

**19**

**SCHÄDEN  
ENFREI  
SLEIER  
BAUEN  
ZEN**

Herausgegeben von Ralf Ruhnau  
Begründet von Günter Zimmermann

Ralf Ruhnau, Nabil A. Fouad

# **Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht- Betonplatten**

2., überarbeitete Auflage

Fraunhofer IRB ■ Verlag

Ralf Ruhnau  
Nabil A. Fouad

## Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten



## **Schadenfreies Bauen**

Herausgegeben von Dr.-Ing. Ralf Ruhnau  
Begründet von Professor Günter Zimmermann

Band 19

# **Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten**

Von  
Ralf Ruhnau  
Nabil A. Fouad

2., überarbeitete 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](http://www.dnb.de) abrufbar.

ISSN: 2367-2048  
ISBN (Print): 978-3-8167-9830-9  
ISBN (E-Book): 978-3-8167-9849-1

Lektorat: Claudia Neuwald-Burg  
Redaktion: Viola Pusceddu  
Satz, Herstellung: Gabriele Wicker  
Layout, Umschlaggestaltung: Martin Kjer  
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  
Auszabedatum, 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-  
Gesetzgebung 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 Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung  
hinzuzuziehen.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2017  
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](http://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 online als elektronische Bibliothek 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 öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Betontechnologie, insbesondere für Feuchteschäden und Korrosionsschutz, außerdem ö.b.u.v. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden. Als Partner der Ingenieurgemeinschaft CRP GmbH, Berlin, und in Fachvorträgen befasst er sich vor allem mit Bausubstanzbeurteilungen sowie bauphysikalischer Beratung für Neubau und Sanierungsvorhaben. Seit 2016 ist er Präsident der Baukammer Berlin. 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

Die erste Auflage dieses Bandes 19 SCHÄDEN AN AUSSENWÄNDEN AUS MEHR-SCHICHT-BETONPLATTEN ist im Jahr 1998 erschienen, als die Sanierungswelle der Plattenbausiedlungen aus den 1960er-, 1970er- und 1980er-Jahren, insbesondere in den östlichen Bundesländern, ihren Höhepunkt erreicht hatte. Erfahrungen, die die Autoren Nabil A. Fouad und Ralf Ruhnau dabei gesammelt hatten, und insbesondere die bereits damals schon entwickelte energiegerechte Sanierung durch Aufbringen von zusätzlicher Wärmedämmung auf den Wetterschalen, fasste dieses Buch in komprimierter Form zusammen.

Wenn auch der überwiegende Anteil der Großtafelbauten aus dem letzten Jahrhundert inzwischen saniert ist, verbleiben doch noch zahlreiche Siedlungen, an denen die typischen Mängel und Schäden saniert werden müssen.

Eine besondere Aktualität erhält die zweite Auflage dieses Buches jedoch dadurch, dass infolge des zurzeit dramatisch steigenden Bedarfs an neuem Wohnraum in der ganzen Bundesrepublik hunderttausende Wohnungen jährlich neu zu errichten sind. Dieses enorme Bauvolumen ist nur mithilfe der modularen Bauweise zu bewältigen, sodass eine neue Welle der Großtafelbauweise heranrollt. Es bleibt zu hoffen, dass dennoch durch kreative, vielfältige Gestaltung der Fertigteil-Module – ob großformatige Außenwand oder vorgefertigte Sanitärzelle – die neuen Großtafelbauten baukulturell höhere Ansprüche erfüllen, als die meisten ihrer Vorgänger. Gelingen kann dies, indem gestalterisch abwechslungsreiche Varianten mit definierten Schnittstellen zu einem ästhetischen Gesamtbild kombiniert werden.

Dieses Buch soll auch dabei unterstützen, Fertigteile und deren Schnittstellen zu optimieren und Fehler zu vermeiden. Somit hoffe ich, dass es auch in Zukunft sowohl für Sachverständige als auch für Planer eine praktische Hilfestellung im Arbeitsalltag sein wird.

Berlin, im Dezember 2016  
Ralf Ruhnau

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	11
<b>2</b>	<b>Entwicklungsgeschichte mehrschichtiger Außenwandplatten</b>	13
2.1	Im westlichen Teil Deutschlands	13
2.2	Im östlichen Teil Deutschlands	14
<b>3</b>	<b>Typen von Außenwandkonstruktionen</b>	19
3.1	Einschichtige Außenwandkonstruktionen	19
3.2	Zweischichtige Außenwandkonstruktionen	20
3.3	Dreischichtige Außenwandkonstruktionen	21
3.3.1	Aufbau der Funktionsschichten	21
3.3.2	Verankerung zwischen Wetterschutzschicht und Tragschicht	21
3.3.3	Herstellung von Beton-Sandwichwänden	25
3.4	Mehrschichtige Außenwände	28
<b>4</b>	<b>Schäden an den Hauptfunktionsschichten von Beton-Außenwänden</b>	29
4.1	Wetterschutzschichten (Vorsatzschalen)	29
4.1.1	Funktion und Tragverhalten der Wetterschutzschichten	29
4.1.2	Risse und Abplatzungen in den Wetterschutzschichten	30
4.1.2.1	Beispielhafte Rissbilder	30
4.1.2.2	Bewehrungskorrosionen	34
4.1.2.3	Betonabplatzungen infolge einer nicht fachgerechten Ausführung der Fugen zwischen den Wetterschutzschichten	37
4.1.3	Ablösung von Bekleidungen	39
4.1.3.1	Ablösungen von Bekleidungen infolge von Bewehrungskorrosion	39
4.1.3.2	Ablösungen von keramischen Belägen infolge einer Störung des Haftverbundes zwischen Fliese und Beton	42

4.1.3.3	Ablösungen von keramischen Bekleidungen infolge einer nicht fachgerechten Ausführung der Fugen zwischen den Wetterschutzschichten	43
4.1.3.4	Absprengung von Belägen infolge von Korrosion an Einbauteilen	45
4.1.4	Absandende Oberflächen	46
4.1.5	Verwölbung der Wetterschutzschicht	47
4.1.6	Versprünge zwischen Wetterschutzschichten	52
4.1.7	Unterschiedliche Dicken der Wetterschutzschichten	53
4.1.8	Verankerung der Wetterschutzschicht	55
4.1.8.1	Korrosion der Verankerung	55
4.1.8.2	Mangelhafte Verankerung der Wetterschutzschichten	57
4.1.9	Schäden an Fugen zwischen Wetterschutzschichten	58
4.2	Wärmedämmung	59
4.2.1	Materialien und Dimensionierung der Wärmedämmung	59
4.2.2	Punktuelle Wärmebrücken	60
4.2.3	Linienförmige Wärmebrücken	62
4.3	Tragschicht	65
4.3.1	Funktion und Tragverhalten der Tragschicht	65
4.3.2	Kraftübertragende Fugen – Mängel in den Vergusszonen	66
4.3.3	Mängel an Loggiaanbindungen	68
<b>5</b>	<b>Energiegerechte Sanierung mehrschichtiger Außenwandplatten</b>	71
5.1	Prinzip der energiegerechten Instandsetzung	71
5.2	Nachteile konventioneller Betoninstandsetzung	72
5.3	Korrosionsschutz durch zusätzliche Wärmedämmung (Instandsetzungsprinzip W)	74
5.4	Aufnahme zusätzlicher Lasten aus Sanierungssystemen	78
5.4.1	Feststellungen zum Istzustand	78
5.4.2	Lastannahmen für den rechnerischen Nachweis der Standsicherheit der Wetterschutzschichtenverankerung	84
5.4.3	Befestigung der Wärmedämmmschicht auf Beton-Sandwichwänden	87
5.4.4	Beurteilung der Standsicherheit der Wetterschutzschichten von Beton-Sandwichwänden der Großtafelbauten in den östlichen Bundesländern	88



---

5.5	Zusätzliche Verankerung der Wetterschutzschichten	90
5.6	Verhalten von Wärmedämmverbundsystemen auf Beton-Sandwichwänden	94
5.6.1	Problematik	94
5.6.2	Größe der Fugenbewegungen	95
5.6.3	Abschätzen der überbrückbaren Fugenaufweitungen durch Wärmedämmverbundsysteme	95
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	97
	<b>Literaturverzeichnis</b>	99
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	103



# 1 Einleitung

Schäden an mehrschichtigen Außenwänden von Großtafelbauten sind in allen Bundesländern in Deutschland zu finden. Die Fragestellungen, Diagnosen und Instandsetzungsnotwendigkeiten, die uns seit den 1990er-Jahren des letzten Jahrhunderts für den Gebäudebestand in den östlichen Bundesländern beschäftigen, haben sich bereits seit den 1970er-Jahren für Großtafelbausiedlungen westlicher Bauart ergeben.

Das vorliegende Buch soll ganz bewusst Gemeinsamkeiten und Unterschiede der westlichen und östlichen Entwicklung bei der Herstellung mehrschichtiger Außenwände aufzeigen. Für die große Anzahl der zu sanierenden Großtafelbauten sowohl westlicher als auch östlicher Herkunft soll eine Hilfestellung gegeben werden, um technisch vernünftige und wirtschaftlich vertretbare Instandsetzungskonzepte zu entwickeln und bei der wieder zunehmenden Verwendung großformatiger Außenwand-Fertigteile in der modularen Bauweise »alte« Fehler zu vermeiden.

Aus Schaden wird man klug!



## 2 Entwicklungsgeschichte mehrschichtiger Außenwandplatten

### 2.1 Im westlichen Teil Deutschlands

Die Vorfertigung im Stahlbetonbau ist eine Produktionsweise, die so alt ist wie der Stahlbeton selbst. In Deutschland begann man mit der Vorfertigung auf dem Gebiet des Wohnungsbaus mit kleinformatigen Elementen jedoch erst um 1953 als Reaktion auf den außerordentlich großen Wohnraumbedarf durch die Kriegszerstörungen und die Zuwanderung in die Städte.

Der Einsatz der Großtafelbauweise für die Herstellung von Wohnungen begann im westlichen Teil Deutschlands Ende der 1950er-Jahre. Dabei wurden vorerst keine neuen Systeme entwickelt, sondern die im Ausland bewährten Verfahren von deutschen Firmen in Lizenz übernommen und auf die deutschen Normen und Baubestimmungen zugeschnitten, z.B. das dänische Montagesystem Larsen und Nielsen von der Firma Hammers und das französische System Camus von der Firma Camus-Dietsch.

Im Jahr 1962 begann man mit der Ausarbeitung von Richtlinien für den Großtafelbau. Ferner wurde mit der Abfassung von Vorschriften für Bauten aus geschossshohen, schmalen Wandelementen begonnen. Damit wurde die zweite Phase in der Entwicklung der Großtafelbauart eingeleitet. Sie erstreckte sich von etwa 1962 bis 1973. In dieser Zeit führte wachsender Wohlstand zu einem erhöhten Bedarf an eigenem Wohnraum mit größerem Komfort. Die Kapitalflucht in Immobilien, ausgelöst durch die inflationären Tendenzen, sowie steigender Facharbeitermangel verhalfen dem Fertigteilbau zum Durchbruch (Bild 1 und Bild 2).



**Bild 1** ■ Typische Großtafelbauten im westlichen Teil Deutschlands (Beispiel aus Hamburg)



**Bild 2** ■ Typische Großtafelbauten im westlichen Teil Deutschlands (Beispiel aus Garbsen)

Seit Beginn der dritten Phase, etwa um 1973, ist diese Entwicklung jedoch wieder rückläufig. Dies ergab sich einerseits aus der Sättigung des Marktes und andererseits aus dem damals hohen Zinsniveau. Die öffentliche Hand und damit der größte Auftraggeber der Bauwirtschaft geriet in eine wachsende Verschuldung, sodass keine größeren Investitionsprogramme mehr möglich waren. Die Folge war ein stetiger Abbau der in den vorausgegangenen Jahrzehnten aufgebauten gewaltigen Fertigungskapazitäten.

## 2.2 Im östlichen Teil Deutschlands

Zwischen der Entwicklung der Großtafelbauweise im östlichen und im westlichen Teil Deutschlands lassen sich deutliche Parallelen, aber auch Phasen mit wesentlichen Unterschieden aufzeigen. Mit der Entwicklung der Großtafelbauweise für den Wohnungsbau (in der ehemaligen DDR Plattenbauweise genannt) wurde fast zur gleichen Zeit wie im westlichen Teil Deutschlands

Ende der 1950er-Jahre begonnen. Die Gründe für die Wahl dieser Bauart waren in beiden deutschen Staaten fast identisch. Man war bemüht, das in der ehemaligen DDR bestehende Wohnungsproblem zu lösen. Dazu musste ein Verfahren geschaffen werden, mit dem in kürzester Zeit ausreichend viele Wohnungen auf engstem Raum mit geringstem finanziellem Aufwand erstellt werden konnten. Für all diese Anforderungen stellte die Großtafelbauweise die optimale Lösung dar.

Die ersten Fertigteilelemente (Außenwände, Innenwände, Decken) wurden 1957 produziert. 1959 bis 1961 erfolgten allgemein gültige Festlegungen für eine effektivere Serienfertigung. Es wurde vor allem eine einheitliche Maßordnung für die Gebäudekonstruktion eingeführt und damit eine Serienfertigung ermöglicht.

Neben den funktionellen und konstruktiven Lösungen war das maximale Gewicht der Einzelelemente ein wesentlicher Faktor bei der Entwicklung der Fertigteile. Im Lauf der Zeit wurden in der ehemaligen DDR insgesamt sechs Laststufen entwickelt: von 8 kN und 11 kN (Blockbauweise) über 20 kN (Streifenbauweise) bis zu 35 kN, 50 kN und schließlich 63 kN bei der Großtafelbauweise.

Am Anfang der Entwicklung (1952/53) wurden Wohngebäude aus Ziegel-splittbetonblöcken errichtet. In den Folgejahren vergrößerte man die Blöcke, die Laststufe 8 kN wurde eingeführt. In dieser Bauart, der sogenannten Blockbauart, sind die Außenwände einschalig aus Leichtbeton errichtet worden. Die Blockbauart wurde weiterentwickelt, wobei im Jahr 1977 bei gleichzeitiger Einführung geschoss hoher Elemente die Laststufe 11 kN eingeführt wurde. Es wurde dabei für die Außenlängs- und Giebelwände erstmals gefügedichter Leichtzuschlagbeton eingesetzt. Eine Weiterentwicklung der Blockbauart ist die Streifenbauart mit der Laststufe 20 kN, welche im Jahr 1965 eingeführt wurde. Block- und Streifenbauart machen zusammen ca. 32,8 % der gesamten Fertigteilbauweise in den östlichen Bundesländern aus.

Die Entwicklung der Großtafelbauweise erfolgte ebenfalls stufenweise. Der Großtafelbautyp P1 (Laststufe 35 kN) ist die erste zentrale Entwicklung des Großtafel-Wohnungsbau, die parallel zu den Blockbauweisen in den Jahren 1958 bis 1970 angewendet wurde. Wie in der Blockbauart bestehen die Außenwände aus einem Leichtbeton, der werkseitig oberflächenfertig mit Putz versehen wurde.

Parallel zum Serientyp P1 wurde die Großtafelbauweise QP, die eine bezirkliche Entwicklung für den mehrgeschossigen Wohnungsbau in Berlin ist, hergestellt. Bei diesem Typ sind die Außenwandkonstruktionen meist mit keramischen Platten bekleidet. Sie bestehen an der Giebelwand aus Dreie-

schichtenplatten und an den Längswänden aus Leichtbeton (haufwerksporiger Beton), der beidseitig oberflächenfertige Putzschichten (Feinbeton) aufweist. Von 1958 bis 1985 wurden insgesamt 42 600 Wohneinheiten in dieser Bauweise errichtet.

Es folgte der Großtafelbautyp P2 (Laststufe 50 kN), der als Typenserie von 1966 bis 1990 gebaut wurde und mit ca. 363 600 Wohneinheiten einen Anteil von 17 % am Wohnungsbestand von Mehrfamilienhäusern in Fertigteilbauart hat. Typisch sind die 6 m langen Längsaußentwandelemente, die in sehr großer Typenvielfalt realisiert worden sind. Neben Außenwänden aus Leichtbeton mit werkseitig aufgebrachtem Innen- und Außenputz wurden Wände mit Außendämmung, Innendämmung und Dreischichtenplatten hergestellt.

Die beim industriellen Bauen gewonnenen Erfahrungen und die entsprechend den damals gültigen Normen (TGL-Bestimmungen) erhöhten Wärmeschutzanforderungen an die Außenwände bildeten Anfang der 1970er-Jahre die Grundlage für die Entwicklung der Wohnungsbauserie 70 (WBS 70) mit der Laststufe 63 kN. Die Hauptmerkmale der fünf-, sechs- und elfgeschossigen Gebäude dieses Typs sind die dreischichtigen, überwiegend 6 m langen Außenwandelemente (Tragschicht und Wetterschutzschicht aus Normalbeton, Wärmedämmung aus Polystyrol oder Mineralwolle). Die Wohnungsbauserie WBS 70 nimmt heute den größten Anteil an den industriell errichteten Wohngebäuden in der Großtafelbauweise ein (Bild 3 und Bild 4). Ihr Anteil an den bis 1990 ca. 1,52 Mio. industriell errichteten Wohnungen in Großtafelbauweise beträgt ca. 42 %.



**Bild 3** ■ Großtafelbauten des Typs WBS 70 im östlichen Teil Deutschlands (Beispiel aus Berlin)



**Bild 4** ■ Großtafelbauten des Typs WBS 70 im östlichen Teil Deutschlands (Beispiel aus Rostock)

Die stufenweise Entwicklung der Großtafelbauweise hat zum Ergebnis, dass der aus Fertigteilen errichtete Wohnungsbaubestand neben einigen Sonderbauweisen aus zehn unterschiedlichen Bautypen besteht. Folgende Faktoren führten jedoch zu einer großen konstruktiven Variantenvielfalt dieser Bautypen:

- Mit der Entwicklung und Einführung neuer Bautypen wurde die Anwendung der älteren Bautypen nicht unbedingt eingestellt; in einigen Bezirken wurden teilweise, in einem sehr unterschiedlichen Umfang, die älteren Entwicklungen parallel weiter angewendet. Die älteren Typen wurden dabei den veränderten Anforderungen angepasst. So wurden z.B. die Anforderungen an die Außenwände hinsichtlich des Wärmeschutzes 1973 bzw. 1986 entsprechend den TGL-Bestimmungen erhöht.

Daher weisen z.B. die Außenwände der 1964 bis 1990 angewendeten Großtafelbauweise P2 je nach Baujahr und Fertigungswerk vier grundsätzlich verschiedene Querschnittstypen auf (Leichtbeton/einschalig, Normalbeton mit verputzter Außen- bzw. Innendämmung, Normalbeton mit Kerndämmung/Sandwichwände).

Auch Materialentwicklungen oder -engpässe führten dazu, dass das jeweilige Herstellungsdatum für viele konstruktive Merkmale bestimmender ist als der Konstruktionstyp.

- Die Bauteilelemente wurden in einer größeren Zahl von Fertigteilwerken in den einzelnen Bezirken hergestellt.

Der Sachverhalt der Variantenvielfalt hat vor allem zur Konsequenz, dass z.B. in Berlin für bestimmte Bautypen ermittelte Schadensschwerpunkte nicht mit Sicherheit auf den gleichbezeichneten Bautyp in anderen Standorten übertragbar sind und dass allgemeine Aussagen zu den einzelnen Bautypen nur begrenzt für den konkreten Einzelfall zutreffen. Dies kann weiterhin auch innerhalb eines Bezirks der Fall sein.

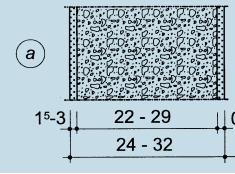
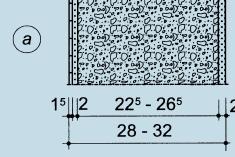
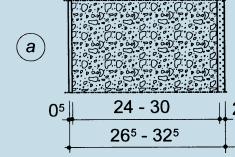


# 3 Typen von Außenwandkonstruktionen

## 3.1 Einschichtige Außenwandkonstruktionen

Einschichtige Außenwände kamen in allen Bauweisen (Block-, Streifen- und Großtafelbauweise) zur Anwendung. Sie bestehen zumeist aus Leichtbeton (haufwerksporiger Beton). Die Außenwandelemente wurden sowohl innen als auch außen nach der Montage geputzt oder sind oberflächenfertig hergestellt worden. Die Oberflächen bestehen aus Putzen, Anstrichen und Keramikbekleidungen. Die Elementgrößen variieren zwischen Blöcken und geschosshohen Elementen, die für die Streifen- und Plattenbauweise eingesetzt worden sind.

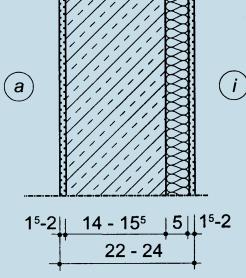
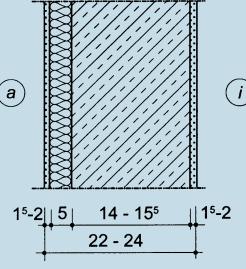
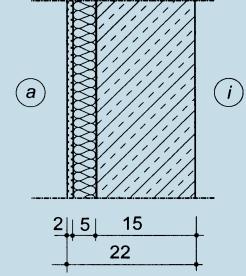
**Tabelle 1** ■ Einschichtige Außenwandkonstruktionen

Wandaufbau (von innen nach außen)	Querschnitt	Anwendungsbereich/ Zeitraum
■ Leichtbeton	 <i>a</i>	Blockbauweise Q3A 1956–1989
■ Putz (oberflächenfertig) ■ Leichtbeton ■ Putz (oberflächenfertig)	 <i>a</i>	Blockbauweise Qx/ Streifenbauweise/ Plattenbauweise P1, P2 und P-Halle 1958–1989
■ Feinbeton ■ Leichtbeton ■ Feinmortel ■ Keramik	 <i>a</i>	Plattenbauweise QP 1965–1983
■ Putz ■ Porenbeton ■ Putz	 <i>a</i>	Streifenbauweise/ Plattenbauweise P2 1968–1987

## 3.2 Zweischichtige Außenwandkonstruktionen

Die zweischichtigen Außenwandelemente sind in der Regel plattenförmige, tragende Elemente aus Normalbeton oder Leichtbeton mit einer innen- oder außenliegenden Wärmedämmung. Zweischichtige Außenwandelemente sind in der Großtafelbauweise von mehr- und vielgeschossigen Wohngebäuden eingesetzt worden.

**Tabelle 2** ▪ Zweischichtige Außenwandkonstruktionen

Wandaufbau (von innen nach außen)	Querschnitt	Anwendungsbereich/ Zeitraum
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Putz</li> <li>■ HWL oder WD</li> <li>■ Normal- oder Leichtbeton</li> <li>■ Oberfläche           <ul style="list-style-type: none"> <li>■ bekist</li> <li>■ Feinbeton mit Keramik</li> <li>■ Sichtbeton mit Anstrich</li> </ul> </li> </ul>		Plattenbauweise P2 und Blockbauweise in den östlichen Bundesländern <b>1965–1989</b> Plattenbauweise in den westlichen Bundesländern
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Putz</li> <li>■ Normalbeton</li> <li>■ HWL oder WD</li> <li>■ Feinbetonschicht</li> </ul>		Plattenbauweise P2 in den östlichen Bundesländern <b>1968–1987</b> Plattenbauweise in den westlichen Bundesländern u. a. eine Variante der Deutschen Barts
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Normalbeton</li> <li>■ anorganische Dämmschicht</li> <li>■ Außenhaut           <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Waschbeton</li> <li>■ Mosaik</li> <li>■ Naturstein</li> <li>■ Putz</li> </ul> </li> </ul>		System Deutsche Barts in den westlichen Bundesländern <b>1960er- und 1970er-Jahre</b>

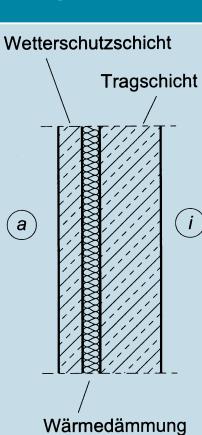
## 3.3 Dreischichtige Außenwandkonstruktionen

### 3.3.1 Aufbau der Funktionsschichten

Der überwiegende Anteil der in industrieller Bauweise errichteten Wohngebäuden (ca. 65 %) ist mit dreischichtigen Außenwandelementen (Beton-Sandwichwände) ausgeführt worden bzw. wird heute noch so ausgeführt.

Die dreischichtigen Geschossaußenwandelemente sind großformatige tragende Elemente aus Normalbeton (Tragschicht) mit einer Wärmedämmung und einer außenseitigen Wetterschutzschicht (Vorsatzschale).

**Tabelle 3** ■ Dreischichtige Außenwandkonstruktionen (Beton-Sandwichwände)

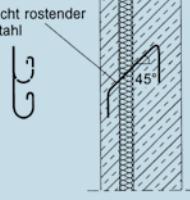
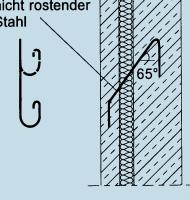
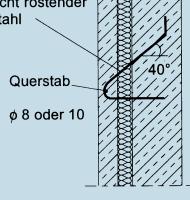
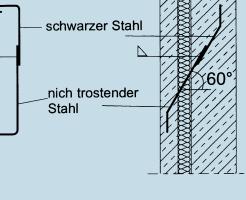
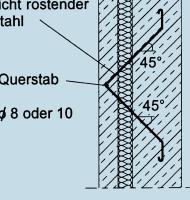
Wandaufbau (von innen nach außen)	Querschnitt	Anwendungsbereich/ Zeitraum
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tragschicht aus Beton Dicke d = 10–20 cm</li> <li>■ Wärmedämmung (Polystyrol oder Mineralfaserdämmplatten)</li> <li>■ Wetterschutzschicht aus Beton Dicke d = 6–15 cm           <ul style="list-style-type: none"> <li>■ bekistet</li> <li>■ besplittet</li> <li>■ keramische Bekleidung</li> <li>■ Strukturbeton</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Plattenbauweise in den westlichen Bundesländern seit Anfang der 1960er-Jahre</li> <li>■ Plattenbauweise P2 in den östlichen Bundesländern           <ul style="list-style-type: none"> <li>■ QP 71 (Giebelwände)</li> <li>■ IW 60, IW 73</li> <li>■ WBS 70</li> <li>■ WHH</li> </ul> </li> </ul> <p>1969–1990</p>

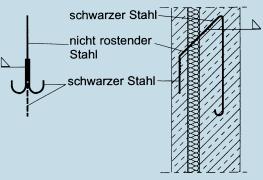
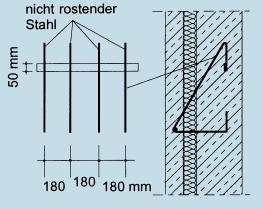
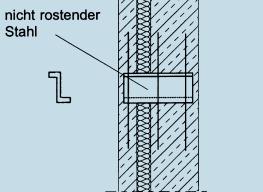
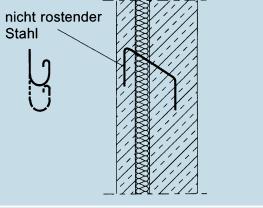
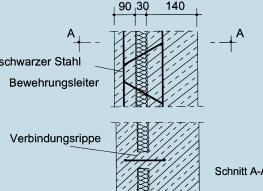
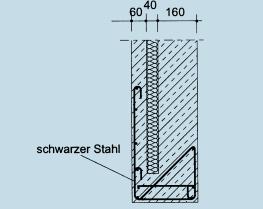
### 3.3.2 Verankerung zwischen Wetterschutzschicht und Tragschicht

Die Verankerung der Wetterschutzschichten an der Tragschicht zur Aufnahme der Windsogkräfte erfolgt durch galvanisierte Spreizen bzw. durch Halteanker, sogenannte Nadeln, mit einem Durchmesser von 3 mm aus nicht rostendem Stahl, die über die gesamte Fläche der Platten gleichmäßig verteilt werden (im Durchschnitt 1,5 bis 2 Nadeln/m<sup>2</sup>).

