

# Der besondere Schadensfall

Ursachen, Bewertung und Sanierung

Tagungsband

50.

Frankfurter  
Bausachverständigentag  
2015

Fraunhofer IRB ■ Verlag

## **Der besondere Schadenfall – Ursachen, Bewertung und Sanierung**

50. Frankfurter Bausachverständigentag 2015



# **Der besondere Schadenfall – Ursachen, Bewertung und Sanierung**

50. Frankfurter Bausachverständigentag 2015

## **Tagungsband**

Veranstalter:

RG-Bau im RKW Kompetenzzentrum, Eschborn

mit

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Stuttgart

IFB Institut für Bauforschung e. V., Hannover

VBD Verband der Bausachverständigen Deutschlands e. V.

VHV Versicherungen

**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.

ISBN (Print) 978-3-8167-9526-1  
ISBN (E-Book) 978-3-8167-9527-8

Der besondere Schadenfall – Ursachen, Bewertung und Sanierung

50. Frankfurter Bausachverständigentag 2015

Tagungstermin: 02. Oktober 2015

Tagungsort: Kongresszentrum der Deutschen Nationalbibliothek, Frankfurt am Main

Veranstalter:

RG-Bau im RKW Kompetenzzentrum,  
Düsseldorfer Straße 40 A, 65760 Eschborn

mit

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Stuttgart

IFB Institut für Bauforschung e. V., Hannover

VBD Verband der Bausachverständigen Deutschlands e. V.

VHV Versicherungen

Fachreferent Bausachverständigentag

Dipl.-Ing. Günter Blochmann, Leiter RG-Bau im RKW Kompetenzzentrum

Redaktion: Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

Satz: Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

Druck und Bindung: Konrad Triltsch GmbH, Ochsenfurt-Hohestadt

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 der RG-Bau im RKW Kompetenzzentrum und 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.

Alle in diesem Werk genannten DIN-Normen sind wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Normen ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

© by Fraunhofer IRB Verlag, 2015

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 7 11 9 70 -25 00

Telefax +49 7 11 9 70 -25 08

[irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

Coverbilder: Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus (links, rechts); Prof. Dr.-Ing. Gerd Geburtig (mitte)

## Inhaltssverzeichnis

Grußworte zum 50. Bausachverständigentag.....	7
50 Jahre Sachverständigentag – Themen aus der Praxis .....	19
Schäden an Gebäuden durch nachbarliche Baugrubensicherung .....	25
<i>Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus</i>	
Schadensfall »Energetische Sanierung« Immer öfter – und immer komplexer.....	37
<i>Dipl.-Ing. Frank Eßmann</i>	
Schadenfall Flachdach, zwei Fallbeispiele zur Tauwasserbildung innerhalb der Dachkonstruktion .....	51
<i>Dipl.-Ing. Ralf Schumacher</i>	
Schadenfall Innenabdichtung, Badezimmer Abdichtung .....	65
<i>Dipl.-Ing. Joachim Schulz</i>	
Haben die nationalen Anforderungen an Bauprodukte weiterhin Geltung? Zum Verhältnis der Bauproduktenverordnung und der Bauregelliste B. und zur Umsetzung des Urteils des EuGH vom 16.10.2014 – RS-100/13B.....	77
<i>RA Michael Halstenberg</i>	
Mängel und Schäden beim Brandschutz.....	81
<i>Prof. Dr.-Ing. Gerd Geburtig</i>	



## Die RG-Bau zum 50. Bausachverständigentag

Fünf Jahrzehnte sind seit dem ersten Bausachverständigentag vergangen. Seit 1965 thematisieren die Bausachverständigentage die Bandbreite der Bauschäden, von erdberührten Bauteilen bis hin zu Schäden am Dach. In den vergangenen Jahren wurden anhand von Praxisbeispielen eine Vielzahl von Bauschäden analysiert, Schwachstellen und ihre Ursachen bestimmt, die zugrunde liegenden Fehler gezeigt und spezielle Wege der Bewertung und Sanierung vorgestellt.

Trotzdem sind die Bauschadenzahlen weiter gestiegen. Dies zeigt eine Untersuchung unseres Partners Institut für Bauforschung IFB\*. Woran liegt das? Eine wesentliche Ursache sei die steigende Komplexität der Bauprozesse. Durch sie treten immer mehr Schäden an verschiedenen Bauteilen mit unterschiedlichen Schadensbildern auf. Das oftmals mangelhafte Koordinations- und Kommunikationsverhalten der Baubeteiligten wird als weiterer Grund für die gestiegene Zahl der Bauschäden gesehen. Zur Verbesserung der Situation wird an erster Stelle die Schärfung des Problembewusstseins der Baubeteiligten genannt.

Hier setzt der Frankfurter Bausachverständigentag an. Anhand von Praxisbeispielen werden Bauschäden, ihre Ursachen sowie die Bewertung und Sanierung analysiert und diskutiert. Der Bogen wird dabei über neue Verordnungen bis hin zu rechtlichen Fragen geschlagen. Dies schärft das Problembewusstsein bei den Teilnehmern der Veranstaltung und fördert letztendlich die Prävention von Bauschäden.

Der Bausachverständigentag bot und bietet auch weiterhin die Gelegenheit zu Diskussion und persönlichen Kontakten und fördert damit die dringend notwendige Kommunikation der Baubeteiligten untereinander. Der Frankfurter Bausachverständigentag bleibt damit die Plattform für den Informations- und Erfahrungsaustausch für Bausachverständige, Planer und Bauausführende.



Karlheinz Brömer  
Vorsitzender des Beirats der RG-Bau

---

\* Institut für Bauforschung e. V., »Analyse der Entwicklung der Bauschäden und der Bauschadenskosten«, Forschungsbericht\_20150219



## 50 Jahre Bausachverständigentage – das IfB gratuliert zum Jubiläum!

Seit nunmehr 50 Jahren sind die Frankfurter Bausachverständigentage eine feste Instanz in Deutschland, wenn es um die Wahrung der Bauqualität und die entsprechende Weiterbildung von Sachverständigen geht. Im Rahmen der jährlich stattfindenden Veranstaltung analysieren und diskutieren Bauexperten aktuelle Bauthemen, berichten Sachverständige aus der Praxis, werden Schadenursachen im Detail bewertet und Lösungswege vorgestellt, wird der direkte Kontakt von jeweils mehr als 300 Teilnehmern zum Erfahrungsaustausch genutzt. Eine Erfolgsgeschichte, die ihresgleichen sucht.

Das Institut für Bauforschung e. V. ist seit vielen Jahren Mitveranstalter und Partner der Bausachverständigentage, und nicht selten waren es Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen des Instituts, die Auslöser für Fachthemen der Veranstaltung waren.

Die im Rahmen der Bausachverständigentage behandelten Themen greifen sowohl aktuelle Problemstellungen (z. B. zur energetischen Modernisierung) als auch so genannte »Dauerthemen« (z. B. zur fachgerechten Abdichtung) auf und dienen so der nachhaltigen Sicherung einer hohen Planungs- und Bauqualität. Ein Ziel, das auch das Institut für Bauforschung e. V. als notwendige Kernbotschaft an alle Planungs- und Baubeteiligten versteht.

Insofern bedankt sich das Team des Institut für Bauforschung e. V. Hannover für die konstruktive und innovative Kooperation der letzten Jahre und für das Vertrauen, mit dem fachlichen Know how zur Erfolgsgeschichte der Sachverständigentage beitragen zu dürfen. Wir freuen uns auf weitere interessante, gemeinsame Veranstaltungen in der Zukunft und gratulieren herzlich zum Jubiläum!



Heike Böhmer  
GF Direktorin Institut für Bauforschung e. V. Hannover



## Grußwort zum 50. Jubiläum der Frankfurter Bausachverständigentage

Bauwerke sind in Deutschland in aller Regel Unikate, was Fluch und Segen gleichermaßen ist. Die Unikatfertigung der deutschen Bauwirtschaft ist im positiven Sinn dafür verantwortlich, dass wir vor uniformen Reihenhaus-Strukturen größtenteils verschont geblieben sind. Die Unikatfertigung bedeutet aber auch bei jedem neuen Bauwerk eine neue Herausforderung. Die Abstimmung, beginnend bei den Wünschen des Bauherren über die Planung bis hin zur Bauausführung, ist und bleibt weiterhin ein herausfordernder Prozess. Damit sind Fehler in der Bauausführung oft gar nicht zu vermeiden. Eine Serienfertigung wie bei dem gerne als Vergleich herangezogenen Automobilbau minimiert Fehler, bedeutet aber gleichzeitig Serienfertigung und Einheitsprodukte. Ob die Digitalisierung des Bauprozesses hier wirklich Abhilfe schaffen kann – auch weil Schnittstellen klarer definiert sind – bleibt abzuwarten.

Es wird für unsere Branche eine immerwährende Herausforderung bleiben, möglichst mängelfrei zu bauen. Und weil überall dort, wo Menschen arbeiten, auch Fehler gemacht werden, können wir uns diesem Ziel nur weitestgehend nähern. So lange gebaut wird, wird es Fehler und Mängel geben.

Die ständige Fortbildung von Sachverständigen der einzelnen Gewerke ist daher auch eine wichtige Aufgabe unseres Verbandes. Die Frankfurter Bausachverständigentage ergänzen unsere eigene Arbeit bemerkenswert, denn hier geht es um den übergreifenden Austausch, um aktuelle Themen wie auch um Dauerbrenner.

Daher gratulieren wir den Veranstaltern, der RG-Bau im RKW Kompetenzzentrum Bau für 50 Jahre erfolgreiche Tagungsarbeit und wünschen für die Zukunft weiterhin ein gutes Händchen bei der Auswahl von Themen und Referenten.



Dipl.-Kfm. Frank Dupré

Vizepräsident Zentralverband Deutsches Baugewerbe  
Vizepräsident der FIEC



## **Der VBD gratuliert – 50 Jahre Bausachverständigentag Frankfurt**

Eine nicht mehr wegzudenkende wichtige Veranstaltung für die Sachverständigen ist der seit nunmehr 50 Jahren stattfindende Bausachverständigentag in Frankfurt. In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche wichtige und aufschlussreiche Themen aus dem Bauen und den sich dabei ergebenden Schadensfällen erörtert, analysiert und bewertet. Die bei diesen Veranstaltungen behandelten Praxisfälle zeigten anschaulich das umfangreiche Spektrum möglicher Schadensursachen und deren Beseitigung sowie Vermeidung.

Der VBD - Verband der Bausachverständigen Deutschlands e. V. freut sich darüber, in den letzten Jahren einer der Begleiter und Unterstützer dieser Veranstaltungsreihe sein zu dürfen.

Wir sind sicher, dass auch die diesjährige Tagung gerade mit dem Schwerpunkt »Der besondere Schadenfall – Ursachen, Bewertung und Sanierung« ein voller Erfolg für zahlreiche Teilnehmer sein wird, bedanken uns für die gute Zusammenarbeit und wünschen dem RKW Kompetenzzentrum für künftige Veranstaltungen viel Erfolg und zu guter Letzt: Herzlichen Glückwunsch zum Jubiläum!

Auch weiterhin freuen wir uns, die Tagung mit unserer Beteiligung unterstützen zu können und freuen uns auf viele weitere erfolgreiche Jahre der Zusammenarbeit.



Karsten Jürgens  
VBD Vorstand



## Grußwort des Fraunhofer IRB zum 50. Bausachverständigentag

Bereits seit 1965 thematisieren die Bausachverständigentage in Frankfurt das ganze Spektrum der Bauschäden vom Keller bis zum Dach, von der Außenabdichtung bis zur Innendämmung. In zahlreichen Fachvorträgen werden theoretische Grundlagen erläutert, eine Vielzahl von Bauschäden anhand von Praxisbeispielen analysiert, Ursachen offengelegt, Schadensbewertungen vorgenommen und Sanierungsvorschläge vorgestellt und diskutiert. Die Veranstaltungen bieten regelmäßig hochkarätige Referenten auf, die sowohl aus Forschung und Wissenschaft als auch aus der Praxis kommen. Auch die Behandlung ausgewählter juristischer Fragestellungen im Kontext der Bauschäden bildet seit vielen Jahren einen festen Programmfpunkt.

Die Relevanz des Themas Bauschäden gewissermaßen als Ausdruck nicht erreichter Bauqualität hat sich aus den allgemein bekannten Gründen, die hier nicht wiederholt werden sollen, leider noch immer nicht geändert, obwohl es regelmäßig Gegenstand von Bauforschung ist, obwohl umfangreiche Schadensdokumentationen existieren und das Thema bei den Fachpublikationen nach wie vor im oberen Bereich rangiert. Auch das Fraunhofer IRB sieht darin seit langem einen seiner Tätigkeitschwerpunkte.

Das war und ist auch der Grund, warum das Institut den Frankfurter Bausachverständigentag seit vielen Jahren aktiv als Mitveranstalter unterstützt. Die inhaltliche Breite der Veranstaltung und der erreichten Zielgruppen resultiert auch aus dem Ansatz, dass mehrere Institutionen für die Durchführung verantwortlich zeichnen. Die persönliche Ansprache der interessierten Zuhörerschaft, der direkte fachliche Austausch mit den Referenten und die intensiven Gespräche untereinander sind auch im Zeitalter der sozialen Netzwerke ein unverzichtbarer Baustein des Wissenstransfers. Das Fraunhofer IRB möchte deshalb auch in Zukunft maßgeblich dazu beitragen, dass der Frankfurter Bausachverständigentag seinen festen Platz im Reigen der wichtigsten Fachtagungen zum Thema Bauschäden/Bauqualität behalten wird.



Thomas H. Morszeck  
Institutsleiter Fraunhofer IRB



## Grußwort VHV Allgemeine Versicherung AG zum 50. Bausachverständigentag

Die VHV ist als Bauspezialversicherer seit fast 100 Jahren mit den Problemen des Bauens vertraut. Bauen bedeutet Befriedigung der Grundbedürfnisse des Wohnens und Wirtschaftens, aber auch Wertschöpfung und Gestaltung. Nahezu jedes Bauprojekt ist ein Unikat und bleibt damit eine Herausforderung in technischer, finanzieller und zunehmend in rechtlicher Hinsicht für alle Beteiligten. Dabei nimmt die Komplexität in allen genannten Dimensionen ständig zu, die Digitalisierung wird neue Überraschungen bringen.

Schäden und Mängel bleiben natürlich nicht aus. Man kann den Eindruck gewinnen, sie seien bis zu einem gewissen Maß unvermeidbar. Ursachen und Verantwortlichkeiten sind festzustellen, Vorschläge zur Mängelbeseitigung zu erarbeiten. Wünschenswert wäre, dass der Schadenprophylaxe von allen am Bau Beteiligten mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird. Den Bausachverständigen kommt hierbei eine zentrale Rolle zu. Experten mit einem hohen Niveau an Aus- und Fortbildung sind gesucht. Daher fördert die VHV seit langem nicht nur die Erforschung typischer Schadensursachen, sondern sucht auch einen engen Kontakt zu den Sachverständigen.

Deshalb freuen wir uns nicht nur, dass der Frankfurter Bausachverständigentag nunmehr zum 50. Mal stattfindet, sondern auch über den Zuspruch, den diese Veranstaltung jedes Jahr aufs Neue erfährt. Diese Veranstaltung wird daher auch künftig einen festen Platz im Rahmen der Fachsymposien haben, die die VHV Allgemeine Versicherung AG als Partner der Bauwirtschaft unterstützt.



Dietrich Werner  
Mitglied des Vorstandes





Frankfurter  
Bausachverständigentag  
2015

## 50 Jahre Sachverständigentag – Themen aus der Praxis für die Praxis

Fünfzig – eine runde Zahl, fünf Jahrzehnte, ein halbes Jahrhundert. Und genau die Zeit, vor der der Vorläufer der Bausachverständigentage im Rahmen der Frankfurter Bautage 1965 zum ersten Mal stattfand: »1. Offenes Forums-Gespräch der Bausachverständigen«. Initiiert von der 1962 in Frankfurt am Main gegründeten Gesellschaft des Bauwesens, kurz: GdB. Sie nahm die Tradition der »Deutschen Gesellschaft für das Bauwesen« aus den Jahren 1930 bis 1936 auf. Und war dabei mitnichten rückwärtsgerichtet, sondern setzte sich bereits ab 1964 – lange vor dem allgemeinen Trend – mit Themen wie der EDV im Bauwesen und der Bauunternehmenspolitik konstruktiv auseinander.

1966 folgte das 2. Forums-Gespräch, ab 1967 entwickelte sich daraus das »Bausachverständigen-Forum«. Unter dem Vorsitz von Max Steinbiß und seinem Stellvertreter Dr.-Ing. Hans Eberhard Aurnhammer, Leiter der Fachgruppe »Bausachverständige in der Gesellschaft des Bauwesens GdB«, veranstaltete die GdB wiederum im Rahmen der Frankfurt Bautage den »1. internationalen Bausachverständigen-Tag«. Während er sich vor allem mit dem Wirken der Bausachverständigen im In- und Ausland auseinandersetzte, themisierte die anschließende Sachverständigen-Fachtagung die Bandbreite der Bauschäden.

### Die 1970er-Jahre – Ausweitung der Themen

Noch bevor die Altbausanierung und -modernisierung neben dem Neubau als öffentliche Bauaufgabe begriffen wurde, nahm sich die GdB der Schaffung neuer Werte aus alten Häusern an. Der Wärmeschutz stand noch vor der Energiekrise 1973, als sich die Abhängigkeit der Industriestaaaten von fossilen Energieträgern und die Notwendigkeit von Energieeffizienz auch beim Bauen ins Bewusstsein drängten, auf ihrer Agenda. Sie sollte im Laufe der Jahre zu einer der größten Herausforderungen im Bauwesen werden.

Mit dem 1971 gewählten Vorsitzenden Dr.-Ing. Karl Plümecke konnte das kooperative Verhältnis zwischen der RG-Bau im RKW und der GdB am 1. März 1972 schriftlich fixiert und klar definiert werden. Die GdB wurde fortan als Träger der Baufachveranstaltungen des Bauwesens betrachtet. Neuer Geschäftsführer der GdB wurde Horst Wetzel, Leiter der RG-Bau im RKW. Im gleichen Jahr nahm der 8. Bausachverständigentag Themen wie Bewertungsgrundsätze von Immobilienfonds, die Bauschaden-Analyse, Vorschläge zur Honorierung von Sachverständigen sowie Fehlleistungen bei Privatgutachten aus unzureichender Rechtskenntnis auf.

Veranstaltungsort der Bautage war der Westsaal des Frankfurter Palmengartens. Der kollegiale Dämmerschoppen, zu dem die GdB mit ihrem »Wiesbadener Erfahrungsaustausch« in den Hochzeitssaal des Palmengartens lud, sollte zur geschätzten Tradition am Freitagabend werden. Ins Leben gerufen unter der Leitung von Dr.-Ing. Aurnhammer tauschten sich Bausachverständige, Architekten, Ingenieure und bauausführende Unternehmen in diesem auch für Gäste offenen Rahmen unter dem Motto »Wo drückt uns Sachverständige der Schuh?« aus.

Um die anstehenden Herausforderungen im Bauwesen noch umfassender erörtern zu können, erweiterten die Veranstalter mit dem 10. Bausachverständigentag im September 1974 die Veranstaltung auf eineinhalb Tage. Nicht zuletzt, da nun auch soziale Themen des Bauens mit Referaten wie »Das Zusammenspiel aus industrialisiertem Bauen und humanitären Aspekten« einbezogen wurden.

gen wurden. Ein zentrales Thema der Bausachverständigen waren 1974 Überlegungen zur Neugestaltung des 1957 veröffentlichten ZuSEG, des Gesetzes über die Entschädigung von Zeugen und Sachverständigen. Im Jahr zuvor hatte man sich mit den rechtlichen Aspekten zur Neufassung der VOB-Novelle auseinandergesetzt. Die Vergabe- und Vertragsordnung wurde 1926 erstmalig herausgegeben und 1973 nach der 1. Novelle von 1952 nun zum zweiten Mal überarbeitet. Generell waren die rechtlichen Aspekte des Baugeschehens immer auch ein Thema der Bausachverständigentage.

Mit dem 1976 zum Vorsitzenden gewählten Bruno Musolff griff die GdB in den Folgejahren aufgrund der massiven Probleme in der Bauwirtschaft immer wieder Themen auf, die die bisherigen Vorgehensweisen im Baubetrieb auf ihre Zukunftsfähigkeit hinterfragen sollten. So standen beispielsweise der »Baubetrieb auf dem Prüfstand« und die »Kapazitätsflexibilität« auf dem Programm. Für die Bausachverständigen ging es um Möglichkeiten des Teamworks beispielsweise mit Landschafts- und Garten-Sachverständigen oder die Folgen eines Konkursverfahrens auf die Bauabwicklung. Mit der Novelle des Bundesbaugesetzes, die am 1. Januar 1977 in Kraft trat, kamen Themen wie die Wertermittlung, auch für Sanierungsmaßnahmen, die Honorare nach HOAI sowie Wertermittlungsfragen im Teamwork mit Bausachverständigen, Behördenvertretern und Immobilienmaklern auf die Tagesordnung.

Ganze drei Tage Wissensvermittlung, Austausch sowie eine Sonderausstellung von Freitag bis Samstag boten die Frankfurter Bautage 1979. Zentrales Thema: »Bauen an der Schwelle zu den 80er-Jahren – Chancen und Risiken«. Mit einem Rückgang der Baugenehmigungen für Wohnungen im Wohn- und Mietwohnungsbau um 10 Prozent im Vergleich zum Vorjahr hatte man allen Grund, wohl durchdachte Konzepte für das Bauen in den 1980er-Jahren zu entwickeln.

