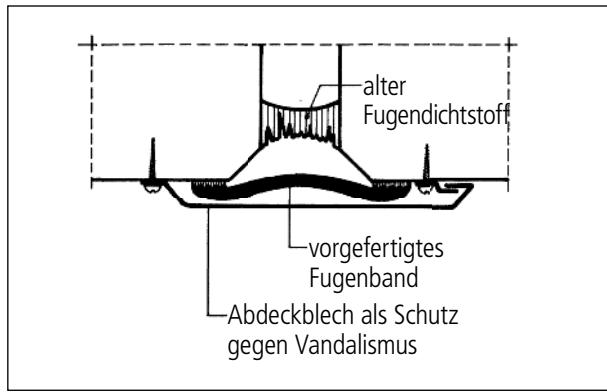
**Bild 120** ■ Schematische Darstellung der vorhandenen Situation (siehe Bild 119) – fehlende Bewegungsmöglichkeit infolge beidseitiger Fixierung mit Dichtstoff (Dreiflankenhaftung)

## Schadensursachen

Die Fixierung des Blechabdeckprofils mittels Schrauben innerhalb der Fugenkonstruktion (Bild 120) ist zumindest im Winterhalbjahr wirkungslos. Bei temperaturbedingter Aufweitung der Fuge sitzen die Holzleisten, in denen das Blechprofil verschraubt ist, lose in den Fugen, sodass lediglich die Fixierung durch den Dichtstoff an den Blechprofilkanten gegeben ist. Diese ohne jegliche Dehnzone ausgebildeten Dichtstoffkeile (Dreiflankenhaftung) sind jedoch nicht in der Lage, nennenswerte Relativbewegungen der Fugenflanken aufzunehmen, weshalb es zwangsläufig entweder zum Riss im Dichtstoff oder zu einem Flankenabriss zumindest auf einer Seite kommen muss (Kapitel 2.1.22).

## Instandsetzung und Schadensvermeidung

Im Hinblick darauf, dass die gesamte die Fuge überdeckende Konstruktion keinerlei Bewegungen aufnehmen kann, ist eine vollständige Entfernung und eine anschließende Neuabdichtung der Fuge unter Berücksichtigung der zu erwartenden Fugenbewegungen notwendig. Hierfür bietet sich das Überkleben mit vorgefertigten elastischen Dichtbändern an. Im Hinblick auf die große Beschädigungsgefahr in öffentlich zugänglichen Bereichen (vgl. auch Kapitel 2.2.7) ist ein Schutz der Dichtbänder erforderlich. Dieser kann z. B. durch eine Blechabdeckung erfolgen. Hierbei ist eine Konstruktion zu wählen, die eine freie Beweglichkeit der Fugenflanken unterhalb der Blechabdeckung ermöglicht und dennoch eine ausreichende Fixierung der Abdeckung als wirksamen Schutz gegen Vandalismus sicherstellt. Eine derartige, mögliche Konstruktion ist in Bild 121 dargestellt.



**Bild 121** ■ Fugenabdichtung mit elastischem Fugenband und mechanischer Schutz der Abdichtung mittels Blechabdeckung

## 2.4.4 Mechanische Zerstörung durch Vandalismus

### Schadensbild

Im Bereich von Gebäudedehnfugen werden häufig Metallabschlussprofile an den Fugenflanken angebracht, zwischen denen ein elastisches Fugenprofil die eigentliche Fugenabdichtung übernimmt. Ebenso wie elastische Dichtstoffe und Fugenbänder stellt eine derartige Konstruktion jedoch keinen ausreichenden Schutz gegen Vandalismus dar, weshalb solche Fugenabdichtungen in öffentlich zugänglichen Bereichen nicht geeignet sind.

### Instandsetzung und Schadensvermeidung

Da elastische Fugenprofile keinen ausreichenden Widerstand gegen Vandalismus aufweisen, sind in besonders gefährdeten Bereichen vorzugsweise zusätzliche Blechabdeckungen, beispielsweise entsprechend Bild 121, vorzusehen.

## 2.5 Konstruktive Fugen

### 2.5.1 Nicht funktionsfähige Fugenkonstruktion aufgrund übergroßer Toleranzen

#### Schadensbild

Insbesondere an Großtafelbaukonstruktionen, die in der Vergangenheit in den neuen Bundesländern errichtet worden sind, weisen offene konstruktiv ausgebildete Fugen oftmals übergroße Toleranzen auf. Innerhalb eines Fugen-

kreuzes stoßen Pressfugen auf der einen Seite und bis zu 6 cm breite Fugen auf der anderen Seite aufeinander (beispielhaft Bild 122). In den Außenwandbereichen hinter derartigen Fugenausbildungen kommt es bei Schlagregenbeanspruchung zu Durchfeuchtungsschäden und mitunter auch zu Zugerscheinungen innerhalb der Räume bei entsprechenden Windbelastungen.