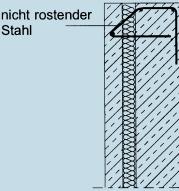
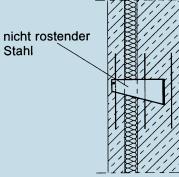
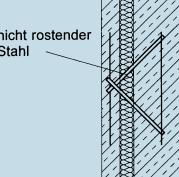
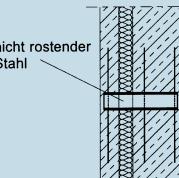
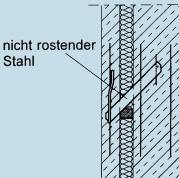
Zur Aufnahme der Eigenlast der Wetterschutzschichten dienen in der Regel Anker aus nicht rostendem Stahl. Die Verankerungen der Wetterschutzschichten wurden in mehreren Formen entwickelt. Tabelle 4 zeigt die am häufigsten verbreiteten Ankerkonstruktionen in den östlichen und westlichen Bundesländern.

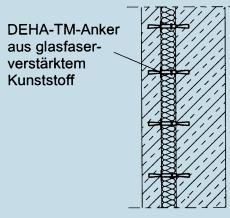
**Tabelle 4** ■ Verankerungsvarianten der Wetterschutzschichten

Konstruktionslösung	Konstruktionsregeln, Hinweise
 <p>nicht rostender Stahl</p> <p>45°</p>	<p>1. <b>WBS-ANKER 45°</b>          (östliche Bundesländer)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>am häufigsten verwendet</li> <li>Schnittlänge <math>l_s = 1045</math> mm</li> <li>zentrische Anordnung im Schwerpunkt der Wetterschutzschichten</li> <li>gelegentlich werden zusätzlich Torsionsanker eingebaut</li> </ul>
 <p>nicht rostender Stahl</p> <p>65°</p>	<p>2. <b>Modifizierter WBS-ANKER 65°</b>          (östliche Bundesländer – WBK Potsdam, WBK Karl-Marx-Stadt)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>höhere Tragfähigkeit gegenüber 45°-Anker</li> <li>flächenförmige Endverankerung wurde belassen</li> <li>Schnittlänge <math>l_s = 1005</math> mm</li> <li>zentrische Anordnung im Schwerpunkt der Wetterschutzschichten</li> <li>gelegentlich werden zusätzlich Torsionsanker eingebaut</li> </ul>
 <p>nicht rostender Stahl</p> <p>Querstab</p> <p>φ 8 oder 10</p> <p>40°</p>	<p>3. <b>Anker mit Druckstrebe</b>          (östliche Bundesländer – WBK Leipzig, WBK Halle)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zusammenschluss zu Ankergruppen als Bewehrungseinheit (nicht als Einzelanker)</li> <li>Schnittlänge <math>l_s = 670</math> mm</li> <li>zentrische Anordnung im Schwerpunkt der Wetterschutzschichten</li> <li>gelegentlich werden zusätzlich Torsionsanker eingebaut</li> </ul>
 <p>schwarzer Stahl</p> <p>nicht rostender Stahl</p> <p>60°</p>	<p>4. <b>Hänge-Verbund-Anker 60°</b>          (östliche Bundesländer – WBK Frankfurt/Oder, WBK Gera)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nicht rostender Stahl, sparende Verbundkonstruktion mit St A-I</li> <li>Nicht rostender Stahl <math>l_s = 580</math> mm          St A-I <math>l_s = 380</math> mm</li> <li>zentrische Anordnung im Schwerpunkt der Wetterschutzschichten</li> <li>gelegentlich werden zusätzlich Torsionsanker eingebaut</li> </ul>
 <p>nicht rostender Stahl</p> <p>Querstab</p> <p>φ 8 oder 10</p> <p>45°</p> <p>45°</p>	<p>5. <b>Traganker</b>          (östliche Bundesländer – WBK Dresden, WBK Dresden-Gorbitz)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>zentrische Anordnung im Schwerpunkt der Wetterschutzschichten</li> <li>gelegentlich werden zusätzlich Torsionsanker eingebaut</li> </ul>

Konstruktionslösung	Konstruktionsregeln, Hinweise
 <p>schwarzer Stahl nicht rostender Stahl schwarzer Stahl</p>	<b>6. Verbund-Anker</b> (östliche Bundesländer – WBK Rostock ab 1976, WBK Gera) <ul style="list-style-type: none"> <li>■ mittige Anordnung in Giebelwandelementen</li> <li>■ bei Längswandelementen mit Fenstern über die Fläche verteilt</li> </ul>
 <p>nicht rostender Stahl 50 mm 180 180 180 mm</p>	<b>7. Wetterschalen-Anker</b> (östliche Bundesländer – WBK Erfurt ab 1977) <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zusammenschluss zu Ankergruppen als Bewehrungseinheit (nicht als Einzelanker)</li> <li>■ Schnittlänge <math>l_s = 670</math> mm</li> <li>■ zentrische Anordnung im Schwerpunkt der Wetterschutzschichten</li> <li>■ gelegentlich werden zusätzlich Torsionsanker eingebaut</li> </ul>
 <p>nicht rostender Stahl</p>	<b>8. Wetterschalen-Konsole</b> (östliche Bundesländer – WBK Gera, WBK Leipzig und WBK Riesa) <ul style="list-style-type: none"> <li>■ dezentrale Anordnung</li> </ul>
 <p>nicht rostender Stahl</p>	<b>9. Schräganker</b> (östliche Bundesländer – WBK Gera, WBK Dresden und WBK Leipzig) <ul style="list-style-type: none"> <li>■ zentrische Anordnung im Schwerpunkt der Wetterschutzschichten</li> <li>■ gelegentlich werden zusätzlich Torsionsanker eingebaut</li> </ul>
 <p>A-A schwarzer Stahl Bewehrungsleiter Verbindungsrippe Schnitt A-A</p>	<b>10. System Camus-Dietsch</b> (westliche Bundesländer – 1960er-Jahre) <ul style="list-style-type: none"> <li>■ dezentrale Anordnung</li> <li>■ Anordnung über der gesamten Wandhöhe</li> </ul>
 <p>A-A schwarzer Stahl</p>	<b>11. System Coignet</b> (westliche Bundesländer – 1960er-Jahre) Holzmann Fertigbau GmbH und Bayerische Fertigbau GmbH <ul style="list-style-type: none"> <li>■ zentrische Anordnung im unteren Randbereich</li> <li>■ Zusammenschluss zu Ankergruppen als Bewehrungseinheit (nicht als Einzelanker).</li> </ul>

**Fortsetzung** Tabelle 4 ■ Verankerungsvarianten der Wetterschutzschichten

Konstruktionslösung	Konstruktionsregeln, Hinweise
	<p>12. System Larsen u. Nielsen – Hammers (westliche Bundesländer – 1960er-Jahre Firma Hammers/Hamburg)</p> <p>13. System Estiot – Hochtief (westliche Bundesländer – Firma Hochtief AG)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ dezentrale Anordnung im oberen Bereich der Wände</li> </ul>
	<p>14. Konsolen-System (bundesweit – u.a. Firma DEHA)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ zentrische Anordnung im Schwerpunkt der Wetterschutzschichten</li> <li>■ Torsionsanker werden eingebaut</li> </ul>
	<p>15. System mit gekreuzten Schlaufen (bundesweit – Firma HALFEN)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ dezentrale Anordnung</li> <li>■ Anordnung über der gesamten Wandfläche möglich</li> </ul>
	<p>16. Manschetten Verbundanker (bundesweit – Firma DEHA)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ zentrische Anordnung im Schwerpunkt der Wetterschutzschichten</li> <li>■ Torsionsanker werden eingebaut</li> </ul>
	<p>17. Anhängekonstruktion mit Druckklotz (bundesweit – Firma Lutz)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ zentrische Anordnung im Schwerpunkt der Wetterschutzschichten</li> <li>■ Torsionsanker werden eingebaut</li> </ul>

Konstruktionslösung	Konstruktionsregeln, Hinweise
 <p>DEHA-TM-Anker aus glasfaser-verstärktem Kunststoff</p>	<b>18. DEHA-TM-Verbundsystem</b> (bundesweit – Firma DEHA) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ eine über der gesamten Wand flächige Anordnung der DEHA-TM-Anker</li> <li>▪ nur in Verbindung mit druckfestem extrudiertem Polystyrol-Hartschaum als Dämmung</li> <li>▪ keine Anordnung von Gleitfolien oder Dampfsperren zwischen der Dämmung und dem Beton</li> <li>▪ Traganker im Sinne von 1. bis 17. werden nicht eingebaut</li> </ul>
 <p>Bewehrungsstäbe aus glasfaser-verstärktem Kunststoff</p> <p>Ortbeton</p>	<b>19. System mit Bewehrungsstäben aus glasfaser-verstärktem Kunststoff</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ eine über der gesamten Wand flächige Anordnung der Glasfaserbewehrung</li> <li>▪ nur in Verbindung mit druckfester Dämmung</li> <li>▪ keine Anordnung von Gleitfolien oder Dampfsperren zwischen Dämmung und Beton</li> <li>▪ Traganker wie in Punkt 1 bis 17 werden nicht eingebaut</li> </ul>

### 3.3.3 Herstellung von Beton-Sandwichwänden

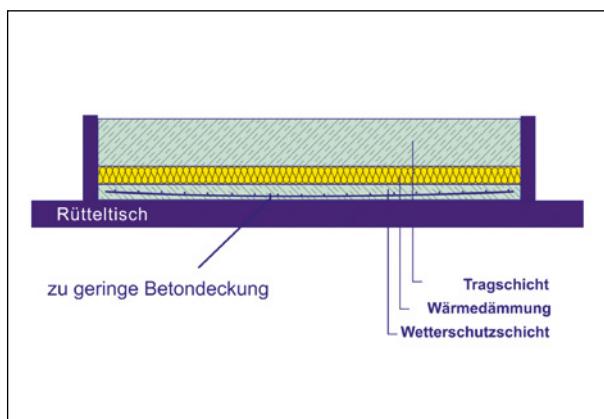
Bei der Herstellung von dreischichtigen Außenwänden (Beton-Sandwichwänden) unterscheidet man zwischen dem Positiv- und dem Negativ-Verfahren. Während im westlichen Teil Deutschlands (westliche Bundesländer) die Produktion ausschließlich nach dem Negativ-Verfahren erfolgte und auch heute noch erfolgt, war die Fertigung im östlichen Teil Deutschlands (ehemalige DDR) auf das Positiv-Verfahren gerichtet.

#### ■ Negativ-Fertigung

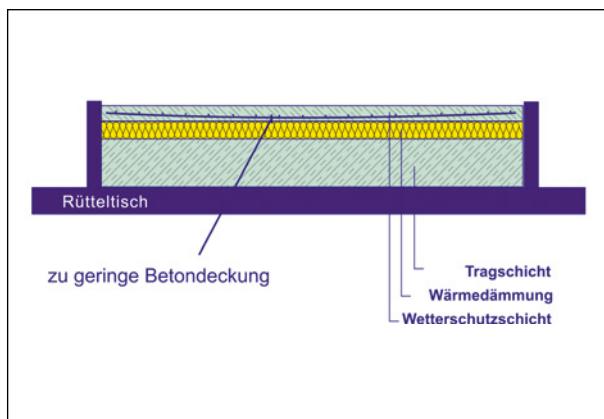
Bei liegender Fertigung wird zuerst die Wetterschutzschicht betoniert, danach die Wärmedämmung eingebaut und zuletzt die Tragschicht betoniert. Eine Trennfolie verhindert das Haften der Wärmedämmung an der Wetterschutzschicht (Bild 5). Je nach gewünschter Gestaltung der Wetterschutzschicht werden in die Schalung entsprechende Einlagen eingebracht; z. B. kann eine Strukturbetonoberfläche hergestellt werden, indem eine Matrizingummimatte in die Schalung eingelegt wird.

## ■ Positiv-Fertigung

Im Gegensatz zur Negativ-Fertigung wird bei dieser ebenfalls liegenden Fertigung zuerst die Tragschicht betoniert, danach die Wärmedämmung eingebaut und zuletzt die Wetterschutzschicht betoniert. Eine Trennfolie verhindert auch hier das Haften der Wärmedämmung an der Wetterschutzschicht (Bild 6). Auf den frischen Beton der Wetterschutzschicht wird dann die gewünschte Oberflächenbeschichtung aufgebracht. So wurden z.B. bei der Typenserie P2 vorwiegend Spaltkeramikfliesen aufgebracht. Sie wurden auf dem Beton verlegt und leicht eingerüttelt. Es war jedoch bei dieser Herstellungsart schwierig, eine völlig ebene Oberfläche zu erzeugen.



**Bild 5** ■ Prinzipskizze  
zur Negativ-Fertigung von  
Beton-Sandwichelementen



**Bild 6** ■ Prinzipskizze  
zur Positiv-Fertigung von  
Beton-Sandwichelementen

Beide Verfahren bringen sowohl Vorteile als auch Nachteile mit sich. Beim Negativverfahren ist es oftmals problematisch, die korrekte Lage der Bewehrung in der Wetterschutzschicht sicherzustellen. Um eine ausreichende Betondeckung zu erzielen, ist es notwendig, Abstandhalter zu verwenden. Diese sind jedoch häufig an der Oberfläche sichtbar, insbesondere bei kleineren Betonabplatzungen. Um diese optischen Mängel zu vermeiden, hat man häufig etwas Beton unter den Bewehrungsstahl gebracht und dann die restliche Wetterschutzschicht betoniert. Anschließend wurde der Beton verdichtet. Beim Verdichten sackte der Bewehrungsstahl häufig ab und hatte damit keine ausreichende Betondeckung mehr. Auf der anderen Seite liegt der Vorteil dieses Verfahrens darin, dass man den Beton der Wetterschutzschichten sehr gut verdichten kann, während der Beton bei der Positiv-Fertigung nicht so gut zu verdichten ist. Festbeton aus der Positiv-Fertigung besitzt deshalb einen wesentlich höheren Porenanteil, aufgrund dessen die Karbonatisierungsfront erheblich schneller fortschreitet als bei Platten, die im Negativ-Verfahren hergestellt werden. Es lässt sich also feststellen, dass keines der beiden Verfahren eine optimale Lösung bietet. Im Laufe der Zeit ist bei beiden Produktionsvarianten mit Korrosionsschäden zu rechnen. Aufgrund der häufig zu geringen Betondeckung der im Negativ-Verfahren hergestellten westlichen Außenwandsysteme treten hier jedoch in wesentlich größerem Umfang flächige Korrosionsschäden an der Wetterschalenoberseite auf.

Um eine freie Verformung der Wetterschutzschichten zu gewähren, ist es notwendig, einen Verbund zwischen der Wetterschutzschale und der Wärmedämmung zu vermeiden. Aus diesem Grunde wird zwischen der Wetterschutzschicht und der Wärmedämmung eine Trennfolie eingelegt. Weiterhin wird die Wärmedämmung in der Regel zweilagig mit Stoßversatz eingebaut, um Betonstege zwischen der Wetterschutzschicht und der Tragschicht zu vermeiden. Es werden auch einlagige Wärmedämmungen verwendet, in denen die Stöße der Wärmedämmungen vor dem Betonieren mit einem Klebeband abgedeckt werden.

Die Innenseiten der Wände werden meist streich- bzw. tapetzierfertig hergestellt.

### 3.4 Mehrschichtige Außenwände

Mehrschichtige Außenwandplatten wurden in den westlichen Bundesländern in den 1950er-, 1960er- und Anfang der 1970er-Jahre hergestellt. Es handelt sich dabei um geschosshohe Außenwandplatten mit einer Dicke von bis zu 30 cm und einem Schichtaufbau von fünf Schichten (Tabelle 5).

**Tabelle 5** ■ Mehrschichtige Außenwandkonstruktionen

Wandaufbau (von innen nach außen)	Querschnitt	Anwendungsbereich/ Zeitraum
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gipsputz</li> <li>■ Hohlkörper aus Ton oder Bims</li> <li>■ Hartschaumplatte</li> <li>■ Beton (mindestens 5 cm)</li> <li>■ Außenhaut in Form von Putz, Waschbeton, Sichtbeton, Mosaik, Klinker oder Naturstein</li> <li>■ Gesamtdicke 20 bis 30 cm</li> </ul>	<p>Betonquerschnitt Tonhohlkörper</p> <p>a-a</p> <p>i-i</p> <p>Außenhaut</p> <p>Gipsputz</p> <p>Wärmedämmung</p> <p>Gesamtdicke 210 bis 300 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ System Deutsche Barents Westliche Bundesländer in den 1950er-, 1960er- und Anfang der 1970er-Jahre</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kalk- oder Perlitmörtel</li> <li>■ Ziegelschicht</li> <li>■ Betonschicht (3,0 bis 4,0 cm)</li> <li>■ Ziegelschicht</li> <li>■ Betonschicht (3,0 bis 4,0 cm)</li> <li>■ Gesamtdicke 25 cm</li> </ul>	<p>Ziegelschichten</p> <p>a-a</p> <p>i-i</p> <p>Betonschichten</p> <p>Gesamtdicke 250 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ System Costamagna Westliche Bundesländer in den 1950er-, 1960er- und Anfang der 1970er-Jahre</li> </ul>

## 4 Schäden an den Hauptfunktionsschichten von Beton-Außenwänden

### 4.1 Wetterschutzschichten (Vorsatzschalen)

#### 4.1.1 Funktion und Tragverhalten der Wetterschutzschichten

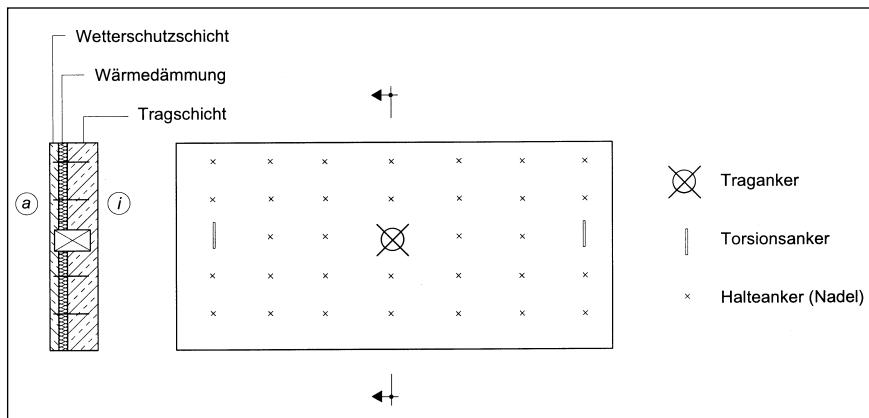
Neben ihrer gestalterischen Aufgabe übernimmt die Wetterschutzschicht, wie der Name schon verrät, den Schutz der dahinter liegenden Schichten (Wärmedämmung) vor Witterungseinflüssen.

Die Wetterschutzschichten von Beton-Sandwichwänden wurden bisher in Dicken von 60 bis 150 mm ausgeführt. Nach heutigem Stand der Technik empfiehlt sich, mit Rücksicht auf eine ausreichende Betondeckung der Bewehrung, in der Regel eine Mindestdicke von 70 mm. Dies gilt bei strukturierten Oberflächen für die dünnste Stelle.

Die Wetterschutzschicht ist vielfältigen Beanspruchungen unterworfen. Dazu zählen:

- statische Lasten aus Eigengewicht (zentrisch oder exzentrisch) und Wind,
- dynamische Lasten (z. B. der Lastfall Transport),
- klimatisch bedingte Temperaturbeanspruchungen,
- Schwinden des Betons.

Die Wetterschutzschicht einer Beton-Sandwichwand muss über ein besonderes Verankerungssystem so an der Tragschicht befestigt werden, dass einerseits die statischen und dynamischen Lasten in die Tragschale weitergeleitet werden können und andererseits keine Zwangsschnittgrößen infolge von Temperaturbeanspruchungen oder Schwinden entstehen können. Die meist verbreiteten Systeme sind in Tabelle 4 in Kapitel 3.3 dargestellt. Bild 7 zeigt ein Beispielhaftes Verankerungssystem nach dem neusten Stand der Technik.



**Bild 7** ■ Prinzipdarstellung zur Anordnung von Trag-, Torsions- und Halteankern (Nadeln) einer Verbindung zwischen Witterschutzschicht und Tragschicht

Die Witterschutzschichten sollten mit einer mittigen Flächenbewehrung mit einem Stababstand von maximal 10 cm in jeder Richtung versehen werden. Die verwendete Betonstahlbewehrung muss auf das Verankerungssystem der Witterschutzschicht abgestimmt werden.

#### 4.1.2 Risse und Abplatzungen in den Witterschutzschichten

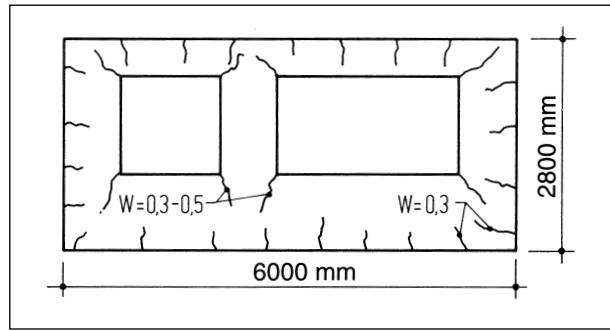
##### 4.1.2.1 Beispielhafte Rissbilder

###### Schadensbild

In zahlreichen Witterschutzschichten sind Risse vorhanden. Dabei handelt es sich um zwei Arten von Rissbildungen:

- Nicht durchgehende Risse an den Rändern und Fensterecken (wie in Bild 8 und Bild 9 dargestellt); die Rissbreiten schwanken zwischen 0,1 und 0,5 mm.
- Über die gesamte Höhe bzw. Breite verlaufende Risse (sogenannte Zwangsrisse); die Witterschutzschicht ist an diesen Stellen in ihrer gesamten Dicke gerissen. Die Rissbreiten schwanken zwischen 0,4 und 3,0 mm (Bild 10 und Bild 11).

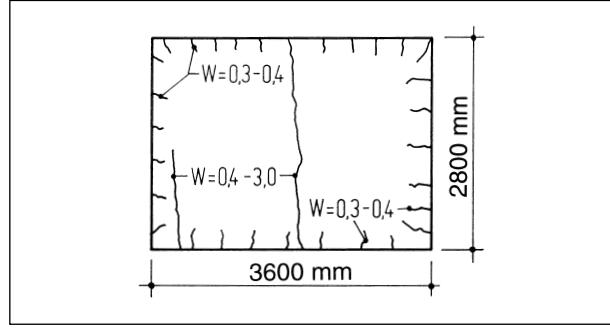
Derartige Rissbilder sind hauptsächlich an den Großtafelbauten in den östlichen Bundesländern zu beobachten (Bild 12).



**Bild 8** ■ Beispiel von nicht durchgehenden Rissen in den Wetterschutzschichten von Längswandelementen mit Fensteröffnungen



**Bild 9** ■ Rissbildungen im Bereich der Fensterecken einer Wetterschutzschicht eines Längswandelements des Typs WBS 70; zu erkennen ist ebenfalls die »absandende« Oberfläche; die Bekiesung haftet nicht auf der Wetterschutzschicht



**Bild 10** ■ Typisches Rissbild in den Wetterschutzschichten von Giebelwandelementen



**Bild 11** ■ Risse in den Wetterschutzschichten von Giebelwandelementen



**Bild 12** ■ Mit Morinolkitt nicht fachgerecht sanierte Risse in den Winterschutzschichten von Beton-Sandwichwänden (östliche Bundesländer)

## Schadensursachen

### a) Nicht durchgehende Risse

Der größte Teil dieser Risse ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine falsche Nachbehandlung der Wände bei der Fertigung zurückzuführen. Die Wände wurden nach einer Dampfnachbehandlung bei überhöhter Temperatur sofort ins freie Lager mit niedrigen Temperaturen gebracht, ohne eine langsame Abkühlung in der Produktionshalle zu ermöglichen. Die somit herbeigeführte schnelle Abkühlung führt zu hohen thermisch bedingten Eigenspannungen. Diese Spannungen verursachen zum Teil die dargestellten Rissbildungen.

Die Platten wurden weiterhin ungeschützt im Freien gelagert, wodurch eine schnelle Austrocknung der Oberfläche stattgefunden hat. Verwölbungen sind die Folge. Die Behinderung der Schwindverformungen durch die Halteanker kann ebenfalls zu den Rissbildungen führen.

Die Ursache der Risse kann außerdem in betontechnologischen Gründen liegen; die Sieblinien der Zuschlagstoffe und der Anteil der Zementmenge je Kubikmeter Beton entsprachen nicht immer den Erfordernissen der Betonfestigkeitsklassen oder der Wasserzementwert war größer als 0,5. Weiterhin führte die häufig eingebaute zu geringe Bewehrung mit einem

Stababstand von 15 bzw. 20 cm dazu, dass sich große Rissbreiten einstellten; der minimal notwendige Bewehrungsabstand von 10 cm wurde nicht eingehalten.

Ebenfalls kann sich die Bewehrung in der Wetterschutzschicht nach hinten verschieben und so zu den erheblichen Rissbildungen an der Oberfläche führen, da die rissbeschränkende oberflächennahe Bewehrung fehlt.

#### b) Durchgehende Risse (Zwangsrisse)

Diese Risse entstanden meistens an den Stoßfugen der Wärmedämmung, die unbeabsichtigt mit Beton gefüllt worden sind. Die somit entstandenen Betonstege führen bei klimatisch bedingten Temperaturbeanspruchungen zu Zwangsspannungen in den Wetterschutzschichten, die ursächlich für die dargestellten Risse sein können.

Weiterhin führt auch hier die unzureichende Bewehrung bzw. die zu große Betondeckung (von der Wetterschutzschichtenvorderseite) dazu, dass sich große Rissbreiten einstellen.