### Die 1980er-Jahre – Neuausrichtung in der Krise

Die Abschwächung der Nachfrage auf dem Baumarkt hatte inzwischen alle Bausparten erreicht. Wie der Hauptverband der Deutschen Bauindustrie in seinem »Baukonjunkturspiegel« mitteilte, war insbesondere der öffentliche Hochbau von den negativen Veränderungen betroffen. Aber selbst der bisher expandierende Wirtschaftsbau verzeichnete real rückläufige Auftragseingänge und auch die Baustofflieferanten bekamen die abgeschwächte Baukonjunktur zu spüren. Die Zahl der Konkurse überstieg diejenigen im gleichen Zeitraum des Rezessionsjahres 1975. Das Bundesministerium für Wirtschaft förderte Betriebsberatungen wie die der RG-Bau im Rahmen des Mittelstandprogramms in beträchtlicher Höhe, um möglichst viele Unternehmen unbeschadet über diese Zeit zu bringen.

Die Bausachverständigentage behandelten Themen wie die Produktions-Haftpflichtversicherung als neues Feld für Versicherungsgutachter, den vom Bundeskartellamt genehmigte neue Sachverständigenvertrag in Verbindung mit den AGB sowie den Computereinsatz für Bausachverständige. Wie, wo und wann die EDV für Sachverständige eine Arbeitshilfe sein kann, wurde mit Beiträgen aus der Informationswissenschaft und Sachverständigenpraxis sowie über Gerätepräsentationen erörtert. Ergänzt durch Überlegungen zum Aufbau einer speziellen EDV-Software für den Bausachverständigen. Immer wichtiger wurden in dieser Zeit visuelle und sprachliche Darstellungstechniken einer erfolgreichen Sachverständigen-Argumentation. »Wie kann der Sachverständige das Interesse der Leser seines Gutachtens wecken und wachhalten?«, titelte einer der Beiträge.

Im November 1986 übernahm Adolf Brömer den Vorsitz der GdB, im Mai 1987 kam Dipl.-Ing. Ernst Ludwig Laux als sein Stellvertreter hinzu. Im gleichen Jahr feierte die GdB ihr 25-jähriges Bestehen im Rahmen der »Frankfurter Bautage 1987« und damit 25 Jahre berufliche Weiterbildung. Neben 23 Bausachverständigentagen in Frankfurt konnte man auf immerhin rund 1.400 Baufachveranstaltungen in vielen Teilen Deutschlands und Berlin mit ca. 55.000 Teilnehmern zurückblicken. Ein weiteres Jubiläum folgte 1988 mit dem 25-jährigen Bestehen des Lehrsystems des »Wiesbadener Erfahrungsaustausches«, das im Hochzeitssaal des Palmengartens mit Referaten von Prof. Dr. Soergel und R. Bleutge gefeiert wurde. Im selben Jahr konnten die Teilnehmer der Bausachverständigentage Wünsche zum Sachverständigen-Beweis nach dem Entwurf der ZPO-Novellierung einbringen.

Ende der 1980er-Jahre drangen ökologische Aspekte beim Bauen ins Bewusstsein. So titelte einer der Vorträge »Apropos Ökologie: Betrifft das nur die Politiker oder auch die Bausachverständigen?«. Fortgesetzt hat sich dieser Aufbruch in den 1990er-Jahren, wo es beispielsweise um die praktische Umsetzung des Umweltrechtes bezüglich Altlasten für den Bausachverständigen und Grundstückswertermittler ging.

Im Jahr der Wiedervereinigung Deutschlands 1989 standen die Frankfurter Bautage ganz im Zeichen des EG-Baumarktes. Mehr als 300 Teilnehmer besuchten die einzelnen Veranstaltungen vom 28. bis 30. September. Zu ihrem 25-jährigen Bestehen boten die Bausachverständigentage neben den fachlichen Referaten eine Diskussionsrunde zum Thema »Der freiberufliche Bausachverständige im gemeinsamen Europäischen Markt – Ein Ende? Eine Chance?« Wichtig waren dabei die politische Unterstützung der freiberuflichen Bausachverständigen, die Planungen der EU in Brüssel sowie die Reform der gerichtlichen Beweissicherung.

Teilnehmer der Runde waren u. a. Staatssekretär Gerhard von Loewenich vom Bundesbauministerium und Frau RA Dr. jur. Susanne Tiemann, Mitglied der EG-Kommission in Brüssel.

## Die 1990er-Jahre – Aufbruch im vereinten Deutschland

Als zu Beginn der 1990er-Jahre der DDR-Baumarkt 90 Tage nach Einführung der Marktwirtschaft im Zentrum der Frankfurter Bautage stand, befasste sich der Bausachverständigentag mit den aktuellen Entwicklungen des Sachverständigenwesens im europäischen und gesamtdeutschen Rahmen, insbesondere bei der Grundstücksermittlung. Die neuen Bundesländer spielten in diesen Jahren eine wesentliche Rolle, wenn es um Themen wie die Sachwertermittlung von baulichen Anlagen (Gebäudezeitwerte) oder die Wertermittlung von Nutzungsrechten ging. Zudem stand 1991 die Novellierung der Muster-SVO mit den Möglichkeiten neuer Betätigungsformen und -gebiete für öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige im Fokus von Podiumsgesprächen und Diskussionen.

Wärmedämmverbundsysteme wurden seit dieser Zeit kritisch betrachtet. Vor allem die Folgen einer fehlerhaften Ausführung. Dazu kamen verwandte Themen wie das EDV-unterstützte Sachverständigengutachten beim Wärmeschutz von Gebäuden (Wärmeschutznachweise, Feuchteschutz, Wärmebrückenprobleme).

1994 veranstaltete man bereits die 30. Bausachverständigentage, bei denen erstmals die Gesundheitsgefährdungen am Bau beispielsweise durch Feuchteschutzmaßnahmen sowie der Schallschutz in der Haustechnik thematisiert wurden. Auch die Zielbaummethode als derzeitiger Bewertungsstand zur Ermittlung von Minderwerten bei Bau- und sonstigen Sachmängeln war

eines der Interessensgebiete. Im Baurecht ging es um die Verzahnungen und Überschneidungen der Verantwortungsbereiche der Baubeteiligten.

Gegen Ende der 1990er-Jahre stand das Thema Qualitätssicherung und Zertifizierung im Fokus. Wesentlich für die Sachverständigen war dabei die Frage, ob der Wettbewerb aus öffentlicher Bestellung und privater Zertifizierung eine Konkurrenz oder eine Ergänzung darstellte. Die Wertermittlungsverordnung WertV 1988 betrachtete man als Qualitätssicherung bei Immobilienbewertungen. Werbemöglichkeiten für den Sachverständigen standen erstmals auf der Agenda.

1997 nahmen die RG-Bau im RKW und der GdB die VHV Allgemeine Versicherung AG als Partner der Baufachveranstaltung dazu. Als weitere Partner folgten 2002 das Fraunhofer- Informationszentrum Raum und Bau IRB und das Institut für Bauforschung e. V. IFB sowie 2008 der Verband der Bausachverständigen Deutschlands e. V. VBD.

### **Der Übergang ins 21. Jahrhundert – europäische Normen und die energetische Sanierung**

Anfang der 2000er-Jahre waren es vor allem neue Verordnungen und Gesetze, die erörtert und diskutiert wurden: Der Bausachverständige als Baustellenkoordinator (Sicherheit am Bau) mit aktuellen Entwicklungen zur Baustellen-Verordnung, die VOB 2000 sowie das Gutachterverfahren nach dem Beschleunigungsgesetz vom 1. Mai 2000. Der 38. Bausachverständigentag 2003 mit dem Titel »Baustoff-Qualitäten in Europa – ein Sachverständigen-Problem?« setzte sich mit den erstmalig in der Bauproduktenrichtlinie definierten, europäisch harmonisierten Anforderungen an Bauprodukte auseinander. Diese Richtlinie gilt für eingebaute Bauprodukte, die wesentlichen Einfluss auf den Zeitraum der Nutzung haben. Was sich entsprechend auf die Arbeit der Sachverständigen auswirkt.

Im Jahr 2002 feierte die RKW Rationalisierungsgemeinschaft »Bauwesen« ihr 50-jähriges Bestehen. Im Sommer 1952 von den Baufachverbänden, der staatlichen Bauverwaltung und der Gewerkschaft Bau-Steine-Erden gegründet, stand – und steht die RG-Bau bis heute – als Mittler zwischen Forschung, Erfahrung und deren Umsetzung in die Praxis. Während es in den Anfängen darum ging, in möglichst kurzer Zeit einen Fehlbestand von mehr als fünf Millionen Wohnungen in Deutschland auszugleichen, also die Rationalisierung der Technik voranzutreiben, stehen heute eher betriebswirtschaftliche Fragen im Vordergrund. Ziel ist es, die mittelständische Bauwirtschaft dabei zu unterstützen, die technische, wirtschaftliche und soziale Leistungsfähigkeit zu sichern und die Unternehmen zukunftsfähig auszurichten. Daher gehören dem Beirat der RG-Bau neben Vertretern aus der Wissenschaft, Gewerkschaft, Unternehmen sowie Verbänden und Institutionen auch Vertreter des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit sowie der Länderministerien an. Die Wohnungswirtschaft, Architekten und planende Ingenieure, die Baufachverbände sowie Spitzerverbände arbeiten ebenfalls mit.

Gefeiert wurde das goldene Jubiläum in der Deutschen Bibliothek Frankfurt, deren Kongresszentrum fortan Veranstaltungsort der Bausachverständigentage war.

Der 39. Bausachverständigentag der Frankfurter Bautage 2004 zum Thema »Der besondere Schadensfall: Sachverhalt – Ursachen – Sanierung« ehrte zugleich Professor Günter Zimmermann aus Anlass seines 80. Geburtstages. Zimmermann, ein Pionier der Bauschadensprävention, hatte sich in herausragender Weise sowohl um die Weiterbildung von Sachverständigen, als auch um

die Vermeidung von Bauschäden verdient gemacht. Die Laudatio hielt Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Dr. e.h. mult. Karl Gertis.

Mit den zunehmenden Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden, stellten – und stellen nach wie vor – die knapp 75 Prozent der Wohngebäude in Deutschland aus der Zeit vor Gültigkeit der ersten Wärmeschutzverordnung große Herausforderungen an die Bauwirtschaft. So nahm der 40. Bausachverständigentag im Jahr 2005 die Schäden bei der energetischen Modernisierung aufgrund unzureichend untersuchter Bausubstanz, fehlender Qualitätssicherung sowie durch Fehler bei der Planung und Ausführung auf sein Tagungsprogramm. Namhafte Experten zeigten die Problemfelder bei der energetischen Modernisierung auf und boten Lösungen für die Schadensanalyse und Sanierung an. Im folgenden Jahr behandelten die Bausachverständigentage die technischen Entwicklungen bei bewährten und neuen Außenwand- sowie Fensterkonstruktionen und zeigten Lösungsansätze für konstruktionsspezifische Probleme auf. In der öffentlichen Diskussion kontrovers diskutierte Aspekte wurden aufgegriffen und die Eignung sowie die Grenzen dieser weit verbreiteten Wärmeschutzmaßnahme erläutert.

Auch in den folgenden Jahren blieb die energetische Sanierung ein zentrales Thema der Bausachverständigentage. Pro und Contra der EnEV 2014 wurden diskutiert, Ursachen, Vermeidungs- und Sanierungsmöglichkeiten des mikrobiellen Befalls an Fassadenoberflächen vermittelt, aktuelle Entwicklungen von Innendämmssystemen in ihrer Funktionalität sowie geeignete Brandschutzmaßnahmen von WDVS erörtert. Aktuelle Vorschriften und Normen, neue Technologien bei der Fassadendämmung sowie Schadenspotenziale wurden immer in Zusammenhang mit den Auswirkungen für Sachverständige betrachtet.

Mit den neuen Abdichtungsnormen DIN 18531 bis DIN 18535 nahm der 49. Bausachverständigentag 2014 das Thema »Feuchte in Bauwerken als Hauptursache für Gebäudeschäden« ins Programm. Immer wieder müssen sich Bausachverständige mit der Bewertung von Feuchtigkeitsschäden und in diesem Zusammenhang mit der Beschaffenheit von Bauwerksabdichtungen auseinandersetzen. Dabei wurden auch die Chancen und Risiken bei der Verwendung neuer Baustoffe betrachtet.

Im Oktober 2015 ist es dann soweit – Der Bausachverständigentag feiert sein fünfzigstes Jubiläum! Im Blickpunkt der Veranstaltung stehen schwierige Schadenfälle. Sie stellen besondere Herausforderungen an die Baufachleute, die mit der Beurteilung und Instandsetzung dieser Schäden befasst sind. Namhafte Bausachverständige und weitere Experten zeigen in gewohnter Qualität die Bandbreite an Praxisbeispielen und stellen neueste Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis vor. Wie immer wird der Bausachverständigentag die Gelegenheit zu Diskussionen und persönlichen Kontakten sowie zum Besuch der begleitenden Ausstellung mit neuer Fachliteratur und Produkten für Baupraktiker bieten. Der Bausachverständigentag bleibt damit die Plattform für den Informations- und Erfahrungsaustausch für Bausachverständige, Planer und Bauausführende.

Annette Galinski



# Schäden an Gebäuden durch nachbarliche Baugrubensicherung

Martin Achmus

## 1 Einleitung

Die Herstellung einer Baugrube ist bei nahezu jeder Neubaumaßnahme erforderlich, z. B. für die Errichtung von unterkellerten Bauwerken, die Herstellung eines Tunnels in offener Bauweise oder die Verlegung unterirdischer Leitungen. Bei nicht zu großen Aushubtiefen und wenn neben dem geplanten Bauwerk ausreichend Platz vorhanden ist, kann eine Böschung hergestellt werden. Insbesondere innerstädtisch ist jedoch oft nur wenig Platz vorhanden, sodass eine Verbauwand hergestellt werden muss. In vielen Fällen ist in geringem Abstand von der Baugrubenwand bestehende Bebauung vorhanden (vgl. Bild 1). In solchen Fällen besteht die Gefahr, dass das bestehende Gebäude im Zuge der Baugrubenherstellung geschädigt wird.

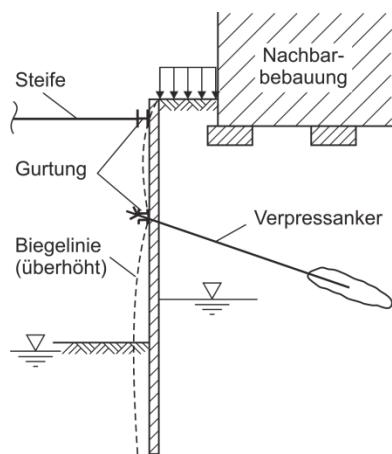


Bild 1 Schematisches Beispiel für eine Baugrubensituation mit Nachbarbebauung

Auch bei sorgfältiger und fachgerechter Bemessung und Ausführung eines Baugrubenverbau sind Einflüsse auf und damit möglicherweise Schäden an Nachbargebäuden nicht vollständig vermeidbar. Zunächst können durch das Herstellen der Verbauwand mittels Bohren, Rütteln oder Rammen Erschütterungen oder Bodenauflockerungen am benachbarten Gebäude auftreten. Danach können im Zuge des Bodenaushubs Setzungen entstehen, die zum Teil auf die Durchbiegung der Verbauwand und zum Teil auf Bodenhebungen in der Baugrube infolge Aushubentlastung zurückzuführen sind. Solche Effekte sind nicht grundsätzlich vermeidbar, können aber durch die richtige Wahl des Verbausystems und der Herstellungstechnik und die korrekte Bemessung minimiert werden.

Der vorliegende Aufsatz beschreibt zunächst die wichtigsten Verbauwandtypen und behandelt dann die Schadensmechanismen Verbauwandherstellung und Baugrubenaushub. Abschließend werden einige Schadensbeispiele dargestellt.

## 2 Verbauwandtypen

Die gängigen und häufig eingesetzten Verbauwandtypen sind Trägerbohlwand, Spundwand, Bohrpfahlwand und Schlitzwand.

Die Trägerbohlwand (Bild 2 links) besteht aus senkrechten Doppel-T-Trägern oder zusammengesetzten, über Laschen verbundenen U-Profilen aus Stahl, die in Abständen zwischen rd. 1,5 und 3 m in den Baugrund eingebracht werden. Die Einbringung kann mittels Rammen oder Rütteln (Vibration) er-

folgen, bei vorhandener Nachbarbebauung empfiehlt sich aber zur Vermeidung von Erschütterungen das Einstellen der Träger in vorgebohrte Löcher. Mit fortlaufendem Aushub werden dann Holzbohlen zwischen die Träger eingezogen und zwecks kraftschlüssigen Verbunds mit dem Boden verkeilt.

Spundwände bestehen aus Stahlprofilen (Spundbohlen), die über spezielle Schlosser miteinander verbunden werden (Bild 2 rechts). Die Einbringung der Spundbohlen erfolgt wirtschaftlich meist durch Rammen oder Rütteln von Doppel- oder sogar Dreifachbohlen, sie kann aber auch durch Einpressen (dann meist Einzelbohlen) erfolgen.

Trägerbohl- und Spundwände gelten als relativ weiche Verbautypen, d. h. es treten im Vergleich zu Ort betonwänden relativ große Wanddurchbiegungen auf, was zu relativ großen Setzungen hinter der Wand und damit gegebenenfalls vorhandener Nachbargebäude führt. Wenn solche Setzungen minimiert werden sollen, sollten Ort betonwände (Bohrpfahlwand und Schlitzwand) eingesetzt werden.

Eine Bohrpfahlwand besteht aus aneinandergereihten Bohrpfählen (Bild 3 oben). Die Bohrpfähle werden überschnitten angeordnet, wenn die Verbauwand wasserdicht sein muss, oder anderenfalls tangierend. Die Bohrungen werden entweder verrohrt oder durch eine Stützsuspension gesichert, bevor der Beton eingebracht wird. Eine Schlitzwand (Bild 3 unten) besteht aus aneinandergereihten Stahlbetonlamellen. Die einzelnen Lamellen werden im Schutze einer Stützsuspension (Bentonitsuspension) mittels Greifer oder bei großen Tiefen auch mit einer Fräse ausgehoben (Bild 3 unten).

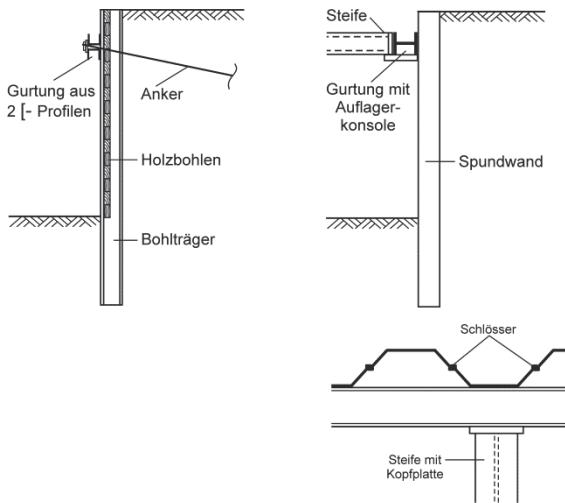


Bild 2 Trägerbohlwand (links) und Spundwand (rechts)

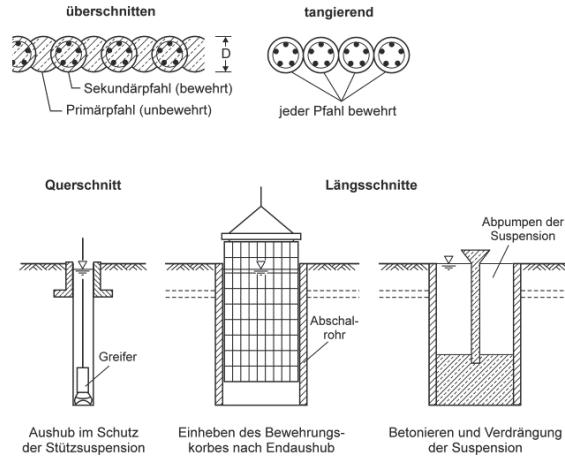


Bild 3 Bohrpfahlwand im Grundriss (oben) und Schlitzwand (unten)

Schließlich sei noch auf die bei Baugrubentiefen ab rd. 3 m in aller Regel erforderlichen Abstützungen verwiesen. Hierfür kommen Steifen und Verpressanker in Frage (Bild 4). Diese Elemente werden im Zuge des Bodenaushubs eingebracht. Anker werden immer vorgespannt, und zwar in der Regel auf 80 % der rechnerisch im Vollaushubzustand zu erwartenden Ankerkraft. Steifen werden zumindest kraftschlüssig verkeilt. Wenn die Verformung der Wand über das normale Maß hinaus begrenzt werden soll, werden Anker auf 100 % und Steifen auf mindestens 60 % der im Vollaushubzustand zu erwartenden Kraft vorgespannt.

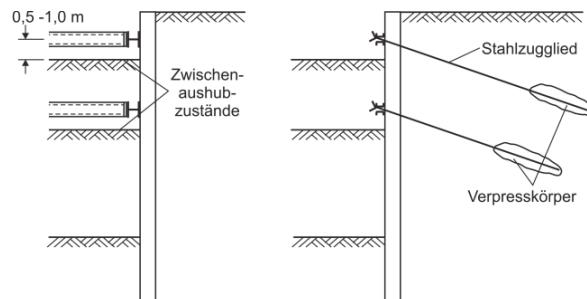


Bild 4 Abstützung von Verbauwänden durch Steifen (links) und Verpressanker (rechts)

### 3 Schadensmechanismus Herstellung der Verbauwand

Die Einbringung von Verbauwandelementen erfolgt entweder mittels Bodenverdrängung (Rammen, Rütteln, bei Spundbohlen auch Einpressen) oder mittels Bodenentnahme (Bohren mit Verrohrung bzw. Aushub unter Bentonitstützung). Dabei können (insbesondere beim Rammen und Rütteln)

Erschütterungen auf benachbarte Bauwerke übertragen werden und es können örtliche Verdichtungen bzw. bei Bodenentnahme auch Bodenbewegungen, beides verbunden mit Baugrundsetzungen, entstehen.