### Schadensursachen

Die in konstruktiv ausgebildeten Fugen entsprechend Bild 10 aufnehmbaren Toleranzen bei der Montage von Fertigteilen sind zwar wesentlich größer als bei mit Dichtstoff oder Profilen abgedichteten Fugen, jedoch sind auch hier Grenzen gesetzt. Die Stauschwellenhöhe der Horizontalfugen muss abhängig von der jeweiligen Beanspruchung entsprechend DIN 4108 Mindestvorgaben erfüllen. Je breiter die Horizontalfugen bei der Fertigteilmontage ausfallen,



**Bild 122** ■ Fugenbreiten zwischen 0 und 6 cm im Bereich eines Fugenkreuzes zwischen Betonfertigteilelementen

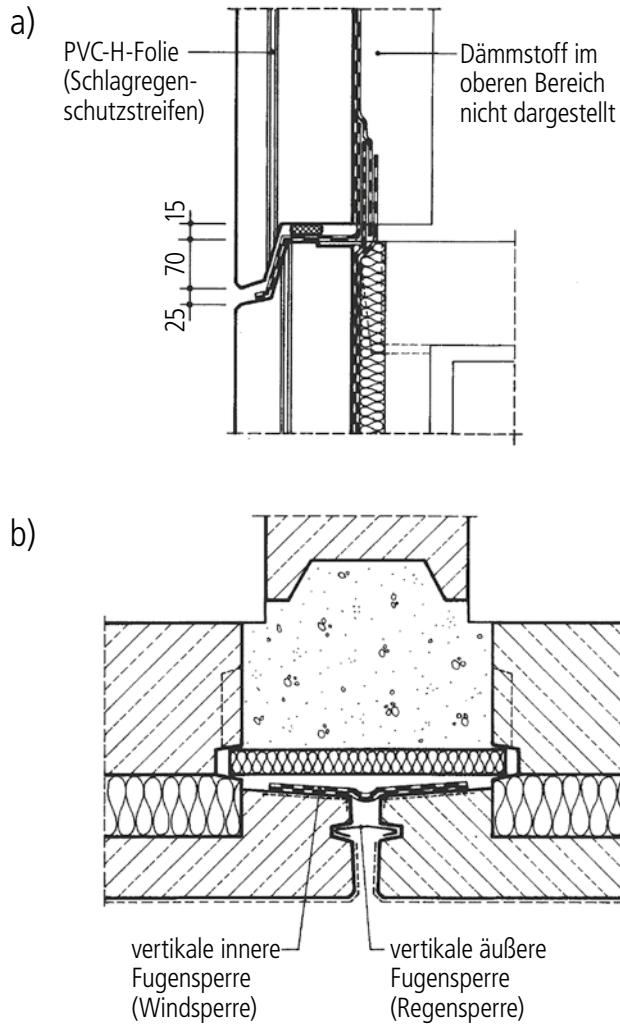
desto kleiner wird die wirksame Resthöhe der Stauschwelle, sodass bei entsprechender Schlagregenbeanspruchung und Winddruck auf die Fassade Niederschlagswasser über die Stauschwelle in die Wandkonstruktion getrieben wird. Zusätzliche Fugenabdichtungen mit Abdichtungsbahnen, wie sie z.B. bei einigen Varianten der Wohnungsbauserie 70 (WBS 70) planerisch vorgegeben waren, wurden in der Regel nicht oder nicht entsprechend den Vorgaben ausgeführt. Die Planungsvorgabe dieser zusätzlichen Dichtungsbahnen im Bereich von Fugenkreuzen entsprechend Bild 123a verdeutlicht, dass ein derartiger handwerklicher Aufwand unter dem Druck einer möglichst großen Produktivität bei der Errichtung von Großtafelbauten in der ehemaligen DDR nur selten mängelfrei zur Ausführung gekommen ist.

Im Bereich der Vertikalfugen sind hinsichtlich des Schlagregenschutzes insbesondere die hier vorhandenen Pressfugen als kritisch zu bewerten, da die für die Vertikalfugen vorgesehenen Schlagregensperren aus PVC-Profilen entsprechend Bild 123b nicht eingebbracht werden konnten und auch nachträglich nicht mehr montierbar sind. Bei Schlagregenbeanspruchung kann das Niederschlagswasser damit bis in die Höhe der Wärmedämmung gelangen, die lediglich nur noch planmäßig mit einer Abdichtungsbahn (Windsperre) geschützt ist. Auch hier führen bereits geringe Ausführungsfehler beim Aufbringen dieser Dichtungsbahn zu Undichtigkeiten. Gerade bei Pressfugen besteht auch die erhöhte Gefahr, dass diese Abdichtungsbahnen bei Fugenbewegungen der Vorsatzschale aufreißen, da in der Pressfuge kein Raum für eine schlauenförmige Fugenabdichtung gegeben ist (Bild 123b).

Neben der konstruktiven offenen Fugenausbildung bei den Dreischichtenplatten der WBS-70-Bauart wurden auch bei einschichtigen Leichtbetonaußenwandelementen gleichartige Fugenausbildungen vorgenommen (Bild 124). Aufgrund der hier ebenso vorhandenen großen Montagegenauigkeiten treten entsprechende Schadensbilder auf. Durch die Fugen in die Außenwandkonstruktion eindringendes Niederschlagswasser führt zu einer raschen Verminderung der Wärmedämmeigenschaften des Porenbetons und vielfach zu weitergehenden Frost- und Feuchteschäden.