### **Einfluss der Risse auf das Tragverhalten der Wetterschutzschichten**

Untersuchungen über den Einfluss von Rissen auf das Tragverhalten der Wetterschutzschichten [15] hatten Folgendes zum Ergebnis:

- Trotz der Risse ist die Tragsicherheit der Wetterschutzschichten im Regelfall gegeben. Die Eigenlastübertragung in den vollgerissenen Wetterschutzschichten erfolgt durch die Bewehrung. Grundsätzlich ist aber anzumerken, dass bei vorhandenen Rissen in jedem Fall eine qualifizierte Beurteilung für die Bewehrung in den Wetterschutzschichten erfolgen muss.
- Bezüglich des Spannungszustands im Beton der Wetterschutzschichten wurde festgestellt, dass bei niedrigen Temperaturen die Spannungen in der Wetterschutzschicht eindeutig geringer sind als in den Wetterschutzschichten ohne Risse. Durch die Risse werden Zwängungen abgebaut. Bei höheren Temperaturen (im Sommer) schließen sich die kleineren Risse und es ist nur ein geringer Unterschied im Spannungszustand zu den Wetterschutzschichten ohne Risse festgestellt worden.
- Hinsichtlich der Beurteilung der Dauerhaftigkeit der gerissenen Wände sind die vorhandenen Rissbreiten in jedem Einzelfall zu überprüfen. Risse können folgende Auswirkungen haben:
  - Durchfeuchtung der Wetterschutzschichten,
  - Karbonatisierung des Betons,
  - Korrosion der Bewehrung,
  - Betonabplatzungen.

## Schadenssanierung

Zur Instandsetzung beider Arten von Rissen bestehen zwei Möglichkeiten:

- a) Sind keine Folgeschäden der Rissbildungen vorhanden, so reicht eine fachgerechte Verpressung der vorhandenen Risse bzw. ein Aufschneiden der Risse und Verfüllen mit Reparaturmörtel. Danach sind die Oberflächen mit einem Schlussanstrich zu versehen. Diese Maßnahme ist jedoch nur für größere Rissbreiten (Rissbreiten > 0,3 mm) und bei einer geringen Anzahl von Rissen sinnvoll. Bei kleineren Rissen (Rissbreiten ≤ 0,3 mm) reicht ein rissüberbrückender, wasserabweisender Anstrich.
- b) Sind Folgeschäden (z. B. Korrosionserscheinungen – Kapitel 4.1.2.2) vorhanden, so ist das Aufbringen einer Wärmedämmmaßnahme auf den Außenwänden entsprechend Kapitel 5 die geeignete Lösung. Für die Befestigung der Wärmedämmmaßnahme vgl. Kapitel 5.4.3.

## Schadensvermeidung

Rissbildungen in Beton-Wetterschutzschichten können nie 100%ig vermieden werden. Um dieses Schadensrisiko jedoch so gering wie möglich zu halten, ist auf Folgendes zu achten:

- Einbau einer entsprechenden Bewehrung in der Wetterschutzschicht zur Rissbreitenbeschränkung; in der Regel reicht eine nicht statisch erforderliche Bewehrungsplatte (z. B. N 141), in der der Stababstand in jeder Richtung nicht größer als 10 cm ist,
- exakte Einhaltung der Betondeckung bei der Herstellung; Vermeidung von Zwangsspannungen in der Wetterschutzschicht, indem
  - ein fachgerechter Einbau der Trag- und Halteanker erfolgt,
  - Betonstege in der Wärmedämmung vermieden werden (zweilagige Wärmedämmenschicht mit Stoßversatz oder einlagige Wärmedämmenschicht, in der die Stöße vor dem Betonieren mit einem Klebeband geschlossen werden – siehe Kapitel 4.2.2),
- fachgerechte Nachbehandlung der Wandelemente.

### 4.1.2.2 Bewehrungskorrosionen

#### Schadensbild

Im Bereich der Wetterschutzschichten sind über den Bewehrungsstäben an mehreren Stellen Korrosionsspuren vorhanden (Bilder 13 bis 16). In einigen Bereichen sind Betonabplatzungen und korrodierte Bewehrungsstäbe sichtbar.



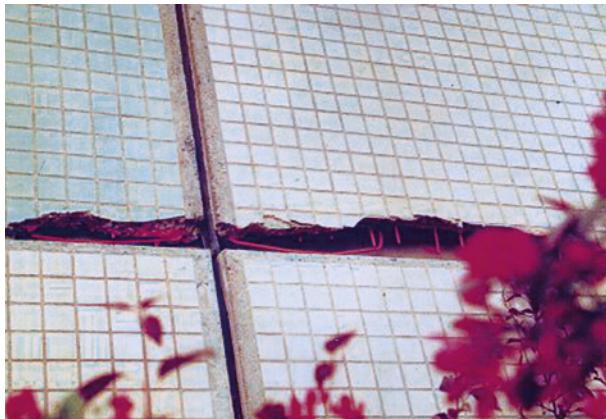
**Bild 13** ■ Korrosionsspuren auf der Oberfläche von Wetterschutzschichten



**Bild 14** ■ Korrosionsspuren oberhalb eines Bewehrungsstahls



**Bild 15** ■ Betonabplatzungen aufgrund von Bewehrungskorrosion an der Oberfläche von Wetterschutzschichten



**Bild 16** ▪ Betonabplatzungen im Bereich der Ränder von Wetterschutzschichten aufgrund von Bewehrungskorrosion

### Schadensursache

Dieses Schadensbild wird meistens an Wetterschutzschichten beobachtet, die im Negativ-Verfahren gefertigt wurden. Durch diese Art der Fertigung sackt die Wetterschutzschichtenbewehrung beim Verdichten des Betons nach unten ab (Kapitel 3.3.8), mit der Folge, dass die Betondeckung zur Außenseite zu gering bis gar nicht vorhanden ist. Eine Korrosion der Stahlbewehrung innerhalb weniger Jahre ist die Folge.

Da das Volumen der Korrosionsprodukte größer ist als das des ursprünglich vorhandenen Stahls, wird der Beton abgesprengt. Die durch die Volumenzunahme bewirkte Druckspannung kann eine Größenordnung von  $35 \text{ N/mm}^2$  erreichen [24].

### Schadenssanierung

Bevor eine Instandsetzung der Betonabplatzungen stattfinden kann, muss die Ursache dieser Abplatzungen, die Bewehrungskorrosion, beseitigt werden. Eine Betonuntersuchung der Wetterschutzschicht wird in einem solchen Fall mit hoher Wahrscheinlichkeit bestätigen, dass der gesamte Wetterschutzschichtbeton bis zur Zone, in der die Stahlbewehrung liegt, bereits durchkarbonatisiert ist. Aus diesem Grunde scheiden alle Sanierungsmaßnahmen aus, die nur darauf abzielen, die weitere Karbonatisierung zu verhindern, so z.B. durch Aufbringen einer diffusionsdichten Beschichtung.

Da die Wetterschutzschichtenbewehrung nicht mehr durch Beton mit ausreichender Alkalität geschützt wird, muss der Korrosionsschutz durch eine der folgenden Maßnahmen stattfinden (Kapitel 5.2):

- Instandsetzung durch Beschichtung der Bewehrung,
- Korrosionsschutz durch Wiederherstellung des alkalischen Milieus,
- Korrosionsschutz durch das Aufbringen einer Wärmedämmmaßnahme.

Die letzte Maßnahme ist die empfehlenswerteste.

## Schadensvermeidung

Zur Schadensvorbeugung ist bei der Produktion auf die Betondeckung und auf eine gute Verdichtung des Wetterschutzschichten-Betons besonders zu achten.

Das Aufbringen einer wasserabweisenden (hydrophoben) Beschichtung auf der Oberfläche der Beton-Sandwichwandelemente bei der Produktion wäre eine Lösung, um diesem Schaden weiter vorzubeugen.

### 4.1.2.3 Betonabplatzungen infolge einer nicht fachgerechten Ausführung der Fugen zwischen den Wetterschutzschichten

#### Schadensbild

An den Rändern der Wetterschutzschicht sind Abplatzungen vorhanden. Diese Abplatzungen betreffen zum Teil die gesamte Dicke der Wetterschutzschicht (Bild 17) oder nur die Oberfläche (Bild 18). Korrosionserscheinungen des Bewehrungsstahls sind nicht vorhanden.



**Bild 17** ■ Abplatzungen der Betonnase am unteren Rand einer Wetterschutzschicht an einem Gebäude des Typs WBS 70



**Bild 18** ■ Betonabplatzungen im Fugenbereich der Wetterschutzschicht eines Großtafelbaus

### Schadensursache

Ursache der Abplatzungen ist das Nichteinhalten der minimalen Fugenbreite bei der Planung oder Montage der Beton-Sandwichwände. Es werden zum Teil Fugenbreiten von 0 mm vorgefunden.

Die klimatisch bedingten thermisch-hygrischen Beanspruchungen der Wetterschutzschichten führen dazu, dass diese sich dehnen bzw. stauchen. Lässt die zu klein geratene Fuge die Dehnungen an einigen Stellen nicht zu, so entstehen durch das Gegeneinanderdrücken der Wetterschutzschichten die dargestellten Abplatzungen.

Sind die notwendigen Fugenbreiten eingehalten worden, können die Abplatzungen bereits bei der Montage entstanden sein.

### Schadenssanierung

Sind solche Abplatzungen nur an einigen wenigen Stellen der Außenwand vorhanden, können diese dadurch ausgebessert werden, dass der Betonuntergrund mit einer Haftbrücke versehen wird und danach die Ausbruchsstellen mit einem Instandsetzungsmörtel verfüllt werden (Betonkosmetik). Eine ausreichende Fugenbreite (Tabelle 6) muss dabei aber eingehalten werden.

Sind die Abplatzungen über der gesamten Fläche der Außenwand verstreut, kann es kostengünstiger sein, auf die bestehende Wand eine neue Außenwandbekleidung aufzubringen. Ein Wärmedämmverbundsystem oder eine hinterlüftete Außenwandbekleidung wären z.B. geeignete Lösungen, insbesondere wenn weitere Schäden an den Wandelementen zu sanieren sind (Kapitel 5).

## Schadensvermeidung

Um Betonabplatzungen im Fugenbereich zu vermeiden, ist bei der Planung und Herstellung der Außenwände auf eine ausreichende Fugenbreite zu achten. Die Fuge muss eine Bewegung der Wetterschutzschicht unter den klimatisch bedingten thermisch-hygrischen Beanspruchungen und ggf. auch Bewegungen aus Setzungen schadlos zulassen. Die Mindestfugenbreiten sind z.B. in DIN 18540 [46] wie folgt vorgeschrieben:

**Tabelle 6** ■ Mindestfugenbreiten bei Bauwerken nach DIN 18540 [46]

Vorhandener Fugenabstand [m]	Fugenbreite		Dicke des Fugendichtstoffs <sup>3</sup> in Fugenmitte d in [mm]
	Nennmaß <sup>1</sup> b in [mm]	Mindestmaß <sup>2</sup> b <sub>min</sub> in [mm]	
bis 2,0	15	10	8 ± 2
bis 3,5	20	15	10 ± 2
bis 5,0	25	20	12 ± 2
bis 6,5	30	25	15 ± 3
bis 8,0	35	30	15 ± 3

1) Nennmaß für die Planung  
 2) Mindestmaß zum Zeitpunkt der Fugenabdichtung  
 3) Die angegebenen Werte gelten für den Endzustand, dabei ist auch die Volumenänderung des Fugendichtstoffs zu berücksichtigen.

Zu weitergehenden Ausführung der Fugenausbildung wird hier auf [30] verwiesen.

### 4.1.3 Ablösung von Bekleidungen

#### 4.1.3.1 Ablösungen von Bekleidungen infolge von Bewehrungskorrosion

##### Schadensbild

Mit Fliesen bekleidete Wetterschutzschichten von Beton-Sandwichelementen weisen in der Fläche vereinzelt Abplatzungen sowie Aufwölbungen auf (Bild 19). Im Bereich der Fugen sind diese Schadensbilder verstärkt vorhanden (Bild 20). Die zum Teil stark korrodierte Bewehrung (bzw. Reste von Mattenbewehrungen, die offensichtlich bei der Fertigung nicht aus der Schalung entfernt wurden) liegt an den Plattenrändern in weiten Bereichen ohne Betondeckung unmittelbar unter den Fliesen (Bild 19 und Bild 20). An einigen weiteren Wetterschutzschichten ist im abgesprengten Bereich ein schlecht verdichteter Beton mit stark korroderter Bewehrung zu erkennen.



**Bild 19** ■ Fliesenabplatzungen infolge korrodierender Bewehrung



**Bild 20** ■ Aufwölbungen der Fliesen und Absprengungen der Fliesenbekleidung am Plattenrand von Wetterschutzschichten; der Schaden ist ca. fünf bis acht Jahre nach der Fertigstellung entstanden

## Schadensursache

Der schadenauslösende Mechanismus ist in allen hier dargestellten Fällen der gleiche: korrodierende Bewehrung. Die Ursache der Bewehrungskorrosion ist jedoch unterschiedlich.

Die Bewehrungskorrosion bzw. der Schaden gemäß Bild 19 ist ca. 20 Jahre nach Fertigung der Gebäude aufgetreten. Durch die fortschreitende Karbonatisierung, insbesondere über das Fugennetz der Mittelmosaik-Bekleidung, hat der Beton bis in die Tiefe der Bewehrung seine Schutzwirkung verloren. Das Eindringen von  $\text{CO}_2$  aus der Luft in die Wetterschutzschicht hätte nur durch das rechtzeitige Aufbringen wasserabweisender Beschichtungen – die einer ständigen Wartung unterliegen – langfristig verhindert werden können. Bei anhaltender Anwesenheit von Feuchtigkeit und Sauerstoff in der Wetterschutzschicht ist der fortschreitende Korrosionsprozess durch nachträgliche Beschichtungen nicht mehr aufzuhalten.

Die in Bild 20 dargestellten Schäden sind nach einer viel kürzeren Zeit (ca. fünf bis acht Jahre) eingetreten. Die Ursache hierfür ist die zu geringe Betondeckung. Die Karbonatisierungsfront erreichte die Bewehrungsebene nach wenigen Jahren, wodurch eine Korrosion der Bewehrung sehr früh in Gang gebracht worden ist.

## Schadenssanierung

Um die Wetterschutzschichten zu sanieren, bestehen zwei Möglichkeiten:

a) Konventionelle Betoninstandsetzung

- Instandsetzung durch Beschichtung der Bewehrung,
- Korrosionsschutz durch Wiederherstellung des alkalischen Milieus.

In beiden Fällen müssen die mit Fliesen bekleideten Wetterschutzschichten auf Schadstellen untersucht und loses oder schadhaftes Fliesenmaterial entfernt werden. Die freigelegten Betonflächen sind zu untersuchen und anschließend müssen die Ausbruchstellen und die korrodierte Bewehrung nach einem der o. g. Instandsetzungsverfahren saniert werden. Fliesen sind danach neu aufzubringen.

b) Instandsetzung durch das Aufbringen einer Wärmedämmmaßnahme

Eine weitere Möglichkeit der Instandsetzung ist, auf die Wetterschutzschichten eine Wärmedämmmaßnahme aufzubringen (Kapitel 5). Der Nachteil einer solchen Maßnahme (oder auch der gewünschte Nebeneffekt) ist jedoch, dass die Fassadengestaltung zwangsläufig geändert wird.

## Schadensvermeidung

Dieser Schaden kann dadurch vermieden werden, dass bei der Produktion auf die Betondeckung und auf eine gute Verdichtung des Wetterschutzschichten-Betons besonders geachtet wird.

Eine geeignete Maßnahme, um das Schadensrisiko weiter zu reduzieren, wäre, bei der Herstellung eine wasserabweisende Beschichtung aufzubringen (im Fall einer diffusionsdichten keramischen Bekleidung nur auf die Fugen).

#### 4.1.3.2 Ablösungen von keramischen Belägen infolge einer Störung des Haftverbundes zwischen Fliese und Beton

##### Schadensbild

An den Wetterschutzschichten sind großflächige Ablösungen der keramischen Bekleidung vorhanden. Korrosionsschäden sind nicht sichtbar (Bild 21).

##### Schadensursache

Solch ein Schadensbild kann in den meisten Fällen auf einen der zwei nachfolgend dargestellten Gründe zurückgeführt werden.

- Die Verklebung der Fliesen auf den Wetterschutzschichten des Betons ist unzureichend. Dies kann jedoch nur der Fall sein, wenn die Fliesen im Werk oder vor Ort nachträglich auf die Wetterschutzschicht aufgebracht werden.

Der Regelfall ist aber, dass die Keramik auf den frischen Beton aufgebracht wird; im Negativ-Verfahren werden die Fliesen in einer Matrize in die Schalung gelegt und die Wetterschutzschale darauf betoniert, während im Positiv-Verfahren die Keramik auf die frisch betonierten Wetterschutzschichten aufgebracht wird. Bei der Herstellung besteht im Negativ-Verfahren die Gefahr der Ablösung kaum.



**Bild 21** ■ Großflächige Ablösung der keramischen Bekleidung von Außenwandelementen aus Leichtbeton (haufwerksporiger Beton); Korrosionsschäden sind nicht vorhanden

- b) Das thermisch-hygrische Verhalten der keramischen Bekleidung unterscheidet sich von der des darunterliegenden Betons. Die unterschiedlichen Verformungen der Fliesen und des Betons führen durch die resultierenden Zwangsspannungen dazu, dass die Fliesen sich von den darunterliegenden Schichten lösen. Dieser Schaden ist nicht nur an Beton-Sandwichwänden zu beobachten, sondern er kommt sehr viel häufiger an Wänden aus Leichtbeton (haufwerksporiger Beton) vor (Bild 21), wie z. B. Giebelwänden der Bauserie P2 in den östlichen Bundesländern (Tabelle 2/Kapitel 3.2). In der Vergangenheit wurden derartige großflächige Schäden des Öfteren fälschlicherweise den dreischichtigen Außenwandplatten zugeordnet. Die Folge war, dass die Standsicherheit der Wetterschutzschichten der WBS 70-Bauweise angezweifelt wurde. Derartige standsicherheitsgefährdende Erscheinungsbilder an Wetterschutzschichten der dreischichtigen Außenwandaufbauten sind jedoch nicht bekannt.

### Schadenssanierung

Versuche, die Außenwand durch ein erneutes Aufkleben der Fliesen dauerhaft instand zu setzen, bleiben, insbesondere nach dem Auftreten des Schadens wie in Punkt b), in der Regel erfolglos [37]. Weiterhin besteht nach einer teilflächigen Sanierung immer noch die Gefahr, dass sich im nichtsanierten Bereich die keramische Bekleidung zu einem späteren Zeitpunkt ebenfalls ablöst.

Das Entfernen aller geklebten Keramikbekleidungen ist daher notwendig. Anschließend ist auf die Außenwand eine neue Bekleidung aufzubringen (Kapitel 5).

#### **4.1.3.3 Ablösungen von keramischen Bekleidungen infolge einer nicht fachgerechten Ausführung der Fugen zwischen den Wetterschutzschichten**

### Schadensbild

An den Rändern der Wetterschutzschichten sind die keramischen Bekleidungen teilweise abgesprengt (Bild 22). Korrosionserscheinungen des Bewehrungsstahls sind nicht vorhanden. Fugenbreiten von 0 mm werden vorgefunden.



**Bild 22** ■ Ablösung der Fliesen in Teilrandbereichen

### Schadensursache

Ursache der Ablösung ist das Nichteinhalten der minimalen Fugenbreiten bei der Planung bzw. Herstellung der Beton-Sandwichwände.

Entsprechend Kapitel 4.1.2.3 führen auch hier die klimatisch bedingten thermisch-hygrischen Beanspruchungen der Wetterschutzschicht dazu, dass diese sich dehnt bzw. gestaucht wird. Lässt die zu klein geratene Fuge die Dehnungen an einigen Stellen nicht zu, so entstehen durch das Gegeneinanderdrücken der Wetterschutzschichten die dargestellten Absperrungen der keramischen Fliesen.

### Schadenssanierung

Sind solche Abplatzungen nur an einigen wenigen Stellen der Außenwand vorhanden, können die geschädigten Stellen durch erneutes Aufkleben der Fliesen ausgebessert werden. Eine ausreichende Fugenbreite (Tabelle 6/Kapitel 4.1.2.3) muss dabei eingehalten werden.

Sind die Absperrungen über der gesamten Fläche der Außenwand in größerer Anzahl verstreut, kann es unter Umständen wirtschaftlicher sein, auf die bestehende Wand eine neue Außenwandbekleidung aufzubringen (Kapitel 5).

### Schadensvermeidung

Um Abplatzungen im Fugenbereich zu vermeiden, ist bei der Planung und Herstellung der Außenwände auf eine ausreichende Fugenbreite zu achten. Die Fuge muss eine Bewegung der Wetterschutzschicht unter den klimatisch bedingten thermisch-hygrischen Beanspruchungen und ggf. auch Bewegungen aus Setzungen schadlos zulassen. Die Mindestfugenbreiten sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

#### 4.1.3.4 Absprengung von Belägen infolge von Korrosion an Einbauteilen

##### Schadensbild

Stellenweise haben in den Flächen der Wetterschutzschichten unmittelbar unter dem Fliesenbelag vorhandene stählerne Einbauteile, die in einigen Fällen keine Funktion mehr haben, da sie z. B. als Montagehilfen dienten, zu Korrosionsschäden geführt (Bild 23).

##### Schadensursache

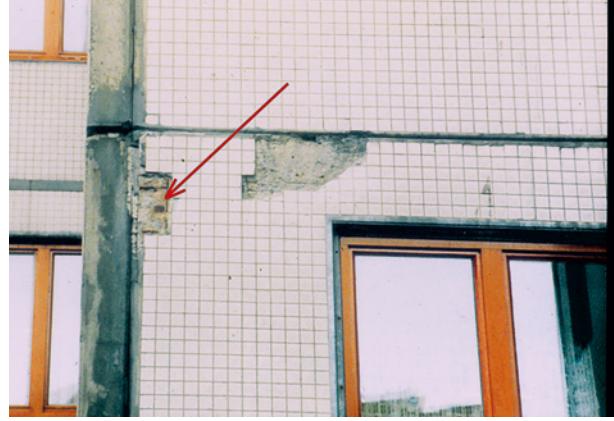
Hier liegen dieselben Ursachen zugrunde wie in Kapitel 4.1.3.1 bereits dargestellt.

##### Schadenssanierung

Sind die Einbauteile nicht mehr notwendig, sollten sie entfernt und die Fliesen erneut auf die Wände aufgebracht werden. Andernfalls vgl. Kapitel 4.1.3.1

##### Schadensvermeidung

Vorbeugend sind hier die gleichen Randbedingungen bei der Produktion einzuhalten wie in Kapitel 4.1.3.1 beschrieben.



**Bild 23** ■ Die Korrosion von Einbauteilen führte zur Absprengung der keramischen Beläge.

#### 4.1.4 Absandende Oberflächen

##### Schadensbild

An den bekiesten Wetterschutzschichten fallen einzelne Kiesel und Splittkörner von der Wandoberfläche ab (Bild 9 und Bild 24).

##### Schadensursache

Ursache von solch einem Schadensbild ist die zu geringe Einbindung des Korns in die Betonoberfläche. Bei der Produktion wurde bei der Positivfertigung der Kies bzw. Splitt auf die Oberfläche aufgeworfen und unzureichend verdichtet. Dementsprechend treten derartige Schäden überwiegend an Außenwandelementen in den östlichen Bundesländern auf.

##### Schadenssanierung

Dieser Schaden ist im Wesentlichen nur als eine ästhetische Beeinträchtigung zu bewerten, sofern nicht größere Kiesel durch Abfallen die öffentliche Sicherheit gefährden. Um das Herabfallen der Kiesel zu vermeiden, kann die an den Wandoberflächen nichthaftende Bekiesung z. B. mittels Hochdruckreiniger entfernt werden. Die beeinträchtigte Ästhetik kann jedoch im Allgemeinen auch durch einen anschließenden Anstrich nicht vollständig ausgeglichen werden.

Wird auf der Außenwandkonstruktion aus anderen Gründen eine Wärmedämmmaßnahme aufgebracht (Kapitel 5), so wird dieser Schaden damit vollständig beseitigt. Beim Aufbringen der Wärmedämmmaßnahme ist in solch einem Fall allerdings eine Verklebung nicht zulässig, da die Haftung des Klebers auf der bekiesten Oberfläche nicht gewährleistet werden kann. Die Wärmedämmung muss in der Wetterschutzschicht bzw. Tragschicht verdübelt werden (Kapitel 5.4.3).

##### Schadensvermeidung

Bei der Herstellung ist auf eine einwandfreie Haftung der Bekiesung zu achten. Die Bekiesung muss sauber und staubfrei sein und nach dem Aufbringen entsprechend verdichtet (eingedrückt) werden.



**Bild 24** ■ Abfallen einzelner Kiesel und Splittkörner von der Oberfläche der Wetterschutzschichten

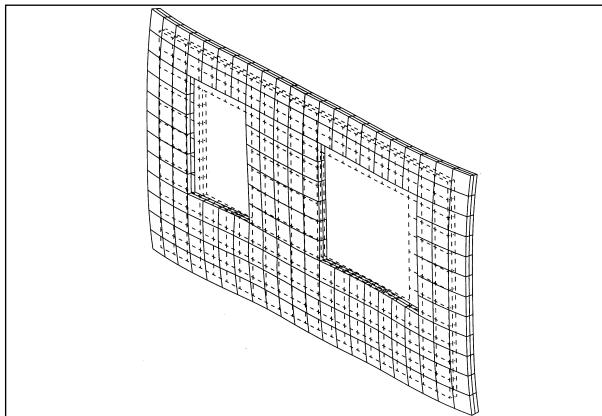
#### 4.1.5 Verwölbung der Wetterschutzschicht

##### Schadensbild

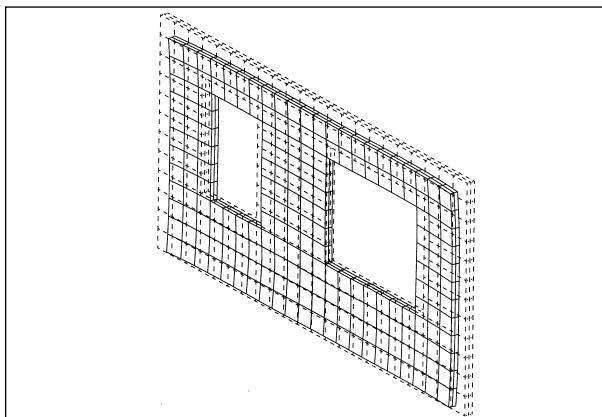
An den Wetterschutzschichten sind Verwölbungen (siehe Bild 25) in der Größenordnung von bis zu 6 cm zu erkennen. Eine rechnerische Simulation solcher Verwölbungen ist in den Bildern 26 und 27 dargestellt; die Bilder 28 und 29 zeigen exemplarisch einen weiteren Schadensfall.



**Bild 25** ■ Verwölbung einer Wetterschutzschicht durch Schwinden und Temperaturbeanspruchung



**Bild 26** ■ Verwölbung einer Wetterschutzschicht durch Schwinden und Temperaturbeanspruchung im Sommer (rechnerische Simulation)



**Bild 27** ■ Verwölbung einer Wetterschutzschicht durch Schwinden und Temperaturbeanspruchung im Winter (rechnerische Simulation)



**Bild 28** ■ Verwölbung der Wetterschutzschicht mit dadurch bedingtem Abriss des Fugendichtstoffs (Untersuchung durch Bohrkernentnahme, siehe Bild 29)



**Bild 29** ▪ Hohllage zwischen Tragschale und Polystyrol-Wärmedämmung durch Verwölbung der Wetterschutzschicht

### Schadensursache

Die Verwölbungen können durch Schwinden, Temperaturbeanspruchungen oder chemische Umwandlungsprozesse verursacht werden.

