

49

SCHADENFREIES BAUEN

Herausgeber
Ralf Ruhnau, Nabil Fouad, Silke Sous

Jan Bredemeyer, Nils Oster

Schimmelschäden und Tauwasserbildung an Fenstern



Fraunhofer IRB | Verlag

Schadenfreies Bauen Band 49

Schimmelschäden und Tauwasserbildung an Fenstern

Jan Bredemeyer, Nils Oster

Schadenfreies Bauen

Band 49

Ralf Ruhnau, Nabil Fouad, Silke Sous (Hrsg.)

Schimmelschäden und Tauwasserbildung an Fenstern

Jan Bredemeyer

Nils Oster

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

ISSN: 2367-2048

ISBN (Print): 978-3-7388-0690-8

ISBN (E-Book): 978-3-7388-0691-5

Layout · Satz · Herstellung: Gabriele Wicker

Umschlaggestaltung: Martin Kjer

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

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

Alle Rechte vorbehalten.

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

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

© Fraunhofer IRB Verlag, 2023

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 711 970-2500

Telefax +49 711 970-2508

irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Fachbuchreihe Schadenfreies Bauen

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

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

Zur Entstehung der Reihe

Die Reihe »Schadenfreies Bauen« wurde 1992 vom Fraunhofer IRB-Verlag mit Professor Günter Zimmermann (†) als Herausgeber ins Leben gerufen, der 33 Jahre lang auch für die Bauschäden-Sammlung im Deutschen Architektenblatt verantwortlich zeichnete. Mehrere Jahre lang übernahm Dr.-Ing. Ralf Ruhnau die Mitherausgeberschaft der Reihe und betreute sie von 2008 bis 2022 alleinverantwortlich. Seit 2022 setzt er diese Arbeit im Team mit Prof. Dr.-Ing. Nabil Fouad und Dipl.-Ing. Silke Sous fort.

Die Herausgeber

Dr.-Ing. Ralf Ruhnau ist ö.b.u.v. Sachverständiger für Betontechnologie, insbesondere für Feuchteschäden und Korrosionsschutz sowie für Schäden an Gebäuden. Als Gründungspartner der Ingenieurgemeinschaft CRP Bauingenieure in Berlin befasste er sich 35 Jahre lang vor allem mit der Bausubstanzbeurteilung sowie der Planung im Neubau und Bestand. Mit seiner Gutachtertätigkeit sowie in Fachvorträgen und Veröffentlichungen deckt er ein breites Spektrum des konstruktiven Hochbaus und der Bauphysik ab. Seit 2016 ist er Präsident der Baukammer Berlin.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nabil Fouad ist Professor für Bauphysik und Bauwerkssanierung an der Leibniz Universität Hannover. Er ist von der IHK Hannover ö.b.u.v. Sachverständiger für Bauphysik und vorbeugenden Brandschutz und Partner der 3B Bauconsult GmbH & Co. KG mit Hauptsitz in Hannover. Der Fachwelt ist er als Autor zahlreicher Veröffentlichungen und Forschungsarbeiten bekannt. Er ist Mitglied in mehreren DIN-Ausschüssen und Sachverständigenausschüssen des Deutschen Instituts für Bautechnik.

Dipl.-Ing. Silke Sous ist Architektin und ö.b.u.v. Sachverständige für Schäden an Gebäuden sowie staatlich anerkannte Sachverständige für Schall- und Wärmeschutz. Seit 1997 forscht und arbeitet sie für das Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH – AIBau. Als Lehrbeauftragte der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen sowie als Referentin in der Architekten- und Ingenieurfortbildung setzt sie sich für schadenfreies Bauen ein.

Herausgebervorwort

Fenster waren und sind in der Regel auch heute noch die wärmeschutztechnisch schwächsten Bauteile in der Gebäudehülle. Das ist auch gut so, denn Tauwasseranfall an Fensterkonstruktionen ist der augenscheinlichste Indikator dafür, dass der Nutzer lüften muss. Temporärer Tauwasseranfall an Fenstern lässt sich jedoch auch bei heute üblichen Konstruktionen nicht immer sicher vermeiden. Die Fragen, die sich stellen, lauten:

Wann stellen Tauwasser und nachfolgender Schimmelbefall einen Mangel dar und generieren Schäden?