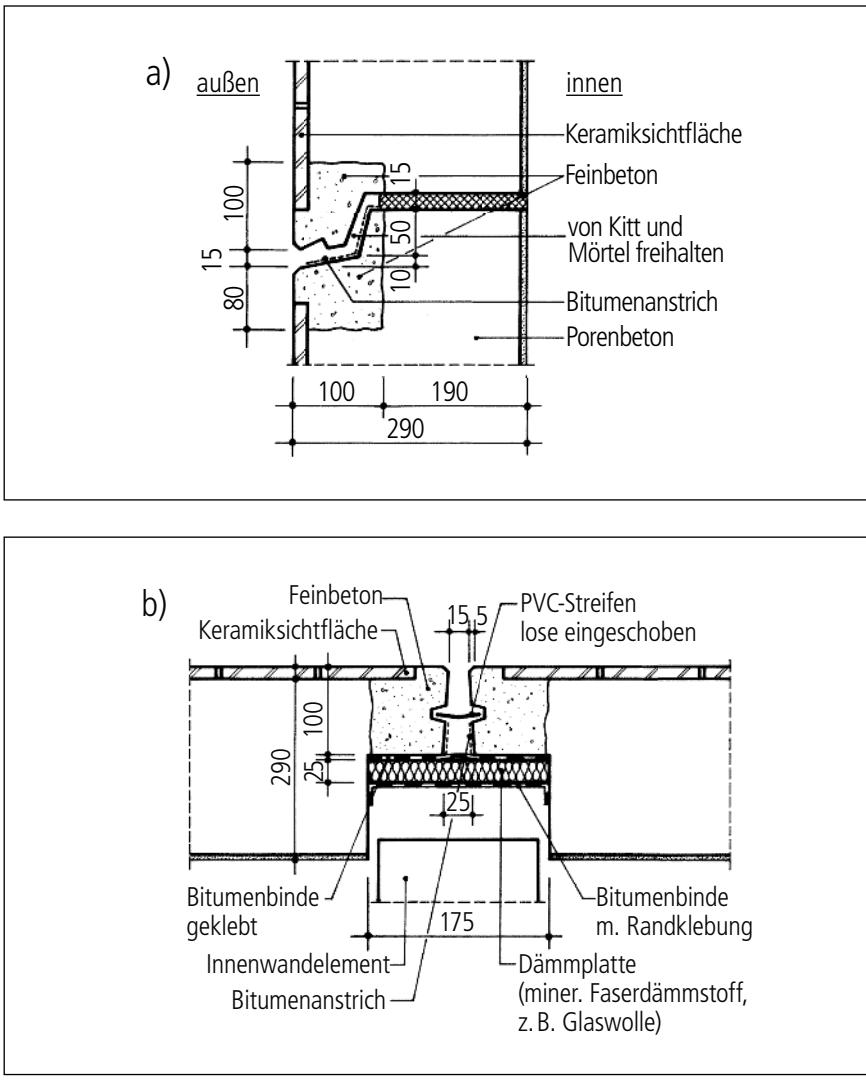
## Instandsetzung

Da die Fugenbreiten im Nachhinein nicht mehr korrigiert werden können, ist die Funktionsfähigkeit der offenen belüfteten Fugenkonstruktion nicht mehr zu erreichen. Damit ist es erforderlich, die gesamten Horizontal- und Vertikalfugen des betroffenen Gebäudebereiches z.B. durch Überkleben mit elastischen Fugenbändern abzudichten. Die Breite der Fugenbänder richtet sich hierbei nach den maximal vorhandenen Fugenbreiten. Dadurch ist es auch möglich, die vorhandenen unterschiedlichen Fugenbreiten zu kaschie-



**Bild 123** ■ a) Planmäßige Horizontalfugenausbildung im Fugenkreuzbereich (WBS-70-Variante)  
b) Planmäßige Vertikalfugenausbildung einer WBS-70-Variante

ren und ein einheitliches Fugenbild – wenn auch orientiert an der jeweils breitesten Fuge – zu erreichen. Hierbei ist grundsätzlich zu beachten, dass der betroffene Fassadenbereich über die gesamte Gebäudehöhe abzudichten ist, da eine Vermischung von an der Oberfläche abgedichteten Fugen und konstruktiven belüfteten Fugen nicht möglich ist und zwangsläufig zu weiteren Feuchteschäden durch eindringendes Niederschlagswasser führen muss (Kapitel 2.5.3 und 2.5.4).



**Bild 124** ■ a) Offene Horizontalfugenausbildung in einem einschichtigen Außenwandfertigteilelement  
b) Belüftete Vertikalfugenausbildung in einem einschichtigen Außenwandfertigteilelement

### Schadensvermeidung

Durch sorgfältige Herstellung und Montage von Großtafelbauelementen ist es ohne Weiteres möglich, die Fugenbreiten in engen zulässigen Grenzen zu halten. Unter dieser Voraussetzung stellen offene belüftete Fugen nach

wie vor die dauerhafteste und unempfindlichste Art der Fugenausbildung im Großtafelbaubereich dar. Bei der Planung entsprechender Neubaumaßnahmen sollte dementsprechend in jedem Fall eine konstruktive belüftete Fugenkonstruktion – vorzugsweise entsprechend Bild 10b – vorgesehen werden.