### 3.1 Erschütterungen

Grundsätzlich treten bei allen Bauverfahren, d. h. auch bei Bohrverfahren, im Zuge des Arbeitsprozesses gewisse stoßartige Belastungen und damit Erschütterungen auf. Planmäßige und dann in aller Regel auch signifikante Erschütterungen treten aber nur beim Rammen oder Rütteln von Bohlträgern oder Spundbohlen auf. Bei der Schlagrammung handelt es sich um wiederholte impulsartige Erschütterungsereignisse, während beim Rütteln bzw. bei Vibration eine Dauererschütterung auftritt. In beiden Fällen wird Energie zum Teil in den Baugrund eingeleitet, breitet sich dort als Erschütterungswelle aus und überträgt sich auf benachbarte Bauwerke (Bild 5).

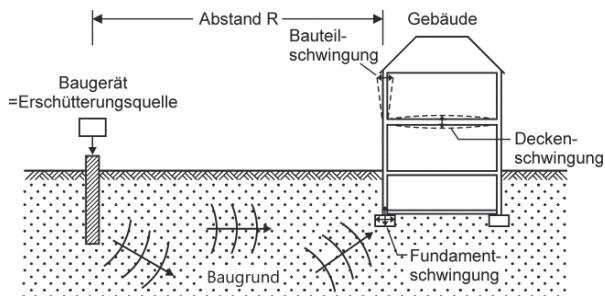


Bild 5 Erschütterungsausbreitung im Boden

Tabelle 1 Grenzwerte für Gebäude gegenüber Erschütterungen gemäß [4]

Art des Bauwerks	Spitzengeschwindigkeit der Bodenteilchen (PPV) in mm/s	
	Dauerhafte	Vorübergehende Erschütterung <sup>1)</sup>
Ruinen, Gebäude von architektonischer Bedeutung	2	4
Wohnhäuser	5	10
Leichtes Gewerbe	10	20
Schwerindustrie	15	30
Erdverlegte Leitungen	25	40

1) Reduktion der Grenzwerte um 50 %, wenn Gebäude bereits Schäden am Tragwerk aufweisen oder bei Frequenzen unterhalb 10 Hz

Als Maß für die Erschütterungsintensität in einem Gebäude wird allgemein die Schwinggeschwindigkeitsamplitude (englisch *peak particle velocity, PPV*) herangezogen. Eine Abschätzung zu erwartender Schwinggeschwindigkeiten im Boden oder am Bauwerksfundament kann mittels erfahrungsbasierter Prognoseformeln erfolgen (s. [1], [2], [3], [4]). Meist werden Formeln folgenden Typs angewandt:

$$PPV = C \frac{\sqrt{E}}{R}$$

mit: PPV: maximale Schwinggeschwindigkeitsamplitude in mm/s

E: Energie pro Rammschlag bzw. pro Schwingperiode in Nm

R: Abstand des betrachteten Punktes vom Rammgut

C: verfahrens- und ggf. bodenartabhängiger Faktor

Typische Werte für den Faktor C liegen für Schlagrammung zwischen 0,5 (weiche Böden) und 1,0 (sehr steife Böden), für Vibrationsrammung kann bodenartunabhängig C = 0,7 gesetzt werden ([1], [4]). Die Energie kann für Schlagrammen den Datenblättern der Hersteller entnommen werden, für Vibrationsrammen kann sie aus dem Quotienten aus maximaler Geräteleistung und Betriebsfrequenz ( $E = W/f$ ) abgeleitet werden.

Anhaltswerte für Bodenschwinggeschwindigkeiten, bei deren Überschreitung Bauwerksschäden auftreten können, enthält Tabelle 1 (aus [4]).

In [2] sind folgende Gleichungen für die Prognose von maximalen Fundamentschwinggeschwindigkeiten genannt:

Schlagrammung mit Freifallbär:

$$PPV_{Fund} = 11,07 \frac{\sqrt{E}}{R^{1,3}}$$

Vibrationsrammung:

$$PPV_{Fund} = 7,9 \text{ bis } 18,5 \frac{\sqrt{E}}{R}$$

In diesen Gleichungen sind die Energie in kNm und der Abstand in m einzusetzen, um die Schwinggeschwindigkeit in mm/s zu erhalten. Für Schlagrammung kann der Prognosewert direkt mit Anhaltswerten für zulässige Fundamentschwinggeschwindigkeiten gemäß DIN 4150-3 [5] verglichen werden (Tab. 2). Zusätzlich wird in DIN 4150-3 eine maximale vertikale Schwinggeschwindigkeit in der Mitte von Stockwerksdecken von 20 mm/s angegeben. Bei einer Unterschreitung dieser Anhaltswerte ist mit Bauwerksschäden nicht zu rechnen, wenn das Bauwerk sich in einem technisch einwandfreien Zustand befindet. Bei vorgeschädigten oder konstruktiv mangelhaften Bauwerken kann selbstverständlich auch bei kleineren Erschütterungen schon ein Schaden auftreten.

Für Dauererschütterungen infolge Vibration gibt DIN 4150-3 lediglich Anhaltswerte für die horizontale Schwinggeschwindigkeit in der obersten Deckenebene (nämlich 10 mm/s bei Gewerbe- und Industriebauten, 5 mm/s bei Wohngebäuden und 2,5 mm/s bei besonders empfindlichen Bauten) sowie eine maximale vertikale Schwinggeschwindigkeit in der Mitte von Stockwerksdecken von 10 mm/s an.

Wie sich Fundamentschwingungen auf Bauteile und Stockwerksdecken übertragen, hängt von den Eigenschaften des Bauwerks ab. Hinweise hierzu enthält z. B. [2]. Bei Dauererschütterungen durch Vibrationsrammen ist besonders zu beachten, dass sich Resonanzerscheinungen ergeben können, wodurch die Erschütterungen im Gebäude stark zunehmen können. Dies gilt es durch entsprechende Wahl der Betriebsfrequenzen des Vibrators zu vermeiden. Da Eigenfrequenzen von Bauwerken und Bauteilen meist unterhalb von 30 Hz liegen, empfiehlt sich im Regelfall der Einsatz eines hochfrequenten Rüttlers.

Schließlich können Erschütterungen im Boden auch zu Kornumlagerungen mit Bodensetzung führen. Empfindlich sind diesbezüglich vor allem nichtbindige Böden. In lockeren Sanden können durchaus nennenswerte Setzungen bis in mehrere Meter Abstand vom Rammgerät auftreten. Eine Bewertung kann entweder auf Basis der Beschleunigungsamplitude (PPA, peak particle acceleration) oder auf Basis der maximalen Scherdehnung im Boden erfolgen.

Die Beschleunigungsamplitude ergibt sich für eine Vibrationserschütterung aus der Arbeitsfrequenz  $f$  und der resultierenden Bodenschwinggeschwindigkeitsamplitude zu

$$PPA = 2\pi f PPV$$

Tabelle 2 Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit PPV zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke gemäß DIN 4150-3 [5], Tabelle 1

Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit PPV in mm/s			
	Fundament ( $PPV_{Fund}$ )		Oberste Deckenebene, horizontal	
	$f = 1 \text{ bis } 10 \text{ Hz}$	$f = 10 \text{ bis } 50 \text{ Hz}$	$f = 50 \text{ bis } 100 \text{ Hz}$	alle Frequenzen
Gewerbe-, Industriebauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40
Wohngebäude	5	5 bis 15	15 bis 20	15
Besonders empfindliche Bauten	3	3 bis 8	8 bis 10	8

Für Rammerschüttungen ist für  $f$  hier die dominierende Frequenz der Schwingung einzusetzen, die sowohl von der Bodenart als auch von der Entfernung zur Rammstelle (bei größeren Abständen dominieren tiefere Frequenzen) abhängt. Sie liegt meist im Bereich zwischen 8 Hz (bindige Böden) und 15 Hz (Sande, Kiese) bzw. 30 Hz (Festgestein). Erfahrungsgemäß ist auch bei lockeren Böden nicht mit Setzungen zu rechnen, wenn die Beschleunigungsamplitude unterhalb einem Drittel der Erdbeschleunigung liegt.

Als Grenzwert der Scherdehnung bzw. Schubverzerrung  $\gamma$  kann etwa  $\gamma_{\text{grenz}} \approx 10^{-4} \%$  verwendet werden. Die Scherdehnung  $\gamma$  kann mit der Schwinggeschwindigkeit und der Scherwellengeschwindigkeit  $v_s$  im Boden wie folgt ermittelt werden:

$$\gamma = \frac{PPV}{v_s}$$

Dies gilt genau nur für harmonische Schwingungen. Für nicht harmonische Erschütterungen z. B. infolge Schlagrammung sollte das so berechnete  $\gamma$  etwa um den Faktor 2 bis 3 erhöht werden [3]. Anhaltswerte für Scherwellengeschwindigkeiten enthält [2].

## 3.2 Bodenverdichtung und Bodenbewegung

Eine örtliche Bodenverdichtung im Bereich eines eingebrachten Verbauelements kann sowohl beim Verdrängungsverfahren (Rammen, Rütteln, Pressen) als auch beim Bohren oder Greifern des Bodens auftreten:

- Durch eingetragene Erschütterungen kann vor allem nichtbindiger Boden im unmittelbaren Bereich um die Einbringstelle stark verdichtet werden. Durch den nachrutschenden Baugrund kann es zu Setzungen benachbarter Gebäude kommen.
- Auch beim Einpressen von Spundbohlen treten Bodensenkungen dadurch auf, dass der Boden infolge der Eintragung von Schubspannungen mit heruntergezogen wird. Deshalb können auch beim erschütterungsfreien Einpressverfahren Bauwerkssetzungen und ggf. -schäden entstehen, wenn dies unmittelbar vor der Bebauung ausgeführt wird.

Bei der Herstellung von Bohrpfählen und Schlitzwänden muss im Allgemeinen mit Bodenbewegungen gerechnet werden:

- Selbst bei sorgfältigster Herstellung verrohrter Bohrungen können Auflockerungen des umgebenden Bodens dadurch entstehen, dass Boden von unten in das Bohrloch drängt. Auch kann das Bohrloch beim im Wechsel mit dem Aushub erforderlichen Eindrücken Boden mit herunterziehen.
- Die Stabilität suspensionsgestützter Schlitze wird für aktiven Erddruck ausgelegt. Entsprechend sind gewisse Bodenverformungen, welche für das Absinken des Erddrucks vom Ruhedruck auf den aktiven Erddruck erforderlich sind, zwangsläufig zu erwarten.

## Spundwände

Setzungen infolge des Herunterziehens von Boden treten bei allen Eindringverfahren auf, sind aber auf den unmittelbaren Bereich um die Bohle beschränkt. Durch die Einleitung der Mantelreibung wird der Boden um die Spundbohlen belastet. Große Setzungen der Geländeoberkante treten hierdurch selten auf. Tendenziell am stärksten sind solche Setzungen beim Einpressverfahren zu erwarten, weil hier die Mantelreibung nicht durch dynamische Einwirkungen herabgesetzt wird.

Wenn eine Spundwandtrasse wegen möglicher Hindernisse im Boden vorgebohrt werden muss, können durch die Bohrungen Bodenbewegungen wie bei der Herstellung von Bohrpfählen entstehen.

Beim Ziehen von Spundbohlen führt der entstehende Hohlräum zu Bodenauflockerungen und damit auch zu Setzungen. Unmittelbar vor Bauwerken sollte deshalb auf die Wiedergewinnung der Bohlen verzichtet werden. Problematisch kann das Ziehen vor allem in bindigen Böden sein, da solche Böden an der Spundbohle anhaften können, was beim Ziehen zu größeren Hohlräumen führen kann.

## Bohrpfahlwände

Das Bohrwerkzeug für Bohrpfähle muss so ausgewählt werden, dass Auflockerungen um den Pfahl herum weitestgehend vermieden werden, gleichzeitig aber auch ein wirtschaftlicher Bohrfortschritt möglich ist. Die Ziehgeschwindigkeit und die Abmessungen des Werkzeugs müssen so auf den Bohrdurchmesser abgestimmt werden, dass kein Unterdruck (Kolbenwirkung) auftritt, durch welchen der Boden unterhalb der Bohrlochsohle aufgelockert wird. Ein unkontrolliertes Eindringen von Wasser und Boden in das Bohrloch ist unbedingt zu vermeiden. Besonders problematisch sind diesbe-

züglich lockere nichtbindige und weiche bindige Böden sowie auch wechselhafte Baugrundverhältnisse.

Die Verrohrung muss in nicht standfesten Böden ein Voreilmaß aufweisen, um einen Bodeneintrieb zu vermeiden. Im Allgemeinen sollte das Voreilmaß mindestens einen halben Rohrdurchmesser betragen.

Unterhalb des Grundwasserspiegels bzw. bei gespanntem Grundwasser unterhalb der Drucklinie ist generell mit Wasserauflast zu bohren, um von außen in das Bohrloch gerichtete hydraulische Gradiennten, durch welche Bodeneintrag verursacht werden könnte, zu vermeiden. Innerhalb der Bohrung muss der Wasserspiegel immer (auch bei herausgezogenem Bohrwerkzeug) mindestens 1 m über dem Grundwasserspiegel anstehen (Bild 6).

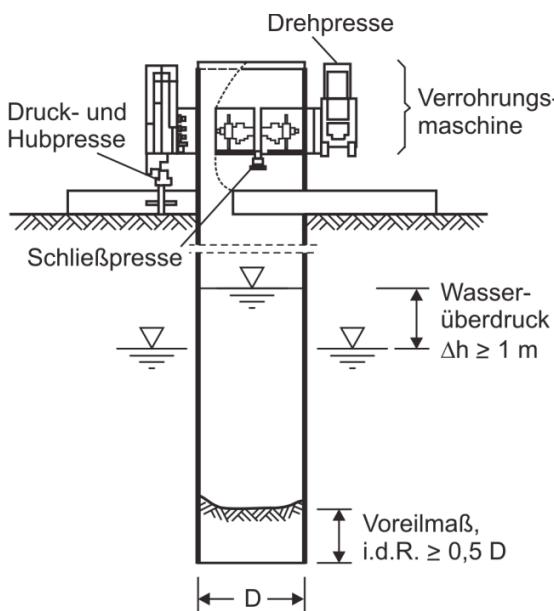


Bild 6 Voreilmaß und Wasserüberdruck bei der Herstellung eines Bohrpfahls

Eine kontinuierliche Bodenförderung kann über durchgehende Bohrschnecken erreicht werden (Continuous Flight Auger-Verfahren, CFA). Hierbei wird die Standsicherheit des Bohrlochs durch das auf den Schneckengängen befindliche Bodenmaterial gewährleistet. Als diesbezüglich schwierig gelten allerdings lockere nichtbindige Böden, gleichförmige nichtbindige Böden unter dem Grundwasserspiegel sowie weiche bindige Böden mit einer undränierter Scherfestigkeit  $c_u < 15 \text{ kPa}$ . Das Seelenrohr der Bohrschnecke, über das später Beton eingebracht wird, muss verschlossen werden kön-

nen, um ein Eindringen von Boden und Wasser zu vermeiden. Wichtig ist beim CFA-Verfahren eine genaue Abstimmung von Dreh- und Vorschubgeschwindigkeit. Ist die Vorschubgeschwindigkeit zu langsam, kann es zu Bodenauflockerungen kommen, ist sie zu schnell, entsteht eine hohe Zugkraft auf das Bohrgerät (Korkenziehereffekt). Größere Sicherheit hinsichtlich Bodenauflockerungen und insbesondere einer größeren Herstellungsgenauigkeit (Vertikalität, wegen höherer Steifigkeit des Bohrrohrs) wird mit dem verrohrten Schneckenbohrverfahren erreicht (CCFA, cased CFA-Verfahren). Außenrohr und Schnecke werden gleichzeitig gegenläufig eingedreht. Eine spezielle Form dieses Verfahrens ist das Vor-der-Wand-Verfahren (VdW). Bei VdW-Pfählen handelt es sich um verrohrte Schneckenbohrpfähle, bei denen das Bohrgerät so konstruiert wurde, dass nur ein minimaler Abstand zwischen Pfahlachse und anstehender Bebauung erforderlich ist.

Borchert [6] stellt fest, dass es bei Herstellung von Bohrpfählen mit Drehbohranlagen und Kellystangen sowie Bohrschnecken oder Klappschäppen vermehrt zu Setzungen und Schäden kam als beim vorher meist eingesetzten Greiferbohrverfahren. Auch bei geringen Ziehgeschwindigkeiten des Bohreimers kommt es nach seiner Erfahrung zu Unterdruck im Bohrrohr und damit zu Bodenentzug. Als diesbezüglich besser geeignet sieht er die Bohrung im Schutz einer Stützsuspension an, bei der nur im oberen Bereich ein Bohrrohr gesetzt wird. Gegebenenfalls kann auch die Anordnung einer HDI-Wand (Sicherungsschleier) zwischen Bohrpahlwand und Nachbarbauwerk günstig sein, um eine Auswirkung von Bodenauflockerungen auf den Gründungsböden des Gebäudes zu verhindern.

Tedd et al. [7] berichteten über die Messung von Bodenverformungen im Zusammenhang mit dem Bau des Bell Common Tunnel in London. Im anstehenden Ton wurde zunächst eine überschnittene Bohrpahlwand hergestellt, wobei die Primärpfähle im Ton unverrohrt gebohrt wurden. Etwa 2,6 m hinter der Wand traten bereits hierbei Vertikalverformungen von rd. 8 mm und etwa doppelt so große Horizontalverformungen auf.

## Schlitzwände

Durch den Aushub eines Schlitzes kommt es unweigerlich trotz der Stützung durch die Suspension zu Bodenverformungen im Umfeld des Schlitzes. Im Boden hinter dem Schlitz bildet sich ein Gewölbe

aus und der ursprünglich vorhandene Erddruck nimmt auf den Suspensionsdruck ab. Dies ist mit Horizontalverformungen und in deren Folge auch mit Setzungen verbunden. Durch den Frischbetondruck nehmen die Horizontalspannungen am Schlitz während des Betonierens wieder zu, die Verformungen werden dadurch jedoch nur geringfügig beeinflusst.

Bei vorhandener Nachbarbebauung ist deshalb mit verfahrensimmanenten Setzungen zu rechnen, welche bereits vor Beginn des Baugrubenaushubs eintreten. Darüber hinaus beeinflusst die Änderung des Spannungszustands im Boden auch die im Zuge des Aushubs auftretenden Verformungen. In Triantafyllidis [8] wird anhand einer numerischen Modellierung für eine Schlitzwand in normalkonsolidiertem Ton dargestellt, dass sich hierdurch bis zu 30 % größere Wandverformungen ergeben können.

Mayer (zitiert in [8]) hat Setzungen von Streifen- und Einzelfundamenten auf normalkonsolidiertem Ton infolge der Herstellung einer Schlitzwand in 75 cm lichtem Abstand numerisch berechnet. Für das Streifenfundament mit einer Breite von 1,4 m wurden Setzungen von rd. 15 mm an der Vorderkante und 5 mm an der Hinterkante ermittelt. Für Einzelfundamente 2,5 m × 2,5 m wurden bei kontinuierlicher Schlitzwandbauweise Verformungen in ähnlicher Größe ermittelt. Bemerkenswert ist, dass sich beim Pilgerschrittverfahren deutlich erhöhte Setzungen vor den Sekundärlamellen ergaben. Außerdem wurde festgestellt, dass sich die Anordnung der Lamellenräder vor den Einzelfundamenten günstig auswirkt, da dann etwas kleinere Setzungen auftreten.

Nach Borchert [6] sollte bei im Pilgerschrittverfahren hergestellten Schlitzwänden unmittelbar vor Nachbarbebauung mit Setzungen von rd. 1 cm gerechnet werden. Diese Erfahrungen beziehen sich größtenteils auf Berliner Baugrundverhältnisse sowie Schlitzlängen von maximal rd. 5 m.

### Verankerungen

Beeinflussungen von Nachbarbauwerken treten bei Verpressankern zum einen infolge der Ankerherstellung (Bohren, Verpressen) und zum anderen durch die Beanspruchung des Baugrunds infolge der Lastabtragung auf.

Nach Wichter & Meiniger [9] treten in wassergesättigten Sanden nicht selten Setzungen an der Geländeoberkante auf, was auf Verdichtungen infolge Bohrschüttungen sowie den Zusammenbruch

des Bohrlochs nach Ziehen der Verrohrung im Bereich der freien Stahlänge zurückzuführen sei. Sofern setzungsempfindliche Bebauung vorhanden ist, empfehlen sie daher, ein möglichst erschütterungsarmes Bohrverfahren einzusetzen sowie gegebenenfalls eine Bodenauflockerung um das Stahlzugglied durch Verfüllung mit einer Bentonit-Zementsuspension vor dem Ziehen des Bohrrohrs zu minimieren.

Auch Borchert [6] weist aufgrund von Erfahrungen mit tiefen Baugruben in Berlin darauf hin, dass besonders bei mehreren Ankerlagen und ungünstigen Verhältnissen Setzungen und erhebliche Schäden der Nachbarbauwerke eintreten können. Insbesondere wenn die Ankerbohrung gegen drückendes Grundwasser erfolgen muss, sollte nach seinen Angaben mit 5mm Setzung pro Ankerlage gerechnet werden. Unter ungünstigen Umständen können die Setzungen auch noch deutlich größer werden. Borchert berichtet, dass sich der S-Bahntunnel am Potsdamer Platz in Berlin infolge Herstellung zweier Ankerlagen unmittelbar unter der Sohle um insgesamt rd. 8 cm gesetzt hat.