#### a) Verwölbung aus Schwinden

Von Schwindverformungen sind vor allem große Platten mit mehr als 5 m Länge betroffen. Das Schwinden ist maßgeblich vom Austrocknen des Betons abhängig, was von außen nach innen erfolgt. Dadurch verwölben sich die Trag- und die Wetterschutzschicht eines Sandwichwandelements gegenläufig. Die Verformungen sind umso größer, je schneller der Austrocknungsprozess an den Schichtoberflächen vorstatten geht. Daher sind bei Sandwichwandelementen, die in den ersten Tagen nach der Produktion ungeschützt der Sonneneinstrahlung oder Windeinflüssen ausgesetzt werden, Verwölbungen sehr wahrscheinlich.

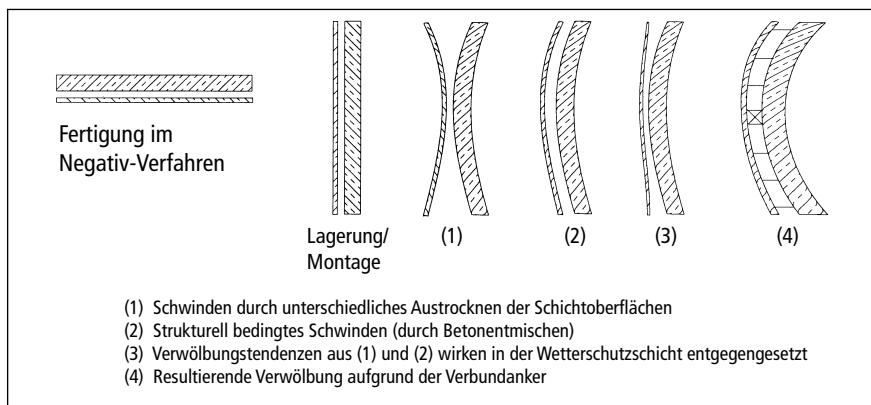
Es ist weiterhin unvermeidlich, dass sich der Beton beim Verdichten entmischt. Beim Rüttelvorgang sinken große und schwere Zuschlagkörner nach unten. Oben verbleiben die kleineren und wasserreichen Teile. Dadurch entsteht auf der Oberseite ein größeres Schwindmaß als auf der Unterseite.

Die Art und Größenordnung der Verwölbung ist maßgeblich vom Herstellungsverfahren abhängig (Kapitel 3.3.3):

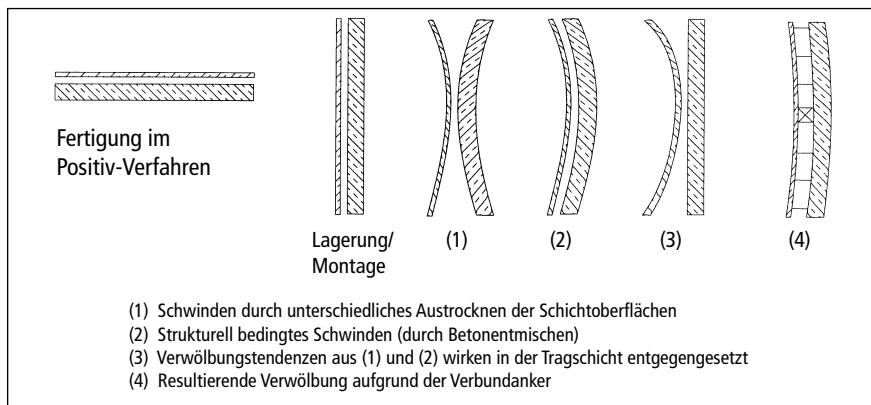
- Bei den im Negativ-Verfahren hergestellten Beton-Sandwichelementen addiert sich in der Tragschale die Verwölbung aus zeitlich bedingtem Schwinden, aus dem Austrocknen und aus strukturell bedingtem Schwinden sowie aus der Entmischung. In der Wetterschutzschicht wirken sie entgegengesetzt und heben sich daher auf. Durch die Anker wird jedoch der

Wetterschutzschicht die Verformung der wesentlich steiferen Tragschale aufgezwungen, wodurch feine Risse entstehen können.

- Bei den im Positiv-Verfahren hergestellten Beton-Sandwichelementen wirken in der Tragschicht die Verwölbungen entgegengesetzt. Die Tragschicht bleibt deshalb nahezu eben. Die Verwölbungen in der Wetterschutzschicht aus Austrocknung und Entmischung addieren sich. Die Verformung der Wetterschutzschicht wird durch die Verbundanker verhindert, vorausgesetzt, dass entsprechende Verbundmittel (wie z. B. Halteanker) die beiden Schichten kraftschlüssig miteinander verbinden. Aufgrund der Verwölbungsbehinderung durch die Verbundanker entstehen jedoch Zwängungen, die zu feinen Rissen in der Wetterschutzschicht führen können.



**Bild 30** ■ Schematische Darstellung der unterschiedlichen Schwindeinflüsse, die zur Endverwölbung der Wetterschutzschicht einer im Negativ-Verfahren gefertigten Beton-Sandwichwand führen



**Bild 31** ■ Schematische Darstellung der unterschiedlichen Schwindeinflüsse, die zur Endverwölbung der Wetterschutzschicht einer im Positiv-Verfahren gefertigten Beton-Sandwichwand führen

## b) Verwölbung aus klimatisch bedingten Temperaturbeanspruchungen

Neben den Schwindverformungen können ebenfalls »Temperaturverwölbungen« auftreten, die jedoch nicht ständig vorhanden sind. Bei steigender Außenlufttemperatur und Sonneneinstrahlung auf die Wetterschutzschicht entsteht in dieser ein entsprechender Temperaturgradient, der zu den in Bild 30 dargestellten Verwölbungen führt. Umgekehrt ist die Verwölbung im Winter bei niedrigen Außenlufttemperaturen wie in Bild 31.

## c) Verwölbung aus chemischen Umwandlungsprozessen im Beton

Chemische Umwandlungsprozesse, wie z.B. Alkalikieselsäurereaktion oder sekundäre Ettringitbildung, können ebenfalls zu Verwölbungen der Wetterschutzschichten führen [17].

## Schadenssanierung

Es muss vorab eine qualifizierte Beurteilung des Zustands der Außenwandkonstruktion erfolgen. Ist die Standsicherheit nicht gefährdet, und nur eine geringe Anzahl der Wandelemente betroffen, können diese in manuellen Arbeitsgängen ersetzt werden. Sonst ist bei irreversiblen Verwölbungen die einzige Möglichkeit einer Sanierung das Aufbringen einer neuen Außenwandbekleidung auf der bestehenden Wand (Kapitel 5). In Abhängigkeit von der Größenordnung der Verwölbung kann z.B. ein Wärmedämmverbundsystem (bei kleinen Verwölbungen) oder eine hinterlüftete Außenwandbekleidung (bei großen Verwölbungen) zum Einsatz kommen.

## Schadensvermeidung

Verwölbungen der Wetterschutzschichten sind nie ganz zu vermeiden. Um die Größenordnung der Verwölbung jedoch so gering wie möglich zu halten, ist das unterschiedliche Schwinden in den Betonschichten von vornherein zu minimieren. Dies kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Fachgerechte Nachbehandlung der Wandelemente bei der Produktion und Lagerung.
- Verwendung eines entsprechend schwindarmen Betons. Dieser kann durch einen niedrigen Wasserzementwert, eine kleine Körnung und die Verwendung von Betonzusatzmitteln wie Betonverflüssiger, Luftporenbildner, Betondichtungsmittel und Erstarrungsverzögerer hergestellt werden.
- Einsatz von Wärmedämmstoffen mit geringem Wasseraufnahmevermögen. Dämmstoffe mit hoher Wasseraufnahme geben beim Austrocknen Feuchtigkeit an den Beton ab. Dadurch wird das unterschiedliche Austrocknen

- der inneren und äußeren Schichten der Wetterschutzschichten und Tragschichten begünstigt.
- Weitestgehende Vermeidung des Entmischens des Betons durch genaueste Dosierung der Rüttelvorgänge.

#### **4.1.6 Versprünge zwischen Wetterschutzschichten**

##### **Schadensbild**

An der Fassade eines Gebäudes sind deutliche Versprünge bzw. horizontale und vertikale Versätze zwischen den Wetterschutzschichten der einzelnen Elemente zu erkennen (Bild 32). Die Größenordnung der Versprünge erreicht 10 cm.

##### **Schadensursache**

In den überwiegenden Fällen ist solch ein Schaden herstellungsbedingt. Die Montage der Außenwandelemente wurde nicht ordnungsgemäß ausgeführt; die Montagetoleranzen sind nicht eingehalten worden.

Ein weiterer möglicher Grund für ein solches Schadensbild wären unterschiedliche Dicken der Wandschichten (Kapitel 4.1.7).

Größere Verformungen der Wetterschutzschicht können als Schadensursache nahezu ausgeschlossen werden. Vor einer endgültigen Beurteilung der Schadensursache muss aber eine qualifizierte Untersuchung der Wandelemente erfolgen; der Zustand der Fugen bzw. des Fugendichtstoffs verraten auf Anhieb, ob eine Wetterschutzschicht abgesackt ist oder nicht. Im Zweifelsfall können Stemmproben oder Bohrungen im Elementrandbereich Aufschluss über aufgetretene Verformungen geben.

##### **Schadenssanierung**

Haben die Untersuchungen vor Ort zum Ergebnis, dass keine größeren Verformungen die Ursache der Versprünge sind und dass die Standsicherheit des Gebäudes durch sie nicht beeinträchtigt wird, kann dieser Schaden eher als eine ästhetische Beeinträchtigung bewertet werden. Ein Sanierungsvorschlag wäre dann das Aufbringen einer neuen Außenwandbekleidung auf die bestehenden Gebäude (Kapitel 5). Hierzu eignet sich eine hinterlüftete Außenwandbekleidung besonders gut, da bei einer solchen Bekleidung die Maßtoleranzen vergleichsweise einfach ausgeglichen werden können.



**Bild 32** ■ Versprünge bzw. Versätze der Wetterschutzschichten an einem Gebäude des Typs WBS 70

Haben die Untersuchungen vor Ort jedoch zum Ergebnis, dass die Wetterschutzschichten abgesackt sind und deren Standsicherheit nicht mehr gegeben ist, so müssen sie abgetragen werden und in manuellen Arbeitsgängen ersetzt werden. Anstatt die Wetterschutzschichten zu erneuern, wäre das Aufbringen einer neuen Außenwandbekleidung auch hier eine geeignetere Lösung.

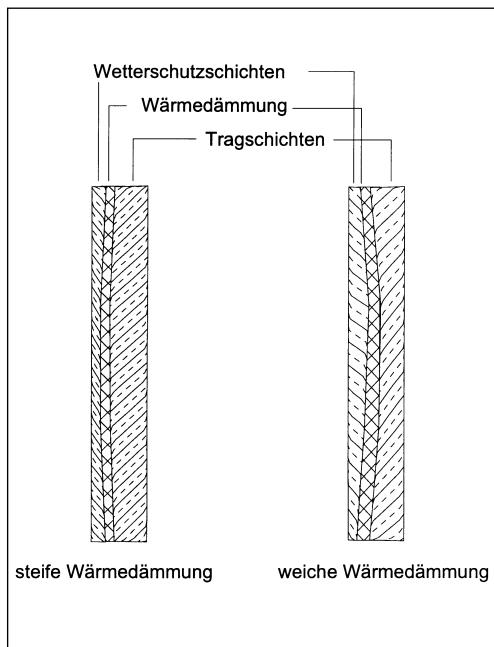
### Schadensvermeidung

Die Fertigungs- und Montagetoleranzen sind einzuhalten und regelmäßig zu überwachen.

#### 4.1.7 Unterschiedliche Dicken der Wetterschutzschichten

##### Schadensbild

Die Wetterschutzschicht weist innerhalb desselben Wandelements unterschiedliche Dicken auf.



**Bild 33** ■ Schematische Darstellung von Beispielen unterschiedlich dicker Wetterschutzschichten

## Schadensursache

Dieser Schaden ist produktionsbedingt (vgl. Schadensvermeidung).

## Schadenssanierung

Es besteht keine Möglichkeit, solch einen Schaden zu sanieren. Ist dadurch aber die Standsicherheit der Wetterschutzschichten gefährdet (z.B. wenn der Haftverbund der Traganker wegen einer zu geringen Dicke, also einer Dicke unter 40 mm, nicht ausreichend gewährleistet ist), so müssen Sicherungsmaßnahmen für diese Elemente getroffen werden (Kapitel 5.5). Ist die Standsicherheit des gesamten Gebäudes durch eine zu geringe Dicke der Tragschicht gefährdet, sind sofortige Maßnahmen zur Gewährleistung der Standsicherheit erforderlich.

## Schadensvermeidung

Bei der Herstellung der Wandelemente ist auf die Einhaltung der zulässigen Toleranzen zu achten. Weiterhin muss bei der Produktion darauf geachtet werden, dass die erstbetonierte Schicht aushärtet, bevor die zweite Betonschicht (im Negativ-Verfahren die Tragschicht und im Positiv-Verfahren die Wetterschutzschicht) betoniert wird. Das Aufbringen des Frischbetons der

zweiten Schicht würde sonst durch das Gewicht den frischen Beton der erstbetonierten Schicht wegdrücken, wodurch die unterschiedlichen Dicken entstehen. Die Anwendung von Wärmedämmstoffen mit einer ausreichenden Steifigkeit ist ebenfalls maßgebend.

## 4.1.8 Verankerung der Wetterschutzschicht

### 4.1.8.1 Korrosion der Verankerung

#### Schadensbild

Im Regelfall werden die Verankerungssysteme aus nicht rostendem Stahl hergestellt (der heutige Stand der Technik schreibt nicht rostenden Stahl vor), sodass Korrosion an Wetterschutzschichtenverankerungen ein selten zu beobachtender Schaden ist.

Einige wenige Systeme sahen normalen Betonstahl (sogenannten schwarzen Stahl) für die Traganker vor, wie z.B. das Verankerungssystem Camus-Dietsch und Holzman-Coignet (in den westlichen Bundesländern) und die Verbundanker der WBKs Rostock und Gera. Diese Systeme sind in Kapitel 3.3.2/Tabelle 4 dargestellt. Bei diesen Systemen kann es zu Korrosionsschäden kommen. Diese Schäden sind jedoch im Regelfall nicht auf Anhieb zu erkennen. Zur Überprüfung der Korrosion und des Korrosionsgrads der Verankerungsbewehrung müssten die Außenwandplatten aufgestemmt werden.

In Bild 34 sind Korrosionserscheinungen an einer Wetterschutzschicht-Verankerung des Systems Camus-Dietsch zu erkennen. Die Korrosion des Verankerungsstahls ( $\varnothing$  14 mm) ist nur im Bereich des oberen Plattenrandes vorhanden. Der vertikale Stahl, die Diagonalstäbe sowie die Flächenbewehrung der Wetterschutzschichten weisen in den restlichen Bereichen nur sehr geringe bzw. keine Korrosionsspuren auf. Untersuchungen des Korrosionsgrads und des Zustands der Wetterschutzschichten hatten in diesem Fall zum Ergebnis, dass die Standsicherheit der Wetterschutzschichten trotz Korrosion noch gegeben ist.

Ähnliche Korrosionsschäden werden auch in den Verankerungssystemen von Coignet und an den Verbundankern der WBKs Rostock und Gera (Tabelle 4) festgestellt. Die vorgefundenen Korrosionsschäden sind in der Regel nicht so weit fortgeschritten, dass die Standsicherheit der Wetterschutzschichten gefährdet wäre. Instandsetzungsmaßnahmen haben in der Regel das Fortschreiten der Korrosion verhindert und somit wurden Standsicherheitsrisiken eliminiert.



**Bild 34** ■ Korrosion eines Stahlstabs ( $\varnothing$  14 mm) im Verankerungssystem Camus-Dietsch

Vom Absturz der Wetterschutzschicht einer Beton-Sandwichwand eines Lagerhauses im westlichen Teil Deutschlands wird in [9] berichtet. Korrosion am Verankerungssystem und an der Bewehrung der Wetterschutzschicht sowie ein aus statischer und konstruktiver Sicht nicht ausgereiftes Verankerungssystem wird als Absturzursache angegeben [9]. Dieser Extremfall ist sehr selten zu beobachten und bleibt auf Einzelfälle beschränkt; es ist nur der in [9] dargestellte Absturz der Wetterschutzschicht einer Beton-Sandwichwand dokumentiert.

### Schadensursache

Eine zu geringe Betondeckung führte zu den Korrosionsschäden (Kapitel 4.1.2.2).

### Schadenssanierung

Ist die Standsicherheit der Wetterschutzschichten trotz der Tragankerkorrosion noch gegeben, so ist eine Instandsetzung nach einem der in Kapitel 5.2 oder 5.3 beschriebenen Verfahren durchzuführen.

Wird eine Wärmedämmmaßnahme nach Kapitel 5.3 als Sanierung auf die Außenwand aufgebracht, so muss vorher untersucht werden, ob die Standsicherheit der Wetterschutzschichten bei fortschreitender Korrosion nach ca. zwei bis fünf Jahren immer noch gegeben ist. Nach dem Aufbringen der Wärmedämmung wird ein Zeitraum von zwei bis fünf Jahren (je nach Dämmmaterial) für die Austrocknung der Außenwand benötigt, bis die kritische Feuchte im Beton, bei der keine Bewehrungskorrosion mehr stattfinden kann, unterschritten wird [28]. Es muss abgeschätzt werden, wie weit die

Korrosion zu diesem Zeitpunkt fortgeschritten sein wird (z.B. nach Bild 51). Der Restquerschnitt der Ankerbewehrung zu diesem Zeitpunkt muss die Standsicherheit der Wetterschutzschichten gewähren. Ist dies nicht der Fall, muss vor dem Aufbringen der Wärmedämmmaßnahme eine Sicherung der Wetterschutzschichten z.B. durch Zusatzanker erfolgen (Kapitel 5.5).

Ist die Standsicherheit infolge der Tragankerkorrosion schon zum Untersuchungszeitpunkt nicht mehr gegeben, muss sie sofort wiederhergestellt werden, indem die Wetterschutzschichten durch Zusatzanker gesichert werden (Kapitel 5.5).

Wird zusätzlich eine erhebliche Korrosion der Bewehrung der Wetterschutzschicht festgestellt, muss diese Wetterschutzschicht abgetragen werden, da eine Zusatzverankerung nach Kapitel 5.5 die Standsicherheit nicht wiederherstellen kann.

## Schadensvermeidung

Vgl. Kapitel 4.1.2.2.

### 4.1.8.2 Mangelhafte Verankerung der Wetterschutzschichten

Mit mangelhafter Verankerung der Wetterschutzschichten wird hier gemeint, dass die Traganker nicht ordnungsgemäß in die Wetterschutzschicht bzw. Tragschicht eingebunden werden. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn die Wetterschutzschichtdicke kleiner als 40 mm ausgeführt wird, wodurch der Haftverbund zwischen Anker und Wetterschutzschicht nicht mehr gewährleistet wird. In solch einem Fall muss sofort eine Sicherung der Wetterschutzschichten durch Zusatzanker erfolgen.

In [1] wird solch eine mangelhafte Verankerung geschildert. Vorgefunden wurde sie jedoch in der Praxis noch nicht. Es ist bisher kein Schadensfall bekannt geworden (alle Bundesländer), bei dem eine Wetterschutzschicht dadurch versagte, dass die Traganker nicht ordnungsgemäß eingebaut worden waren. Dies ist allein dadurch schon erklärbar, dass im Falle eines mangelhaften bzw. fehlenden Haftverbundes, die Wetterschutzschichten bereits beim Ausschalvorgang bzw. beim Transport versagen (Abfallen) oder zumindest größere Verformungen aufweisen würden. Die Traganker werden beim Ausschalen bzw. Transport dynamischen Lasten ausgesetzt, die das Zwei- bis Vierfache des Eigengewichts der Wetterschutzschichten betragen.

#### 4.1.9 Schäden an Fugen zwischen Wetterschutzschichten

So vielfältig wie die Arten möglicher Fugenausbildungen und deren Abdichtung zwischen den Wetterschutzschichten sind, so zahlreich sind Schäden in diesem Bereich. Durch ungeeignetes oder überbeanspruchtes Fugenmaterial kommt es zu Undichtigkeiten und in der Folge zum Eindringen von Schlagregen in die Außenwandkonstruktion. Durchfeuchtungsschäden im Inneren der Gebäude haben ihre Ursache jedoch häufiger in der mangelhaften An schlussfugenausbildung, z. B. von Außenfensterbänken (Bild 35).

Die Ursache derartiger Durchfeuchtungsschäden kann häufig durch punktuelle Neuabdichtung der betroffenen Fensterkonstruktionen beseitigt werden. In der Vergangenheit ist es mitunter vorgekommen, dass derartige Undichtigkeiten in Anschlussbereichen zur Neuabdichtung sämtlicher Wetterschalenfugen ganzer Gebäudebereiche geführt haben, ohne dass diese tatsächlich schadensursächlich waren.

Neben Undichtigkeiten im Fugenbereich können bei mit Morinol-Dichtstoff geschlossenen Fugen an den Großtafelbauten der ehemaligen DDR auch Kantenabplatzungen des Wetterschalenbetons auftreten. Diese entstehen auf gleiche Weise wie in Kapitel 4.1.2.3 und 4.1.3.3 beschrieben, da dieser Dichtstoff im Laufe der Zeit seine Elastizität vollständig verliert und aushärtet, sodass Zwängungs Kräfte übertragen werden.

Die Vielzahl möglicher Schäden im Fugenbereich, deren Ursachen und Sanierungsmöglichkeiten in [30] ausführlich beschrieben sind, sollen hier nicht wiederholt werden.



**Bild 35** ■ Wasserablaufspuren an der Außenwand im Bereich eines unzureichend eingedichteten Fensterbrechs

## 4.2 Wärmedämmung

### 4.2.1 Materialien und Dimensionierung der Wärmedämmung

Im Großtafelbau kommt eine Vielfalt von Wärmedämmmaterialien für die Dämmung der Außenwände zur Anwendung. Die am häufigsten eingesetzten Dämmstoffe sind nachfolgend zusammengestellt.

- Holzwolle-Leichtbauplatten

Holzwolle-Leichtbauplatten wurden bei zweischichtigen Außenwandkonstruktionen als Außen- bzw. Innendämmung eingesetzt. Sie wurden ebenfalls, jedoch viel seltener, in drei- und mehrschichtigen Außenwandelementen verwendet. Beispiele für Großtafelbausysteme, in denen Holzwolle-Leichtbauplatten angewendet worden sind, sind das System Deutsche Barents Bautechnik und der Großtafelbautyp P2 (Kapitel 3.2/Tabelle 2).

- Polystyrene-Hartschaumplatten

Polystyrene-Hartschaumplatten wurden in drei- und mehrschichtigen Außenwandelementen angewendet; z. B. beim System Deutsche Barents und beim System Coignet (Kapitel 3.3/Tabelle 3 und Kapitel 3.4/Tabelle 5).

- Polystyrol-Hartschaumplatten

Polystyrol ist der bei der Herstellung von Beton-Sandwichwänden am häufigsten verwendete Dämmstoff. Bei den Systemen Camus-Dietsch, Coignet, Larsen-Nielsen, Estiot-Hochtief und bei den Gebäudetypen P2, QP 71, IW 60, WBS 70 und WHH werden zum überwiegenden Teil solche Hartschaumplatten verwendet. Die heutige Produktion von Großtafelbauten setzt ebenfalls Polystyrol Hartschaumplatten ein (Kapitel 3.3/Tabellen 3 und 4).

- Mineralfaser-Dämmplatten

Mineralfaser-Dämmplatten (in der ehemaligen DDR als Kamilit bezeichnet) kommen ebenfalls bei der Herstellung von Beton-Sandwichwänden zur Anwendung; z.B. werden sie bei den Gebäudetypen P2, QP 71, IW 60, WBS 70 und WHH eingesetzt (Kapitel 3.3/Tabellen 3 und 4).

In den 1950er- und 1960-Jahren wurde die Wärmedämmung mit 20 bis 30 mm Dicke ausgeführt. Die erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz in den 1970er-Jahren führten dazu, dass Dicken von bis zu 60 mm eingesetzt wurden.

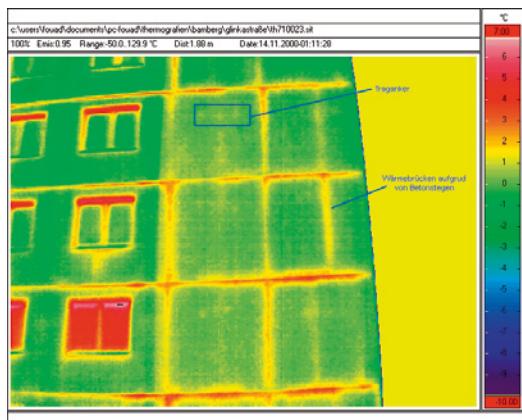
## 4.2.2 Punktuelle Wärmebrücken

### Schadensbild

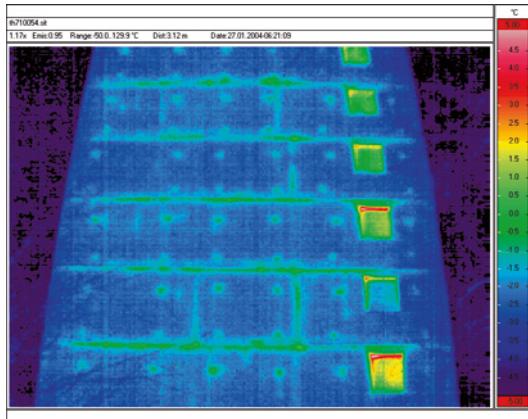
Punktuelle Wärmebrücken entstehen im Regelfall im Bereich von Tragankern. Bei der Produktion werden in die Wärmedämmmschicht um die Traganker Öffnungen herausgeschnitten. Werden diese vor dem Betonieren der nächsten Schicht nicht sorgfältig und lückenlos mit Dämmstoff geschlossen, so entstehen »Betonpfpfen«, die Wärmebrücken bilden. Die Traganker selbst bilden auch bei ordnungsgemäßer Ausführung Wärmebrücken, welche jedoch – in Abhängigkeit von den Ankerabmessungen – im Regelfall keine schadensträchtigen Auswirkungen haben.

Punktuelle Wärmebrücken stellen damit noch nicht von vornherein einen Schaden im Sinne einer Schädigung der Bausubstanz dar. Sie führen in der Regel nur zu einem erhöhten Wärmeverlust im Wärmebrückenzonenbereich. Die Temperaturen auf der Innenseite der Tragschale sinken in der Praxis nur dann soweit ab, dass Schimmelpilzbildungen entstehen [22] (Kapitel 4.2.3), wenn tatsächlich »Betonpfpfen« durch mangelhaft eingelegten Wärmedämmstoff entstanden sind. Dies ist jedoch ein eher seltenes Schadensbild.

Punktuelle Wärmebrücken lassen sich nicht ohne Weiteres erkennen. Thermografische Aufnahmen sind notwendig, um solche Wärmebrücken zu orten. Bild 36 zeigt thermografische Aufnahmen von Außenwänden eines Gebäudes des Typs WBS 70 und Bild 37 für ein Gebäude mit Manschettenverbundankern, in dem im Bereich der Verankerung einige punktuelle Wärmebrücken deutlich zu erkennen sind.