## 2.5.2 Zerstörung der Horizontalfuge durch Ausbrüche der Betonschwelle

### Schadensbild

An Außenwandelementen der Großtafelbauweise sowohl westeuropäischer wie auch osteuropäischer Produktion treten bevorzugt an den Plattenunterkanten im Bereich der Horizontalfugenausbildung erhebliche Betonkorrosionsschäden auf (Bild 125). Die hier auftretenden, zum Teil großflächigen Betonausplatzungen legen die Stauschwelle der Horizontalfugen frei, sodass kein ausreichender Schlagregenschutz mehr besteht und neben den Korrosionsschäden an den Wetterschalen Schlagregen weitgehend ungehindert hinter die Fugenkonstruktion dringen kann.

### Schadensursachen

Im Bereich der Stauschwellen bei den offenen Horizontalfugen ist das Einhalten der erforderlichen Betondeckung schwierig – bzw. schwierig gewesen –, sodass es hier zunehmend zu umfangreichen Betonabplatzungen infolge der korrodierenden Bewehrung kam. Damit liegt die Ursache in diesem Fall nicht in der eigentlichen Fugenausbildung, sondern vielmehr in einer mangelhaften Produktion der Fertigteilelemente begründet.

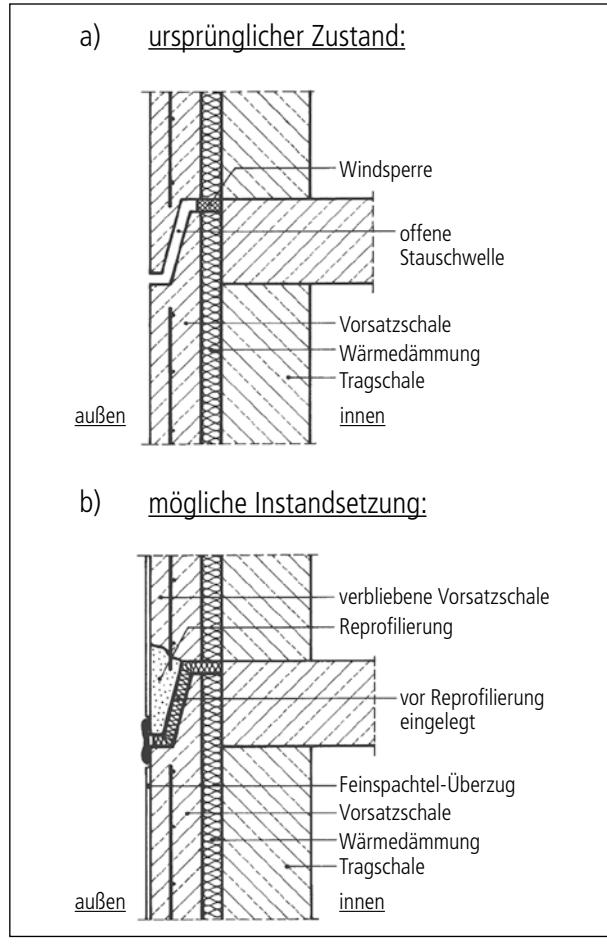


**Bild 125** ■ Betonabplatzungen im Bereich der offenen Horizontalfugen infolge korrodiertener Bewehrung

## Instandsetzung

Eine Instandsetzung der Stauschwellen in der bisherigen Form mit einer Stauhöhe gemäß DIN 4108-3 ist nur unter verhältnismäßig großem Aufwand möglich, da der offene Staubereich im Zuge der Reprofilierung in irgendeiner Form geschalt werden muss. Die anschließende Entfernung der Schalung und damit die Wiederherstellung des belüfteten Fugenraumes ist kaum möglich.

Aus diesem Grund wird die Herstellung der Schalung zur erforderlichen Trennung der oberen von der unteren Vorsatzschale in der Regel durch Einlegen von Dämmstoffstreifen erreicht, die in der Fuge verbleiben. Die Abdichtung der gesamten Fugenkonstruktion (Horizontal- und Vertikalfugen) muss in diesem Fall durch eine außen liegende Abdichtung – vorzugsweise durch elastische Fugenbänder – erfolgen (Bild 126).



**Bild 126 ■**

- a) Ursprünglicher Zustand der offenen Horizontalfuge vor Auftreten von Korrosionsschäden
- b) Mögliche Instandsetzung von Betonabplatzungen im Schwellenbereich der Horizontalfuge

## Schadensvermeidung

Um ein Auftreten von Betonkorrosionsschäden an den relativ filigran auszubildenden Vorsatzschalen im Bereich der Stauschwellen sicher auszuschließen, muss die Mindestbetondeckung des Bewehrungsstahles an jeder Stelle erreicht sein. Dies ist in der Praxis mit ausreichender Sicherheit äußerst schwierig einzuhalten. Daher ist es empfehlenswert, auf die Ausbildung der Stauschwellen in der Betonkonstruktion zu verzichten und stattdessen vorgefertigte Kunststoffprofile, z.B. entsprechend Bild 10b, einzusetzen.