Bei der Durchführung der Verpressung ist in der Regel nicht mit Setzungen zu rechnen, stattdessen können aber Geländeteile und auch Gebäude Hebungen erfahren. Auch kann Verpressgut eventuell in vorhandene Keller oder Kanäle eindringen. Der Verpresskörper sollte deshalb einen gewissen Mindestabstand (Faustregel: rd. 4 m) von vorhandenen Bauwerken einhalten bzw. der maximale Verpressdruck sollte den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden.

## 4 Schadensmechanismus Baugrubenaushub

Im Zuge des Baugrubenaushubs treten Biegeverformungen, d. h. Horizontalverformungen, der Verbauwand auf. Die entsprechenden Bodenbewegungen führen zwangsläufig zu Setzungen hinter der Verbauwand und damit möglicherweise zu Schäden an dort vorhandener Bausubstanz. Hinzu kommt eine Hebung der Baugrubensohle durch die Entlastung aus Bodenentnahme, welche ebenfalls zu Setzungen hinter der Wand führen kann.

Im Zuge der Lastabtragung durch Verpressanker kommt es ebenfalls zu Baugrundverformungen. Zum einen entstehen durch die Nachgiebigkeit der Anker Horizontalverformungen der Baugrubenwand. Dieser Effekt lässt sich durch die Ankervor-

spannung (eventuell auf 100 % der rechnerischen Gebrauchslast) wenn auch nicht vollständig vermeiden, so aber doch minimieren. Zum anderen führt die Belastung des Baugrunds durch die Anker zur Ausbildung eines fangedammartigen Bodenkörpers ([10], s. Bild 7). Die Verformung dieses Bodenkörpers führt im Allgemeinen zu Verschiebungen an der Geländeoberkante. Dieser Effekt lässt sich durch die Ankervorspannung nicht beeinflussen.

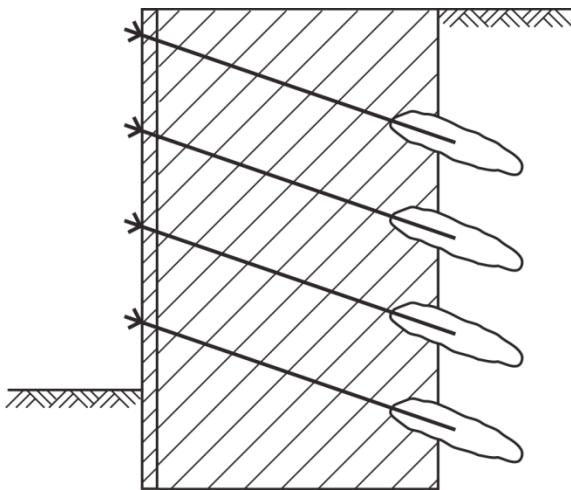


Bild 7 Fangedammartiger Bodenkörper bei mehrfach verankerten Wänden [10]

Biegeverformungen einer Verbauwand können anhand einer erdstatistischen Berechnung abgeschätzt werden. Unter ergänzender Bewertung der Verschiebung des Erdauflagers und der Stützpunkte (diese werden in der erdstatistischen Berechnung zu Null gesetzt) lässt sich damit zumindest die Größenordnung horizontaler Verschiebungen an der Wand abschätzen. Die Größe der Oberflächensetzung in einem bestimmten Abstand hinter der Wand ist damit allerdings noch nicht bekannt. Effekte aus der Hebung der Baugrubensohle und aus der Lastabtragung der Anker lassen sich anhand einer erdstatistischen Berechnung gar nicht abschätzen. Relativ zulässige Prognosen der zu erwartenden Setzungen hinter einer Baugrubenwand lassen sich deshalb nur mit numerischen Simulationen erzielen.

Gemäß EAB [10] sind besondere Verformungsberechnungen nur im Ausnahmefall erforderlich. Bei Baugruben neben sehr empfindlichen Bauwerken oder unmittelbar neben Leitungen oder auch bei Baugruben neben Nachbarbebauung in weichen bindigen Böden ist jedoch ein solcher Ausnahmefall gegeben.

Ein Beispiel für eine numerisch simulierte Baugrubensituation ist in Bild 8 dargestellt. In den meisten Fällen ist eine zweidimensionale Betrachtung unter Annahme eines ebenen Verzerrungszustands ausreichend, wobei die Parameter von Verpressankern oder die Größe von begrenzten Bauwerkslasten dann angepasst (über die Länge »verschmiert«) werden müssen.

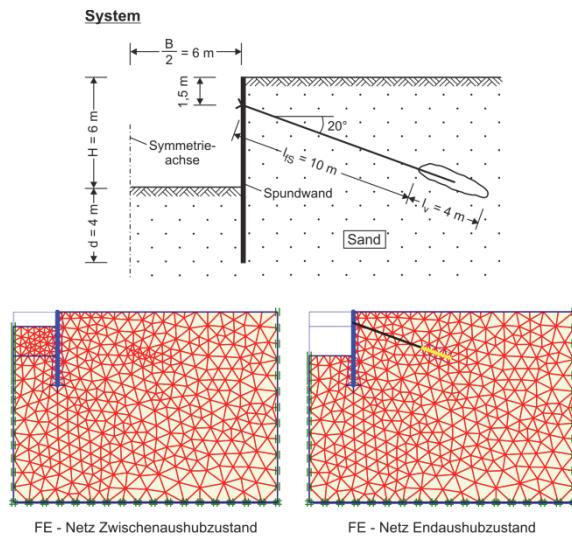


Bild 8 Beispiel für eine numerisch simulierte Baugrubensituation

Hinweise für die Durchführung numerischer Simulationen von Baugrubenaushub finden sich in [1] und in den EANG-Empfehlungen [11]. Besondere Sorgfalt ist bei der Auswahl eines geeigneten Stoffgesetzes zur Berücksichtigung des Bodenverhaltens erforderlich. Hebungen der Baugrubensohle (und damit auch Setzungen hinter der Wand) können zum Beispiel stark überschätzt werden, wenn das verwendete Stoffmodell keinen Unterschied zwischen Be- und Entlastungssteifigkeit berücksichtigt. Aus qualifizierten Berechnungen, in denen gegebenenfalls auch mögliche Ober- und Untergrenzen der wichtigsten Parameter berücksichtigt werden, können meist recht zuverlässige Aussagen zur möglichen Bandbreite von Wand- und Baugrundverschiebungen abgeleitet werden.

Bild 9 zeigt beispielhaft Ergebnisse für den Endzustand des in Bild 8 dargestellten Baugrubensystems.

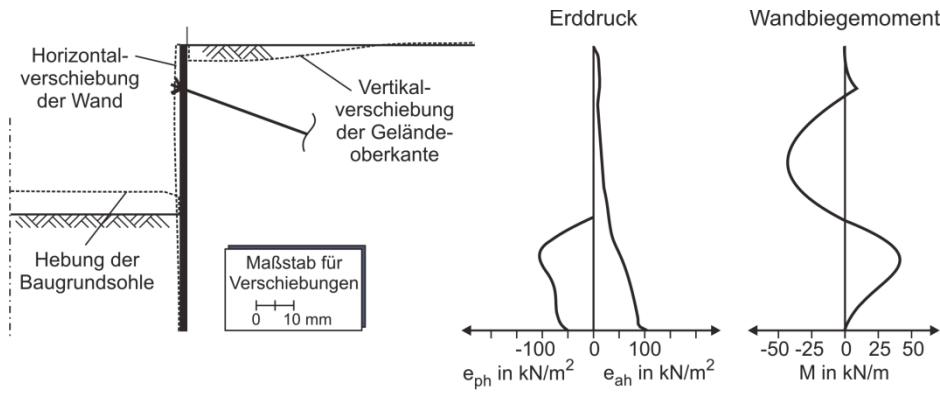


Bild 9 Ergebnisse einer Finite-Elemente-Simulation für den Endaushubzustand

## 5 Schadensbeispiele

### 5.1 Grundbruch bei einer Trägerbohlwand

Für ein Bürogebäude mit Parkhaus wurde eine rd. 11m tiefe Baugrube hergestellt. Der Baugrund bestand oberflächennah aus Auffüllungen mit Schluff, Kies und Bauschuttresten sowie darunter aus Sanden und Kiesen. Als Verbau wurde eine zweifach verankerte Trägerbohlwand ausgeführt. Die Bohlträger waren in Bohrlöcher eingestellt und auf ein rd. 40cm dickes Magerbetonfundament aufgelagert worden. Die planmäßige Einbindetiefe von Baugrubensohle bis Unterkante des Betonfundaments betrug rd. 2,6 m (Bild 10 links).

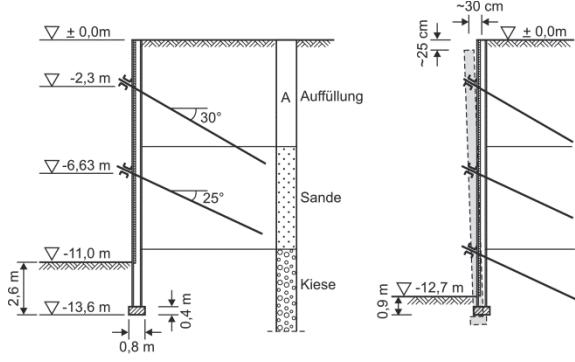


Bild 10 Trägerbohlwandverbau; links: ursprüngliche Planung, rechts: tatsächliche Ausführung mit Verformung nach Schadenseintritt

Aufgrund einer Planänderung wurde für eine Aufzugunterfahrt unmittelbar neben der Verbauwand eine lokale Vertiefung der Baugrubensohle um rd. 1,7 m über eine Länge von rd. 6 m notwendig. Um die aus der erhöhten Baugrubentiefe resultierende höhere Biegebeanspruchung der Wand zu vermei-

den, wurde im Bereich der Vertiefung eine dritte Ankerlage ausgeführt (Bild 10 rechts).

Bei der statischen Berechnung wurde weder für die ursprünglich geplante noch für die geänderte Ausführung der Nachweis der Aufnahme der Vertikalkräfte geführt. Nach Durchführung der Vertiefung betrug die Einbindetiefe des Fundaments unter den Bohlträgern planmäßig nur noch rd. 0,9 m und tatsächlich nur rd. 0,5 m. Übersehen wurde, dass der Bohlträgerfuß die hohen, hauptsächlich aus den Vertikalkomponenten der Ankerkräfte resultierenden Vertikalkräfte nicht aufnehmen konnte. Es trat hier im Bereich der Sohlvertiefung ein Grundbruch ein, verbunden mit großen Verformungen der Baugrubenwand über eine Länge von rd. 15 m. In horizontaler Richtung wurden am Kopf des Verbaus Verschiebungen bis rd. 30 cm gemessen, in vertikaler Richtung sackte der Verbau bis zu rd. 25 cm ab. Die hinter dem Verbau verlaufende Straße sackte um bis zu 15 cm ab und wies entsprechend große Schäden auf.

### 5.2 Setzungen und Bauwerksschäden hinter einer Spundwand

In einer Lücke zwischen vorhandener innerstädtischer Bebauung wurde ein Neubau mit 4 Ober- und 2 Kellergeschossen errichtet. Die Gründungssohle des Neubaus lag ca. 5,8 m unter Geländeoberkante (GOK). Die vorhandene Bebauung war nur einfach unterkellert mit einer Tiefe der Gründungssohle von ca. 2,5 m unter GOK. Es handelte sich um relativ alte Mauerwerksgebäude mit Gründungskörpern aus Bruchsteinen, Kalk und Betonresten, die zum Teil keinen festen Zusammenhalt aufwiesen.

Ein Querschnitt der Baugrubensituation ist in Bild 11 dargestellt. Der Baugrund bestand aus zum Teil recht kompressiblen Wechsellagerungen von

Schluffen und Sanden bzw. örtlich auch Kiesen über Schieferton. Grundwasser wurde rd. 3 m unter GOK festgestellt. Als Baugrubenwand wurde eine verankerte und auf erhöhten Erddruck bemessene Spundwand ausgeführt. Die Spundbohlen wurden eingepresst. Zur Sicherstellung eines annähernd wasserdichten Verbaus wurde die Spundwand bis in den Schieferton geführt und die Schlosser wurden abgedichtet.

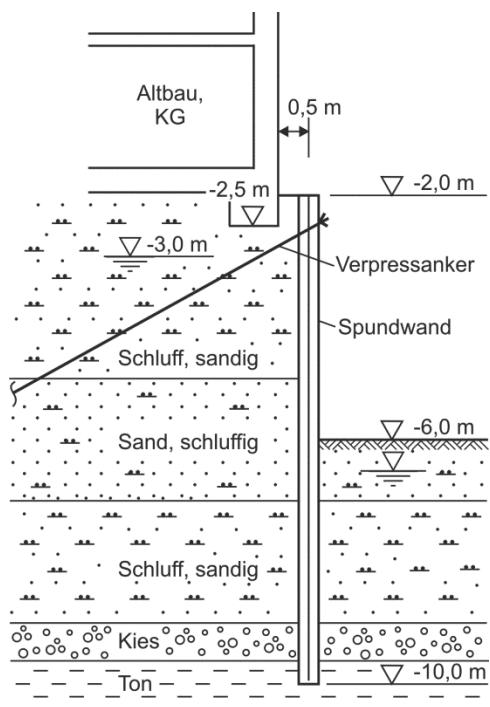


Bild 11 Baugrubensituation Spundwand vor bestehendem Gebäude

Im Zuge der Herstellung der Baugrube und der Errichtung des Neubaus kam es zu Schäden an der vorhandenen Bebauung. Exemplarisch sind Risschäden in Bild 12 dargestellt. Es wurden zahlreiche neue Rissbildungen vor allem im Keller und im Erdgeschoss festgestellt. Aus dem Rissbild ergab sich eindeutig eine Setzung des Altbaus im an den Neubau angrenzenden Bereich. Die Sanierungskosten wurden mit insgesamt rd. 30.000 € abgeschätzt.

Das Schadensbild ist durchaus typisch für eine Neubebauung unmittelbar neben älterer und entsprechend relativ empfindlicher Altbebauung. Mit der Wahl des Einpressverfahrens und der Bemessung der Spundwand für erhöhten Erddruck wurden durchaus Maßnahmen zur Minimierung der Beeinflussungen getroffen. Besser, aber auch erheblich teurer wäre eventuell die Herstellung einer Ortbetonwand gewesen. Auch dann hätten jedoch Set-

zungen des Altbau und Risschäden mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht vollständig vermieden werden können. Es ist davon auszugehen, dass die aufgetretenen Schäden zum größten Teil unvermeidbar waren.



Bild 12 Schadensbilder; oben: Riss in Kellergewölbedecke, unten: Fassadenriss an der Grenze zum Neubau

### 5.3 Gebäudeschaden durch eine Spundwandbaugrube

Rizkallah et al. [12] berichteten von Setzungen und Bebauungsschäden durch die Herstellung einer Baugrube mit Spundwänden. Eine rd. 8 m tiefe Baugrube wurde mit einer Stahlspundwand verbaut. Die Wand wurde durch zwei Steifenlagen abgestützt. In Höhe des Spundwandfußes wurde eine Injektionssohle zur Abdichtung der Baugrube von unten hergestellt. Das System ist in Bild 13 oben dargestellt. Das Foto in Bild 13 unten zeigt, dass in geringem Abstand zur Wand ein Wohnhaus vorhanden war.

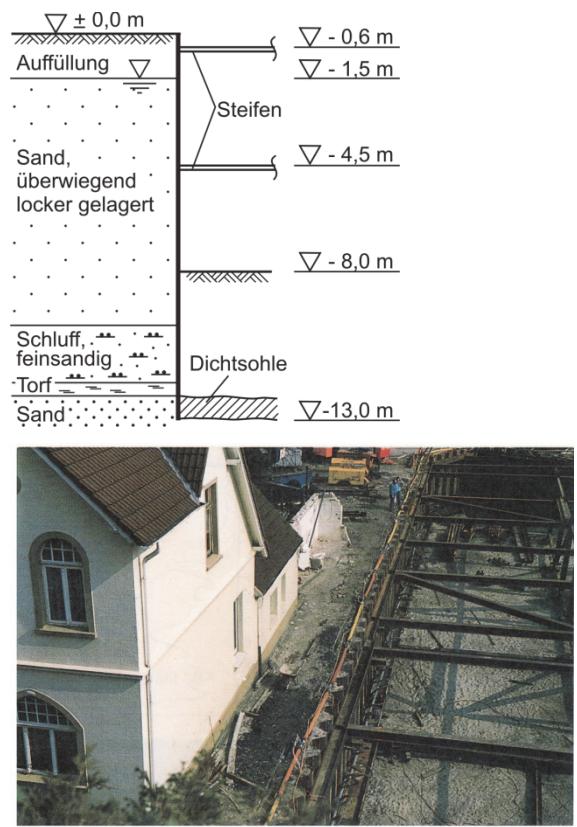


Bild 13 Baugrubensystem (oben) und Foto der Baugrube nach Einbringen der ersten Steifenlage (unten) [12]

Die Stahlspundbohlen wurden eingerüttelt. Dadurch wurde der anstehende überwiegend locker gelagerte Sandboden verdichtet. Bereits bei der Spundwandinstallation kam es deshalb zu Rissen im angrenzenden Wohnhaus. Außerdem war der Verbau als relativ weich einzustufen. Durch relativ große Horizontalverformungen im Zuge des Baugrubenaushubs kam es zu weiteren Setzungen. Das

Nachbargebäude wurde letztlich so stark beschädigt (s. Bild 14), dass es abgerissen werden musste.



Bild 14 Risse am Nachbarhaus [12]

## 6 Literatur

- [1] Achmus, M. (2012): Schäden bei Baugrubensicherungen. Band 44 der Fachbuchreihe Schadenfreies Bauen (Hrsg. Ralf Ruhnau), Fraunhofer IRB Verlag.
- [2] Achmus, M., Kaiser, J. & tom Wörden, F. (2005): Bauwerkerschütterungen durch Tiefbauarbeiten, Grundlagen – Messergebnisse – Prognosen. Mitteilungen des Instituts für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau der Universität Hannover, Heft 61.
- [3] Funk, K. (1996): Expertensystem für Lärm- und Erschütterungsprognosen beim Einbringen von Spundbohlen, Mitteilungen des Curt-Risch-Instituts für Dynamik, Schall- und Messtechnik der Universität Hannover, Eigenverlag.
- [4] DIN V ENV 1993-5, Ausgabe 2000-10: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 5: Pfähle und Spundwände (Vornorm).
- [5] DIN 4150-3, Ausgabe 1999-02: Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen. DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
- [6] Borchert, K.-M (2008): Erfahrungen bei tiefen Baugruben im Grundwasser zu Verformungen und Dichtigkeit; 6. Tiroler Geotechnik- und Tunnelbautag, Innsbruck.

- [7] Tedd, P., Chard, B.M., Charles, J.A. & Symons, I.F. (1984): Behaviour of a propped embedded retaining wall in stiff clay at Bell Common Tunnel; *Geotechnique* 34, No. 4, S. 513-532.
- [8] Triantafyllidis, T. (2004): Planung und Bauausführung im Spezialtiefbau, Teil 1: Schlitzwand- und Dichtwandtechnik; Verlag Ernst & Sohn, Berlin.
- [9] Wichter, L. & Meiniger, W. (2009): Verpressanker; in: *Grundbau Taschenbuch*, Teil 2 (Hrsg. K.J. Witt), 7. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, Berlin.
- [10] EAB (2006): Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB); herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 4. Auflage.
- [11] EANG (2014): Empfehlungen des Arbeitskreises Numerik in der Geotechnik (EANG); herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst & Sohn, Berlin.
- [12] Rizkallah, V., Jebe, P., Jebe, C. (1991): Geböschte Baugruben, Baugruben mit Stahlspundwänden. Mitteilungen des Instituts für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau der Universität Hannover, Heft 29.

## Autor

- Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus  
Leibniz Universität Hannover, Institut für Geotechnik (IGtH)

# Schadensfall »Energetische Sanierung«

## Immer öfter – und immer komplexer

Frank Eßmann

**Abstract:** Die energetische Sanierung birgt eine Vielzahl von Fallstricken. Am Beispiel der Innendämmung, die in den letzten Jahren deutlich häufiger eingesetzt wird, wird gezeigt, dass besondere Informationen über das zum Gebäude vorliegen müssen, um die Komplexität der bauphysikalischen Zusammenhänge zu erfassen. Da bei Bestandsgebäuden im Allgemeinen nur begrenzte Informationen vorliegen, sind Voruntersuchungen von großer Bedeutung.

Für den Planer und den Ausführenden bedeutet dies jedoch erhöhte Anforderungen. Verschiedene Problemsituationen werden hierzu dargestellt. Energetische Sanierungen können letztlich nur auf der Grundlage der örtlichen Kenntnisse und/oder der hygrothermischen Bauteilsimulation und insbesondere mit ausreichendem Sachverstand beurteilt werden.

**Keywords:** Energetische Sanierung, Innendämmung, Hohlkonstruktion, Voruntersuchungen, Schlagregen, Einbaufeuchte, Vermögensschaden

## 1 Vorbemerkungen

Nach Aussagen der Versicherungsunternehmen ist nach dem Themenbereich der Bauwerksabdichtungen der energetischen Maßnahmen an zweiter Stelle der Schadenshäufigkeit zu nennen.