Sind diese Schäden dann auf bauliche Mängel oder Nutzerverhalten zurückzuführen?

Die theoretischen Grundlagen und die praktischen Beispiele in diesem Band 49 der Fachbuchreihe Schadenfreies Bauen ›Schimmelschäden und Tauwasserbildung an Fenstern‹ geben hier wertvolle Hilfen zur Beantwortung dieser und zahlreicher weiterer Fragen.

Zum Zeitpunkt des Erscheinens dieses Buches ist der Aufruf zum Einsparen von Heizenergie allgegenwärtig und Energieknappheit wird von der Politik und den Medien dramatisch publiziert. Es ist zu befürchten, dass in großem Umfang dem Ruf Folge geleistet wird und am Heizen und Lüften gespart wird. Wer die daraus folgenden ansteigenden Tauwasserbildungen und Schimmelschäden zu verantworten hat, ob konstruktions- oder nutzerbedingte Ursachen gegeben sind, können Ingenieure mit Hilfe des vorliegenden Buches beantworten. Ob dann nutzungsbedingte Schäden den Mietern anzulasten oder den politischen Vorgaben geschuldet sind, müssen dann Juristen beantworten.

Den Autoren Bredemeyer und Oster sei an dieser Stelle erneut gedankt, dass sie neben der Tagesarbeit nach dem Band 42 ›Schimmelschäden an Decken und Wänden‹ nun zeitnah diesen Band 49 ›Schimmelschäden und Tauwasserbildung an Fenstern‹ erarbeitet und damit für die gesamte Gebäudehülle für Sachverständige, aber auch für Planer, Ausführende, Bauherren und Nutzer eine wertvolle Informationsquelle und Arbeitshilfe geschaffen haben.

Ralf Ruhnau

Vorwort der Autoren

Im Oktober 2020 ist der Band 42 in der Reihe »Schadenfreies Bauen« neu erschienen. Er trägt den Titel »Schimmelschäden an Wänden und Decken« und wurde ebenfalls von den Autoren des nun vorliegenden Band 49 quasi als 1. Teil einer umfassenden Darstellung der Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen einer sach- und fachgerechten Beurteilung von Schimmelschäden veröffentlicht. Mit dem Titel »Schimmelschäden und Tauwasserbildung an Fenstern« liegt nunmehr der 2. und letzte Teil dieser Darstellung vor. Beide Bände ergänzen sich bzw. baut der nunmehr vorliegende Band 49 auf dem 1. Teil auf. So gelten die grundsätzlichen rechtlichen Ausführungen in Band 42 für »Schimmelschäden an Fenstern und Verglasungen« analog und werden im vorliegenden Band daher nicht noch einmal wiederholt. Anders die bauphysikalischen und mikrobiologischen Grundlagen, die für den vorliegenden Band 49 aus dem 1. Teil im Wesentlichen übernommen wurden, da sie die Grundlage für die nachfolgenden Ausführungen darstellen. Auf diese Weise sind die technisch-sachverständigen Ausführungen im vorliegenden Band für sich vollständig, auch wenn der Band 42 nicht vorliegt.

Mit den beiden zusammenhängenden Bänden 42 und 49 liegt erstmals eine derartig umfassende Darstellung der Grundlagen, Möglichkeiten und Schwierigkeiten der Beurteilung der Ursachen von Schimmelbefall an opaken und transparenten Bauteilen vor. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die rechtlichen Aspekte (inklusive der aktuellen Rechtsprechung des BGH) gelegt, die üblicherweise bei derartigen »technischen« Veröffentlichungen zu kurz kommen. Das Schimmelschäden-Doppel richtet sich insofern gleichermaßen an Bausachverständige und Juristen, wie auch an die Mitarbeiter von Wohnungsbaugesellschaften und Hausverwaltungen und nicht zuletzt natürlich auch an betroffene Mieter und Eigentümer sowie interessierte Planer und Ausführende.