### 2.5.3 Konstruktive Fugenausbildung teilweise mit Dichtungsmasse geschlossen

#### Schadensbild

Sind im Bereich unzureichend ausgebildeter oder beschädigter konstruktiver offener Fugen Feuchteschäden im Gebäudeinneren aufgetreten, wurde häufig der Versuch unternommen, die Schadensursache durch punktuelles Abdichten mit Dichtstoffen zu beseitigen (Bild 127). Nach solchen punktuellen Abdichtungsmaßnahmen der Fugen tritt Feuchtigkeit häufig an anderen Stellen durch die Fugenkonstruktion in das Gebäude ein.

#### Schadensursachen

Das Funktionieren der offenen konstruktiven Fugenausbildung beruht maßgeblich auf dem Prinzip, dass in die Fugen eindringender Niederschlag schadlos innerhalb der Fugenkonstruktion ablaufen kann und jeweils in den Horizontalfugenbereichen nach außen abgeführt wird. Wird dieses Fugensystem nur punktuell durch das Verschließen der Fugen an der Bauteiloberfläche gestört, so kann in diesen geschlossenen Bereichen Niederschlagswasser nicht mehr ungehindert nach außen abgeführt werden, sondern es staut sich innerhalb der Fugenhohlräume unkontrolliert an. Insbesondere wenn auch die Horizontalfugen mit Dichtstoff geschlossen werden, kann das in den Fugen ansteigende Wasser die Stauschwelle überfluten und es kommt im Extremfall zu schwallartigen Wassereinbrüchen.

#### Instandsetzung

Sind offene belüftete Fugensysteme bereichsweise nicht funktionsfähig, genügt es nicht, nur diese Bereiche an der Bauteiloberfläche abzudichten, sondern es ist zumindest strangweise von der Gebäudeoberkante bis zum Sockel eine Abdichtung, vorzugsweise mit elastischen Fugenbändern, vorzunehmen.



**Bild 127** ■ Bereichsweise mit Dichtstoff geschlossene Vertikalfuge innerhalb einer konstruktiven belüfteten Fugenkonstruktion

Sofern lediglich punktuelle Fehlstellen in dem offenen Fugensystem vorhanden sind, wie z.B. fehlende Schlagregensperren in den Vertikalfugen, sollte versucht werden, diese Fehlstellen systemgerecht zu reparieren (z.B. Einziehen fehlender Schlagregensperren), damit die belüftete Fugenkonstruktion wieder ihre volle Wirksamkeit zurückerhält.

### Schadensvermeidung

Durch sorgfältige Fertigteilherstellung und Montage ist dafür Sorge zu tragen, dass die Funktionsfähigkeit der konstruktiven Fugenausbildung erreicht wird. Dies bedeutet, dass hinsichtlich der Schadensvermeidung eine sorgfältige Überwachung sowohl der Fertigteilherstellung als auch insbesondere der Montage erfolgen muss.

## 2.5.4 Mit Mörtel teilweise geschlossene konstruktive Fugenausbildung

### Schadensbild

Vereinzelt wurde der Versuch unternommen, offene Vertikalfugenausbildungen, bei denen aufgrund zu geringer Fugenbreite die Schlagregensperre nicht eingeführt werden konnte, mit einem Mörtelverstrich vollkommen zu schließen und so eine ausreichende Abdichtung zu erzielen. Nach Durchführung entsprechender Arbeiten traten in der Regel verstärkt Feuchteschäden im Gebäudeinneren auf und zudem kam es zu Rissbildungen und Kantenabplatzungen, insbesondere im Fugenkreuzbereich (Bild 128).



**Bild 128** ▪ Mit Mörtel teilweise geschlossene konstruktive Fugenausbildung mit Betonabplatzungen im Fugenkreuz

## Schadensursachen

Werden konstruktiv ausgebildete Fugen – insbesondere im Horizontalfugenbereich – nur bereichsweise verschlossen, kommt es bei Schlagregenbeanspruchung zu unkontrollierten Wasseransammlungen in den Fugenhohlräumen. Wasser kann über die horizontalen Stauschwellen in die Wandkonstruktionen eindringen (Kapitel 2.5.3). Durch den starren Mörtelverguss zwischen den Fugen ist darüber hinaus die zwängungsfreie Bewegungsmöglichkeit der einzelnen Vorsatzschalen behindert. Es kommt zu Spannungsspitzen im Bereich der Vermörtelungen, die die maximal aufnehmbaren Druckspannungen des Vorsatzschalenbetons bei Weitem überschreiten, was Kantenabplatzungen (Kapitel 2.1.15) zur Folge hat.