Mit der Einführung der Wärmeschutzverordnung 1977 sowie der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 gewann das Thema der energetischen Verbesserungsmaßnahmen beim Bauen einen immer größeren Stellenwert. Waren es zunächst hauptsächlich die Neubauten, die im Fokus standen, zogen in den letzten Jahren die energetischen Maßnahmen bei Bestandsbauten verstärkt nach, da ansonsten die gesteckten Klimaziele nicht erreicht werden konnten. Dieser sicher nachvollziehbare Trend birgt jedoch eine Fülle an Unwägbarkeiten. Die potenziellen Schwierigkeiten liegen in der Regel

- in den begrenzten Informationen über das zum Bestandsgebäude (keine Zeichnungen, keine Baubeschreibungen bzw. Abweichungen von diesen während der Bau- und späteren Umbauphasen) sowie

- in den Bauteilen bzw. Baukonstruktionen, die ursprünglich nicht für einen höheren energetischen Anspruch ausgelegt waren.

In diesem Umfeld bewegt sich nun das Planer- und Ausführungsteam mit den Anforderungen nach EnEV bzw. der Förderbedingungen zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden. Maßnahmen, die bei Neubauten noch einfacher sind, können bei Bestandsgebäuden deutlich komplexer sein. Dies löst bei vielen eine große Unsicherheit aus, wie man mit diesen Fragestellungen umgehen muss.

## 2 Schadensursachen bei energetischen Maßnahmen

### 2.1 Klassifizierung der Ursachen

Die Schadensursachen sind in der vielfältigen Literatur dargestellt. Sie lassen sich vereinfacht dem Planungs- oder Ausführungsprozess zuordnen. Aufbauend auf der Untersuchung in [1], [2] lassen sich

die Ursachen für Schäden bzw. Mängel bei der energetischen Sanierung wie folgt klassifizieren:

Planungsfehler:

1. Unzureichende/fehlende Voruntersuchungen
2. Verstoß gegen a. a. R. d. T.
3. Fehlerhafte/fehlende Berechnungen
4. Fehlerhafte Dimensionierungen

Ausführungsfehler:

5. Verstoß gegen vertragliche Vereinbarungen
6. Verstoß gegen a. a. R. d. T.

## 2.2 Beispiele für Schäden

Die Schäden betreffen bei energetischen Sanierungen in der Hauptsache die Bereiche

- Wärmedämmung,
- Luftdichtheit,
- Anlagentechnik sowie
- Einsatz des Energieträgers.

In den Tabellen 1 und 2 sind Beispiele für Fehlerquellen bei energetischen Verbesserungsmaßnahmen aufgezeigt.

Tabelle 1 Beispiele für Planungsfehler  
(in Anlehnung an [1])

Unzureichende/fehlende Voruntersuchungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mangelhafte Erfassung des Baubestandes (Bauteilaufbauten, Materialien)</li> <li>▪ Mangelnde Erfassung von Bauschäden (Feuchte, Salze etc.)</li> <li>▪ Mangelnde Erfassung der Schlagregenbelastung und des Schlaggregenschutzes</li> <li>▪ Mangelnde Erfassung der Nutzung</li> <li>▪ Mangelnde Erfassung des Schutzstatus</li> </ul>
Verstoß gegen a. a. R. d. T.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nicht systemkonforme Komponenten (z. B. bei WDVS)</li> <li>▪ Nicht zugelassene Dämmstoffe bzw. ohne Zulassung für den geplanten Einsatzbereich</li> <li>▪ Nicht zugelassene Klebebänder</li> <li>▪ Thermische Hülle nicht umlaufend »geschlossen«</li> <li>▪ Luftdichtheithülle nicht umlaufend »geschlossen«</li> <li>▪ Ungeeigneter Wärmeerzeuger</li> <li>▪ Ungeeignete Wärmeübertragungsflächen</li> </ul>

Fehlerhafte/fehlende Berechnungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unzureichende Bauteilberechnungen</li> <li>▪ Unzureichende Energieeffizienzberechnungen nach EnEV</li> <li>▪ Unzureichendes Lüftungskonzept</li> <li>▪ Unzureichende Heizlastberechnung</li> </ul>
Fehlerhafte Dimensionierungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unzureichende Wärmedämmsschichtdicken</li> <li>▪ Fehlende Berücksichtigung von Wärmebrücken</li> <li>▪ Unzureichende Kesselauslegung</li> <li>▪ Fehlende Wirtschaftlichkeit</li> <li>▪ Nicht erreichter Förderstatus</li> </ul>

Tabelle 2 Beispiele für Ausführungsfehler  
(in Anlehnung an [1])

Verstoß gegen vertragliche Vereinbarungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vereinbarte Dämmschichtdicke nicht eingebaut</li> <li>▪ Verwendung alternativer Materialien bzw. Verfahren</li> </ul>
Verstoß gegen a. a. R. d. T.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nicht ausreichende Verklebung/Verdübelung von Wärmedämmsschichten</li> <li>▪ Einbau von Wärmedämmungen mit unplanmäßigen Hohlräumen, Fugen etc.</li> <li>▪ Mangelhafte Verklebung von Folien in Anschlussbereichen</li> <li>▪ Mangelhafte Sorgfalt bei der Ausführung, z. B. Beschädigung der Luftdichtheitsebene</li> <li>▪ Verwendung ungeeigneter Materialien bzw. Verfahren</li> <li>▪ Mangelnde Leitungsdämmung</li> </ul>

Unabhängig von der Frage der Abweichung von vertraglichen Vereinbarungen können sich bei der energetischen Sanierung ergeben:

1. Schäden am Gebäude,
2. Behaglichkeitseinbußen,
3. mangelnde Wirtschaftlichkeit oder
4. mangelnde Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems Gebäude/Anlagentechnik/Nutzung.

### 3 Problempunkte

Im Folgenden werden Beispiele für Probleme der energetischen Sanierungen dargestellt und erläutert. Im Gegensatz zur »klassischen« Außendämmung über ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) ergeben sich dabei immer häufiger Fragen zur Innendämmung, um in erster Linie die äußere Gestaltung des Gebäudes zu erhalten. Damit ergeben sich Fragestellungen zur Planung (mit den erforderlichen Voruntersuchungen) und zur Ausführung.

#### 3.1 Innendämmung als Hohlkonstruktion

Eine Innendämmung, die die heutigen Anforderungen zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden erfüllt, erfordert ein fachlich fundiertes Vorgehen. Frühere Lösungen einer Innendämmung waren gekennzeichnet durch eine gegenüber heute geringere Wärmedämmung von ca. 2–4 cm, die hinter Bekleidungen oder Verschalungen gestellt wurde. Verwendet wurden häufig Mineralwolle-, EPS-, oder HWL-Platten als Wärmedämmung. Auch hierbei waren besondere Einflüsse zu berücksichtigen, wobei es aufgrund der eher geringen Dämmeschichtdicken selten zu Schäden kam. Bei den heutigen Wärmedämmmaßnahmen werden dagegen höhere Schichtstärken gefordert, die die jeweiligen Problempunkte (erhöhte Feuchten aus Konvektion, Diffusion oder Schlagregen) in der Regel verstärken.

Eine übliche Schadensproblematik ist der Einbau einer Innendämmung als Hohlkonstruktion. Hierbei besteht die besondere Gefahr, dass feuchtwarme Raumluft hinter die Wärmedämmung gelangen und dort an der nun kalten Außenwand kondensieren kann (siehe Bild 1). Dies stellt eine typische Problematik bei gedämmten Metallständer-Vorwandkonstruktionen dar, ist aber auch bei anderen Konstruktionen zu beachten. Somit gilt die auch bei Einsatz von plattenartigen Innendämmssystemen (Mineraldämmplatte, Calciumsilikat-Platte o. Ä.), wenn infolge von Leitungsdurchdringungen oder Rissen ein Verbund zwischen der Raumluft und der kalten Außenwand geschaffen wird.

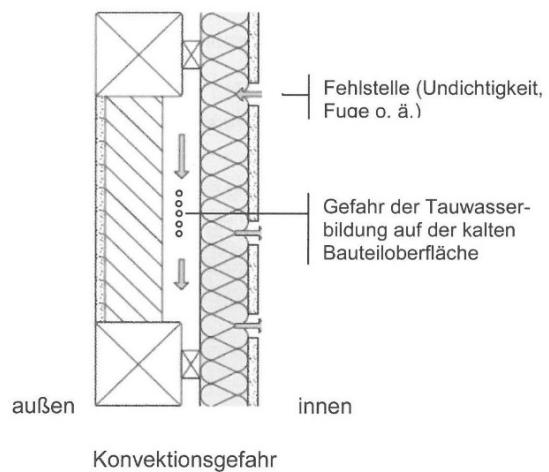


Bild 1 Gefahr der Feuchtekondensation bei Hohlkonstruktionen von Innendämmungen [Quelle: WTA-Merkblatt 8-1]

Eine Besonderheit dieser Innendämmssysteme, die in den letzten Jahren verstärkt am Markt erhältlich sind, ist aber auch die erforderliche kapillare Anbindung an die Bestands-Außenwand. Die ist wichtiger Bestandteil der Funktionsweise dieser Systeme. Die jeweiligen Hersteller fordern diese kapillare Anbindung, wobei unterschiedliche Toleranzen bestehen. Im Allgemeinen ist ein Verbund von mehr als 90 % erforderlich, sodass eine Verklebung mit der Punkt-Wulst-Methode nicht ausreichend ist.

Bei einem Verwaltungsgebäude im Ruhrgebiet wurde die Anforderung der Hohlräumfreiheit und der kapillaren Anbindung deutlich nicht erfüllt. Da das Gebäude aus den 1950er-Jahren als besonders erhaltenswerte Bausubstanz eingestuft wurde, sollte das äußere Erscheinungsbild des Gebäudes mit seinem Sichtmauerwerk und den Naturstein-Gewänden erhalten werden. Daraufhin wurde eine Innendämmung (hier: 5 cm Mineraldämmplatte WLG045) geplant. Leider zeigte sich bei der Ausführung, dass die Forderung des ebenen Untergrundes vor dem Verkleben der Platten nicht erfüllt wurde (siehe Bilder 2 und 3). Weiterhin konnten etliche Hohllagen durch Klopfen und durch ein starkes Rissbild der Platten (bedingt durch Andücken auf unebenem Untergrund) identifiziert werden. Zweimalige Nacharbeiten waren nicht ausreichend, sodass es zu einem völligen Abriss der Innendämmung, einem vollständigen Erstellen eines ebenen Untergrundes und einem Neuaufbau der Innendämmung kam.



Bild 2 Hohlräume hinter einer Innendämmung aus Mineraldämmplatten (hier im Sturzbereich)



Bild 3 Hohlräume hinter einer Innendämmung aus Mineraldämmplatten (hier im ebenen Wandbereich)

### 3.2 Voruntersuchungen bei Innendämmungen

#### Normative Vorgaben

In DIN 4108 sind Vorgaben für nachweisfreie Konstruktionen mit Innendämmung gegeben. Diese gelten jedoch nur bis zu einem Wärmedurchlasswiderstand  $R$  der Wärmedämmung von  $1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Darüber hinausgehende Dämmschichtstärken sind demnach nach dem Glaser-Verfahren oder nach »genauerem Berechnungsverfahren« (Simulationsprogramme) gemäß Anhang D der Norm bauphysikalisch nachzuweisen. Hinweise zur Anwendung der Simulationsberechnungen und zur Beurteilung der Ergebnisse sind jedoch hierin nicht angegeben. Diese sind in DIN EN 15026 sowie den WTA-Merkblättern 6-4 und 6-5 zur Innendämmung dargestellt, auf die in DIN 4108 hingewiesen wird.

Nach WTA-Merkblatt 6-4 sind bei der Planung einer Innendämmung verschiedene Parameter vor Ort zu überprüfen (Bild 4). Einer der Haupt-Parameter ist der Schlagregenschutz der Fassade. Im WTA-Merkblatt 6-5, Kap. 4.2 sind zudem Angaben zur Beurteilung des Schlagregenschutzes gemacht. Demnach ist darauf zu achten, dass es »*weder zu einer langfristigen Feuchteakkumulation, noch zu kritischen Wassergehalten in einzelnen Materialschichten oder Bereichen des Bauteils kommt.*« Für den Schutz eines Gebäudes gegenüber Schlagregen können unterschiedliche bauliche Maßnahmen sorgen, beispielsweise ein ausreichend hochwertiges Mauerwerk, ein Dachüberstand oder ein geeigneter Außenputz. Letztlich ist die Frage des tatsächlich ausreichenden Schlagregenschutzes aber stets individuell zu überprüfen. Als in der Regel ausreichend werden in dem WTA-Merkblatt die folgenden Kriterien für die Fassadenoberfläche genannt:

$$w \cdot s_d \leq 0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$$

mit  $w \leq 0,2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$  und  $s_d \leq 1,0 \text{ m}$ .

Weiterhin wird in den WTA-Merkblättern dargestellt, dass bei Innendämmung häufig eine Berechnung mit einer hygrothermischen Bauteilsimulation erforderlich ist.

Zu erfassen und zu protokollieren sind folgende Kriterien:

- Allgemeine Gebäudedaten (ggf. Denkmalschutzanforderungen)
- Vorhandene Baustoffsichten, Abmessungen und Oberflächenbeschaffenheiten
- Allgemeiner Zustand des Bauteils / der Bestandskonstruktion
- Feuchtezustände des Bauteils (Schlagregenbelastung, Schlagregenschutz, weitere Feuchtebelastungen der Konstruktion wie z.B. aufsteigende Feuchte)
- Raumklimatische Belastungen
- Wärmebrücken

Bild 4 Auszug aus WTA-Merkblatt 6-4 (Kap. 6)

Die Notwendigkeit der Betrachtung des Schlagregens zeigte sich an einem denkmalgeschützten Reihenhausprojekt aus den 1960er-Jahren (Bild 5). Hier war der Schlagregenschutz mit den Parametern

- hohe Schlagregenbelastung (West; frei angeströmt),
- einschaliges Mauerwerk und
- hohes kapillares Saugvermögen des Mauerwerks nicht ausreichend. Trotz des Einbaus einer Calciumsilikat-Innendämmung ist Feuchte durch die Gesamtkonstruktion bis zur Raumseite gelangt. Hinter

dem Wandbild über dem Sofa konnte diese Feuchte nicht abtrocknen, sodass es sogar zu einer Schimmelbildung kam.



Bild 5 Feuchtedurchtritt bei Innendämmung mit Schimmelbildung

Es stellt sich aber nun die Frage, wie denn die immer wieder geforderten Schlagregen-Untersuchungen überhaupt durchgeführt und sicher bewertet werden können. Und weiter: Ist bei einer Innendämmung zwingend die gesamte Palette der Voruntersuchungen (Vor-Ort-Untersuchungen, Laboruntersuchungen sowie hygrothermische Bauteilsimulation) erforderlich?

### Untersuchung des örtlichen Schlagregenschutzes

Die Beurteilung der örtlichen Schlagregenbelastung und des Schlagregenschutzes sind in der Regel mit einem gewissen Aufwand verbunden. Zur Einschätzung der Schlagregenbelastung kann zunächst die Deutschland-Karte der Schlagregen-Bearbeitungsgruppen (SBG) nach DIN 4108-3, Bild 11 heran gezogen werden. Aber es ist zu beachten, dass keine Gebäude-, sondern eine Fassadenbeobachtung vorzunehmen ist. So kann sehr wohl eine nach Westen völlig frei angestromte Fassade (auf einem freien Feld oder einem Hügel gelegen) eines Gebäudes in SBG I höher belastet sein als eine Fassade eines Gebäudes in SBG III, die nach Osten orientiert ist oder in einem stark geschützten Bereich einer schmalen Gasse liegt.

Im WTA-Merkblatt 8-1 sind zur Einschätzung der lokalen Belastung einige Hilfestellungen gegeben, die dort zwar für Fachwerkgebäude gelten, aber auch auf andere Gebäude übertragen werden können. Im Zusammenspiel mit den Beobachtungen (z. B. örtliche Erfahrungsberichte, dass eine bestimmte Fassade regelmäßig »absäuft«) kann die Belastung in etwa eingeschätzt werden. Auch können spezielle meteorologische Berechnungsprogramme (z. B. Meteonorm) hierzu eine Unterstützung geben.

Im Weiteren ist dann die Einschätzung des örtlich vorhandenen Schlagregenschutzes vorzunehmen. Auch hier gibt die DIN 4108-3 mit ihren Beispielen für die Zuordnung von Wandbauarten und Beanspruchungsgruppen (Tabelle 5 der Norm) einen weiteren Anhalt. Darüber hinaus sind Versuche vor Ort oder im Labor erforderlich. Dafür stehen die verschiedensten Möglichkeiten zur Verfügung:

- Karsten'sches Prüfröhrchen (Bild 6 und 7),
- Prüfröhrchen nach Pleyers,
- WA-Platte nach Franke (Bild 8),
- Wasseraufnahmemessgerät (WAM) (Bild 9),
- Kapillarversuche im Labor.



Bild 6 Untersuchung der Wasseraufnahme mit dem Karsten'schtes Prüfröhrchen (hier an einem Ziegel)



Bild 7 Untersuchung der Wasseraufnahme mit dem Karsten'schtes Prüfröhrchen (hier an einer Fuge)



Bild 8 Untersuchung der Wasseraufnahme mit der WA-Platte nach Franke

Bewährt hat sich seit Jahrzehnten der Einsatz des Karsten'schtes Prüfröhrchens. Hierzu gibt es inzwischen gute Erfahrungen und Ansätze ([3] bis [6]), wobei aufgrund des kleinen Prüfquerschnittes auch die Grenzen bekannt sind und daher teils nur begrenzte Aussagen getroffen werden können. Einschätzungen zu verputzten Fassaden, zu Naturstein- oder Ziegelflächen sind im Allgemeinen möglich. Bei den Fugen sind die Aussagen jedoch häufig begrenzt, da die Feuchteverteilung ungleichmäßig ist. Hier können zumeist nur qualitative Aussagen, wie in Bild 7 zu erkennen ist, getroffen werden. Entsprechendes gilt für das Prüfröhrchen nach Pleyers, obwohl dieses aufgrund der zusätzlichen Wasser- kammer den Einfluss des seitlichen Flüssigkeits- transportes begrenzt.

Eine Weiterentwicklung der Prüfröhrchen war die Wasseraufnahme (WA)-Platte nach Franke (Prüfflä- che: 250 mm × 83 mm) [7]. Mit dieser Platte können Aussagen zum Gesamtsystem aus a) Ziegel, b) Fuge sowie c) Randverbund Ziegel/Fuge getroffen werden. Da aufgrund der Plattengröße auch der Rand- effekt eine geringere Bedeutung erfährt, sind hier- mit verbesserte Aussagen möglich.

Jedoch hat sich gezeigt, dass der Einfluss des Kittes von größerer Bedeutung ist, was insbesondere bei zu niedrigen erwartenden kapillaren Saugfähigkeiten entscheidend sein kann. Weiterentwicklungen dieser Systeme wurden und werden daher vorgenommen. Gemeinsamkeit der bisher genannten Prüfverfahren ist der Aufbau eines Wasserdrucks auf die Fassaden-Prüffläche, wodurch der Schlagre- gen als System Regen + Wind simuliert wird.

Darüber hinaus ist aktuell ein neueres Verfahren in der Diskussion, da eine Übertragbarkeit der genannten Verfahren auf die Ergebnisse des labortechnischen Kapillarversuches formal nicht gegeben ist. Die druckhafte Wasserbelastung entspricht nicht dem drucklosen Verfahren nach z. B. DIN EN ISO 15148. In [8] wird die Funktionsweise des WAM-Gerätes, bei dem ablaufendes Wasser an der Fassade ohne Druck aufgebracht wird, beschrieben.

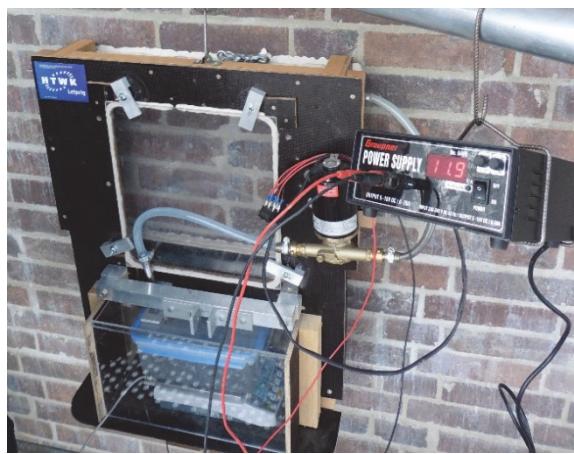


Bild 9 Untersuchung der Wasseraufnahme mit dem WAM-Gerät; hier noch als Prototyp

Über den richtigen Weg der örtlichen Messverfahren kann man (und wird man auch) in kommender Zeit noch streiten. Wichtig ist aber, dass in den Voruntersuchungen der Einfluss des Schlagregens vor Ort untersucht wird! Dies ist erwähnenswert, da aus eigenen Beobachtungen heraus dem Aspekt des Schlagregenschutzes zu selten Raum gegeben wird. Bestenfalls wird eine visuelle Einschätzung vorgenommen. Ein Prüfverfahren wie vorgestellt oder eventuell sogar eine labortechnische Analyse werden aktuell selten angewendet.

### Berechnungen

Als bauphysikalische Berechnungsmethoden stehen dem Planer normativ seit etlichen Jahren die Berechnung des (stationären) U-Wertes bzw. früher des k-Wertes sowie die feuchtetechnische Berechnung des Bauteils nach dem Glaser-Verfahren zur Verfügung. Auch in der Neufassung der DIN 4108-3 wird das Glaser-Verfahren (wenn auch modifiziert) als einfaches Modell des Berechnungsverfahrens beibehalten, das Feuchtwanderungen (nur) durch Diffusion betrachtet. Aber durch diese Einfachheit ist es ein in der Praxis schnell anwendbares Verfah-

ren, das eine ausreichende Planungssicherheit zumeist gewährleistet.