**Bild 36** ■ Thermografische Aufnahme einer Außenwand von Gebäudetyp WBS 70; zu erkennen sind punktuelle Wärmebrücken im Bereich der Verankerung der Wetterschutzschichten sowie linienförmige Wärmebrücken im Bereich der Fugen und an unplanmäßigen Betonstegen



**Bild 37** ■ Thermografische Aufnahme einer Außenwand, in der die Wetterschutzschichten mit Manschettenverbundankern befestigt sind; zu erkennen sind punktuelle Wärmebrücken im Bereich der Verankerung der Wetterschutzschichten

Ein weiteres Beispiel von punktuellen Wärmebrücken ist in Bild 38 am Beispiel eines Gebäudes in den westlichen Bundesländern dargestellt. In diesem Gebäude werden die Wetterschutzschichten durch Manschettenverbundanker (Kapitel 3.3.2/Tabelle 4) in der Tragschicht verankert. In diesem Fall kann der Effekt der Wärmebrücken ohne weitere Hilfsmittel beobachtet werden. In kalten Winternächten mit klarem Himmel legt sich Raureif auf den Fassaden ab. Aufgrund der Beheizung der Innenräume fließt die Wärme verstärkt in den Wärmebrückengebieten, wodurch der Raureif in diesen Bereichen schneller als auf den übrigen Wandflächen abtaut. Dadurch zeichnen sich die Wärmebrückengebiete, insbesondere bei Streiflicht in den Morgenstunden, deutlich ab.

### Schadensursache

Punktuelle Wärmebrücken, gebildet durch Traganker, sind konstruktionsbedingt. Sofern im Bereich der Traganker die Wärmedämmung nicht regelgerecht verlegt ist, entstehen »Betonpfropfen« (Kapitel 3.3.3), die dann schadensträchtige Wärmebrücken bilden.

### Schadenssanierung

Führen die punktuellen Wärmebrücken zu keinen Folgeschäden in Form von Wandverfärbungen und im Extremfall Schimmelpilzbildungen [22], so sind Sanierungsmaßnahmen nicht zwingend notwendig. Sind jedoch Folgeschäden aufgetreten, dann sind auf den Einzelfall abgestimmte Maßnahmen erforderlich (vgl. Kapitel 4.2.3).



**Bild 38** ▪ Traganker der Wetterschutzschichten und Fugen zwischen Fertigteilelementen zeichnen sich als Wärmebrücken an einer mit Raureif überzogenen Großtafelbauwand ab. In den Wärmebrückebereichen taut der Raureifüberzug durch erhöhten Wärmefluss schneller ab.

## Schadensvermeidung

Punktuelle Wärmebrücken sind systembedingt und können nie 100%ig vermieden werden. Sie können durch eine sorgfältige Produktion jedoch minimal gehalten werden (Kapitel 3.3.3).

### 4.2.3 Linienförmige Wärmebrücken

#### Schadensbild

Linienförmige Wärmebrücken entstehen meist in Fugenbereichen zwischen den Beton-Sandwichelementen und durch Betonstege in der Wärmedämmung, insbesondere im Laibungsbereich von Fensteranschlüssen.

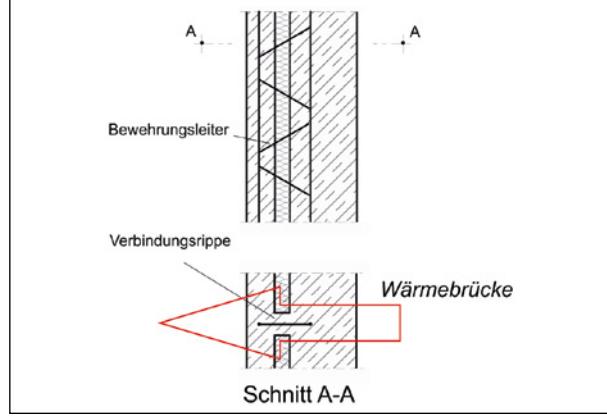
Schadensbilder infolge linienförmiger Wärmebrücken sind in Form von dunklen Verfärbungen, im Extremfall auch als Schimmelpilzbildungen [22], auf der Innenseite der Wände zu beobachten. Diese Verfärbungen bzw. Schimmelpilzbildungen markieren im Regelfall den vertikalen Stoß zwischen den einzelnen Wandelementen, vor allem in Außeneckbereichen, den Horizontalfugenbereich zwischen den Fertigteilelementen und häufig die Laibungen von Fenstern.

Linienförmige Wärmebrücken lassen sich im Regelfall vor dem Auftreten der Schadensbilder nur durch thermografische Aufnahmen orten. Bild 36 zeigt thermografische Aufnahmen von Außenwänden, in denen Wärmebrücken im Bereich der Vertikal- und Horizontalfugen sowie einige linienförmige Wärmebrücken von Betonstegen deutlich zu erkennen sind. Auch Bild 37 stellt linienförmige Wärmebrücken im Fugenbereich am Beispiel eines Gebäudes in den westlichen Bundesländern dar.

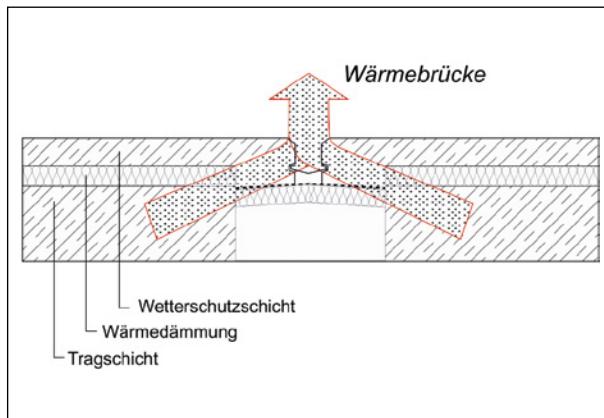
### Schadensursache

Linienförmige Wärmebrücken können zum einen systembedingt sein: Beim System Camus-Dietsch bilden z.B. die Stege des Verankerungssystems planmäßig eine linienförmige Wärmebrücke (Bild 39). Zum anderen können linienförmige Wärmebrücken produktionsbedingt sein (nicht fachgerechte Ausführung der Fugen wie in Bild 40 oder nicht fachgerechte Herstellung der Außenwandelemente selbst wie in Kapitel 3.3.3 beschrieben).

Folgeerscheinungen dieser Wärmebrücken in Form von Verfärbungen und im Extremfall auch Schimmelpilzbildungen an den Innenseiten der Außenwände können nur dort auftreten, wo es auf der Wandoberfläche zumindest zeitweise zu Feuchtigkeitsansammlung aufgrund von Tauwasserbildungen kommt. Die hierzu notwendige Unterschreitung der von der Innentemperatur und Luftfeuchte abhängigen Taupunkttemperatur kann in den Wärmebrückebereichen auftreten.



**Bild 39** ■ Wetterschutzhüllenschichtenverankerung im System Camus-Dietsch als linienförmige Wärmebrücke



**Bild 40** ■ Wärmebrückeneffekt im Vertikalfugenbereich (Großtafelbautyp WBS 70) durch versetzt angeordnete Wärmedämmung

Von größeren Wärmebrücken abgesehen, stellen planmäßige und auch andere nichtplanmäßige Wärmebrücken nicht zwingend die alleinige Ursache für Schimmelpilzschäden dar. Zu hohe Luftfeuchtigkeit und ein zu geringer Luftwechsel in den Wohnungen (unzureichende Lüftung) sind Faktoren, die die Schimmelpilzbildung weiter fördern.

### Schadenssanierung

Für Schäden aufgrund von Wärmebrückeneffekten lässt sich nicht ohne Weiteres ein allgemeingültiges Instandsetzungskonzept angeben.

Sofern nur in einzelnen Wohnungen oder Räumen entsprechende Schäden vorhanden sind, können unter Umständen punktuelle Maßnahmen sinnvoll sein, wie z.B. das Aufbringen von innenliegenden Wärmedämmungen zusammen mit Dampfsperren, kapillaraktiven Wärmedämmstoffen oder auch die aktive oder passive Beheizung der Wärmebrücken.

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 kann z.B. schon eine geringfügige Änderung der Möblierung verbunden mit einer regelmäßigen Stoßlüftung der Räume bewirken.

Sofern gleichartige Feuchtigkeits- und Schimmelpilzschäden in Wohnanlagen auftreten, die auf systematische Wärmebrücken in den Fugenbereichen zurückzuführen sind, ist in der Regel eine zusätzliche, außenliegende Wärmedämmung über die gesamte Außenwandkonstruktion (Kapitel 5) sinnvoll.

## Schadensvermeidung

Durch detaillierte bauphysikalische Planung und plangerechte Herstellung der Außenwände sind konstruktionsbedingt nicht vermeidbare Wärmebrücken auf ein unschädliches Maß zu reduzieren.

Eine ausreichende Heizung und Lüftung der Wohnungen ist ebenfalls eine wichtige Voraussetzung zur Vermeidung von Schimmelpilzbildungen.

## 4.3 Tragschicht

### 4.3.1 Funktion und Tragverhalten der Tragschicht

Den statisch wirkenden Betonquerschnitt von Beton-Sandwichwänden stellt die raumseitige Schale dar. Sie ist je nach Belastung 10 bis 25 cm dick. Der Tragschicht werden sämtliche Tragfunktionen zugewiesen.

Beton-Sandwichwände werden als tragende, als nichttragende und als vorgestellte Konstruktionen ausgeführt. Je nach Ausführung werden der Tragschicht folgende statische Funktionen zugewiesen:

- **Tragende Beton-Sandwichwände**
  - Aufnahme aller Vertikallasten aus Deckenlasten (Eigengewicht und Verkehrslasten) und des eigenen Eigengewichts,
  - Aussteifung der Gebäude und Aufnahme der Windlasten und Lasten aus Lotabweichungen (durch die Scheibenwirkung der Wände),
  - Aufnahme des Eigengewichts der Wetterschutzschichten und Wärmedämmung,
  - Aufnahme der in die Wetterschutzschichten eingeleiteten Windlasten.
- **Vorgesetzte Beton-Sandwichwände**
  - Aufnahme des Eigengewichts,
  - Aufnahme des Eigengewichts der Wetterschutzschichten und Wärmedämmung,
  - Aufnahme der in die Wetterschutzschichten eingeleiteten Windlasten.
- **Nichttragende Beton-Sandwichwände**  
In diesem Fall werden die Beton-Sandwichwände an quertragenden Wänden oder Stützen aufgehängt. Die Tragschalen haben nur das Gewicht der Wetterschutzschicht und der Wärmedämmung aufzunehmen. Hier wird die Tragschicht zum Teil nur 8 cm dick ausgeführt, zum Teil werden Versteifungsrippen vorgesehen.

Tragschichten werden im Großtafelbau in der Regel unbewehrt geplant. Gelegentlich werden jedoch bewehrte Großtafelbauelemente ausgeführt. Bei der Montage der Elemente ist hierbei auf die sorgfältige Ausführung der Bewehrungsanschlüsse besonders zu achten.

#### 4.3.2 Kraftübertragende Fugen – Mängel in den Vergusszonen

##### Schadensbild

Fugen zwischen den Tragschalen der einzelnen Fertigteillemente sind je nach Art und Größe der planmäßigen Kraftübertragung glatt geschalt, mit Schubtaschen profiliert und mit Bewehrungsschläufen oder mit Anschweißplatten bzw. -stäben versehen. Mängel in diesen Vergusszonen sind in der Regel nur während der Montage selbst oder unmittelbar danach in der Rohbauphase vor Durchführung von Ausbaumaßnahmen erkennbar (Bild 41). Wird ein unzureichender Betonverguss zu späteren Zeitpunkten – z.B. im Rahmen von Modernisierungs- oder Umbaumaßnahmen – vorgefunden, sind in der freiliegenden Vergusszone befindliche Bewehrungsstäbe in der Regel kaum korrodiert, obwohl ihnen jeglicher Korrosionsschutz fehlt.



**Bild 41** ▪ Unzureichender Betonverguss und freiliegende Bewehrung in einer Vertikalfuge zwischen zwei Wandelementen

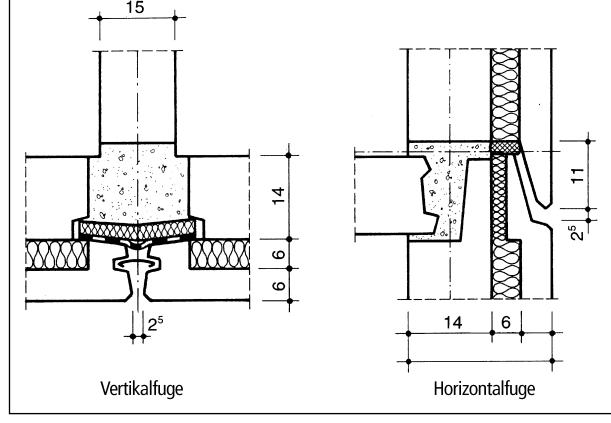
## Schadensursache

Wesentliches Kriterium für die Wirtschaftlichkeit der Fertigteilelementbauweise ist die Montagegeschwindigkeit beim Zusammenfügen der Einzelbauteile. Die Anschlagzeiten des einzelnen Elements am Kran sollen minimal sein. Damit steht das Montagepersonal sowohl hinsichtlich der Montagesicherung als auch der endgültigen Ausbildung der stählernen Verbindungen und Vergusszonen unter permanentem Zeitdruck (Bild 42). Hierin liegt in der Regel die Ursache für unzureichende Bauausführungen, insbesondere wenn Passungenauigkeiten dazu führen, dass nicht übereinanderliegende Stahlverbindungen durch improvisierte Stemm- und Anschweißarbeiten korrigiert werden.

## Schadenssanierung

Werden Mängel unmittelbar nach der Montage noch während der Rohbauarbeiten festgestellt, so kann durch Nacharbeiten in der Regel der ursprünglich geplante Zustand noch hergestellt werden. Häufig wird sich dies auf ein Verpressen von Hohlstellen beschränken können, sofern die Bewehrungsanschlüsse fachgerecht ausgeführt sind.

Sofern Mängel erst zu späteren Zeitpunkten festgestellt werden, haben stichpunktartige Überprüfungen der Bewehrung in der Regel ergeben, dass keine nennenswerten Korrosionserscheinungen vorhanden waren. Dies liegt daran, dass die Vergusszonen innerhalb der Tragschale im beheizten Gebäudeinneren die für Korrosion erforderliche Feuchtigkeit nicht aufweisen (Kapitel 5). Besonders zu überprüfen sind allerdings Feuchtraumbereiche (z. B. Bäder) oder unbeheizte Gebäudeteile, da hier durchaus Randbedingungen für auftretende Korrosion vorhanden sein können.



**Bild 42** ■ Ausführungsbeispiel einer kraftübertragenden Fuge zwischen zwei Fertigteil-Außenwandelementen

Für den Fall, dass statisch tragende Bewehrungsquerschnitte bzw. Schweißverbindungen nennenswerte Korrosionsspuren aufweisen, sind neben dem Verpressen der Hohllagen kraftübertragende Ersatzmaßnahmen zu schaffen, wie z. B. aufgedübelte Laschenkonstruktionen oder Ähnliches, die im Einzelnen statisch nachzuweisen sind.

### **Schadensvermeidung**

Im Hinblick darauf, dass Schäden im Bereich von kraftübertragenden Fugen fast immer auf Ausführungsfehler zurückzuführen sind, ist hier zur Schadensvermeidung eine besonders sorgfältige Überwachung bei der Montage maßgeblich für eine weitgehende Vermeidung derartiger Schäden.

#### **4.3.3 Mängel an Loggiaanbindungen**

##### **Schadensbild**

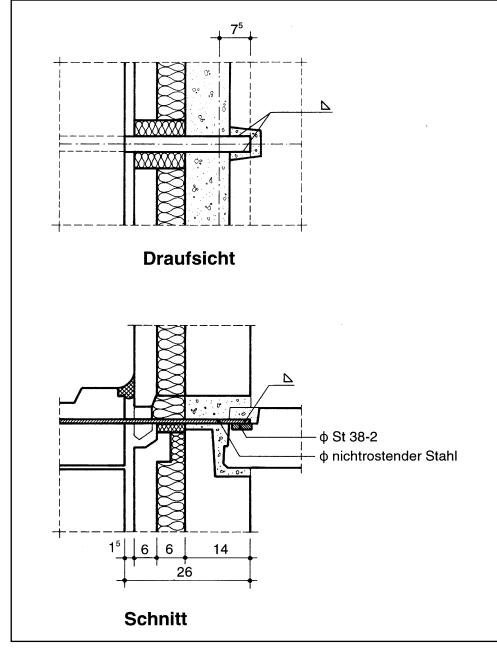
Im Zuge von Überprüfungen der Bausubstanz, insbesondere im Zusammenhang mit vorgesehenen Modernisierungs- und Umbaumaßnahmen an Großplattenbauten in den östlichen Bundesländern, haben sich die statisch-konstruktiv wirksamen Anbindungen der Loggiakonstruktion zur Aufnahme und Weiterleitung der horizontalen Kräfte (Windlasten/Lotabweichung) häufig als unzureichend herausgestellt: Zum einen fehlt der vollständige Betonverguss im Bereich vorgesehener Schubverzahnungen zur Aufnahme der Schubkräfte; zum anderen sind Stahlverbindungen nicht ausreichend im Beton eingebettet, um dauerhaft einen ausreichenden Korrosionsschutz sicherzustellen (Bild 43). Wenn auch keine expliziten Schäden durch Versagen dieser Anbindungen bekannt sind, so ist doch vorbeugend dafür Sorge zu tragen, dass ausreichende Tragreserven hergestellt werden.

##### **Schadensursache**

Die Schadensursache liegt in einer mangelhaften Bauausführung begründet. Die Ausbildung der Verbindungs fuge zwischen Loggiplatte bzw. Loggiaseitenwand und Tragschale der Außenwand bzw. Deckenplatte (Bild 44) muss vor der Montage der nachfolgenden Wandelemente hergestellt werden, so dass hier entsprechend Kapitel 4.3.2 unter erheblichem Zeitdruck gearbeitet werden muss. Spätere zerstörungsfreie Kontrollen sind kaum noch möglich.



**Bild 43** ■ Bewehrungsanschluss Loggiabodenplatte/Tragschale mit unzureichender Betondeckung und mangelhaftem Betonverguss



**Bild 44** ■ Beispielhafte Schemadarstellung eines Loggiaanschlusses an die Tragschale der Außenwand

## Schadensanierung

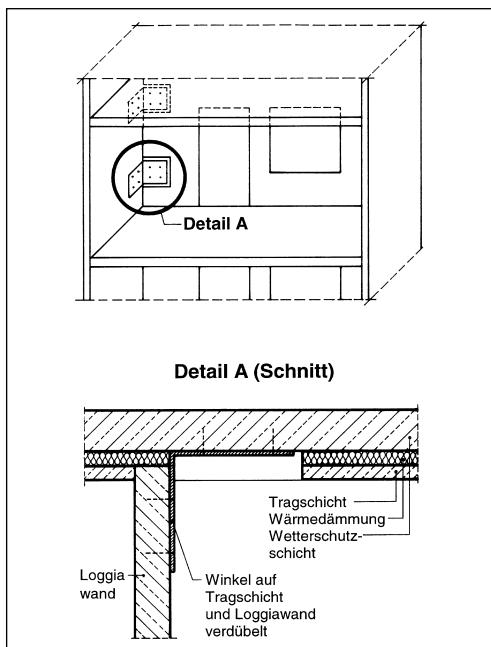
Der kraftschlüssige Verbund zwischen Loggia und Tragschale kann zum einen durch die Herstellung des ursprünglich geplanten Zustands erfolgen. In der Regel wird dies jedoch allein schon aus wirtschaftlichen Gründen und im Hinblick auf den erheblichen Eingriff in die Bausubstanz – zumindest bei bewohnten Gebäuden – nicht durchgeführt.

Eine mögliche – für den Einzelfall statisch nachzuweisende Maßnahme – ist in Bild 45 schematisch dargestellt: Durch angedübelte Winkelkonstruktionen können die Kräfte ersatzweise aufgenommen und weitergeleitet werden. Hierbei ist insbesondere darauf zu achten, dass keine Kräfte in die Wetterschalen eingeleitet werden – d.h., dass die Wetterschale punktuell aufzustemmen ist, um die Winkel auf der Tragschale zu befestigen.

Inwieweit dieser technische Aufwand wirtschaftlich vertretbar ist, hängt im Einzelfall von den weiteren erforderlichen Maßnahmen an den Loggiakonstruktionen ab (Standsicherheit vorhandener Loggiabrüstungen, Abdichtung der Bodenplatten), sodass unter Umständen alternativ ein Abriss der gesamten Loggiakonstruktion und der Ersatz durch eine Neukonstruktion sowohl technisch befriedigender als auch wirtschaftlich vernünftiger ist.

### Schadensvermeidung

Ebenso wie in Kapitel 4.3.2 ausgeführt, ist auch hier zur Schadensvermeidung eine besonders sorgfältige Überwachung der Montagearbeiten im Bereich der Fertigteilfugen von entscheidender Bedeutung.

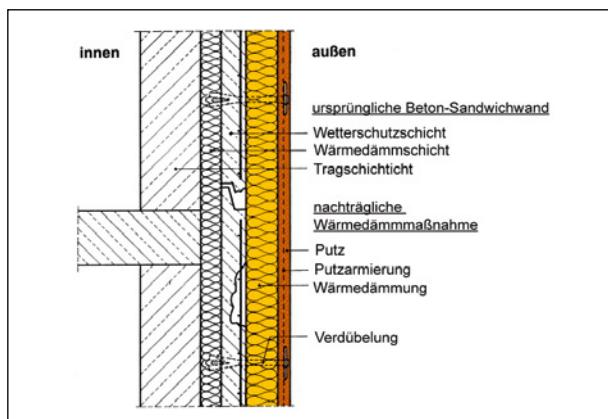


**Bild 45** ■ Beispielhafte Darstellung von Sanierungsmöglichkeiten der Loggiaanbindungen an die Tragschale

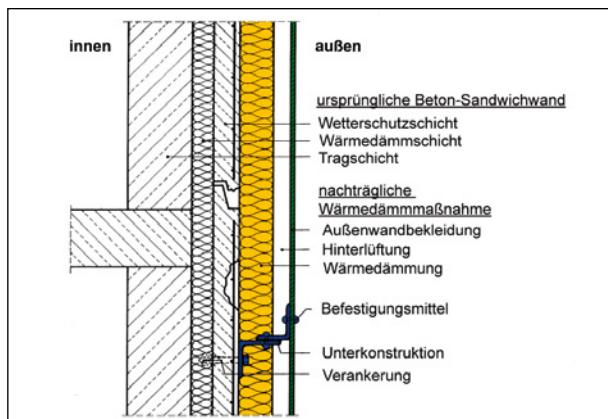
# 5 Energiegerechte Sanierung mehrschichtiger Außenwandplatten

## 5.1 Prinzip der energiegerechten Instandsetzung

Um Mängel und Schäden (Risse in den Wetterschutzschichten, absandende Oberflächen, Korrosionsschäden etc.) an mehrschichtigen Außenwänden zu beseitigen und um das bauphysikalische Verhalten der Wände zu verbessern (Wärmeschutz, Beheben von Wärmebrücken, Fugenabdichtung etc.), bietet es sich an, auf den Außenseiten der Wetterschutzschichten wärmedämmende Maßnahmen aufzubringen, wie z.B. Wärmedämmverbundsysteme (Bild 46) oder hinterlüftete Außenwandbekleidungen (Bild 47).



**Bild 46** ■ Beton-Sandwichwand ohne konventionelle Betoninstandsetzung, aber mit nachträglicher Wärmedämmung in Form eines Wärmedämmverbundsystems



**Bild 47** ■ Beton-Sandwichwand ohne konventionelle Betoninstandsetzung, aber mit nachträglicher Wärmedämmung in Form einer hinterlüfteten Außenwandbekleidung

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie durch nachträgliche außenseitige Wärmedämmung nicht nur Energie eingespart werden kann, sondern wie zusätzlich die Außenwände dauerhaft so trocken gehalten werden können, dass ohne konventionelle Betoninstandsetzungsmaßnahmen eine fortschreitende Bewehrungskorrosion vermieden wird.

## 5.2 Nachteile konventioneller Betoninstandsetzung

In Kapitel 4 ist dargestellt, dass Betonaußenwandelemente Korrosionsschäden an den in der Wetterschutzschicht angeordneten Bewehrungen aufweisen (Bild 48).

Die Instandsetzung durch Korrosion geschädigter Betonwände kann entsprechend [39] nach folgenden Prinzipien erfolgen:

- **Instandsetzungsprinzip C**

Korrosionsschutz durch Beschichtung (Coating) der Bewehrung; als Betonersatzsystem kann entweder ein Reaktionsharzsystem oder ein Zementmörtel mit Kunststoffzusatz verwendet werden

- **Instandsetzungsprinzip R**

Korrosionsschutz durch Wiederherstellung des alkalischen Milieus, z. B. durch Auftragen eines hydraulisch erhärtenden Mörtels, dem keine oder nur geringe Mengen an Betonzusatzmitteln zugegeben werden; die Verarbeitung erfolgt in der Regel als Spritzbeton

- **Instandsetzungsprinzip K**

Kathodischer Korrosionsschutz, d. h. durch Anlegen eines Fremdstroms wird der Korrosionsvorgang unterbrochen; mit dieser Art der Instandsetzung bestehen im Hochbau noch relativ geringe Erfahrungen

- **Instandsetzungsprinzip W**

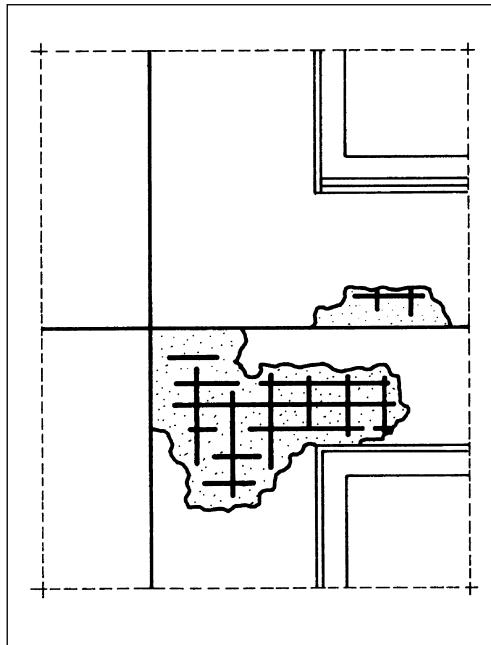
Korrosionsschutz durch Begrenzen des Wassergehalts im Beton, sodass die elektrolytische Leitfähigkeit im Beton unterbrochen wird, wodurch die Korrosionsgeschwindigkeit auf praktisch zu vernachlässigende Werte absinkt

Im Hochbau wird in der Regel bei geringen Schädigungsgraden das Instandsetzungsprinzip C verwendet (Bild 49).