## Instandsetzung

Zur Wiederherstellung der zwängungsfreien Bewegungsmöglichkeit der einzelnen Vorsatzschalenelemente sind die vermortelten Fugenbereiche aufzuschneiden. Eine wirtschaftlich vertretbare und technisch einwandfreie Abdichtung der Fugen ist anschließend vorzugsweise durch Überkleben mit elastischen Fugenbändern zu erreichen. Hierbei ist insbesondere zu beachten, dass nicht nur die ursprünglich geschädigten Fugenbereiche neu abzudichten sind, sondern der gesamte betroffene Gebäudeteil vom Dach bis zum Sockel.

## Schadensvermeidung

Durch sorgfältige Überwachung der Fertigteilherstellung und deren Montage ist dafür Sorge zu tragen, dass die Fugenbreiten innerhalb der zulässigen Grenzen bleiben.

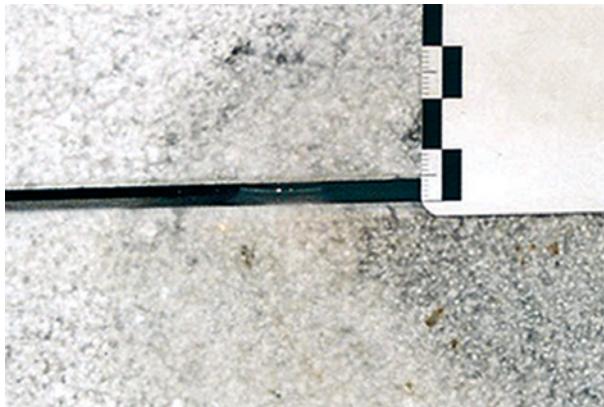
### 2.5.5 Zu schmale Fugen zwischen Natursteinbekleidungen – punktuelle Durchfeuchtungen

#### Schadensbild

Nach erfolgter Schlagregenbeanspruchung sind an einer hinterlüfteten Natursteinfassade regelmäßig noch längere Zeit punktuelle Durchfeuchtungen der Steinoberflächen deutlich erkennbar gewesen (Bild 129). Bei näherer Betrachtung war festzustellen, dass diese Durchfeuchtungen alle ihren Ausgangspunkt an Wassertropfenbildung zwischen den nur 4 mm breiten offenen Steinfungen hatten (Bild 130).



**Bild 129** ■ Hinterlüftete Natursteinfassade mit offenen Fugen einige Zeit nach Schlagregenbeaufschlagung



**Bild 130** ■ Detail aus Bild 129 – Wassertropfenbildung in der 4 mm breiten offenen Steinfuge

## Schadensursachen

Durch die Oberflächenspannung des Niederschlagswassers können sich Wassertropfen in dem nur 4 mm breiten Fugenraum halten, anstatt unmittelbar an der Rückseite der hinterlüfteten Fassadenplatten abzulaufen. Hierdurch werden zum einen die Plattenränder bei Schlagregenbeaufschlagung stärker durchfeuchtet und zum anderen halten sich die Wassertropfen an den jeweils zufälligen Tiefpunkten der Horizontalfugen auch nach Beendigung der Wasserbeaufschlagung. Sie dringen in die Steinoberflächen ein und bewirken das erst deutlich verlangsamte Abtrocknen der Steinoberflächen (Bild 130).

## Instandsetzung

Die Ursache für dieses unterschiedliche Abtrocknungsverhalten liegt in der zu geringen Breite der Plattenfugen begründet. Eine Verbreiterung der Fugen

auf ein Mindestmaß von 8 mm, das in der Regel ausreicht, um zu verhindern, dass die Oberflächenspannung des Regenwassers eine »Brückenbildung« zwischen den Fugenflanken ermöglicht, ist mit verhältnismäßigem Aufwand kaum möglich.

Von einem Verschließen der Fugen zwischen den Natursteinplatten mit Dichtstoff ist dringend abzuraten, da hierdurch in die weitgehend wartungsfreie Natursteinoberfläche eine in vergleichsweise kurzen Intervallen zu erneuernde Fugenkonstruktion eingebaut wird (Erneuerung des Dichtstoffes ca. alle zehn Jahre). Zudem ist eine regelgerechte Ausbildung der Dichtstofffuge nicht möglich; insbesondere an den Stellen der Fassadenanker (Dorne in den Horizontal- oder Vertikalfugen) wird der Dichtstoff vorzeitig versagen.

Die Behandlung der Steinoberflächen mit hydrophobierenden Mitteln wäre gegebenenfalls eine temporäre Möglichkeit, die Oberflächenspannung so zu verändern, dass es nicht mehr zu den Tropfenbildungen kommt. Da diese Mittel jedoch in ihrer Wirkung schnell nachlassen, wäre hier eine Überarbeitung bereits nach kurzer Zeit notwendig.

Nimmt man den Effekt der unterschiedlich schnellen Abtrocknung in Kauf, muss im Laufe der Zeit damit gerechnet werden, dass diese Fassadenflächen unterschiedlich stark verschmutzen und damit einen optische Beeinträchtigung auch nach vollständigem Abtrocknen der gesamten Fassade verbleibt.