In vielen Fällen – und gerade bei der energetischen Sanierung mit höheren Dämmschichtstärken, Beitrachtungen von Schlagregen und/oder komplexen Anforderungen wie Innendämmungen oder Flachdächern in Holzbauart – reicht das Glaser-Verfahren nicht aus. In diesen Fällen sind Berechnungen mit einer hygrothermischen Bauteilsimulation erforderlich, die, wie bereits oben erwähnt, auch in der DIN 4108-3 und in den DIN EN 15026 sowie WTA-Merkblättern 6-1 und 6-2 näher beschreiben werden.

### Voruntersuchungen – Beispiel 1

Bei einem denkmalgeschützten Verwaltungsgebäude in Niedersachsen (erbaut 1928; ziegelsichtige Fassade; acht Geschosse) traten in den letzten Jahren verstärkt bauphysikalische Probleme auf. Es wurden durchfeuchtete Wände, eine Schadstoffbelastung innen und ein nicht mehr zeitgemäßer energetischer Zustand der Außenbauteile festgestellt. Ein Teilbereich der Fassade wurde bereits zuvor instand gesetzt. Zur Erstellung eines ganzheitlichen Sanierungskonzeptes waren umfangreiche Voruntersuchungen erforderlich.

Bei der Ermittlung des vorhandenen Schlagregenschutzes wurden unterschiedliche Verfahren (Kars滕'sches Prüfröhrchen und Franke-Platte) angewendet. Dabei zeigte sich für den Ziegel eine geringe kapillare Wasseraufnahme von < 1,0 (zumeist < 0,1) kg/(m<sup>2</sup>·√h). Der Fugenmörtel zeigte im Bestand eine mittlere Saugfähigkeit, aber teils deutliche Abrisse vom Ziegel (Bild 10). Eine Fugensanierung war in diesen Bereichen gerade mit der einhergehenden Innendämmmaßnahme erforderlich. Es wurden zur Auswahl eines geeigneten Fugenmörtels verschiedene Laboruntersuchungen zum System Ziegel/Fuge sowie Untersuchungen an Musterflächen durchgeführt. Ergänzend dazu wurden hygrothermische Bauteilsimulationsberechnungen erstellt, um das feuchtechnische Verhalten der Wand (inkl. Schlagregen) beurteilen zu können (siehe Bilder 11 und 12). Es wurde sich dann auf einen Fugenmörtel im Schlammverfahren mit einer Hydrophobierung auf Wasserbasis (ein lösemittelbasiertes Verfahren war hier nicht erwünscht) geeinigt. Raumseitig ist im Übrigen eine moderate Innendämmung von 60 mm Calciumsilikat-Platte gewählt worden. Der U-Wert der Außenwand ergibt sich somit (je nach Geschoss) zwischen 0,48 und 0,63 W/(m<sup>2</sup>·K).

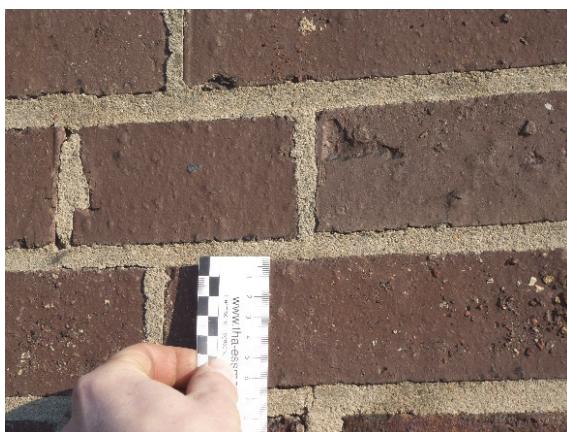


Bild 10 Ausschnitt der Ziegelfassade eines unsanierten Bereiches mit Abrissen zwischen Fugenmörtel und Ziegel

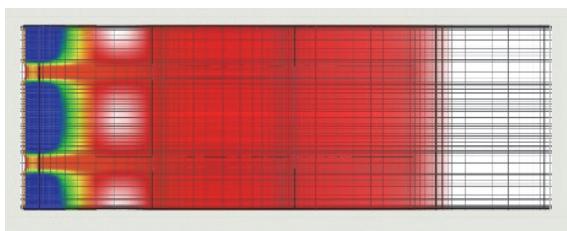


Bild 11 2D-Modell der hygrothermischen Simulationsberechnungen zur Außenwand

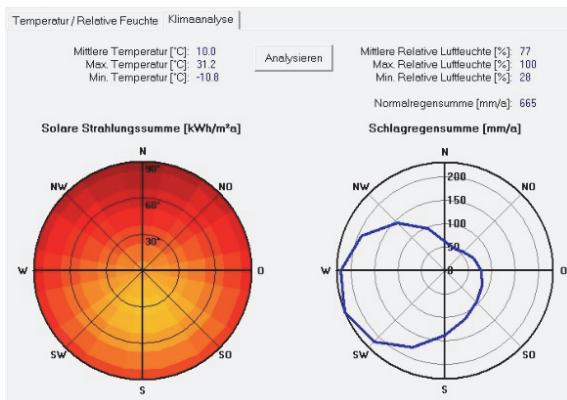


Bild 12 Ansatz des Außenklimas für die hygrothermischen Simulationsberechnungen

Von großer Bedeutung war hier die Gewährleistung des wasserabweisenden Effektes auch im Bereich des Fugenmörtels bzw. im Bereich des Anschlusses an den Ziegel. Es wurde daraufhin ein umfangreiches Überprüfungskonzept zur Ausführungskontrolle entwickelt. Aufgrund der zu erwartenden niedrigen Messwerte wurde das Karsten'sche Prüfröhrchen ausgewählt, da die Ergebnisverfälschungen durch den Kitt hierbei eher gering sind. Darüber hinaus wurden auch Versuche mit dem WAM-Gerät

sowie labortechnische Versuche durchgeführt. Im Labor (siehe Bild 13) konnte der Hydrophobierungseffekt auch über die Tiefe nachgewiesen werden.

Zu erwähnen ist, dass auch ein Wartungsplan für die Fassade erstellt wurde. So werden in regelmäßigen Abständen Überprüfungen a) auf offensichtliche Schädigungen wie Ausbrüche von Fugenmörtel, Abplatzungen etc. und b) auf die Einhaltung der feuchtetechnischen Parameter zum Nachweis der Hydrophobierung durchgeführt.



Bild 13 Prüfung der Hydrophobierung über die Tiefe mittels Aufträufeln mit Pipette (roter Pfeil = Außenoberfläche) [Quelle: Labor Wendler, München]

## Voruntersuchungen – Beispiel 2

Im Großraum Hamburg sollte eine ehemalige Industriemühle (denkmalgeschützt) zu Wohnungen umgebaut werden. Die damit verbundene energetische Verbesserung stellt besondere Anforderungen, da ein Gebäude, das zuvor gewerblich genutzt wurde (und ursprünglich auch nur dafür gebaut wurde), nun höhere Anforderungen an äußere Gestaltung, Schlagregendichtigkeit und Wärmeschutz zu erfüllen hat. Nicht selten sind dabei ziegelsichtige Außenwände von 24 cm Dicke vorhanden, die von innen hochwertig gedämmt werden sollen.

Bei dem betrachteten Gebäude ist in den unteren Geschossen ein 56 cm dicker Mauerwerk vorhanden, in den oberen Geschossen aber nur noch eine Mauerwerksstärke von 22 cm (HF-Hamburger Format!). Drei Besonderheiten sind hier zu beachten:

- Es ist eine hohe kapillare Wasseraufnahme der Fassade von  $> 15 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$  vorhanden (siehe Bild 14).
- Die Ziegel zeigen in vielen Fällen Risse, die bei der Ziegelproduktion entstanden sind (siehe Bild 15).
- Es sind Holzbalkendecken mit einbindenden Balkenköpfen mit teils geringer Vormauerung vorhanden.



Bild 14 Hohe Wasseraufnahme der Fassade

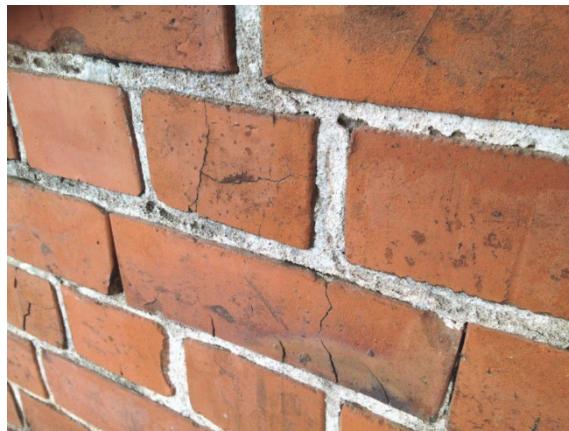


Bild 15 Produktionsbedingte Ziegelrisse [Quelle: J. Schreiber]

Nach umfangreichen Voruntersuchungen vor Ort und im Labor, Hinzuziehung eines Hamburger Backsteinberaters sowie verschiedenen Bauteilsimulationsberechnungen zeigte sich der Einfluss einer zunächst ins Auge gefassten Hydrophobierung. Primär sind hiermit zwar die geforderten Grenzwerte bei einer Innendämmung eingehalten, die für eine bauphysikalische Funktionsfähigkeit des Bauteils sorgen. Es zeigt sich aber auch, dass bei Rissen, die über die gesamte Tiefe nicht hydrophobiert werden können, in Abhängigkeit der Rissbreite und

-tiefe Feuchte zum Teil recht lange im Bauteil verbleiben kann (siehe Bild 16). Hierdurch besteht die Gefahr des Feuchtetransports nach innen sowie der Zerstörung der Außenschichten des Ziegels (siehe [9], [10]). Weitere Berechnungen zeigen, dass bei Reduzierung des Hydrophobierungsgrades zunächst eine kritischere Bauteilsituation auftritt, sich bei völligem Verzicht aber sogar wieder eine bessere feuchtechnische Funktionsfähigkeit ergibt. Der Effekt, dass die Fassade bei einer höheren Wasseraufnahme zwar stärker durchfeuchtet werden kann, dann aber eine Abtrocknung auch wieder verbessert möglich ist, ist auch in [11] schon dargestellt worden. So wurde hier nach Diskussion mit allen Beteiligten und Abwägung der jeweiligen Gefahren beschlossen, keine Hydrophobierung anzuwenden. Voraussetzung war z. B. ein abgestuftes Innendämmkonzept (10 cm Standard, auf der schlagregenbeanspruchten Westseite 5 cm und auf der Südseite 8 cm) und der Einbau eines Monitorings, um eventuell doch auftretende kritische Feuchten frühzeitig erkennen zu können. Dieses Monitoring wurde an vier verschiedenen Stellen (Süd, West, Nord; in zwei Geschossen) aufgebaut (siehe Bild 17). Als weitere Maßnahme ist die Erstellung einer raumseitigen Zusatz-Mauerwerksschale bei den 22 cm dicken Außenwänden zu nennen.

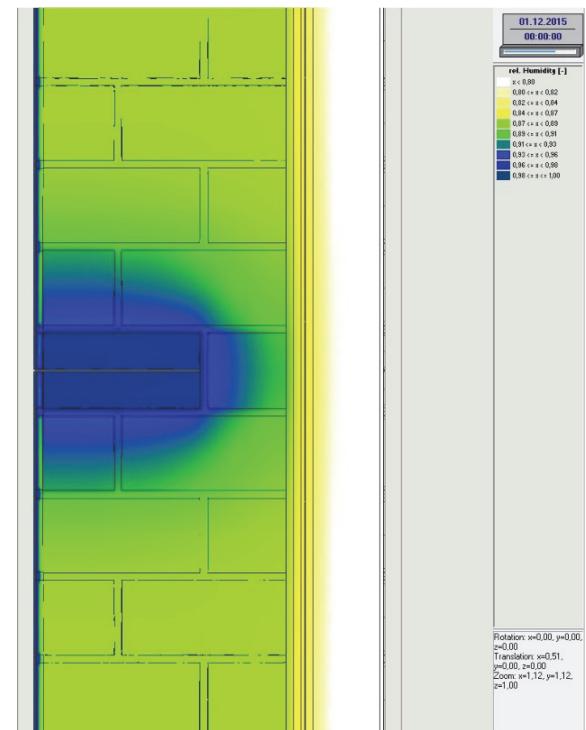


Bild 16 Simulation des Wassereintrags über einen Riss im Ziegel bei Hydrophobierung der Fassade

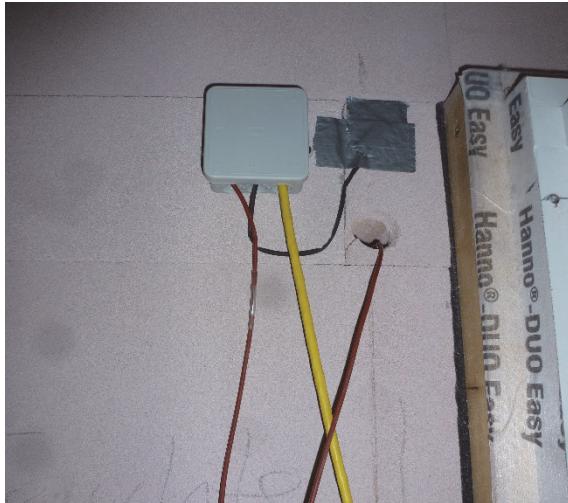


Bild 17 Einbau der Messtechnik zur Überwachung der Bauteilfeuchten

### 3.3 Einbaufeuchte

Bei einem Fachwerkgebäude in Norddeutschland sollte ein Wärmedämmlehm eingebaut werden, da durch unterschiedliche Konstruktionen (Holz und Gefach), ungleiche Holzbauteile sowie konstruktive Zusatzverstärkungen verschiedene Einbautiefen von 6 bis 18 cm erforderlich waren. Bei derartigen Voraussetzungen ist ein plastisch einzubringendes System deutlich im Vorteil. Bei dem Wärmedämmlehm handelt es sich um ein Produkt auf Lehm-, Holzfaser- und Korbbasis, das hinter einer Schalung eingeschlagen wird.

Auch hier wurden Voruntersuchungen durchgeführt, um die Bestands situation zu erfassen. Zudem konnte damit ein neuer Gefachziegel ausgewählt werden, der in Teilbereichen eingebaut werden musste und dem Bestandsziegel gestalterisch und auch bauphysikalisch nahekommt. Für dieses System wurde in Abstimmung mit dem Materialhersteller des Wärmedämmlehms die Gebrauchstauglichkeit mit einer hygrothermischen Bauteilsimulation nachgewiesen. Bezuglich der Einbaufeuchten wurde auf die besondere Umgangsweise bei diesem Produkt hingewiesen. Dementsprechend wurden vom Materialhersteller auf der Grundlage von jahrelangen Erfahrungen einzelne Handlungsanweisungen gegeben.

Trotz Einhaltung der geforderten Randbedingungen ergab sich der Verdacht, dass das Abtrocknungsverhalten nicht wie geplant verläuft. An einer Stelle wurde zudem ein Pilz (Marmorierter Kellerschwamm/Braunsporrendenpilz) auf der Raumseite

des Wärmedämmlehms etwa acht Wochen nach Einbau des Materials festgestellt.

Hierdurch aufgeschreckt wurde das Bauteil in Teilen geöffnet. Es zeigte sich, dass die Bereiche hinter der Schalung (die etwa 2/3 der Gesamtfläche ausmacht) deutlich verlangsamt abtrocknen (siehe Bild 18). Weiterhin zeichnete sich die raumseitige Abtrocknungszone deutlich im Querschnitt des Wärmedämmlehms ab und das Holz war augenscheinlich feucht (Bild 19).



Bild 18 Feuchtehorizonte nach teilweisem Abbau der Schalung

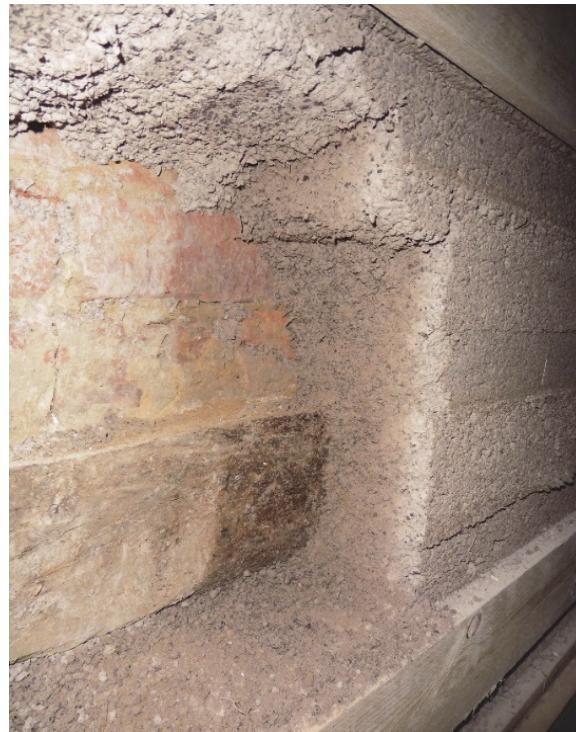


Bild 19 Abtrocknungshorizont beim Wärmedämmlehm (knapp vier Monate nach Einbau) und durchfeuchte Hölzer. Anm.: Vorderer Bereich bereits durch frühere Bauteilöffnung abgetrocknet

Nach eingehenden Diskussionen wurde entschieden, dass die Abtrocknungsbedingungen noch einmal verbessert werden (Beheizung, Belüftung), um den Abtrocknungsvorgang mutmaßlich zu beschleunigen. Um den Erfolg zu kontrollieren, sollten Öffnungen der Gefache kontinuierlich vorgenommen werden und die Feuchten des Wärmedämmlehms und des Holzes überprüft werden. Um Verfälschungen auch der seitlichen Abtrocknung zu vermeiden, wurde bei jeder Bauteilöffnung zunächst ein Streifen des Dämmmaterials abgeschnitten und erst dann der anschließende Bereich untersucht (siehe auch Bild 19).

Wie aus Bild 20 ersichtlich ist, ist die Abtrocknung zwar erkennbar, geht aber sehr langsam vor sich. Dies könnte unter Umständen hingenommen werden, wenn der weitere Aufbau der raumseitigen Schichten nicht kurzfristig erfolgen muss und wenn eine Nutzung des Gebäudes nicht sofort ansteht. Problematischer sind die Feuchten aber beim Holz: Auch sieben Monate nach Einbau des Wärmedämmlehms lagen die gemessenen Holzfeuchten immer noch oberhalb der Fasersättigung! Schädigungen des Holzes waren daher nicht ausgeschlossen. Es wurde daraufhin ein Sachverständiger für Holzschutz und Schimmelpilz hinzugezogen. Dabei wurden Schimmelpilzsporen in einem deutlich unzulässigen Ausmaß in der Raumluft und am Holz festgestellt.

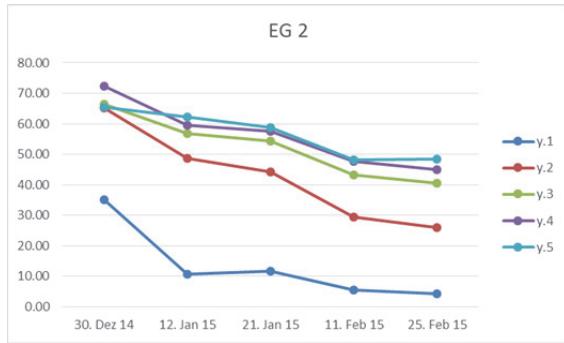


Bild 20 Pilzbildung auf den Hölzern nach Abriss des Wärmedämmlehms

In Abstimmung mit einem Sachverständigen für Lehmbau wurde entschieden, dass ein Verbleib des Materials nicht mehr zu vertreten ist, da die vollständige Abtrocknung des Wärmedämmlehms und der Hölzer (!) sicher noch ein halbes bis ganzes Jahr angedauert hätte. Die galt im Übrigen für alle Dämmschichtdicken. Nach dem aufwendigen Abriss des Wärmedämmlehms (unter Beachtung der Ar-

beitsschutzmaßnahmen) zeigte sich auf annähernd allen Hölzern eine Schimmelpilzbildung (siehe Bild 21), die entfernt werden musste. Gut war zumindest, dass es an den Fachwerkholzern (Eiche) keine langfristigen Schäden gab und die Feuchten dann in einem absehbaren Zeitraum abtrockneten.



Bild 21 Pilzbildung auf den Hölzern nach Abriss des Wärmedämmlehms

### 3.4 Vermögensschaden

Neben den Sach- und Personenschäden können aber auch reine Vermögensschäden bei der energetischen Sanierung entstehen. Die ist z. B. dann der Fall, wenn aufgrund einer falschen energetischen Berechnung oder einer mangelnden Begleitung der Baumaßnahme die Förderkriterien nicht mehr eingehalten werden und es somit z. B. zu einem schlechteren Kreditzins oder einem Wegfall der Förderung kommen kann, was für den Bauherrn einen finanziellen Schaden bedeutet. Ein Beispiel kann hier nach den aktuellen Förderbedingungen der KfW [12] formuliert werden:

- Ein Gebäude wird energetisch verbessert und daraufhin der Effizienzhaus-Standard 85 beantragt.
- Dies ermöglicht einen zinsgünstigen Kredit mit aktuell 0,75 % effektivem Jahreszins, weiterhin einen Tilgungszuschuss von 17,5 % bei maximal 100 000 Euro förderfähigen Kosten je Wohneinheit (= 17 500 Euro).