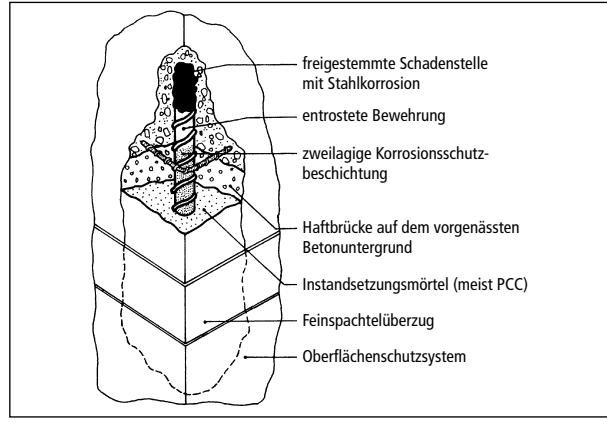
Hierbei sind die folgenden Arbeitsschritte einzuhalten:

1. Freilegen aller erkennbaren Schadensstellen,
2. Entrostern,
3. Aufbringen des Korrosionsschutzes (in der Regel zweilagig),

4. Aufbringen einer Haftbrücke,
5. Aufbringen eines Mörtels (Betonersatzsystem),
6. Feinspachtelüberzug bzw. Einarbeiten von Mittelmosaik oder Ähnlichem,
7. Epoxydharzanstrich im Fugenbereich bzw. Aufbringen einer Karbonatisierungsbremse,
8. Aufbringen eines Polysulfidbandes o. Ä. zur Fugenabdichtung.



**Bild 48** ■ Typische Korrosionsschäden an im Negativ-Verfahren hergestellten Beton-Sandwichwänden/ Dreischichtenelementen



**Bild 49** ■ Systemdarstellung der Betoninstandsetzung mit kunststoffmodifiziertem Zementmörtel, nach [39]

Der Erfolg der Korrosionsschutzmaßnahmen ist davon abhängig, dass alle Arbeitsschritte gewissenhaft durchgeführt werden. Sofern nur einer der Arbeitsschritte mangelhaft ausgeführt wird, ist der Korrosionsschutz des ganzen Systems infrage gestellt. Im Hinblick darauf, dass die Ausführung der einzelnen Arbeitsschritte im starken Maße von der Witterung abhängig ist, können sich leicht Fehler bei der Ausführung des Korrosionsschutzes einstellen. Ein weiteres potenzielles Schadensrisiko liegt darin, dass in der Regel nur im Bereich der Beton-Sandwichwände Stellen bearbeitet werden, bei denen eine Korrosion sichtbar geworden ist (abplatzender Beton im Bereich der Wandränder oder Ähnliches). Eine gerade beginnende Korrosion der Bewehrung – die noch nicht sichtbar ist – wird bei dieser Art der Sanierung nicht erfasst, sodass es nach Ablauf einiger weniger Jahre neben den bereits instandgesetzten Stellen wiederum zu sichtbaren Korrosionsschäden kommt.

## 5.3 Korrosionsschutz durch zusätzliche Wärmedämmung (Instandsetzungsprinzip W)

Ein anderer Weg, den Korrosionsprozess entsprechend dem Instandsetzungsprinzip W zu stoppen und den Schaden zu beheben, besteht darin, die gesamte geschädigte Außenwand mit einem Wärmedämmverbundsystem (Bild 46) oder einer belüfteten Außenwandbekleidung (Bild 47) zu versehen. Dem Gedanken, durch eine zusätzliche Wärmedämmung den Korrosionsprozess zu stoppen, liegt die Überlegung zugrunde, dass zur Korrosion eines Bewehrungstahls drei Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sein müssen:

- I. Die Passivierung der Stahloberfläche im Beton muss aufgehoben sein durch eine Karbonatisierung des Betons oder durch schädliche Salze.

Die sinnvollste Maßnahme zur Einschränkung der Korrosion im nicht chloridbelasteten Hochbau ist, die Karbonatisierung des Betons so rechtzeitig einzudämmen, dass während der geplanten Lebensdauer des Bauwerks die Karbonatisierungsfront die Stahlbewehrung nicht erreicht. Dies ist bei Gebäuden mit sichtbaren Korrosionsschäden jedoch nicht mehr möglich.

- II. Sauerstoff muss an den Stahl zutreten können.

Die zweite Möglichkeit zur Erzielung eines Korrosionsschutzes besteht deshalb darin, den Zutritt von Sauerstoff an den Stahl zu verhindern. In diffusionsoffenen Baustoffen wie Beton ist dies in der Regel nur direkt am Stahl möglich, z. B. durch dichte Kunststoffbeschichtungen.

### III. Ein Elektrolyt muss vorhanden, d. h. der Beton muss ausreichend feucht sein.

Als dritte Möglichkeit der Korrosionshemmung verbleibt, den Beton dauerhaft so trocken zu halten, dass mangels ausreichenden Elektrolyten eine Betonstahlkorrosion verhindert wird. Es ist nachgewiesen, dass die atmosphärische Korrosion von ungeschütztem Betonstahl in der Regel erst bei relativen Luftfeuchten von ca. 55 bis 60 % einsetzt. Bei Betonstählen in karbonatisiertem Beton ist der zur Korrosion führende Schwellenwert der relativen Luftfeuchte wesentlich höher. Nach [28] korrodiert der Stahl erst ab relativen Luftfeuchten von mehr als 80 % im Beton (Bild 50). Nach Messungen an Bauwerken in Deutschland ist jedoch die relative Luftfeuchte auch bei ungünstigen klimatischen Bedingungen nach Aufbringen zusätzlicher Wärmedämmung auf die Außenseite bei beheizten Gebäuden nicht größer als 70 % [28].

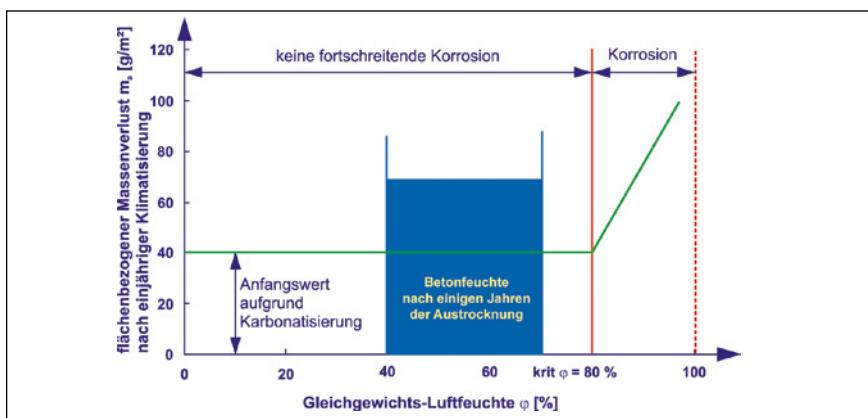
Zur Bestätigung des theoretisch gefundenen Instandsetzungsprinzips mit Wärmedämmmaßnahmen und zur Absicherung der Laborversuche dienen auch die bisherigen Beobachtungen an ausgeführten Bauten [12, 28]: Betonwände, die im Wohnungsbau und ähnlich genutzten Gebäuden ausgeführt wurden, sind an den zum Raum hin orientierten Seiten in der Regel erheblich durchkarbonatet, sodass für die innenliegende Bewehrung die passivierende Schutzschicht verloren gegangen ist. Dennoch sind im Rauminnen noch nie Korrosionsschäden an der Bewehrung im Beton beobachtet worden. Der Grund dafür ist, dass der Feuchtigkeitsgehalt im inneren oberflächennahen Bereich des Betons so gering ist, dass der Korrosionsprozess nicht in Gang kommen kann.

Im Rahmen von Feldversuchen [28] wurden in einem Demonstrationsbauvorhaben korrosionsgeschädigte Beton-Sandwichwände durch unterschiedliche Wärmedämmmaßnahmen geschützt: Es wurden Wärmedämmverbundsysteme mit einer Wärmedämmung aus 6 cm Polystyrol-Hartschaum sowie mit 6 cm Mineralfaserdämmstoffen ausgeführt (Bild 46); weiterhin wurden belüftete Außenwände verwendet (Bild 47). Es wurde beobachtet, dass die Bewehrungsstäbe unter den Wärmedämmstoffen in den Beton-Sandwichwänden auch nach mehreren Jahren nicht rosteten (Bild 51).

Durch Messungen wurde weiterhin festgestellt, dass der Korrosionsprozess bei belüfteten Außenwandbekleidungen, die nachträglich auf die Beton-Sandwichwände aufgebracht wurden, schnell zum Stillstand gelangte, weil die Wetterschutzschichten relativ schnell unter den kritischen Feuchtigkeitsgehalt von 80 % relativer Luftfeuchte austrockneten. Beton-Sandwichwände, die mit den gewählten Wärmedämmverbundsystemen bekleidet wurden, trockneten nicht so schnell aus wie solche mit vergleichsweise diffusionsoffenen belüf-

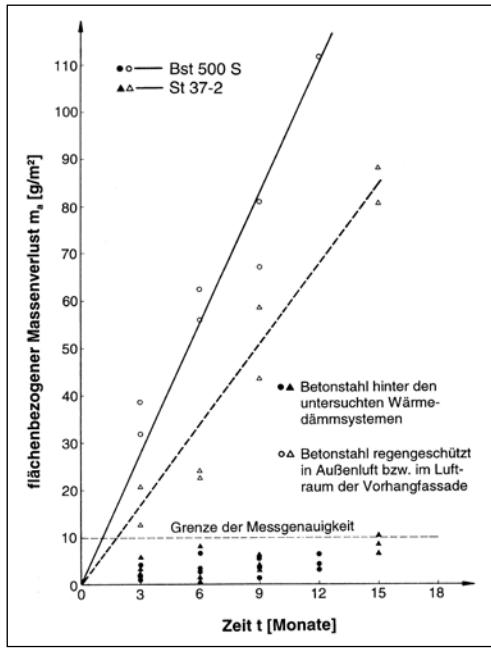
teten Außenwandbekleidungen. Bild 52 zeigt den prinzipiellen Verlauf des Austrocknungsverhaltens der Wetterschutzschichten von Beton-Sandwichwänden in Abhängigkeit von den aufgebrachten Wärmedämmmaßnahmen. Es kann hieraus abgeleitet werden, dass beim Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems aus Polystyrol mit einem Kunstharzputz entweder darauf geachtet werden muss, dass die Wetterschutzschicht sich bereits in einem ausreichend trockenen Zustand befindet, oder aber dass der Korrosionsschutz durch den Beton noch so lange wirksam ist, bis der kritische Feuchtigkeitsgehalt (80 %) unterschritten wird; dies kann unter Umständen mehrere Jahre dauern.

Auf Grundlage der in Bild 52 angegebenen, rechnerisch gefundenen Ergebnisse sind von H. M. Künzel und K. Gertis [26] für unterschiedlich dicke Wärmedämmenschichten vergleichende Berechnungen durchgeführt worden (Bild 53), die tendenziell die in Bild 50 aufgeführten Ergebnisse bestätigen. Der in Bild 53 als Ergebnis gefundene nur geringe Unterschied zwischen einer belüfteten Außenwand und einem mineralischen Wärmedämmverbundsystem hinsichtlich des Austrocknungsverhaltens liegt darin begründet, dass den Berechnungen ein sehr wasserdampfdurchlässiger Leichtputz zugrunde gelegt worden ist.

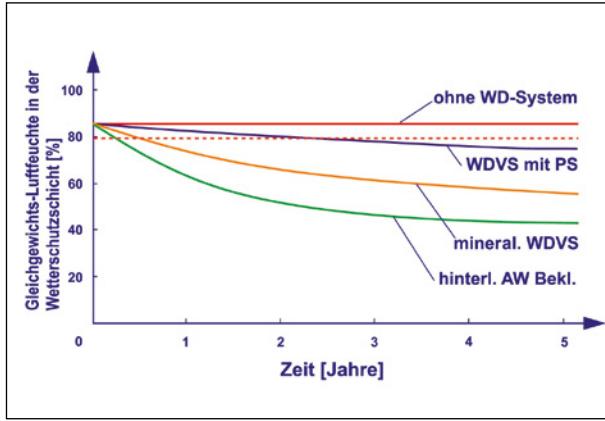


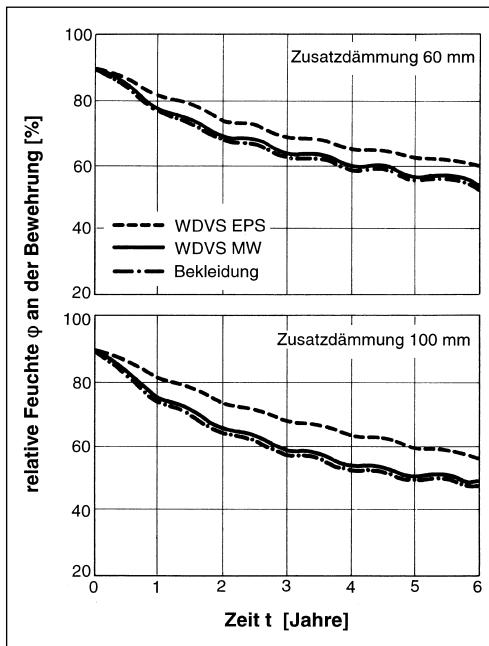
**Bild 50** ■ Korrosionsgefährdung von Betonstahl in durchkarbonatisiertem Beton in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit im Beton: In einer außenseitig zusätzlich wärmegedämmten Beton-Wetterschutzschicht besteht keine Korrosionsgefahr, da dort über das Jahr nur relative Luftfeuchten zwischen ca. 40 und 70 % auftreten [28].

**Bild 51** ■ Korrosionsabtrag von Bewehrungsstahl an einem ausgeführten Bau in Abhängigkeit eines 1,5-jährigen Beobachtungszeitraums; der hinter einer Wärmedämmung angebrachte Stahl korrodierte praktisch nicht, während der ungeschützte Stahl erheblich korrodierte [28]



**Bild 52** ■ Austrocknungsverhalten der Wetter schutzschichten von Beton-Sandwichwänden, die nachträglich durch Wärmedämmverbundsysteme bzw. belüftete Außenwandkonstruktionen bekleidet wurden, im Vergleich zu nicht nachträglich bekleideten Wänden (oberste Kurve) [nach 35]





**Bild 53** ■ Austrocknungsverhalten der Wetterschutzschichten von Beton-Sandwichwänden, die nachträglich durch unterschiedlich dicke wärmedämmende Maßnahmen bekleidet wurden [26]

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass durch die außenseitig auf Beton-Sandwichwände aufgebrachten Wärmedämmmaßnahmen ein wirksamer Korrosionsschutz für die in der Wetterschutzschicht vorhandene Bewehrung erreicht wird, was durch Messungen an ausgeführten Bauten bestätigt wurde (Bild 53).

## 5.4 Aufnahme zusätzlicher Lasten aus Sanierungssystemen

### 5.4.1 Feststellungen zum Istzustand

Um die Standsicherheit der Wetterschutzschichten von dreischichtigen Außenwänden vor und nach dem Aufbringen einer Wärmedämmmaßnahme und die Standsicherheit der Zusatzmaßnahmen selbst beurteilen zu können, muss zunächst der Istzustand der Außenwände bestimmt werden. Die Untersuchung muss die im Folgenden dargestellten Punkte beinhalten.

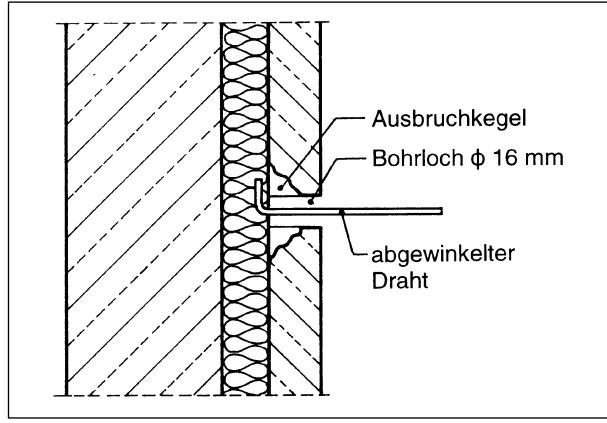
## Bestimmung der Dicke der einzelnen Schichten der Wände (Wetterschutzschichten, Wärmedämmung und Tragschicht)

Die Bestimmung des Schichtaufbaus mehrschichtiger Außenwände erfolgt am zweckmäßigsten mit Kernbohrungen.

Aufgrund der stark schwankenden Dicken der Wetterschutzschalen ist die Schichtdicke unter Beachtung statistischer Gesetzmäßigkeiten zu bestimmen, z.B. diejenige Dicke, die mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % nicht über- bzw. unterschritten wird.

Die Messung der Dicke der Wetterschutzschichten sollte in denjenigen Bereichen der Außenwände erfolgen, in denen erfahrungsgemäß die Traganker vorhanden sind. Dies empfiehlt sich deswegen, weil für die Beurteilung der Standsicherheit im Bereich der Verankerung die Kenntnis der Schichtdicken erforderlich ist, um eine Aussage über die ausreichende Verankerung der Traganker in den Wetterschutzschichten treffen zu können.

Soll die Dicke der Wetterschutzschichten nur durch Bohrungen festgestellt werden, so ist hierbei zu berücksichtigen, dass beim Bohren mit Schlaghammerbohrmaschinen auf der Rückseite der Wetterschutzschichten ein Betonkegel abplatzen kann. Beim Messen der Schichtdicke ist deshalb mit einem abgewinkelten Draht, der in das Bohrloch eingeführt wird, der Ausbruchkegel heranzuziehen und erst dann ist die Dicke auf dem Draht auszumessen (Bild 54).



**Bild 54** ■ Messung der Wetterschutzschalendicke einer Dreischichtenplatte unter Berücksichtigung des beim Bohren entstehenden Ausbruchkegels

## Rissuntersuchungen

Zur Ermittlung der Rissbreite werden am zweckmäßigsten Vergleichsmaßstäbe verwendet.

An Bohrkernen lassen sich weiterhin Risstiefen und der Zustand der Rissflanken feststellen. Die Entnahme stellt stets eine Störung dar und sollte daher auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben bzw. gezielt in Verbindung mit anderen Untersuchungen vorgenommen werden, zu denen Bohrkernentnahmen notwendig sind.

## Bestimmung der Betondruckfestigkeit von einzelnen Schichten der Außenwände

Die Bestimmung der Betondruckfestigkeit kann entweder zerstörungsfrei oder an Bohrkernen durchgeführt werden.

Für die zerstörungsfreie Prüfung der Betondruckfestigkeit kann der Schmidt'sche Rückprallhammer verwendet werden (DIN EN 12504-2).

Für die Ermittlung der Betondruckfestigkeit im Bereich der Wetterschutzhüllen ist diese Methode jedoch nicht geeignet, weil durch die geringe Schichtdicke Fehlbeurteilungen zu erwarten sind. Bohrkernentnahmen sind daher in der Regel erforderlich. In DIN EN 12504-1 ist für Normalbeton die Ermittlung einer Betonfestigkeitsklasse zur Beurteilung der Tragfähigkeit auf Grundlage von Bohrkernprüfungen beschrieben. Die Betonfestigkeit ist an Bohrkernen zu ermitteln, die nach statistischen Gesichtspunkten aus den Wänden entnommen wurden. Vor der Prüfung sind die Bohrkerne durch Schneiden oder Auftrag einer Zementschicht abzulegen.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Zuordnung der Festigkeit nach TGL, alte DIN 1045 und EC2 (DIN EN 206-1).

**Tabelle 7** ■ Einordnung der Betongüten nach den Rechenfestigkeiten [16]

TGL <sub>33403</sub>	BK 10	BK 12,5		BK 15	BK 20		BK 25
TGL <sub>1045</sub>	B 120	B 160			B 225		B 300
DIN	B 10	B 11	B 13	B 15	B 17,5	B 22	B 25
EC 2	C 9/11	C 10/12	C 12/15	C 14/17	C 16/20	C 20/25	C 23/28
B <sub>R</sub> DIN	7,00	7,70	9,10	10,50	12,25	15,40	17,50
f <sub>ck</sub> EC 2	9,20	10,10	12,00	14,00	16,00	20,00	23,00

(Die kursiv dargestellten Betongüten sind nicht gebräuchlich)

## Bestimmung der Betondeckung

Für die Ermittlung der Betondeckung werden Bewehrungssuchgeräte verwendet, die auf dem Prinzip des Wirbelstromverfahrens beruhen. Mit diesen Geräten können die Lage und die Richtung der Bewehrungsstäbe relativ genau ermittelt werden. Folgende Messungen sind möglich:

- Bestimmung des Stabdurchmessers, wenn sowohl die Betondeckung als auch die Stahlgüte bekannt sind,
- Bestimmung der Betondeckung, wenn Stahldurchmesser und Stahlgüte bekannt sind,
- Bestimmung der Stahlgüte, wenn sowohl der Durchmesser als auch die Betondeckung bekannt sind.

## Bestimmung der Karbonatisierungstiefen

Die Karbonatisierungstiefe gibt die Tiefe im Beton an, in der bereits die ursprünglich vorhandene Alkalität soweit vermindert bzw. abgebaut ist, dass in diesen Bereichen kein ausreichender Korrosionsschutz mehr gegeben ist (d.h.  $\text{pH} < 9,5$ ).

Die pH-Wert-Messung kann mit Indikatorpapieren, mit Indikatorflüssigkeit sowie mit pH-Messelektroden durchgeführt werden. Im Bereich des Betons haben sich Indikatorflüssigkeiten durchgesetzt, die auf die frischen Betonbruchstellen aufgesprührt werden.

Als Indikatorflüssigkeit eignet sich am besten eine Mischung aus einer 0,1%igen Phenolphthalein-Lösung in Alkohol mit einer 0,1%igen Thymolphtalein-Lösung in Alkohol im Verhältnis 1:1, bei der der Farbumschlag sehr scharf und deutlich zu sehen ist.

## Bestimmung des Bewehrungszustands

Stellen, an denen die Karbonatisierungstiefe zum Zeitpunkt der Untersuchung die Bewehrung erreicht hat und an denen der Korrosionsprozess bereits eingesetzt hat, können mit dem Verfahren der Elektro-Potenzial-Differenzmessung geortet werden, noch bevor an der Oberfläche sichtbare Korrosionsschäden auftreten. Das Prinzip der Messdurchführung ist in [18] beschrieben.

## Ebenheitsmessungen

Ebenheitsmessungen und Feststellungen von Maßabweichungen sind nach DIN 18202 durchzuführen. Diese Messungen sind notwendig für die Wahl und Bemessung der Wärmedämmmaßnahme.

## Haftzugfestigkeit

Unter der Haftzugfestigkeit versteht man die auf eine definierte Prüffläche bezogene, rechtwinklig zur Beschichtungsebene wirkende Zugkraft, die erforderlich ist, um eine Beschichtung vom Untergrund zu trennen [39].

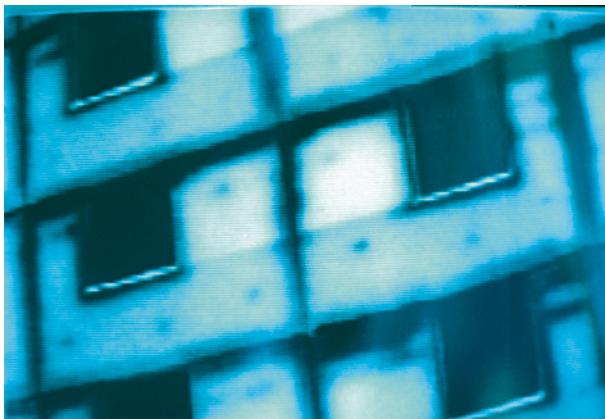
Es werden Prüfstempel aus Stahl mit kreisförmiger Klebefläche (Durchmesser d = 50 mm ±2 mm) verwendet und mit einem geeigneten Kleber befestigt. Um den Prüfstempel wird eine Ringnut (bündig) geschnitten – bei harten Beschichtungen mit einer Bohrkrone. Mit der Prüfeinrichtung wird die Kraft gemessen, die zum Abreißen des Stahlstempels nötig ist, und in die Oberflächenhaftzugfestigkeit umgerechnet.

Diese Prüfung ist für die Beurteilung der Verklebung der Sanierungsmaßnahme auf den Sandwichplatten von äußerster Bedeutung.

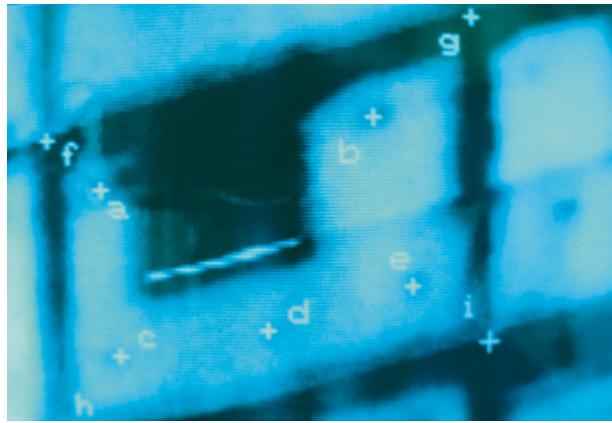
## Bestimmung der Lage, des Typs, der Abmessungen, der Anzahl und des Materials der Traganker

Die Lage der Verankerungsstäbe lässt sich mit thermografischen Verfahren orten [38]. Beim thermografischen Verfahren wird der Temperaturzustand eines Bauteils erfasst; insbesondere werden Wärmebrücken visualisiert.

Die stählernen Anker im Bereich von Dreischichtenplatten stellen Wärmebrücken dar. Mit speziellen Verfahren ist es möglich, die Lage der Anker auf den thermografischen Aufnahmen auszumessen und die Aufnahmen auch weitgehend unabhängig von der Jahreszeit auszuführen [38]. Bild 55 und Bild 56 zeigen die thermografische Aufnahme einer Außenwand, in der die Positionen der Anker zu erkennen sind.



**Bild 55** ■ Thermografische Aufnahme einer Außenwand zur Ortung der Lage der Verankerungen [38]



**Bild 56** ■ Ausmessung der Lage der Anker auf der thermografischen Aufnahme

Das Ergebnis einer Thermografie wird im Wesentlichen von folgenden Parametern beeinflusst:

- Temperaturdifferenz zwischen der Rauminnenluft und der Außenluft (bei Messungen im Sommer sind z. B. Messungen in der Nacht zu empfehlen, um die Nachtkühle auszunutzen),
- Emissionsgrad der Wandoberfläche,
- Windgeschwindigkeit,
- Ausführung der Wärmebrücke (»Betonpfropfen« um die Traganker).

Die Art des verwendeten Stahls für die Traganker und Nadeln lässt sich zerstörungsfrei nicht zielsicher feststellen. Aus diesem Grund müssen an untersuchten Wänden nach dem Zufallsprinzip die Wetterschutzschichten stichpunktartig aufgestemmt werden (Bild 57).



**Bild 57** ■ Stichpunktartiges Aufstemmen der Wetterschutzschichten zur Bestimmung des Typs, der Abmessung und des Materials der Traganker

## 5.4.2 Lastannahmen für den rechnerischen Nachweis der Standsicherheit der Wetterschutzschichtenverankerung

### Eigengewicht der Wetterschutzschicht

Es ist mit der aus den Vorortuntersuchungen festgestellten Dicke der Wetterschutzschichten zu rechnen.