## Schadensvermeidung

Die Planung und Ausführung von hinterlüfteten Steinfassaden mit offenen Fugen ist grundsätzlich die dauerhafteste und einzige wartungsfreie Fugenausbildung. Durch die Fugen eindringender Schlagregen kann schadlos in dem Hinterlüftungsraum ablaufen. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass eine Mindestfugenbreite von in der Regel 8 mm eingehalten wird, damit das hier vorgefundene Erscheinungsbild eines unterschiedlich schnellen Abtrocknungsverhaltens und damit die daraus im Laufe der Zeit folgende unterschiedlich starke Oberflächenverschmutzung auf den Fassadenflächen vermieden wird.



## 3 Fazit

Schäden an Außenwandfugen treten in großer Zahl sowohl aufgrund von Planungsfehlern als auch durch mangelhafte Bauausführung auf. Zur Vermeidung dieser hohen Schadensraten muss zum einen bei der Planung möglichst ein verarbeitungsfreundliches, mit geringem Ausführungsrisiko behaftetes Fugenabdichtungssystem gewählt werden. Zum anderen ist die Bauausführung effektiv zu überwachen.

Für die technisch und wirtschaftlich optimierte Fugenausbildung ist eine rechtzeitige Planung erforderlich. Entweder wird das Fugenabdichtungssystem abhängig von Fugenbreite und zu erwartenden Fugenflankenbewegungen sowie gestalterischen Vorgaben ausgewählt oder es werden z.B. die erforderlichen Fugenbreiten für das gewählte Abdichtungssystem vorgegeben. Für die Auswahl geeigneter Lösungen sollen die zusammengestellten Schadensbeispiele Anregungen liefern, um Schäden an den Fugen über die Nutzungsdauer zu vermeiden.

Die Sanierung defekter Fugenabdichtungen erfordert ebenso wie bei Neubau erstellung eine produktunabhängige Planung, um erneute Schäden zu vermeiden. Wie die aufgeführten Schadensbeispiele belegen, führt die Wiederherstellung der ursprünglichen Fugenabdichtung in vielen Fällen zu einer Wiederholung von Planungsfehlern und damit zu erneutem Versagen der Sanierung.

Gerade bei der in großem Umfang erforderlichen Instandsetzung vorhandener Bausubstanz, wie z.B. bei den Fassadenflächen der dreischichtigen Außenwandplatten der Großtafelbauweise, darf eine Neuabdichtung von Außenwandfugen niemals isoliert erfolgen. Es ist vielmehr vorab eine ganzheitliche Beurteilung der Außenwandflächen erforderlich, in die eine abgestimmte Fugenplanung einzubeziehen ist. Hier sind stets neutrale Sachverständige und Planer gefordert, die ihren Blick nicht nur auf die Außenwandfuge beschränken.



# Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN 12208:2000-06 Fenster und Türen – Schlagregendichtigkeit; Deutsche Fassung EN 12208:1999
- [2] DIN 18055:2014-11 Kriterien für die Anwendung von Fenstern und Außentüren nach DIN EN 14351-1
- [3] DIN 18540:2014-09 Abdichten von Fugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen
- [4] DIN 4108-3:2014-11 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
- [5] DIN 4108-2:2013-02 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [6] DIN 4108-7:2011-01 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele
- [7] DIN EN 12207:2015-01 (Entwurf) Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung; Deutsche Fassung prEN 12207:2014
- [8] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (EnEV). Fassung vom November 2013
- [9] DIN 4109:1989-11 Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise
- [10] Berichtigung 1 zur DIN 4109:1992-08 Schallschutz im Hochbau
- [11] DIN 4109-1:2013-06 (Entwurf) Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Anforderungen an die Schalldämmung
- [12] DIN EN 13162:2015-04 Wärmedämmstoffe für Gebäude – werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) – Spezifikation; Deutsche Fassung EN 13162:2012+A1:2015
- [13] DIN 4102:1998-05 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Baustoffe, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
- [14] Industrieverband Dichtstoffe e.V. (Hrsg.): IVD-Merkblatt Nr. 4 Abdichtung von Fugen im Hochbau mit aufzuklebenden Elastomer-Fugenbändern. Stand November 2014
- [15] DIN 18542:2009-07 Abdichten von Außenwandfugen mit imprägnierten Fugendichtungsbändern aus Schaumkunststoff – Imprägnierte Fugendichtungsbänder – Anforderungen und Prüfung
- [16] Industrieverband Dichtstoffe e.V. (Hrsg.): IDV-Merkblatt Nr. 28 Sanierung von defekten Fugenabdichtungen an der Fassade. Stand November 2014
- [17] TRGS 519 Technische Regeln für Gefahrenstoffe: Asbest, Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten. Stand Januar 2014
- [18] DIN 52455-1:2015-08 Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen - Haft- und Dehnversuch – Teil 1: Beanspruchung durch Normalklima, Wasser oder höhere Temperaturen
- [19] DIN 52452-4:2008-11 Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen – Verträglichkeit der Dichtstoffe – Teil 4: Verträglichkeit mit Beschichtungssystemen Hinweis:  
DIN 52452-4:2015-07 (Entwurf) Prüfung von Dichtstoffen für das Bauwesen – Verträglichkeit der Dichtstoffe – Teil 4: Verträglichkeit mit Beschichtungssystemen