- Aufgrund mangelhafter Berechnungen oder nicht antragsgerechten Einbaus von Dämmmaßnahmen kann abschließend nur der Standard des Effizienzhauses 100 oder sogar 115 erreicht werden.
- Dies bedeutet einen verminderen Tilgungszuschuss von 15,0 bzw. 12,5 %.
- Der Darlehensumfang erhöht sich in diesem Fall also um 2 500 bzw. 5 000 Euro. (Bei vollständigem Wegfall der Fördervoraussetzung würde der Schaden sogar 17 500 Euro plus Wegfall des besonders geförderten Zinssatzes der KfW belaufen.)
- Obige Zahlen gelten für eine Wohneinheit! Bei Mehrfamiliengebäuden multipliziert sich dieser Fehlbetrag sogar mit der Anzahl der Wohneinheiten.

Die KfW, die im Bereich der energetischen Sanierung der größte Fördergeber in Deutschland ist, hat aufgrund häufiger Beschwerden ein verschärftes Qualitätssicherungskonzept eingeführt, das Plausibilitäts-Checks, Stichprobenkontrollen und Vor-Ort-Kontrollen umfasst. In [13] sind erste Ergebnisse zu den Vor-Ort-Kontrollen 2013 veröffentlicht:

- Insgesamt wurden 420 Vor-Ort-Kontrollen durchgeführt, davon 320 bei KfW-Effizienzhäusern (Neubau und Sanierung) und 100 bei Einzelmaßnahmen (nur Sanierung).
- In knapp 13 % der Fälle des KfW-Effizienzhauses musste eine »Anpassung der Förderung« durchgeführt werden. Dieses bedeutet, dass nicht das ursprüngliche Ziel, aber immerhin noch ein Effizienzhaus-Standard erreicht wird.
- In ca. 3 % der Fälle des KfW-Effizienzhauses ist eine Rückerstattung der Förderung erforderlich, da kein Effizienzhaus-Standard erreicht wird. (Durch Nachbesserungen wird versucht, dies noch zu umgehen.)
- Bei den Einzelmaßnahmen handelt es sich um 180 durchgeführte Maßnahmen.
- Bei ca. 8 % der Fälle werden die Anforderungen nicht erfüllt, sodass eine Rückerstattung der Förderung erforderlich ist.

Diese Ergebnisse zeigen den potenziellen Vermögensschaden, der durch mangelhafte Leistungen des Energieeffizienz-Experten entstehen. Um diese Zahlen zu reduzieren, wird das Qualitätssicherungskonzept der KfW stetig angepasst. Eine spezielle Qualitätssicherung bei der energetischen Sanierung sensibler Bausubstanz (Baudenkmale sowie sonstige besonders erhaltenswerte Bausubstanz) ist mit der Einführung des Energieberaters für Baudenkmale erreicht. Diese Energieberater müssen eine Zusatz-

ausbildung durchlaufen, in der eine Sensibilisierung für die ganzheitlichen Auswirkungen der energetischen Maßnahmen erreicht wird. Gestalterische Aspekte werden dabei genauso wie die Themen Voruntersuchungen, Bauschäden, Nutzereinflüsse oder Simulationsberechnungen behandelt. Die Energieberater für Baudenkmale ([www.energieberater-denkmal.de](http://www.energieberater-denkmal.de)) sind seit Frühjahr 2012 in den KfW-Programmen für sensible Bausubstanz vorgeschrieben. Erfahrungen bei Projekten liegen daher nur in begrenztem Umfang vor. Zurzeit laufen die ersten Verlängerungsverfahren der Anerkennung, bei denen erste Stichproben und Vor-Ort-Kontrollen zu erwarten sein werden.

## 4 Fazit

Die energetische Sanierung birgt eine Vielzahl von Fallstricken. Am Beispiel der Innendämmung, die in den letzten Jahren deutlich häufiger eingesetzt wird, wurde gezeigt, dass besondere Informationen über das zum Gebäude vorliegen müssen, um die Komplexität der bauphysikalischen Zusammenhänge zu erfassen.

Da bei Bestandsgebäuden im Allgemeinen nur begrenzte Informationen vorliegen, sind Voruntersuchungen – insbesondere die Aussagen zur Schlagregenbelastung bzw. zum Schlagregenschutz – von großer Bedeutung.

Werden diese Voruntersuchungen bei energetischen Maßnahmen, die die Anforderungen der EnEV oder die erhöhten Anforderungen von Förderprogrammen erfüllen sollen, nicht bzw. nur reduziert ausgeführt, kann dies zu erheblichen Schäden an Bestandsgebäuden führen. Dies können Sachschäden am Gebäude, damit einhergehend Personenschäden (z. B. durch Schimmelpilzbildung oder andere Schadstoffe im Inneren) und wie das letzte Beispiel gezeigt hat, Vermögensschäden sein.

Für den Planer und den Ausführenden bedeutet dies jedoch erhöhte Anforderungen. Verschiedene Problemsituationen wurden hierzu dargestellt. Es stellt sich aber auch die Frage, wie die Voruntersuchungen hinsichtlich Schlagregen und die zumeist erforderlichen Bauteilsimulationsberechnungen gewährleistet werden können. Und dann stellt sich die Frage, ob eine Hydrophobierung der Fassade wirklich in jedem Fall erforderlich ist.

Energetische Sanierungen können letztlich nur auf der Grundlage der örtlichen Kenntnisse und/oder der hygrothermischen Bauteilsimulation und insbe-

sondere mit ausreichendem Sachverstand beurteilt werden.

## 5 Literatur

- [1] Institut für Bautechnik e. V.: Schäden beim energetischen Bauen und Modernisieren. Forschungsbericht IfB - 11555/2011
- [2] Institut für Bautechnik e. V.: Mängel und Schäden bei Einzelmodernisierungsmaßnahmen. Kurzstudie IfB - 15554/2015 vom 29.06.2015
- [3] Wendler, Eberhard; Snethlage, Rolf: Der Wassereindringprüfer nach Karsten – Anwendung und Interpretation der Meßwerte. Bautenschutz + Bausanierung 12 (1989), Nr. 6, S. 110–115
- [4] Knöfel, Dietbert; Henke, Siegbert; Aschhoff, Peter: Ist die Messung der Wasseraufnahme mit dem Karsten'schen Prüfrohr zuverlässig? Bautenschutz+Bausanierung 6 (1995), Nr. 6, S. 36–41
- [5] Twelmeier, Heiko: Insitu-Messung der Wasseraufnahme an Mauerwerksfassaden. In: Geburtig, Gerd; Gänßmantel, Jürgen (Hrsg): Messtechnik – Der Weisheit letzter Schluss? Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2012, S. 41–60
- [6] Neumann, Hans-Hermann: Möglichkeiten und Grenzen der Messtechnik im Rahmen der Bauzustandsanalyse. In: Geburtig, Gerd; Gänßmantel, Jürgen (Hrsg): Messtechnik – Der Weisheit letzter Schluss? Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2012, S. 61–82
- [7] TUTech Innovation GmbH: Die WA-Prüfplatte nach Franke zur Beurteilung der Wasseraufnahme von Fassaden. URL: <http://www.tuharburg.de/t3resources/bp/PDF/WAPruefplatteneu.pdf> [Stand: 25.08.2015]
- [8] Möller, Ulrich; Stelzmann, Mario: Neue Messmethode zur Bewertung der kapillaren Wasseraufnahme von Fassaden. Wksb 58 (2013), Nr. 69, S. 68–71
- [9] Wendler, Eberhard: Pro und Contra hydrophobierende Tiefenimprägnierung – Erfahrungen aus 35 Jahren Anwendung. In: WTA-Schriftenreihe, Heft 38. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2013, S. 83–104
- [10] Egloffstein, Petra: Ein Schutzschild für die Fassade. Bautenschutz+Bausanierung 36 (2013), Nr. 2, S. 14–17
- [11] Worch, Anatol; Auras, Michael: Innendämmung von einschaligem Ziegelmauerwerk. Hydrophobierung –material- und denkmalrecht? Bausubstanz 3 (2012), Nr. 3, S. 56–61
- [12] KfW: Merkblatt 151/12 Energieeffizient Sanieren – Kredit. URL: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Wohnwirtschaft/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kredit-\(151-152\)/index.html#1](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Wohnwirtschaft/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kredit-(151-152)/index.html#1)
- [13] KfW: Qualitätssicherung. URL: <https://www.kfw.de/KfW-Konzern/Newsroom/Pressematerial/Themenkompakt/EBS/Qualitaetssicherung/> [Stand: 06.08.2015]
- DIN 4108-3:2014-11 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz
- DIN EN 15026:2007-07 Wärme- und feuchte-technisches Verhalten von Bauteilen und Bau-elementen – Bewertung der Feuchteübertra-gung durch numerische Simulation; Deutsche Fassung EN 15026:2007
- DIN EN ISO 15148:2003-03 Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wasserauf-nahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen (ISO 15148:2002); Deutsche Fassung EN ISO 15148:2002
- WTA 6-1:2001 Leitfaden für hygrothermische Simulationsberechnungen
- WTA 6-2:2014-12 Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse
- WTA 6-4:2009-05 Innendämmung nach WTA I – Planungsleitfaden
- WTA 6-5:2014-04 Innendämmung nach WTA II – Nachweis von Innendämmssystemen mittels nu-merischer Berechnungsverfahren
- WTA 8-1:2014-09 Fachwerkinstandsetzung nach WTA I: Bauphysikalische Anforderungen an Fachwerkgebäude
- WTA 8-5:2008-05 Fachwerkinstandsetzung nach WTA V: Innendämmungen

## Autor

Dipl.-Ing. Frank Eßmann  
c/o tha Ingenieurbüro Eßmann  
Wasserkrüger Weg 29  
23879 Mölln  
[info@tha-essmann.de](mailto:info@tha-essmann.de)



# Schadenfall Flachdach

## Zwei Fallbeispiele zur Tauwasserbildung innerhalb der Dachkonstruktion

Ralf Schumacher

**Abstract:** Das Flachdach hat im Allgemeinen keinen guten Ruf. Begründet ist das beispielsweise durch die in früheren Zeiten verwendeten Trägereinlagen aus Rohfilzpappe und durch viele Feuchteschäden in scheinbar belüfteten Flachdächern [1].

Aus bautechnischer Sicht ist die Geringschätzung flacher Dächer unbegründet. Dachkonstruktionen funktionieren sowohl mit als auch ohne Belüftung und ebenso mit geringem Gefälle als auch ohne Gefälle.

Gleichwohl zeigen die beiden ausgewählten Schadensfälle, dass sich Fehler nicht ausschließen lassen. In beiden Fallbeispielen ist der Unsicherheitsfaktor Mensch maßgeblich für den Schaden. Das zweite Beispiel zeigt darüber hinaus, dass durch neue Bauweisen und genauere Nachweisverfahren Regeln modifiziert werden müssen.

„Bauschäden sind Informationsschäden“ [2]. Aus Schaden kann man klug werden, beim Thema Flachdach aus Holz scheint es allerdings etwas länger zu dauern.

### 1 Fallbeispiel 1:

#### Flachdach aus Stahlbeton mit Warmdachaufbau Tauwasserschäden innerhalb der Konstruktion

##### Sachverhalt

Zur Lagerung radioaktiver Abfälle baute man eine etwa 230 m lange, 140 m breite und 17 m hohe Stahlbetonkonstruktion mit einem Flachdach mit innenliegender Entwässerung. Das auf dem Dach anfallende Niederschlagswasser wird nach dem Prinzip der Druckrohrströmung abgeleitet. Im Unterschied zur herkömmlichen Dachentwässerung (Freispiegelentwässerung), fließt das Wasser in vollgeföllten Leitungen durch Unterdruck ab. Innerhalb der Lagerhalle gibt es drei solcher Sammellei-

tungen, die in Längsrichtung angeordnet sind (Abb. 1 bis 3).



Bild 1 : Blick auf einen Teil der insgesamt über 32.000 m<sup>2</sup> großen Dachfläche

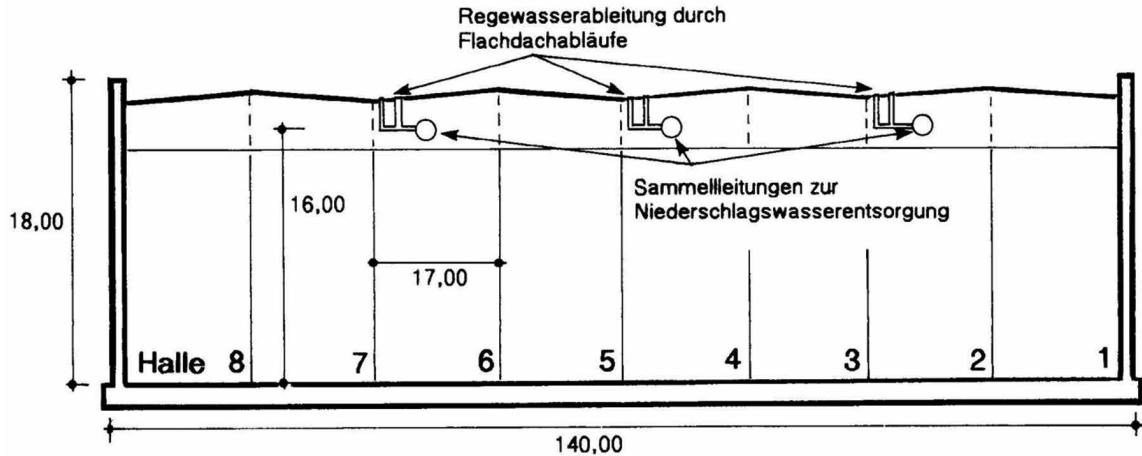


Bild 2 Schnitt durch die Lagerhalle

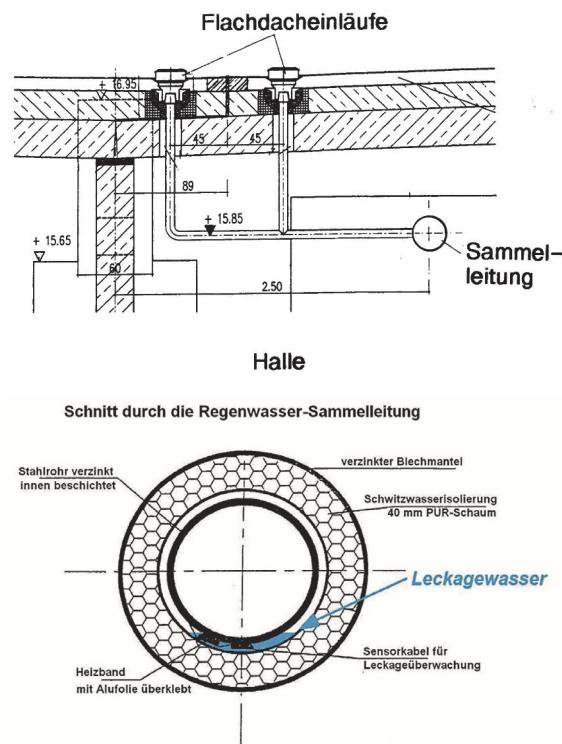


Bild 3 Detail Dachabläufe und Schnitt durch die Regenwasser-Sammelleitung

Das Dach der Lagerhalle ist von oben nach unten folgendermaßen aufgebaut:

- zweilagige bituminöse Dachabdichtung,
- 10 cm Wärmedämmung aus PS-Hartschaum,
- Dampfsperre aus einer Bitumen-Schweißbahn mit Alueinlage,
- 20 cm Ortbeton als Aufbeton,
- 35 cm Deckenplatten aus Stahlbetonfertigteilen.

An jede Sammelleitung sind an insgesamt 19 Stellen je zwei Dachabläufe angeschlossen. Laut Planung wird je Sammelleitung eine Dachfläche von etwa 8.000 m<sup>2</sup> entwässert. Die beiden Randdächer über den Hallen 1 und 8 werden nicht innenliegend entwässert. Hier wird das Niederschlagswasser auf kurzem Wege durch den hochgeführten Dachrand nach außen abgeleitet.

Aufgrund der strengen Sicherheitsvorschriften in der Kerntechnik darf kein Wasser unkontrolliert in das Gebäude gelangen. Man hat deshalb die innerhalb der Lagerhalle verlaufenden Sammelleitungen und sämtliche Anschlussleitungen mit einem Sensorkabel zur Erkennung und räumlichen Ortung von Leckagen ausgerüstet.

Das eingebaute Leckageerkennungs- und Ortungssystem arbeitet nach dem Impulsreflektionsverfahren. Es handelt sich dabei um ein Koaxialkabel (Ø 7 mm), bestehend aus einem Kupfergeflecht (Schirmgeflecht), einem Abstandshalter und dem Innenleiter (Kern). Elektrische Impulse werden wie bei einem Radarsystem auf dem Sensorkabel ausgesendet. Infolge der Kabeleigenschaften entstehen Reflektionen, die digitalisiert und gespeichert werden.

Im fehlerfreien (schadenfreien) Zustand wird vor Beginn der Überwachung ein Echobild des Sensorkabels aufgenommen (Urbild). In der Folgezeit werden die Echobilder mit dem Urbild verglichen und Veränderungen erkannt und lokalisiert. Feuchtigkeit oder Kabelbruch können z. B. zu Veränderungen des elektrischen Widerstandes und zu einem veränderten Reflektionsbild führen.

Anhand von Versuchen wurde festgestellt, dass einzelne Wassertröpfchen nicht ausreichen, um eine Veränderung und damit einen Alarm auszulösen. Erst wenn Wasser in das Koaxialkabel eingedrungen ist und mindestens 0,50 m Kabel füllt, wird Alarm ausgelöst. Das entspricht etwa der Wassermenge eines halben Wasserglases.

Die innenliegende Regenentwässerung besteht aus verzinkten Stahlrohren mit innenseitiger Beschichtung. Auf der Außenseite ist am Tiefpunkt (6-Uhr-Stellung) das Sensorkabel für die Leckageüberwachung angebracht. Direkt daneben befindet sich ein Heizband. Darüber ist eine Aluminiumfolie aufgebracht und um das Rohr gewickelt. Anschließend hat man alle Rohrleitungen verblecht und den Zwischenraum mit einer spritzbaren Wärmedämmung aus Polyurethan (PUR-Ortschaum) als »Schwitzwas serisolierung« gedämmt (Abb. 4).

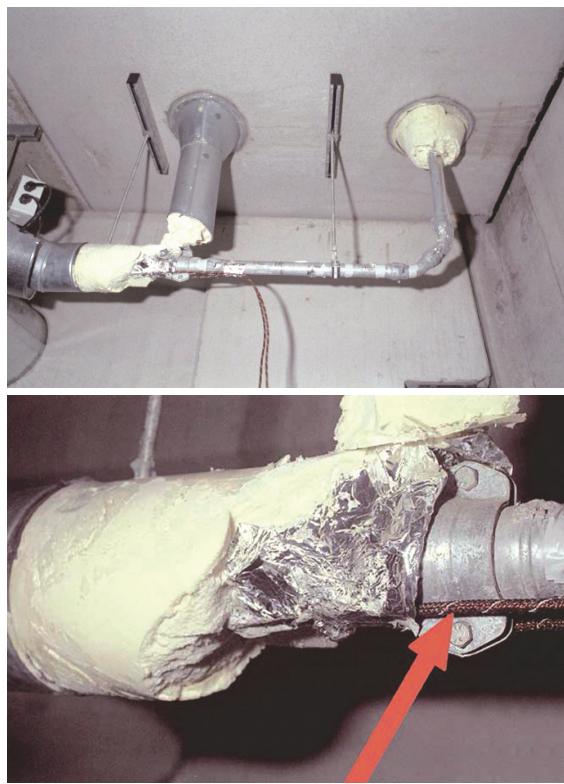


Bild 4 Nach Leckagealarm zur Trocknung freigelegtes Sensorkabel

Der Schaden bestand darin, dass seit Inbetriebnahme der Leckageüberwachung über Jahre regelmäßig Leckagen gemeldet und geortet wurden. Beim Prüfen fand man auch Feuchtigkeit im Sensorkabel, aber die Herkunft des Wassers blieb unerklärlich. Mit zunehmender Durchfeuchtung des Sensorka-

bels ließ die Anzeigegenauigkeit durch die reflektierenden Echobilder nach und der Prüfaufwand nahm zu. Hinzu kam, dass sich die Rohrleitungen mit den Sensorkabeln in 16 bis 17 m Höhe befinden und nur mit einem Hubwagen zugänglich gemacht werden können.

Eine Reparatur, beispielsweise in Form einer Trockenlegung von 1 oder 2 m Sensorkabel, veranschlagte etwa zehn Arbeitsstunden für zwei Fachkräfte. Neben der erschwerten Zugänglichkeit mussten Verblechung, Schaum und Leitungen freigelegt und anschließend wieder ordnungsgemäß verschlossen werden. Durch diese Unannehmlichkeiten war die Nutzung der Halle in erheblichem Maße beeinträchtigt.

Eindeutig und unstreitig war nach den jahrelangen Beobachtungen, dass Wasser in dem geschlossenen System zwischen der Druckrohrentwässerung und der Blechummantelung vorhanden war und sogar auch nach einer Trocknung wieder nachströmte, was zu erneuten Leckageanzeigen führte.

### Schadensursachen

Folgende mögliche Schadensursachen kamen in Betracht:

1. undichte Rohrleitungen der Regenentwässerung
2. Fehlstellen in der Dachabdichtung
3. Restfeuchte unter der Dachabdichtung
4. Restfeuchte im Beton
5. Tauwasserbildung an den Dachabläufen innerhalb des Deckendurchgangs
6. Tauwasserbildung an den Rohrleitungen

Zu 1) wurden Untersuchungen der Rohrleitungen, der Wasserqualität und der Abläufe auf dem Dach vorgenommen. Undichtigkeiten konnten in den Rohrleitungen nicht festgestellt werden. Nach den Untersuchungen schied auch Regenwasser aus.