### Zusatzlast aus dem nachträglichen Wärmedämmssystem

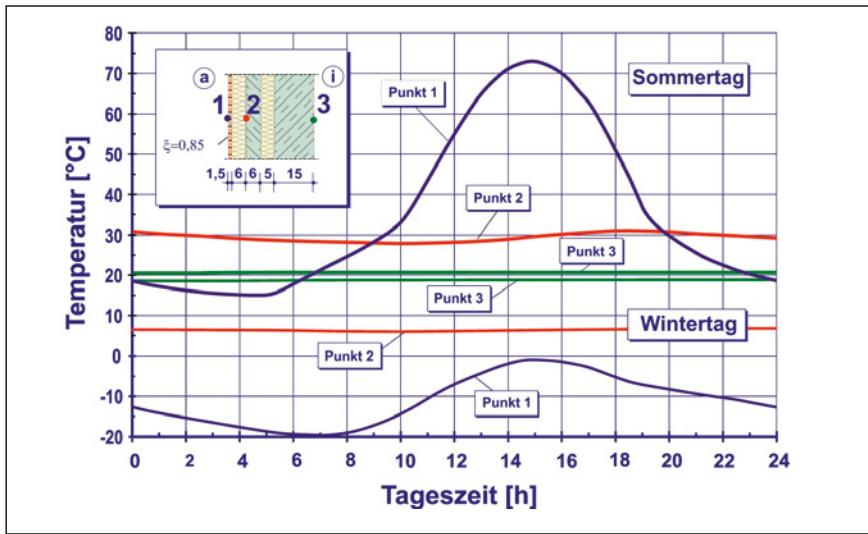
Als nachträglich aufzubringende Wärmedämmssysteme können z. B. hinterlüftete Außenwandbekleidungen und Wärmedämmverbundsysteme zur Anwendung gelangen. Die Eigenlast des entsprechenden Wärmedämmssystems ist zu berücksichtigen.

### Temperaturbelastung

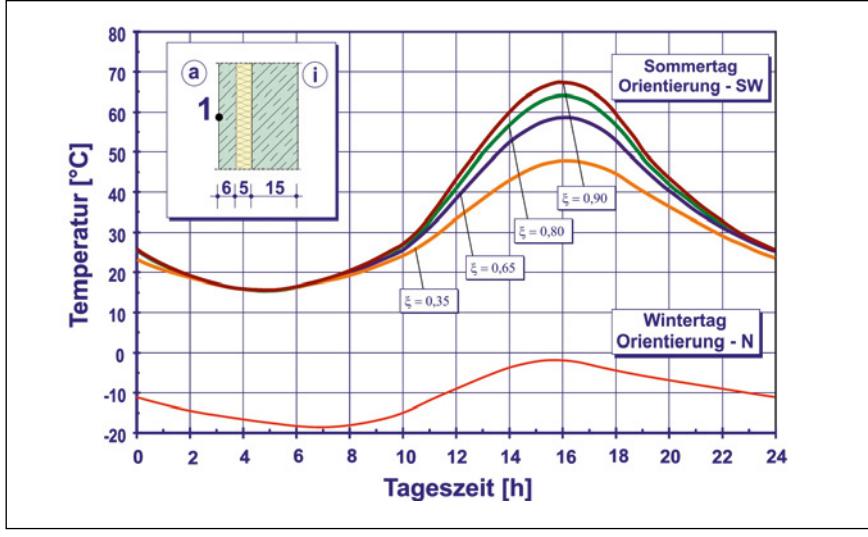
Die maximale Temperaturbeanspruchung ist nach [21, 25, 47] wie folgt anzusetzen:

- Bezugstemperatur bzw. Anfangstemperatur = +15 °C
- konstante Innenlufttemperatur = +20 °C
- Oberflächentemperaturen vor dem Aufbringen einer Wärmedämmmaßnahme:
  - max. Wandoberflächentemperatur im Sommer = +65 °C
  - min. Wandoberflächentemperatur im Winter = -18 °C
- Oberflächentemperaturen nach dem Aufbringen einer Wärmedämmmaßnahme; im Falle, dass ein Wärmedämmssystem auf der Wetterschutzschicht aufgebracht wird ( $d = 0,06 \text{ m}$ ,  $\lambda_R = 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ ), ergeben sich folgende Oberflächentemperaturen auf der Wetterschutzschicht:
  - max. Wandoberflächentemperatur im Sommer = +35 °C
  - min. Wandoberflächentemperatur im Winter = + 5 °C

Bei größeren Dämmstoffdicken und im Falle hinterlüfteter Außenwandkonstruktionen liegen die genannten extremen Wandoberflächentemperaturen auf der sicheren Seite. Bild 58 und Bild 59 zeigen die Temperaturtagesverläufe für den Sommer- und den Winterfall.



**Bild 58** ■ Tagesverlauf der Schichtentemperaturen einer Beton-Sandwichwand mit einem aufgebrachten WDV-System (im Sommer und im Winter) [21]



**Bild 59** ■ Tagesverlauf der Schichtentemperaturen einer Beton-Sandwichwand mit unterschiedlichen Farben (im Sommer und im Winter) [21]

## Windlast

Die Windlasten sind nach DIN EN 1991-1-4 [43] anzunehmen.

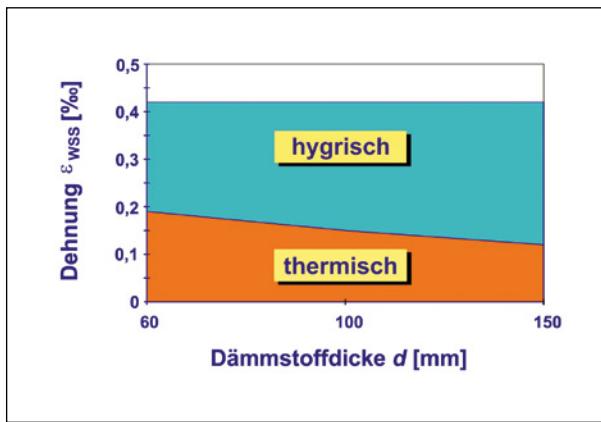
## Hygrische Einflüsse

Infolge des Aufbringens einer Wärmedämmmaßnahme auf den Wetterschutzschichten ergibt sich langfristig eine Austrocknung des Wetterschutzschichten-Betons [35]. Der daraus resultierende hygrische Verformungsanteil kann nach [35] mit dem thermischen Anteil überlagert werden, sodass sich unabhängig von der Dämmstoffdicke eine Gesamtverformung aus Lastfall »Temperatur (Winter) und Schwinden« der Wetterschutzschicht von 0,4% ergibt (Bild 60).

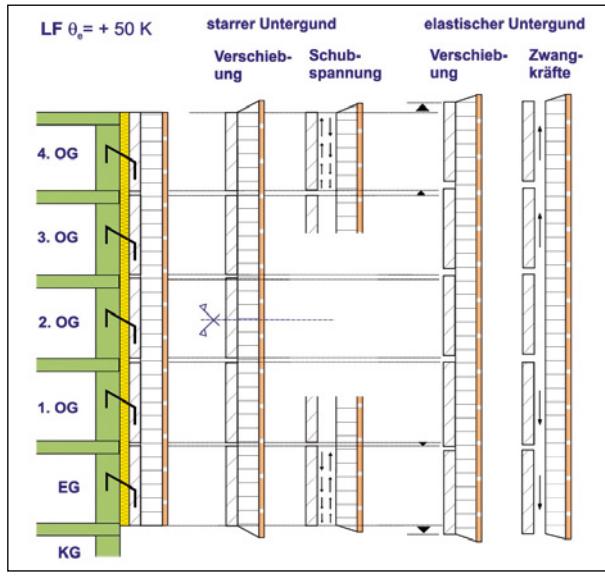
## Zwängungen aus dem aufgebrachten Wärmedämmverbundsystem (WDVS)/Wechselwirkung zwischen Wetterschutzschichten und WDVS

Wird ein Wärmedämmverbundsystem eingesetzt, können aus der hydrothermischen Belastung des WDV-Systems (z.B. Oberflächentemperatur des Putzes bis zu +75 °C) Zwängungen in den Tragkern entstehen [31]. Die resultierenden Kräfte aus dem WDV-System werden über die Verankerung der Wetterschutzschicht in die Tragschicht weitergeleitet (Bild 61).

Hierbei ist der Lastfall »Sommer« als maßgebend zu bewerten, da im Lastfall »Winter« im Putz des Wärmedämmverbundsystems Mikrorisse entstehen, sodass die o.g. Zwängungen oberflächennah stark abgebaut werden. Bei den Standsicherheitsberechnungen ist somit der bemessungsmaßgebende Lastfall »Sommer« mit einzubeziehen.



**Bild 60** ■ Thermische und hygrische Verformung von Wetterschutzschichten in Abhängigkeit von den Dicken der Wärmedämmung nach [35]



**Bild 61** ■ Vertikalschnitt durch die Außenwand eines Großtafelbaus (Prinzipskizze mit qualitativer Darstellung der Wechselwirkung zwischen Dreischichtenplatten und WDVS) nach [31]

Die Zwängungen sind in Abhängigkeit von den Eigenschaften des verwendeten WDVS' zu ermitteln und durch eine Vertikal- bzw. Horizontallast in Plattenebene anzusetzen. Es ist hierbei darauf hinzuweisen, dass dieser Lastfall nur für die jeweiligen Randplatten einer Außenwand maßgebend ist.

### 5.4.3 Befestigung der Wärmedämmsschicht auf Beton-Sandwichwänden

Hinterlüftete Außenwandbekleidungen werden durch Verdübelung in der Außenwandkonstruktion befestigt. Wärmedämmverbundsysteme können entweder nur geklebt, nur verdübelt oder verdübelt und verklebt angebracht werden.

Bei der Befestigung der Wärmedämmsschicht ist Folgendes zu beachten:

- Die Verdübelung dieser Maßnahme – wenn notwendig – ist grundsätzlich in den Wetterschutzschichten durchzuführen.
- Die Verdübelung darf nur im ungerissenen Beton erfolgen; der Abstand zu den Rissufern muss mindestens 10 cm betragen. Ist dies nicht möglich, müssen die Risse vor dem Aufbringen der Wärmedämmmaßnahme fachgerecht verpresst werden.
- Für die Verdübelung in der Wetterschutzschicht sind ausschließlich bauaufsichtlich zugelassene Dübel zu verwenden. Soweit für diese Dübel keine Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) zur Verankerung

- in dünnen Schichten vorliegt bzw. keine besonderen Nachweise erbracht werden, dürfen nur 50 % der in den bauaufsichtlichen Zulassungen angegebenen zulässigen Werte für die Befestigung in Ansatz gebracht werden.
- Eine Alternative zur Verdübelung in der Wetterschutzschicht wäre, die Wärmedämmmaßnahme in der Tragschicht mit der Bedingung zu verankern, dass die Anker von der Wetterschutzschicht entkoppelt werden, um Zwang zu vermeiden; die Bohrung in der Wetterschutzschicht wird größer ausgeführt als der Ankerdurchmesser und der Raum zwischen dem Anker und der Wetterschutzschicht mit einem elastischen Material gefüllt.
  - Wird eine Verklebung der Wärmedämmung auf dem Untergrund vorgesehen, so muss dieser eine einwandfreie Oberfläche haben. Sind Absandungen wie z.B. eine unzureichend haftende Bekiesung (Kapitel 4.1.4) oder eine nicht haftende keramische Bekleidung (Kapitel 4.1.3) auf den Außenwänden vorhanden, ist eine Verklebung nicht zulässig.

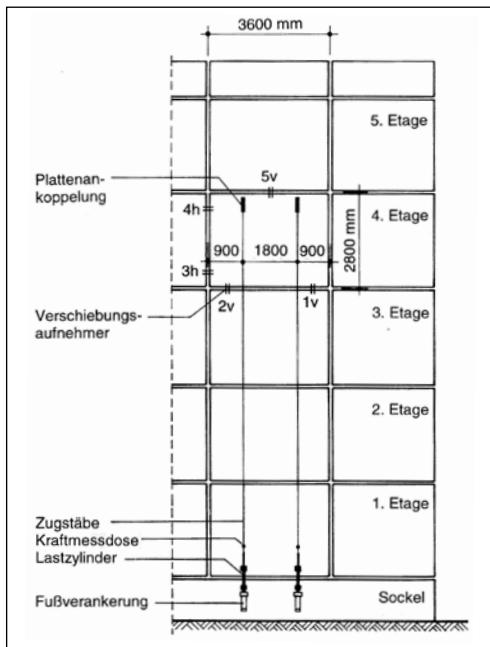
#### **5.4.4 Beurteilung der Standsicherheit der Wetterschutzschichten von Beton-Sandwichwänden der Großtafelbauten in den östlichen Bundesländern**

Der größte Anteil von Wohnbauten in Großtafelbauweise in der Bundesrepublik Deutschland befindet sich in den östlichen Bundesländern. Dreischichtige Außenwände dieser Großtafelbauten weisen eine Reihe von Schäden auf (Kapitel 4), die eine Instandsetzung notwendig machen, um die Lebensdauer dieser Gebäude zu erhöhen. Das Aufbringen einer Wärmedämmmaßnahme ist eine geeignete Lösung, um die meisten Schäden zu beseitigen. Die Standsicherheit der Wetterschutzschichten wird jedoch sehr häufig angezweifelt, sodass vor der Sanierung eine Beurteilung der Standsicherheit erfolgen muss.

Zur Beurteilung der Standsicherheit der Wetterschutzschichten der Großtafelbauten in den östlichen Bundesländern vor und nach dem Aufbringen eines Wärmedämmssystems sind Untersuchungen des Tragverhaltens der dreischichtigen Außenwandelemente sowohl im Labor als auch vor Ort durchgeführt worden. Zudem erfolgten rechnergestützte Untersuchungen unter Annahme der in Kapitel 5.4.2 dargestellten Lastannahmen für zahlreiche Objekte [14, 32]. Die Untersuchungen hatten folgende Ergebnisse:

- Das Tragverhalten der Außenwandkonstruktionen wurde mit einem Finite-Element-Programm nachvollzogen. Die Genauigkeit der Elementierung und der Berechnung wurde durch Tragversuche bestätigt. Das Ergebnis der Berechnung ist, dass die Beanspruchungen der Wetterschutzschicht durch die maßgebenden Lastfälle Eigengewicht, Wind und Temperatur gering sind und praktisch vernachlässigt werden können.

- Die Tragfähigkeit der Traganker wurde entsprechend EC 3 im Grenzzustand der Tragfähigkeit nachgewiesen; die Traganker plastifizieren unter den maßgebenden Lastfällen nicht durch, sodass die Standsicherheit nachgewiesen ist.
- Die typischen Risse in den Wetterschutzschichten, die bei der Fertigung der Wände entstanden sind, stellen keine Gefahr für die Tragfähigkeit der Traganker dar.
- Die Ermüdungssicherheit der aus nicht rostendem Stahl bestehenden Traganker unter temperaturbedingten Wechselbeanspruchungen ist gewährleistet.
- Durch das nachträgliche Aufbringen von Wärmedämmverbundsystemen auf die Wetterschutzschicht wird die Beanspruchung der Traganker deutlich verringert, weil der maßgebende Lastfall »Temperatur« reduziert wird. Zusätzliche Traganker sind in der Regel überflüssig.
- Wenn Zweifel an der ordnungsgemäßen Ausführung der Wände bestehen bzw. die Standsicherheit der Wetterschutzschichten nicht mehr gegeben ist, können zusätzlich bauaufsichtlich zugelassene Traganker zur Sicherung der Wetterschutzschicht eingebaut werden. Die dabei möglicherweise entstehenden Zwangsbeanspruchungen sind rechnerisch zu verfolgen. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Wetterschutzschichten während des Setzens der Traganker durch zusätzliche Maßnahmen gesichert werden müssen (Kapitel 5.5).
- Die Tragfähigkeit der vorhandenen Traganker ist weiterhin durch Versuche (Bild 62) an bestehenden Bauten überprüft worden [32]. Das Ergebnis war, dass die Anker das ca. Vierfache der Eigenlast der aus Beton bestehenden Wetterschutzschicht aufnehmen können, ohne dass signifikante Verformungen auftreten.
- Die Notwendigkeit einer zusätzlichen Verankerung (Kapitel 5.5) der Wetterschutzschichten wird aus den o.g. Gründen auf Einzelfälle beschränkt bleiben; sie ist in der Regel überflüssig und kostentreibend.



**Bild 62** ■ Belastungseinrichtung für die Wetterschutzschichtenprüfung (Untersuchung eines Gebäudegiebels WBS 70) [32]

## 5.5 Zusätzliche Verankerung der Wetterschutzschichten

Es werden mehrere Verankerungssysteme angeboten, die als zusätzliche Verankerung für die nachträgliche Sicherung der Wetterschutzschichten empfohlen werden.

Es wurde nachgewiesen [14], dass eine zusätzliche Verankerung der Wetterschutzschichten im Nachhinein in der Regel nicht notwendig ist; andererseits können nachträgliche Verankerungen, wenn sie an einer ungünstigen Stelle in der Dreischichtenplatte angeordnet werden, zu Schäden führen, weil durch die Behinderung der Verformungen Zwangsspannungen aufgebaut werden.

Bei den Zusatzankern sind grundsätzlich zwei Typen zu unterscheiden:

**Typ A** Bei diesem System werden die Anker voll in die Tragschale und Wetterschutzschicht der Wand eingespannt (Bild 63 und Bild 64). Das bedeutet, dass die Wetterschutzschicht am Verankerungspunkt fest gelagert ist.

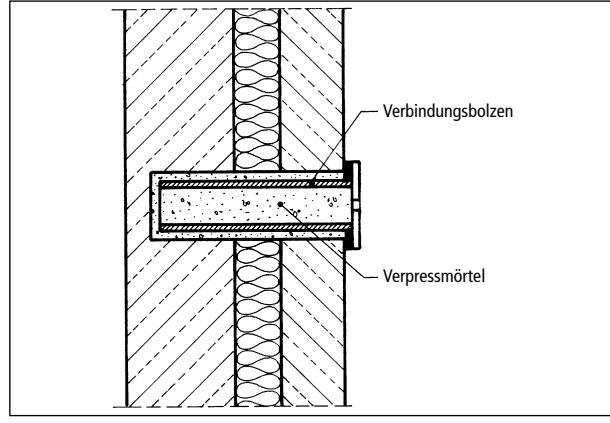
**Typ B** Bei diesem System wird die Eigenlast der Wetterschutzschicht von einer Konsole aufgenommen. Diese Konsole ist in die Tragschicht der Wand eingespannt. In der Wetterschutzschicht ist die Konsole nicht

fest eingespannt; sie lagert auf dem oberen Teil der Konsole (Bild 65). Die Wetterschutzschicht hat die Möglichkeit, sich zwängungsfrei entgegen der Richtung der Eigenlast zu verformen. Eine bedingt zwängungsfreie Verformungsmöglichkeit besteht auch in Wandlängsrichtung. Voraussetzung für die zwängungsfreie Verformung ist, dass die nachträglich in die Wetterschutzschicht eingebrachten Öffnungen nicht kraftschlüssig zubetoniert werden.

Bild 66 zeigt die Verformungen der Wetterschutzschichten mit den Zusatzankern des Typs A unter den verschiedenen Lastfällen. Aus dem Bild ist zu entnehmen, dass die Anker als zusätzliche Festpunkte für die Wetterschutzschicht wirken.

Zur Beurteilung der Riss sicherheit (Dauerhaftigkeit) der Gesamtkonstruktion wurde für den Gebrauchslastenzustand folgendes Ergebnis gefunden [14]:

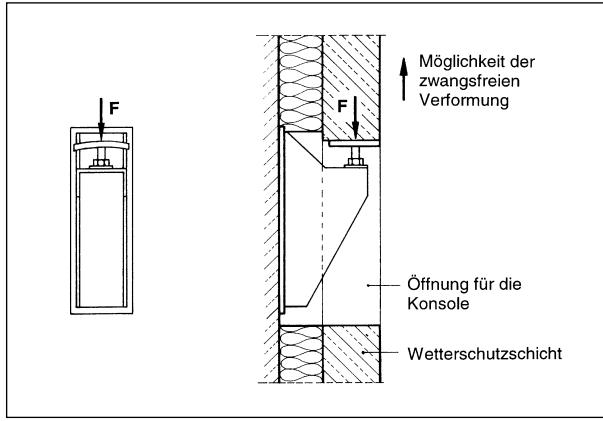
- In der Wetterschutzschicht können bei ungünstiger Anordnung der Zusatzanker (z. B. Bild 64) Risse direkt unter den ursprünglichen Tragankern entstehen. Die Risse verlaufen durch die gesamte Dicke der Wetterschutzschicht. Das Rissbild ist in Bild 67 dargestellt.
- Bei der Sicherung von Wetterschutzschichten mit Zusatzankern des Typs B ist eine weitgehend zwängungsfreie Verformung beim Lastfall »Winter« möglich, sodass keine Gefährdung besteht.



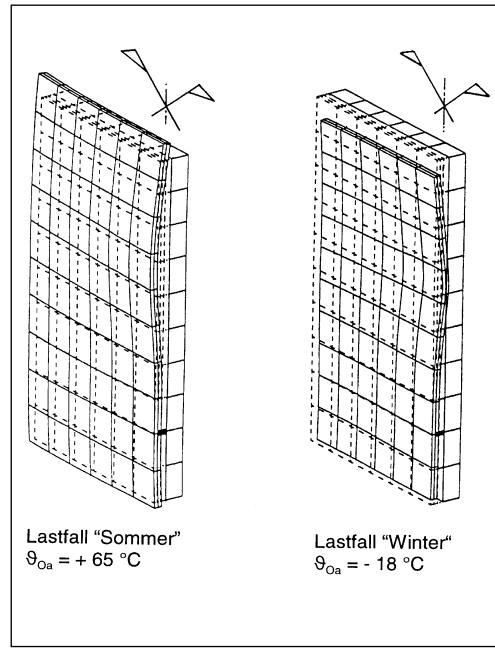
**Bild 63** ■ Zusatzanker des Typs A zur Sicherung von Giebelwandelementen



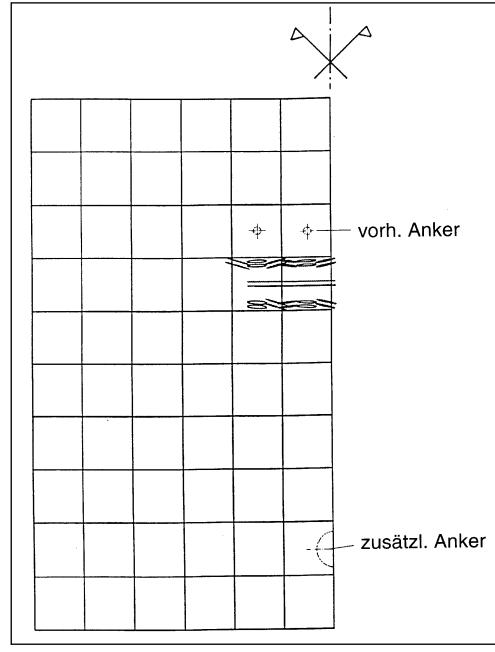
**Bild 64** ■ Beispiel eines nachträglich eingebauten Ankers des Typs A; der Zusatzanker ist hier ungünstig angeordnet. Da die ursprünglichen »alten« Traganker in der oberen Hälfte des Wandelements angeordnet sind, entstehen durch den nachträglich eingebauten Anker schädliche Zwangsspannungen (Bild 67).



**Bild 65** ■ Zusatzanker des Typs B zur Sicherung von Giebelwandelementen



**Bild 66** ■ Verformung der Wetter schutzschicht des Giebelwandelements mit Zusatzanker des Typs A



**Bild 67** ■ Rissbild des Giebelwand elements mit Zusatzanker Typ A  
 $(\theta_{\text{se}} = - 18 \text{ }^{\circ}\text{C})$

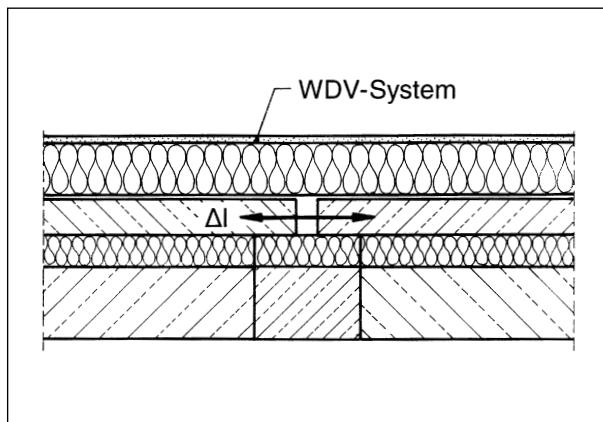
- Bezuglich der Zusatzbeanspruchungen infolge der Zwängungen ist festzustellen, dass bei einer Überbeanspruchung der vorhandenen »alten« Traganker keine Gefahr für die Standsicherheit besteht, sofern die zusätzlich eingebauten Anker die Sicherung der Wetterschutzschicht für sich allein gewährleisten. Bezuglich der möglichen Rissbildung in den Wetterschutzschichten ist deren Dauerhaftigkeit zu beachten.
- Sind die Zusatzanker weniger steif als die vorhandenen »alten« Anker, können diese durch Zwangeinwirkung versagen.

Zusammenfassend kann aus den gefundenen Rechenergebnissen [14] gefolgert werden, dass Zusatzanker zur nachträglichen Sicherung der Wetterschutzschichten hinsichtlich ihres statischen Systems und ihrer Lage genau geplant werden müssen, um schädliche Zwangsbeanspruchungen zu vermeiden.

## 5.6 Verhalten von Wärmedämmverbundsystemen auf Beton-Sandwichwänden

### 5.6.1 Problematik

Wärmedämmverbundsysteme auf Wänden des Großtafelbaus werden gegenüber Systemen auf starren Untergründen durch die Bewegungen der Fugen zwischen den Wetterschutzschichten der Beton-Sandwichwände zusätzlich gedeihnt (Bild 68). Die Fugenbewegungen entstehen infolge thermischer und hygrischer Beanspruchung der Wetterschutzschichten. Es ist zu klären, ob diese zusätzlichen Beanspruchungen von den Wärmedämmverbundsystemen schadlos aufgenommen werden können.



**Bild 68** ■ Wärmedämmverbundsysteme über einer Fuge, die durch zwei Beton-Sandwichwände gebildet wird; die Wetterschutzschalen der Wände bewegen sich aufgrund thermischer und hygrischer Beanspruchungen [35]

## 5.6.2 Größe der Fugenbewegungen

Die Größe der Fugenbewegungen wurde sowohl rechnerisch unter Berücksichtigung der maßgebenden Klimawerte (Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung, Windgeschwindigkeit, relative Luftfeuchte) ermittelt, als auch an einem bestehenden Gebäude gemessen [35].

Nach dem Aufbringen des Wärmedämmverbundsystems trocknet die Wetterschutzschicht der Beton-Sandwichwand über einen Zeitraum von mehreren Jahren aus. Die Austrocknung führt dazu, dass sich die Wetterschutzschichten hinter dem Wärmedämmverbundsystem verkürzen. Unter Zugrundelegung einer anfänglichen relativen Luftfeuchte in der Wetterschutzschicht von 98 %, wie sie mehrfach gemessen wurde, trocknet die Wand auf ca. 45 % relative Luftfeuchtigkeit herunter. Die hohe relative Anfangsluftfeuchtigkeit ergibt sich dann, wenn das Wärmedämmverbundsystem nach einer längeren Regenperiode auf die Wände aufgebracht wird, wenn die Wände zum Verkleben vorgenässt wurden und wenn freies Wasser aus dem Klebemörtel in die Wetterschutzschicht eindringt.