- [20] DIN 52453-2:2013-03 Prüfung von Materialien für Fugen- und Glasabdichtungen im Hochbau – Teil 2: Bestimmung der Bindemittelabwanderung mittels Filterpapiermethode

# Stichwortverzeichnis

## A

- Adhäsionsbruch 36
- Alterung 112
- Anforderung 16
- Anstrichverträglichkeit 80
- Asbestfaser 55

## B

- Bandstoß 130
- Beanspruchung 15
- Beanspruchungsgruppe 17
- Bindemittelabwanderung 85

## D

- Dehn-Spannungswert 62
- Dehnzone 51
- Dreiflankenhaftung 50

## E

- Entlüftungsröhrchen 117

## F

- Fensteranschlussfuge 125
- Fensterbankanschluss 88
- Feuerwiderstandsklasse 21
- Flankenablösung 59
- Fugenabstand 30
- Fugenbandbreite 120
- Fugenbewegung 39
- Fugenbreite 30
- Fugendurchlässigkeit 20
- Fugendurchlasskoeffizient 19
- Fugenflanke 35
- Fugentiefe 49
- Fugenversatz 41

## G

- Gesamtverformung 23
- Großtafelbaukonstruktion 149

## H

- Haftflanke 40, 53
- Haftprimer 34
- Haftzugfestigkeit 62
- Hinterfüllmaterial 40

## I

- Imprägnat 135

## K

- Keramikbekleidung 65
- Kerbrissbildung 78
- Kohäsionsbruch 33
- Komprimierung 26
- Kondenswasser 40, 93
- Korrosion 107
- Korrosionsschaden 107

## L

- Langzeitbeständigkeit 113
- Luftdurchlässigkeit 19

## M

- Mindestfugenbreite 43, 68
- Mindestkomprimierung 120
- Morinol 55

## N

- Naturstein 85

## O

- Oberflächenspannung 160

## P

- Pressfuge 69
- Primer 25
- Putzabschlussprofil 145

## R

- Rundschnur 51

### S

- Schalldämmmaß 21  
Scherspannung 48  
Schlagregendichtigkeit 17  
Schlagregensperre 151  
Stauschwelle 154  
Stauschwellenhöhe 150

### T

- Toleranz 24

### U

- Überkomprimierung 122  
Unverträglichkeit 84

### V

- Verträglichkeit 74  
Vorkomprimierung 27

### W

- Wärmebrücke 57  
Wärmebrückeneinfluss 18  
Wärmedämmverbundsystem 94  
Wärmedurchlasswiderstand 18  
Weichmacher 83

### Z

- Zwängungskraft 114  
Zwängungsspannung 70

# Schadenfreies Bauen

Die Fachbuchreihe »Schadenfreies Bauen« stellt das gesamte Gebiet der Bauschäden dar. Erfahrene Bausachverständige beschreiben die häufigsten Bauschäden, ihre Ursachen und Sanierungsmöglichkeiten sowie den Stand der Technik. Die Bände behandeln jeweils ein einzelnes Bauwerksteil, ein Konstruktionselement, ein spezielles Bauwerk oder eine besondere Schadensart.

## Band 1

Ralf Ruhnau

### Schäden an Außenwandfugen im Beton- und Mauerwerksbau

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Fugen sind die schadensträchtigsten Elemente im Außenwandbereich von Beton- und Mauerwerksbauten. Ursachen sind die fehlerhafte oder unterlassene Planung der Fugenkonstruktionen, eine mangelhafte Ausführung oder auch die falsche Wahl des Fugenabdichtungsmaterials. Dieses Buch stellt alle wichtigen, in der Praxis vorkommenden Schadensbilder dar. Die zweite Auflage wurde um zahlreiche neue Schadensbeispiele erweitert und an die aktuellen Regelwerke angepasst. Zusammen mit einer Beschreibung der Planungsgrundlagen für die Fugenausbildung bietet sie eine praxisbezogene Hilfestellung für die regelgerechte Ausführung von Fugenkonstruktionen, die Wahl des geeigneten Materials und die Sanierung schadhafter Fugen.

#### Der Autor:

Dr.-Ing Ralf Ruhnau ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden sowie Betontechnologie, insbesondere Feuchteschäden und Korrosionsschutz. Als Partner der CRP Bauingenieure GmbH (ehemals Ingenieurgemeinschaft Cziesielski, Ruhnau + Partner) befasst er sich gleichermaßen mit Planungsaufgaben von der Tragwerksplanung bis zur bauphysikalischen Beratung und mit der Erstellung von Gutachten sowie der planungs- und baubegleitenden Qualitätsüberwachung. In Fachvorträgen liegen seine Schwerpunkte auf den Gebieten der Bauwerksabdichtung, der Fassadenkonstruktionen und der Bausubstanzbeurteilung.

ISBN 978-3-8167-9520-9



9 783816 795209