Für die immer angenehme und inspirierende Zusammenarbeit möchten wir Herrn Dr. Mühlig danken, der im Band 42 die rechtlichen Grundlagen und Randbedingungen für die technische Beurteilung von Schimmelschäden nicht nur an Wänden und Decken, sondern auch an Fenstern und Verglasungen umfassend und verständlich dargelegt hat. Ebenso möchten wir uns bei Herrn Kühl von der NovaBiotec Dr. Fechter GmbH für den fachlichen Support hinsichtlich der mikrobiologischen Aspekte des Themas bedanken. Nicht zuletzt danken wir unserem Herausgeber, Herrn Dr. Ruhnau, für die wie immer konstruktive und vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Unseren Lesern wünschen wir eine hilfreiche und interessante Lektüre auch beim 2. Teil unseres Werkes.

Jan Bredemeyer

Nils Oster

Inhaltsverzeichnis

I	Grundlagen	13
1	Problemstellung und typische Schadensbilder	15
2	Grundlagen	21
2.1	Bauphysikalische und mikrobiologische Grundlagen	21
2.1.1	Symbole, Größen und Einheiten	21
2.1.2	Luftfeuchte	24
2.1.3	Oberflächentauwasser	27
2.1.4	Mikrobiologische Grundlagen	28
2.2	Fenstertechnische Grundlagen	32
2.2.1	Wärmedurchgangskoeffizient	33
2.2.2	Einflüsse aus Strahlung und Konvektion auf die Oberflächentemperaturen an Fenstern	36
2.2.3	Wärmebrücken an Fensterkonstruktionen	38
2.2.4	Luftdurchlässigkeit	38
3	Untersuchungen und Grundlagenermittlung	41
3.1	Schadensbild	41
3.2	Fensterkonstruktion und wärmeschutztechnische Qualität	41
3.3	Dichtheit	43
3.4	Gangbarkeit, Funktion von Verriegelungen und Beschlägen	47
3.5	Schäden an Profilen und Verglasungen	47
3.6	Allgemeine bauliche Situation	48
3.7	Raumklima und Oberflächentemperatur	48
4	Grundlagen der Beurteilung von Schimmelschäden	51
4.1	Beurteilungskriterien	51
4.2	Wärmedurchgang infolge Transmission	52
4.2.1	Wärmeschutztechnische Entwicklung und Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten	52
4.2.2	Anforderungen zum Oberflächentauwasserschutz	57
4.2.3	Beurteilung des Wärmedurchgangs infolge Transmission	59

4.3	Wärmedurchgang infolge Konvektion	60
4.3.1	Entwicklung der Luftdichtheit	60
4.3.2	Mindestanforderungen an die Dichtheit	62
4.3.3	Beurteilung der Dichtheit	63
5	Schimmelbefall an den raumseitigen Oberflächen von Fenstern	65
5.1	Fenster in Außenwänden	65
5.1.1	Feuchteangebot – Tauwasserausfall an Verglasung	65
5.1.2	Feuchteangebot – Einfluss thermischer Abschirmung an Verglasungen	69
5.1.3	Nährstoffangebot – Oberflächenverhältnisse	70
5.1.4	Beurteilung von raumseitigem Schimmelbefall	71
5.2	Fenster in Dächern	72
5.2.1	Dachflächenfenster	72
5.2.2	Lichtkuppeln	75
6	Schimmelbefall innerhalb von Fensterkonstruktionen	79
6.1	Äußere Ebene von Kastenfenstern	79
6.2	Äußere Ebene von Verbundfenstern	83
6.3	Fälze von Einfachfenstern	87
7	Anmerkungen zu Wintergärten	91
8	Grundsätzliche Instandsetzungsmöglichkeiten	93
8.1	Schimmelbeseitigung	93
8.2	Beseitigung offensichtlicher Schäden	94
8.2.1	Wiederherstellung intakter Beschichtungen	94
8.2.2	Dichtungen und Dichtstoffe	95
8.2.3	Beschläge und Verriegelungen	95
8.3	Verbesserung des Wärmeschutzes	96
8.3.1	Austausch von Verglasungen	96
8.3.2	Vorsatz- oder Einschubfenster	97
8.3.3	Fensteraustausch	99
8.4	Verringerung konvektiver Feuchteinträge – Einbau von Dichtungen	101
8.5	Nutzungseinflüsse	104