Bei planmäßiger Ausführung einer Beton-Sandwichwand und einer 60 mm dicken, nachträglich aufgebrachten Dämmsschicht eines Wärmedämmverbundsystems auf die Beton-Sandwichwand wurden im Bereich der Vertikalfugen zwischen zwei 6 m langen Wandelementen folgende maximale Fugenaufweitungen ermittelt [35]:

- max  $\Delta l = 2,5 \text{ mm}$  bei  $\theta_{\text{Einbau}} = +24^\circ\text{C}$ ,
- max  $\Delta l = 2,0 \text{ mm}$  bei  $\theta_{\text{Einbau}} = +15^\circ\text{C}$ .

Höhere Dämmstoffdicken reduzieren naturgemäß den thermisch bedingten Anteil der Fugenbewegung. Dieser Effekt wird jedoch durch den hygrisch bedingten Anteil der Fugenbewegung – aufgrund eines niedrigeren Feuchtegehalts nach der mehrjährigen Austrocknung – in annähernd gleicher Größe kompensiert.

## 5.6.3 Abschätzen der überbrückbaren Fugenaufweitungen durch Wärmedämmverbundsysteme

Zur Abschätzung der überbrückbaren Fugenaufweitungen unter Wärmedämmverbundsystemen wurden sowohl Berechnungen [35] als auch Versuche in Reißrahmen unter Klimawechselbeanspruchungen [20] durchgeführt. Auf der Grundlage dieser ersten Untersuchungsergebnisse wurde vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) Folgendes festgelegt [13]:

Für Beton-Sandwichwände mit einer maximalen Länge bis zu 4 m muss die im Zugversuch ermittelte Bruchdehnung des Unterputzes größer als 0,5 %

sein; gleichzeitig müssen im Putz aufgetretene Risse im Mittel eine geringere Rissbreite als 0,1 mm aufweisen. Die Mindestdicke des Dämmstoffs wird mit 100 mm festgelegt.

Für einen Putz mit einem größeren Dehnvermögen kann unter Vorlegen eines entsprechenden weiteren Nachweises für das Wärmedämmverbundsystem auch der Anwendungsbereich erweitert werden, sodass dieses Wärmedämmverbundsystem dann auch auf bis zu 6 m langen Beton-Sandwichelementen aufgebracht werden kann. In Bild 69 ist das Spannungs-Dehnungs-Diagramm eines kunstharzmodifizierten Mörtels aufgetragen, dessen Bruchdehnung deutlich über 0,5 % liegt. Weiterführende FEM-Berechnungen zeigen, dass ein Wärmedämmverbundsystem mit einer derartigen Putzbeschichtung ohne Weiteres auf Beton-Sandwichelementen mit Elementlängen von bis zu 6 m aufgebracht werden kann.

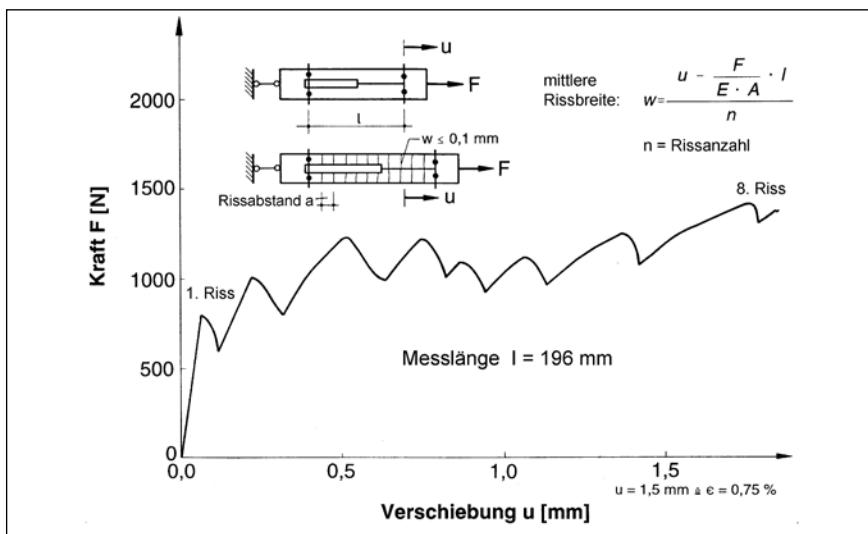


Bild 69 ■ Kraft-Verformungsdiagramm eines kunstharzmodifizierten Putzes [13]

## 6 Fazit

Schäden an mehrschichtigen Beton-Außenwänden treten zum einen insbesondere dort auf, wo planerische Vorgaben eine außerordentlich sorgfältige Bauausführung bei der Montage – und das unter erheblichem Zeitdruck – erfordern. Hier kann in Zukunft einerseits durch die weitere Vereinfachung von Planungsdetails und andererseits durch sorgfältigere Bauüberwachung Abhilfe geschaffen werden.

Der wesentlich größere Umfang zukünftiger Anstrengungen bei der Instandsetzung mehrschichtiger Außenwände – insbesondere der Beton-Sandwichwände der Großtafelbauart – ist jedoch auf »Ermüdungserscheinungen« dieser Gebäudehüllen zurückzuführen: Zum einen erfordern zunehmende Korrosionsschäden an den bewehrten Betonkonstruktionen Konservierungsmaßnahmen, zum anderen zwingen wesentlich höhere Anforderungen an den Wärmeschutz und die Energieeinsparung zur drastischen Verbesserung der Wärmedämmung.

In Zukunft wird die ganzheitliche Betrachtungsweise der Instandhaltungs-, Sanierungs- und Modernisierungsaufgaben als »energiegerechte Sanierung« der mehrschichtigen Außenwände weiter zunehmende Bedeutung erlangen. Das vorliegende Buch soll die bekannten Schäden aufzeigen, Zusammenhänge herstellen und Anstoß für die weitere Durchsetzung wirtschaftlicherer Instandsetzungskonzepte liefern. Der Stand der Technik, Anwendungsmöglichkeiten und Anwendungsgrenzen verschiedener Sanierungsverfahren – insbesondere der zusätzlichen Außenwandbekleidungen – werden aufgezeigt.



# Literaturverzeichnis

- [1] Block, Klaus: Dreischichten- und Sandwichplatte als Untergrund – notwendige Sicherungsmaßnahmen vor der Montage eines Wärmedämm-Verbundsystems. In: Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg., Veranstanter): Wärmedämm-Verbundsysteme. 2. IBK-Jubiläums-Bau-Kongress, IBK: Darmstadt, 1997, S. 7/1–7/16
- [2] Brand, Bernhard; Glatz, Gerhard: Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton. 2. erw. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2005 (Schadenfreies Bauen; 14)
- [3] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Blockbauart 0,8 t. Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise. Bonn, 1992
- [4] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Blockbauart 1,1 t. Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise. Bonn, 1993
- [5] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Typenserie P2, 5,0 t. Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise. Bonn, 1992
- [6] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): WBS 70 Wohnbauserie 70, 6,3 t. Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise. Bonn, 1993
- [7] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): WHH Wohnhochhäuser, Leitfaden für die Instandsetzung und Modernisierung von Wohngebäuden in der Plattenbauweise. Bonn, 1993
- [8] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern. Bauformen und Konstruktionsmerkmale. Bonn, 1992
- [9] Buss, Harald: Dreischichtige Stahlbeton-Fassadenelemente. Absturz einer Außenwand. In: Zimmermann, Günter (Hrsg.): Bauschäden-Sammlung, Bd. 8. 2. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1996
- [10] Cziesielski, Erich; Kötz, Wolf-Dietrich: Außenwand aus dreischichtigen Stahlbeton-Sandwichplatten. Auswölbung der Vorsatzschalen. In: Zimmermann, Günter (Hrsg.): Bauschäden-Sammlung, Bd. 4. 2. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1995
- [11] Cziesielski, Erich: Bautechnische Bewertung und Maßnahmen zur Erhaltung und Instandsetzung von Großtafelbauten in den neuen Bundesländern. bauzeitung 45 (1991), Nr. 9, S. 617–620
- [12] Cziesielski, Erich: Energiegerechte Sanierung von Korrosionsschäden bei Stahlbetontongebäuden. Bauphysik 13 (1991), Nr. 5, S. 138–143
- [13] Cziesielski, Erich; Vogdt, Frank Ulrich: Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen. 2. überarb. u. erw. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2007 (Schadenfreies Bauen; 20)
- [14] Cziesielski, Erich; Fouad, Nabil A.: Nachträgliche Bekleidung dreischichtiger Außenwände von Großtafelbauten mit Wärmedämmssystemen. Bautechnik 73 (1996), Nr. 7, S. 410–420
- [15] Cziesielski, Erich; Fouad, Nabil A.: Wetterschutzschichten dreischichtiger Außenwände. Standsicherheitsbeurteilung. Bundesbaublatt 43 (1993), Nr. 10, S. 805–806; S. 808–809

- [16] Cziesielski, Erich; Fouad, Nabil A.; Vogdt, Frank-Ulrich: Standsicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1996 (Bauforschung für die Praxis; 21)
- [17] Cziesielski, Erich; Kohl, Inge: Sanierungs-handbuch Plattenbau. Katalog Instandsetzung und Modernisierung von vorgefertigten Außenwänden. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1993
- [18] Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung (Hrsg.): Merkblatt zur zerstörungsfreien Betondeckungsmessung und Bewehrungsortung an Stahl- und Spannbetonbauteilen. Berlin: April 2014 (Merkblatt B02)
- [19] Deutsches Institut für Bautechnik: Zulassungsbescheid Nr.Z-30.3-6 vom 22.04.2014. »Erzeugnisse, Verbindungs-mittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen«
- [20] Fouad, Hischam A.: Experimentelle und nu-merische Untersuchungen zur Fugenüber-brückungsfähigkeit von Wärmedämm-Ver-bundsystemen (WDVS). Dissertation, Ruhr Universität Bochum, 1996
- [21] Fouad, Nabil A.: Rechnerische Simula-tion der klimatisch bedingten Temperaturbe-anspruchungen von Bauwerken. Anwen-dung auf Beton-Kastenträgerbrücken und -Sandwichwände. Dissertation, TU Berlin, 1997
- [22] Jenisch, Richard; Stohrer, Martin: Tauwas-serschäden. 2., überarb. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2001 (Schaden-freies Bauen; 16)
- [23] Klopfer, Heinz: Schäden an Sichtbeton-flächen. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1993 (Schadenfreies Bauen; 3)
- [24] Klopfer, Heinz: Sichtbeton-Fertigteile als Brüstungen. Betonabsprengungen durch korrodierende Stahlbewehrung. In: Zimmermann, Günter (Hrsg.): Bauschä-den-Sammlung, Bd. 1. 3. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1996
- [25] Künzel, Helmut; Gertis, Karl: Thermische Verformung von Außenwänden. Beton-steinzeitung 35 (1969), Nr.4, S. 528–535
- [26] Künzel, Helmut; Gertis, Karl: Plattenbau-sanierung durch Außendämmung. Wie wichtig ist die Dampfdurchlässigkeit des Dämmssystems? Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart; IBP-Mitteilung 23 (1996), Nr.305
- [27] Luley, Hanspeter; Kampen, Rolf; Kind-Barkauskas, Friedbert; Klose, Norbert; Tegelaar, Ralf: Instandsetzen von Stahl-betonoberflächen. Ein Leitfaden für den Auftraggeber. 6., geänd. Aufl. Düsseldorf: Beton-Verlag, 1994 (Schriftenreihe der Bauberatung Zement)
- [28] Marquardt, Helmut: Korrosionshemmung in Betonsandwichwänden durch nach-trägliche Außendämmung. Dissertation, TU Berlin, 1991
- [29] Reuschel, Matthias: Standsicherheits-beurteilung der 3-Schichten-Platten im Zusammenhang mit anstehenden Fassa-deninstandsetzungen. In: Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg., Ver-anstalter): Sanierung Block- und Platten-bauten Ost, Teil 3. Neues und Erfahrungen aus 4 Jahren Praxis. IBK-Baufachtagung 181 in Berlin 1994. Darmstadt: Selbst-verlag, 1994, S. 12/1–12/7
- [30] Ruhnau, Ralf: Schäden an Außenwand-fugen im Beton- und Mauerwerksbau. 2., überarb. u. erw. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2015 (Schadenfreies Bauen; 1)
- [31] Schäfer, Horst G.; Oberhaus, Heribert: Eignung von Wärmedämm-Verbund-systemen auf Großtafelbauten. Bauten-schutz + Bausanierung 17 (1994), Nr. 4, S. 42; S. 47–51

- [32] Spaethe, Gerhard: Verbindungen in Plattenbauten – Untersuchungsergebnisse und Schlussfolgerungen. Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. -IEMB-, Berlin (Hrsg.), 1993.
- [33] Ehm, Herbert; Steger, Wolfgang: Typische Konstruktionsmerkmale und -probleme der Plattenbau-Fassaden. In: Institut für das Bauen mit Kunststoffen e.V. (Hrsg., Veranstalter): Sanierung Plattenbauten Ost. Problemfeld Fassade: Sicherung, Erhaltung, Instandsetzung, Sanierung, Analyse, Planung, Ausführung; IBK-Bau-Fachtagung 149 in Berlin 1992. Darmstadt: Selbstverlag, 1992, S. 2/1–2/4
- [34] Bachmann, Hubert; Steinle, Alfred; Hahn, Volker: Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau. 2., aktualisierte Aufl. Berlin: Verlag Ernst und Sohn, 2012
- [35] Vogdt, Frank-Ulrich: Beanspruchung von Wärmedämmverbundsystemen infolge hygrisch und thermisch bedingter Verformungen von Wetterschutzschichten des Großtafelbaus. Dissertation, TU Berlin, 1995
- [36] Halász, Robert von; Tantow, Günter: Großtafelbauten – Konstruktion und Berechnung. Berlin: Verlag Ernst und Sohn, 1966 (Bauingenieur-Praxis; 55)
- [37] Zimmermann, Günter; Bindernagel, Alfred: Keramisches Mittelmosaik auf Außenwänden und Brüstungen. Ablösungen aufgeklebter Mosaikflächen, Kalkauslaugungen. In: Zimmermann, Günter (Hrsg.): Bauschäden-Sammlung, Bd. 3. 3. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1999
- [38] Untersuchungen der Fa. Barg Baustofflabor GmbH & Co. KG, Potsdamer Straße 23/24, 14163 Berlin, Bericht: Anker Thermographie vom 17.08.1992

## Normen, Richtlinien

- [39] DStB Betonbauteile:2001-10. Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen
- [40] DIN EN 1992-1-1:2011-01. Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010; Januar 2011 mit NA vom April 2013
- [41] DIN EN 12504-1:2009-07. Prüfung von Beton in Bauwerken – Teil 1: Bohrkernproben – Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit; Deutsche Fassung EN 12504-1:2009
- [42] DIN EN 12504-2:2012-12. Prüfung von Beton in Bauwerken – Teil 2: Zerstörungsfreie Prüfung – Bestimmung der Rückprallzahl; Deutsche Fassung EN 12504-2:2012
- [43] DIN EN 1991-1-4:2010-12. Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010 Dez. 2010 mit NA vom Dez. 2010
- [44] DIN EN 1993-1-1:2010-12. Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009 Dez. 2010 mit NA vom Aug. 2015
- [45] DIN EN 1993-1-9:2010-12. Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 Dez. 2010 mit NA vom Dez. 2010

- [46] DIN 18540:2014-09. Abdichten von Außenwänden im Hochbau mit Fugendichtstoffen
- [47] Deutsches Institut für Bautechnik (Hrsg.): Grundsätze zur Ermittlung der Temperaturbeanspruchung mehrschichtiger Wandtafeln mit Betondeckschicht (TempBeansprWandtGS). In: DIBt-Mitteilungen 26 (1995), Nr. 5, S. 148

# Stichwortverzeichnis

## A

- Abplatzung 30, 37, 39
- Absprengung 44
- Abstandhalter 27
- alkalisches Milieu 37
- Anschweißplatte 66
- Anstrich 19, 34, 46, 73
- Aufwölbung 39
- Ausbruchkegel 79
- Außfensterbank 58
- Außewandbekleidung 38, 74
  - hinterlüftete 71
- Austrocknen 49
- Austrocknungsprozess 49
- Austrocknungsverhalten 76, 77, 78

## B

- Bauserie P2 43
- Beschichtung 26, 36, 37, 40, 41, 72, 74, 82, 96
- Betonabplatzung 27, 33, 34
- Betondeckung 27, 34, 36, 41, 81
- Betondruckfestigkeit 80
- Betongüte 80
- Betoninstandsetzung 41, 72
- Betonkosmetik 38
- Beton-Sandwichwand 21, 29, 37, 38, 43, 44, 56, 59, 65, 74, 75, 78, 95
- Beton, schwindarmer 51
- Bewehrungsanschluss 66, 67
- Bewehrungskorrosion 36, 40, 56, 72
- Bewehrungsstahl 27, 34, 37, 43, 66, 75, 77, 81
- Blockbauweise 15, 19

## C

- chemischer Umwandlungsprozess 49, 51

## D

- Dämmmaterial 56
- Dauerhaftigkeit 33, 91, 94
- Durchfeuchtung 33, 58

## E

- Ebenheitsmessung 81
- Einbauteil 45
- Entmischen 49, 52
- Entrostung 72
- Ermüdungssicherheit 89
- Ettringitbildung 51

## F

- Fensterecke 30
- Fliese 26, 39, 41, 42, 45
- Fuge 33, 38, 39, 40, 41, 44, 52, 58, 62, 63, 64, 94, 95
  - kraftübertragende 68
- Fugenabdichtung 73
- Fugenaufweitung 95
  - kraftübertragend 66
- Fugenbreite 38, 44
- Fugendichtstoff 39, 52

## G

- Großtafelbau 13, 15, 16, 58, 59, 66, 88, 94
- Großtafelbauweise 14, 20

## H

- Haftbrücke 38, 73
- Haftverbund 42, 54, 57
- Haftzugfestigkeit 82
- Halteanker 21, 34, 50
- Holzwolle-Leichtbauplatte 59
- hygrisch 38, 39, 43, 44, 86, 94, 95

## K

- Karbonatisierung 33, 36, 40, 73, 74
- Karbonatisierungsfront 27, 41, 74
- Karbonatisierungstiefe 81
- keramische Bekleidung 42, 43, 88
- Kerndämmung 17
- Korrasion 33, 34, 40, 55, 56
- Korrasionsabtrag 77

- Korrosionsschaden 27, 42, 45, 55, 71, 72, 74, 75, 81  
Korrosionsschutz 37, 41, 66, 68, 72, 74, 76, 81
- L**
- Laschenkonstruktion 68
  - Last
    - dynamische 29, 57
    - statische 29
  - Leichtbeton 15, 17, 19, 43
  - Loggia 68, 70
- M**
- Maßtoleranz 52
  - Mindestfugenbreite 39
  - Mineralfaser-Dämmplatte 59
  - Montagehilfe 45
  - Montagetoleranz 52, 53
  - Morinol 58
- N**
- Nachbehandlung 32, 34, 51
  - Negativ-Fertigung 25
  - Negativ-Verfahren 27, 36, 42, 49, 54
- P**
- Passivierung 74
  - Passungenauigkeit 67
  - Phenolphthalein 81
  - Plattenbauweise 14, 19
  - Polystyrene-Hartschaumplatte 59
  - Polystyrol-Hartschaum 75
  - Polystyrol-Hartschaumplatte 59
  - Positiv-Fertigung 26
- R**
- relative Luftfeuchtigkeit 76, 95
  - Riss 30, 32, 50, 89, 91
  - Rissbild 30, 91
  - Rissbreitenbeschränkung 34
  - Risssicherheit 91
  - Rissuntersuchung 80
- S**
- Schimmelpilzbildung 60, 61, 62, 65
  - Schlagregen 58
  - Schubtasche 66
  - schwindarm 51
- Schwinden 29, 49, 51, 86  
Schwindverformung 32, 49  
Sieblinie 32  
Sonneneinstrahlung 49, 51  
Stahlverbindung 67, 68  
Standssicherheit 43, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 70, 78, 86, 88  
Stoß 27, 34, 62  
Stoßfuge 33  
Stoßversatz 27, 34  
Streifenbauweise 15, 19
- T**
- Temperaturbeanspruchung 29, 49, 84
  - Temperaturbelastung 84
  - thermografische Aufnahme 60, 63, 82
  - Traganker 54, 55, 56, 57, 60, 79, 82, 83, 86, 89
  - Tragschicht 16, 21, 25, 26, 29, 50, 54, 57, 65, 79, 86, 90
- V**
- Verankerung 21, 55, 57, 89
  - Verankerungssystem 29, 55, 63, 90
  - Verbundanker 50, 55, 60
  - Verdichtung 37, 41
  - Vergusszone 66, 67
  - Verpressung 34
  - Versprung 52
  - Verwölbung 32, 47
  - Vorfertigung 13
- W**
- Wandverfärbung 61
  - Wärmebrücke 60, 62, 82
    - linienförmige 62
    - punktuelle 60
  - Wärmedämmmaßnahme 34, 37, 41, 76
  - Wärmedämmmaterial 59
  - Wärmedämmstoff 51, 55, 60, 64, 75
  - Wärmedämmssystem 88
    - nachträgliches 84
  - Wärmedämmung 16, 20, 25, 26, 27, 29, 33, 34, 46, 59, 62, 72
    - innenliegende 64
  - Wärmedämmverbundsystem 38, 51, 71, 74, 84, 86, 89, 94
  - Wärmeschutz 16, 17, 59, 71
  - Wassergehalt im Beton 72



Wasserzementwert 32, 51  
WBS 43  
WBS 70 43, 60  
Wetterschutzschicht 29, 51, 57, 77, 79  
Windeinfluss 49  
Windlast 65, 68, 85  
Wohnungsbauserie 70 (WBS 70) 16

## Z

zerstörungsfreie Prüfung 80  
Zusatzanker 57, 90, 91, 92  
Zuschlagkörner 49  
Zwangsriß 30, 33  
Zwangsspannung 33, 34, 43, 90  
Zwängung 33, 50, 86, 91, 94  
Zwängungskraft 58

# Fachbuchreihe

## SCHADENFREIES BAUEN

Die Fachbuchreihe SCHADENFREIES BAUEN stellt das gesamte Gebiet der Bau-schäden dar. Erfahrene Bausachverständige beschreiben die häufigsten Bauschäden, ihre Ursachen und Sanierungsmöglichkeiten sowie den Stand der Technik. Die Bände behandeln jeweils ein einzelnes Bauwerksteil, ein Konstruktions-element, ein spezielles Bauwerk oder eine besondere Schadensart.

- 47 Schäden an Tragstrukturen für Windenergieanlagen
- 46 Schäden an Trockenbaukonstruktionen
- 45 Schäden durch mangelhaften Brandschutz
- 44 Schäden bei Baugrubensicherungen
- 43 Schäden an Schwimmbädern
- 42 Nutzereinfluss auf Schäden an Gebäuden
- 41 Schäden beim Bauen im Bestand
- 40 Schäden an Dachdeckungen
- 39 Schäden durch fehlerhaftes Konstruieren mit Holz
- 38 Wasserschäden
- 37 Windschäden
- 36 Schäden an Abdichtungen erdberührter Bauteile
- 35 Schäden an genutzten Flachdächern
- 34 Gründungsschäden
- 33 Schäden an Balkonen
- 32 Schäden durch mangelhaften Wärmeschutz
- 31 Die vorsorgliche Beweissicherung im Bauwesen
- 30 Schäden an Tragwerken aus Stahl
- 29 Schäden an Holzfußböden
- 28 Schäden an Holztragwerken
- 27 Mangelhafter Schallschutz von Gebäuden
- 26 Schäden an polymeren Beschichtungen
- 25 Schäden an Belägen und Bekleidungen aus Keramik, Natur- und Betonwerkstein
- 24 Schäden an Installationsanlagen
- 23 Schäden an Türen und Toren
- 22 Schäden an elastischen und textilen Bodenbelägen



- 21** Schäden an Glasfassaden und -dächern
- 20** Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen
- 19** Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten
- 18** Schäden an Deckenbekleidungen und abgehängten Decken
- 17** Schäden an Dränanlagen
- 16** Tauwasserschäden
- 15** Schäden an Estrichen
- 14** Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton
- 13** Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verblendmauerwerk
- 12** Schäden an Fassaden und Dachdeckungen aus Aluminium und Stahl
- 11** Schäden an Außenmauerwerk aus Naturstein
- 10** Schäden an Außenwänden mit Asbestzement-, Faserzement- und Schieferplatten
- 9** Schäden an Fassadenputzen
- 8** Schäden an Abdichtungen in Innenräumen
- 7** Rissschäden an Mauerwerkskonstruktionen
- 6** Schäden an Fenstern und Fensterwänden
- 5** Feuchtebedingte Schäden an Wänden, Decken und Dächern in Holzbauart
- 4** Schäden an Industrieböden
- 3** Mängel und Schäden an Sichtbetonbauten
- 2** Schäden an wasserundurchlässigen Wannen und Flachdächern aus Beton
- 1** Schäden an Außenwandfugen im Beton- und Mauerwerksbau



# 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 19

Ralf Ruhnau, Nabil A. Fouad

### Schäden an Außenwänden aus Mehrschicht-Betonplatten

2., überarbeitete Auflage

Schäden an den Außenwänden von Großtafelbauten aus der Zeit zwischen 1960 und 1990 finden sich in allen Teilen Deutschlands. Die Autoren zeigen Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser Fertigteilkonstruktionen in den östlichen und westlichen Bundesländern auf. Sie stellen die jeweils typischen Schadensbilder vor und geben Hilfestellungen für die Instandsetzung. Das Buch dient so zur Unterstützung aller mit der Sanierung befassten Fachleute bei der Entwicklung wirtschaftlich vertretbarer und technisch vernünftiger Instandsetzungskonzepte.

Heute gewinnt die modulare Bauweise aufgrund des drastisch steigenden Bedarfs an Wohnraum wieder stark an Bedeutung. Die vorliegende zweite Auflage dieses Bandes bietet daher nicht nur Sachverständigen, sondern auch Planern wichtige Informationen für die Entwicklung neuer Lösungen beim Beton-Fertigteilbau und seinen Schnittstellen.

## Die Autoren

**Dr.-Ing. Ralf Ruhnau**, der Herausgeber dieser Reihe und Autor des vorliegenden Bandes, ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Schäden an Gebäuden, außerdem ö.b.u.v. Sachverständiger für Betontechnologie, insbesondere für Feuchteschäden und Korrosionsschutz. Als Partner der Ingenieurgemeinschaft CRP in Berlin befasst er sich vor allem mit Bausubstanzbeurteilungen sowie bauphysikalischer Beratung für Neubau und Sanierungsvorhaben. Seit 2016 ist er Präsident der Baukammer Berlin.

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nabil A. Fouad** lehrt Bauphysik und Bauwerkssanierung an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Leibniz Universität Hannover. Er ist von der IHK Hannover ö.b.u.v. Sachverständiger für Bauphysik und vorbeugenden Brandschutz und Mitglied in Norm- und Sachverständigenausschüssen des DIN e.V. sowie des Deutschen Instituts für Bautechnik.

ISBN 978-3-8167-9830-9



9 783816 798309