II	Schadensfälle	107
1	Schadensbilder auf der Raumseite	109
1.1	Schimmelbefall auf den Flügelrahmenprofilen isolierverglaster Holzfenster	109
1.2	Übermäßiger Tauwasserausfall auf Isolierverglasungen (Beispiel 1)	113
1.3	Übermäßiger Tauwasserausfall auf Isolierverglasungen (Beispiel 2)	118
1.4	Schimmelbefall an Dachflächenfenstern	120
1.5	Verschmutzungen und Ablaufspuren an einer Lichtkuppel	125
1.6	Tauwasserbildung in einem Wintergarten	126
2	Schadensbilder innerhalb von Fensterkonstruktionen	129
2.1	Tauwasserbildung an den äußeren Verglasungen von Holzkastenfenstern (Beispiel 1)	129
2.2	Tauwasserbildung an den äußeren Verglasungen von Holzkastenfenstern (Beispiel 2)	133
2.3	Tauwasserbildung und Schimmelbefall im Scheibenzwischenraum von Verbundfenstern	138
2.4	Tauwasserbildung im Scheibenzwischenraum älterer Isolierverglasungen	142
3	Schadensbilder auf der Außenseite	145
III	Anhang	147
1	Literatur	149
1.1	DIN-Normen	149
1.2	Gesetze, Verordnungen	151
1.3	Bücher, Aufsätze, Forschungsberichte, Richtlinien	152
2	Stichwortverzeichnis	157

I Grundlagen

1 Problemstellung und typische Schadensbilder

In der Sachverständigenpraxis nimmt Schimmelbefall im Bereich der Gebäudehülle nach wie vor erheblichen Raum ein. In den vergangenen Jahren rückten dabei neben den Schadensbildern im Bereich typischer Wärmebrücken an Wänden, Decken und anderen opaken Bauteilen zunehmend Fenster und Pfosten-Riegel-Konstruktionen in den Fokus. Auch bei diesen Bauteilen sind – analog zu den opaken Bauteilen – überwiegend Wohnungen betroffen. Häufig wird dabei im Zusammenhang mit Schimmelbefall auch übermäßige Tauwasserbildung an den Verglasungen gerügt.

Wie bei Streitigkeiten über Schimmelbefall im Bereich typischer Wärmebrücken, stehen auch bei Auseinandersetzungen über Schimmelbefall im Bereich von Fenstern und Verglasungen in erster Linie Mieter und Vermieter im Fokus, auch wenn in bestimmten Fallkonstellationen die üblicherweise am Bauprozess Beteiligten, wie Planer, ausführendes Unternehmen, Bauleiter etc. beteiligt sein können. Meist geht es bei der Begutachtung daher um die Abgrenzung zwischen bau- und nutzerseitigen Einflüssen. Dabei machen erfahrungsgemäß ältere Bestandskonstruktionen den deutlich überwiegenden Teil der zu beurteilenden Fenster aus.

Von Schimmelbefall betroffen sind an Fensterkonstruktionen zumeist

- › die raumseitigen Verglasungsabdichtungen, insbesondere wenn sie – wie typischerweise bei Holzfenstern – aus einem spritzbaren Dichtstoff bestehen (Bild 1),
- › die an Verglasungen und deren Abdichtungen grenzenden Teile der Flügelrahmen (Bild 2),
- › Fugen und Nuten in den raumseitigen Rahmenoberflächen, z. B. die Schattenfugen der Glashalteleisten an Holzfenstern (Bild 3),
- › infolge von Beschichtungsschäden freiliegende Holzoberflächen (Bild 4),
- › die Rahmenflächen und Dichtungen im Bereich der Fälze in den Öffnungsfugen der Fenster (Bild 5) und
- › die Scheibenzwischenräume von Verbundfenstern (Bild 6).

Bild 1 Schimmelbefall auf den raumseitigen Verglasungsabdichtungen aus einem spritzbaren Dichtstoff



Bild 2 Schimmelbefall auf der raumseitigen Oberfläche eines Fensterprofils angrenzend an die Verglasung



Bild 3 Schimmelbefall in den Schattenfugen zwischen Glashalteleisten und Blendrahmen