Zu 2) wurden 24.000 m<sup>2</sup> Dachfläche von außen geprüft und dabei keine Fehlstellen festgestellt.

Zu 3) fand man unter der Dachabdichtung und unter der Dämmsschicht durch stichprobenhafte Öffnungen Restfeuchte aus der Bauzeit. Dieses Wasser konnte jedoch auf der Dampfsperre nicht ablaufen, weil die Dampfsperre dicht an die Dachabläufe angeschlossen war. Ein Zusammenhang zu den Leckagemeldungen bestand deshalb nicht.

Zu 4) ist hier in erheblichen Mengen Restfeuchte aus dem Beton angefallen. Nach Klopfer (vgl. Beton-

Kalender 1996) sind im Beton nach dem Betonieren etwa 80 kg/m<sup>3</sup> Überschusswasser enthalten.

Bei 20 cm Ortbeton sind das:

$$80 \text{ kg/m}^3 \times 0,20 \text{ m} = 16 \text{ kg/m}^2$$

Unmittelbar nach der Herstellung hatte somit der Ortbeton etwa 16 l Überschusswasser je m<sup>2</sup> Dachdecke. Weitere Wassermengen können je nach Witterungsbedingungen hinzugekommen sein. Über dem Ortbeton befindet sich die Dampfsperre, sodass eine Austrocknung nach oben nicht möglich ist. Die enormen Wassermengen können deshalb nur nach innen verdunsten. Rein theoretisch könnte sich bei kühlen Außentemperaturen an der Unterseite der Dampfsperre Tauwasser bilden und im Bereich der Dachdurchdringungen, also im Bereich der Dachabläufe, durch den Deckenquerschnitt in die Halle und in das geschlossene System laufen.

Bauteilöffnungen während der Winterzeit bestätigten, dass zahlreiche Wassertröpfchen an der Unterseite der Dampfsperre vorhanden sind. Somit schien zunächst die Ursache durch Restfeuchte im Beton geklärt zu sein. Bauteilöffnungen von außen im Bereich der Dachabläufe widerlegten jedoch diese mögliche Schadensursache, weil an keiner Stelle Anzeichen von Tröpfchenbildung oder Laufspuren erkennbar waren.

Gravimetrische Feuchtemessungen von Betonkerzen zeigten darüber hinaus, dass der Aufbeton nur noch geringe Mengen Restfeuchte aufwies und somit für die anhaltende Wasserbildung im Ortungssystem nicht verantwortlich sein konnte. So mit konnte auch Restbaufeuchte aus dem Beton als Schadensursache ausgeschlossen werden.

Zu 5) sollten laut Planungsvorgabe die Dachabläufe durch so genannte »Isolierkörper« sowohl seitlich als auch an der Unterseite gedämmt sein. Das war nur bedingt der Fall. Seitlich wurde Dämmung vorgefunden, an der Unterseite nicht. Hier lag eine Schadensursache vor, die darin bestand, dass Luft im Deckendurchgang an der Unterseite der Dachabläufe kondensieren konnte und die dabei austretenden Wassertropfen in das geschlossene System der verbleichten Rohrleitungen gelangten.

Zu 6) sollten laut Planung alle Leitungen der Regenentwässerung, so wie in der Schnittzeichnung dargestellt, vollständig gedämmt und mit einem Blechmantel umgeben sein (Abb. 4). Das ist nach stichprobenhaften Prüfungen unterhalb des Daches auch so gemacht worden. Die Forderung nach der vollständigen Dämmung der Rohrleitungen galt jedoch auch für die Deckendurchgänge. Sie mussten

laut Planung ebenfalls vollständig ausgeschäumt sein. Dies war jedoch in der üblichen Arbeitsweise von vornherein unmöglich, weil die Deckendurchgänge nach oben luftdicht durch das Verkleben der Dampfsperre und der Dachabdichtung verschlossen sind. Nach Öffnen der Deckendurchgänge konnte man mit Hilfe von Rauchpatronen feststellen, dass aufgrund der Thermik in der Halle Rauch in die Deckenöffnungen strömte und nach dem Abkühlen aus den Öffnungen wieder heraus kam. Die Deckendurchgänge sind ungedämmt und nach oben zum Dach hin luftdicht abgedichtet (Abb. 5).



Bild 5 Öffnung des Deckendurchgangs von innen

**Schadensursächlich war die fehlende Dämmung des Deckendurchgangs und der Unterseite der Dachabläufe.**

Wäre, so wie vorgesehen, der Deckendurchgang hohlraumfrei gedämmt, hätte es nicht zu einer Tauwasserbildung an der Unterseite der Dachabläufe und der angrenzenden Rohrleitungen kommen können. Maßgeblich für das ständig wiederkehrende Kondensat auch nach Trockenlegung der weiterführenden Leitungen war die im Deckendurchgang eingeschlossene Luft (Abb. 6).

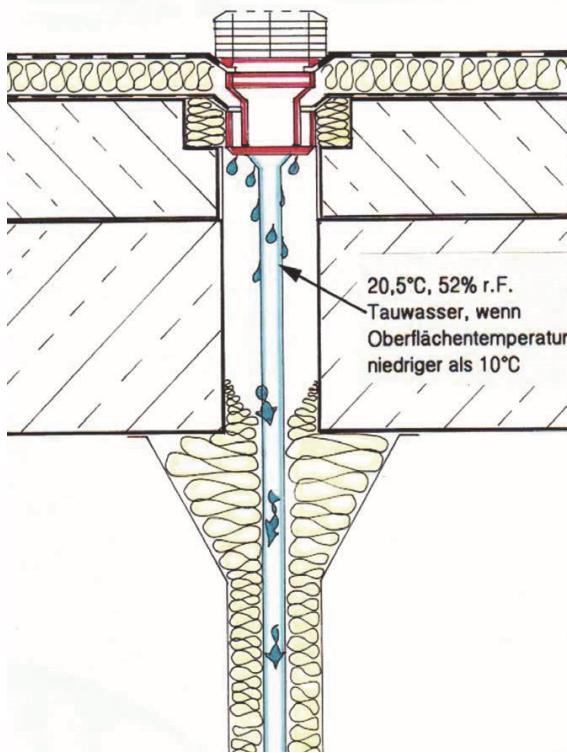


Bild 6 Tauwasserbildung im Deckendurchgang

### **Das Phänomen der wiederkehrenden Feuchtigkeit erklärt sich durch den Lufthohlraum, der mit kühlen Bauteilen in Kontakt steht.**

Der Schaden war vorhersehbar: Die geplante Verschäumung des Deckenhohlraums konnte von vornherein nicht funktionieren, weil sich ein mit Luft gefüllter Deckendurchgang ohne Entlüftungsöffnungen nicht verschäumen lässt. Die dafür notwendigen Entlüftungsöffnungen gab es aber nicht. In der Horizontalen hatte man jeweils in der Verblechung eine Öffnung für das Verschäumen und in Schäumrichtung die nächste Öffnung zum Entweichen der Luft bzw. zur Kontrolle der eingebrachten Verschäumung. Diese zweite Entlüftungs- und Kontrollöffnung fehlte systembedingt bei allen Deckendurchgängen. Die Verschäumung von der Deckenunterseite gelang deshalb nur zu einem minimalen Teil soweit, wie sich die eingeschlossene Luft im Deckendurchgang durch den expandierenden Schaum zusammendrücken ließ. Die Planungsvorgabe war von vornherein falsch, was vom Isolierer vor Ort hätte erkannt und mitgeteilt werden müssen. Alle 114 Deckendurchgänge waren in mehr oder weniger gleichem Ausmaß nicht ausgeschäumt, sondern hohl (Abb. 6).

Langzeitmessungen ergaben, dass sich unterhalb der Decke während eines Jahres Temperaturen von

17,5 bis 23,5 °C einstellten. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 52 % unterhalb der Decke und einer gemittelten Temperatur von 20,5 °C beträgt die Taupunkttemperatur der Luft 10,3 °C. Mit anderen Worten: Wurde die eingeschlossene Luft im Deckenhohlraum auf 10,3 °C abgekühlt, fiel Tauwasser aus. Dieser Abkühleffekt trat immer ein, wenn die Außentemperaturen soweit absanken oder dann, wenn sich beispielsweise durch Regen oder Schnee der Ablauftopf und die Rohrleitungen auf eine Oberflächentemperatur von etwa 10 °C abkühlten.

Nach dem Abkühlen der Luft mit Tauwasserausfall verringert sich die Temperatur. Die Luft verliert dadurch an Volumen und es entsteht im Deckendurchgang ein Unterdruck (Gasdruckgesetz). Weder die Umwicklung mit Aluminiumfolie noch der PUR-Ortschaum noch die Blechummantelungen mit den zahlreichen Fugen waren absolut luftdicht. Insofern konnte infolge der Unterdruckbildung durch feinste Ritzen und Spalten Luft in den Deckenhohlraum so lange nachströmen, bis der Unterdruck ausgeglichen war. Überlagert wird dieser Vorgang durch den Tauwasserausfall und das Abfließen des Kondensates. Dadurch ändert sich die Masse des eingeschlossenen Gases und der Partialdruck sinkt. Es kommt folglich auch zu einem Wasserdampfausgleich durch Diffusion, beispielsweise durch die angrenzenden Betonschichten. Beide sich überlagernde Vorgänge »Luftkonvektion« und »Wasserdampfdiffusion« erzeugten eine Art »Saugeffekt«, wodurch immer wieder neue Luft in die Deckenhöhlräume kam. So ließ sich erklären, dass immer wieder neue »Leckagen« bzw. Kondensatausfälle auftraten, sogar dort, wo man die Leitungen bereits trockengelegt hatte.

Das wiederholt anfallende Kondensat konnte auf der Außenseite der senkrechten Druckrohre der Schwerkraft folgend in das geschlossene System laufen und dort in die Sensorkabel gelangen. Anschließend kam es bestimmungsgemäß zum Alarm.

### **Schadensbehebung**

Sämtliche 114 Deckendurchgänge mussten nachträglich von der Halle aus hohlräumfrei verschäumt werden. Dies gelang nach einigen Experimenten an Modellen, indem man während des Schäumes zusätzlich ein Entlüftungsröhrchen am höchsten Punkt des Deckendurchganges vorhielt. Dadurch konnte während des Expandierens des Schaumes die Luft entweichen (Abb. 7 und 8).

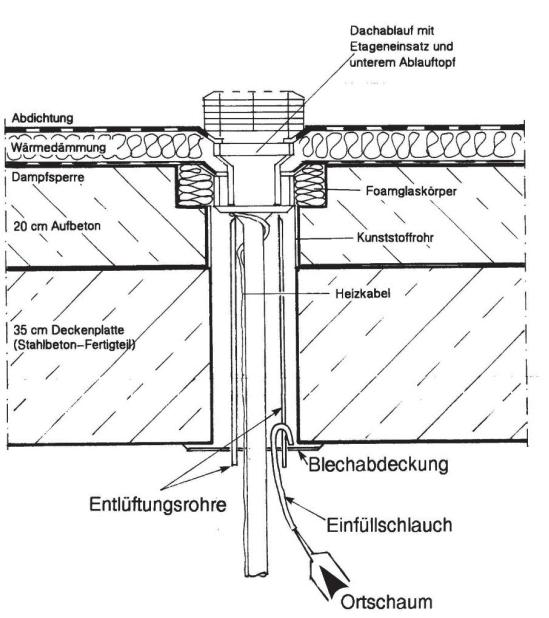


Bild 7 Erst nach Einbau von Entlüftungsröhrchen lässt sich der Hohlraum vollständig ausschäumen.

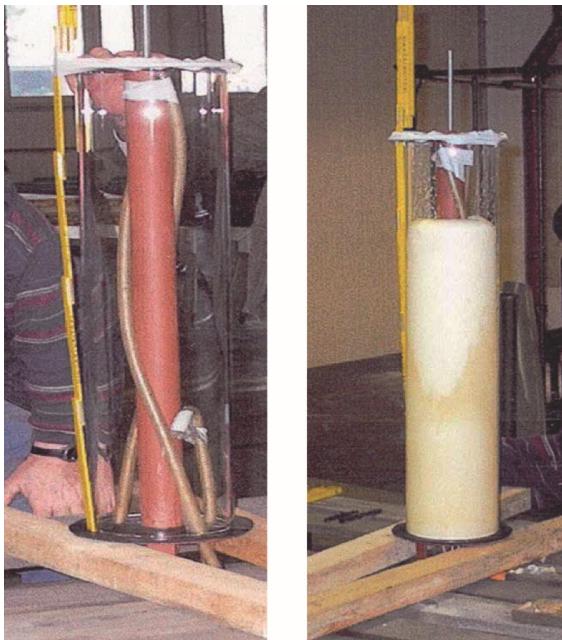


Bild 8 Schäumversuche im Labor

## 2 Fallbeispiel 2:

### Flachdach aus Holz (Warmdach) Versagen der Tragkonstruktion durch Restfeuchte

#### Sachverhalt

Eine 2002 errichtete Wohnungseigentumsanlage besteht aus sechs dreigeschossigen Niedrigenergiehäusern als Reihenmaisonethäuser mit Penthousewohnungen (Abb. 9). Etwa zwei bis drei Jahre nach Fertigstellung fiel bei Wartungsarbeiten auf den flach geneigten, extensiv begrünten Pultdächern auf, dass der Untergrund beim Begehen stellenweise weich, nachgiebig und durchhängend war. Im Rahmen einer gerichtlichen Beweissicherung wurden zunächst einige stichprobenhafte Öffnungen und anschließend systematische Freilegungen auffälliger Stellen vorgenommen mit dem Ergebnis: Die Holzkonstruktion der Pultdächer war in weiten Bereichen bereits vollständig verfault.



Bild 9 Ansichten der unbelüfteten Flachdächer aus Holz mit extensiver Begrünung

Die Gebäude sind in massiver Bauweise errichtet worden mit tragenden Wänden aus Kalksandstein und Geschossdecken aus Stahlbeton. Die beiden unteren Geschosse sind außen mit einem Wärmedämm-Verbundsystem versehen. Darüber hat man die außen liegende Dämmung mit einer Deckelschaltung aus Holz bekleidet. Die Pultdächer haben eine Dachneigung von etwa 5° und bestehen aus einer unbelüfteten Holzkonstruktion mit einer Abdichtung aus Kunststoffbahnen.

Der Dachaufbau beschreibt sich von oben nach unten folgendermaßen:

- Begrünung aus einer extensiven Vegetationsschicht,
- etwa 8 cm Substrat (Vegetationstragschicht),
- etwa 2 bis 3 mm dickes Vlies als Trenn- und Schutzlage,
- etwa 1,5 mm dicke Abdichtungsbahn aus PVC mit  $s_d$  ca. 30 m,
- etwa 1 mm dickes Vlies als Trennlage,
- 2,5 mm dicke Bitumen-Dachbahn (V 13) mit  $s_d$  ca. 100 m als Notabdichtung,
- 2,8 cm dicke gespundete Bretter als Dachschalung,
- Dachsparren (6/20 cm) mit dazwischen liegender Mineralfaserdämmung,
- etwa 0,25 mm dicke PE-Folie als Dampfbremse und Luftdichtheitsschicht mit  $s_d$  ca. 100 m,
- 12,5 mm dicke Gipskartonplatten (GKB) als unterseitige Dachbekleidung.

Die Dachschalung war in Teilbereichen vollständig verfault und zerfallen (Abb. 10). Die Sparren wiesen ebenfalls Fäulnisschäden auf. Feuchtemessungen ergaben, dass ihr Wassergehalt von raumseitig etwa 18 % nach außen hin zunahm bis auf Werte von 30 bis 50 %. Es zeigte sich folgendes Schadensbild:

- Durchfeuchtung, Schwammbefall und Fäulnis von Schalung und Dachsparren,
- Verlust der Tragfähigkeit der Schalung,
- Gefährdung der Tragfähigkeit der Dachsparren,
- Gefährdung der Dachabdichtung durch Versagen des tragenden Untergrundes und infolgedessen
- Gefahr des Wassereindringens durch Versagen der Dachabdichtung bei mechanischer Belastung.



Bild 10 Öffnung der Dachabdichtung mit der verfaulten Holzschalung

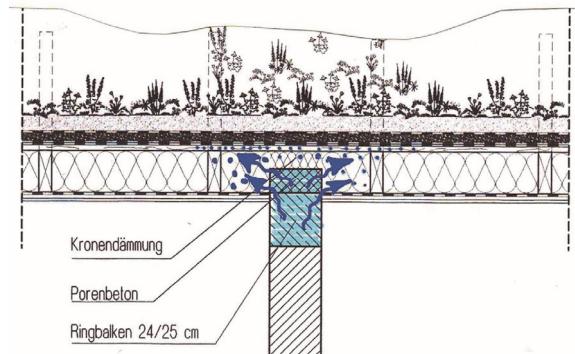


Bild 11 Schnitt durch die Wohnungstrennwand, Restfeuchte aus der Wand gelangt in das Dach

## Schadensursachen

Folgende mögliche Schadensursachen kamen in Betracht:

- Wasser von außen
  - Durchwurzelungen
  - Fehlstellen in der Abdichtung
- Wasser von innen
  - fehlende Luftdichtheit
  - fehlerhafte Dampfbremse
  - Wasserdampf-Flankenübertragung
- Restfeuchte innerhalb der Konstruktion
  - Wasseraufnahme während der Bauzeit
  - zu hohe Einbaufeuchte

Wassereindringen von außen konnte ausgeschlossen werden, weil im Zuge der Bauteilöffnungen weder Durchwurzelungen noch Fehlstellen in der Abdichtung festgestellt wurden. Es war auch an keiner Stelle Wasser nach innen in die Wohnräume gedrungen. Außerdem zeigten das Schadensbild und die Ergebnisse der Feuchtemessungen, dass Kondensatbildung innerhalb des Dachaufbaus schadenssächlich war.

Wassereindringen von innen konnte ebenfalls ausgeschlossen werden. Die Luftdichtheitsschicht aus der PE-Folie war im Bereich der Öffnungsstellen überwiegend dicht verklebt. In Verbindung mit der geschlossenen raumseitigen Bekleidung aus Gipskartonplatten konnte man von einer weitestgehend guten Luftdichtheit ausgehen. Gegen eine Auffeuchtung von innen sprachen vor allem der Zeitpunkt und der Umfang des Schadens. Weder die extrem hohen Wassergehalte im Holz noch die Fäulnisschäden lassen sich bei einer solchermaßen optisch dichten Deckenbekleidung innerhalb weniger Jahre erklären.

Das Schadensausmaß lässt sich auch nicht durch Dampfdiffusion erklären, weil die gewählte PE-Folie mit einem Sperrwert von etwa 100 m nahezu dicht ist. Sie war darüber hinaus flächig eingebaut und zum Zeitpunkt der Bauzeit auch noch regelgerecht, heißt entsprechend der Wärmeschutznorm DIN 4108-3. Diese Bauweise entsprach zwar auch 2002 schon nicht mehr den anerkannten Regeln der Technik. Schadensursächlich war die Dampfbremse hier jedoch nicht.

Eine Wasserdampf-Flankenübertragung ist theoretisch über die in die Dachkonstruktion einbindenden Wände denkbar. Eine solche »Flankenübertragung« ist im Wärme- und Schallschutz bekannt. Klopfer hatte dazu 1997 in der Bauschäden-Sammlung Band 11 ausgeführt: »*Diese Hypothese haben einige Bauphysiker angezweifelt. Ich selbst habe mit einigen einfachen Berechnungen nachgewiesen, dass eine flankierende Wasserdampfdiffusion in den Wänden wesentlich mehr Wasser in den Raum zwischen Dampfbremse und Unterdach gelangen lässt, als die direkte Wasserdampfdiffusion durch die wenig durchlässige Dampfbremse, und dass die Flankendiffusion tatsächlich auch die beobachteten Kondensatmengen liefern kann.*«

Die Wasserdampf-Flankendiffusion kann theoretisch mit zunehmender Anzahl von Jahren zu einer Feuchteanreicherung im Dachquerschnitt führen. Sie konnte hier nicht ausgeschlossen werden, aber sie war nicht maßgeblich, weil der Schaden bereits wenige Jahre nach Fertigstellung auftrat.

Restfeuchte innerhalb der Konstruktion war hier maßgeblich. Das vollständige Verfaulen der Dachschalung und die gemessenen hohen Wassergehalte in den Sparren ließen sich nur durch den Einbau von viel zu feuchtem Bauholz erklären. Sparren und Dachschalung waren zwischen zwei dichten Schichten eingebaut, sodass quasi eine »Wasserfalle« vorlag. Die Dachabdichtung aus der PVC-Bahn war zwar relativ diffusionsoffen, aber durch die zusätzlich eingebauten Schichten gab es keine Austrocknungsmöglichkeiten nach außen oder nach innen.

Die hier gemessenen extrem hohen Wassergehalte ließen sich nur dadurch erklären, dass Holz mit einer viel zu hohen Einbaufeuchte verwendet worden ist. Eine weitere denkbare Auffeuchtung durch Niederschläge während der Bauzeit bleibt als weitere Ursache bestehen. Anwohner aus der Nachbarschaft wiesen darauf hin, dass Bauholz auch während der Regenperioden ungeschützt gewesen sei. Wetterdaten wurden jedoch nachträglich nicht

recherchiert, weil es im Rahmen des gerichtlichen Beweisverfahrens darauf nicht ankam.

### Schadensursächlich war ein viel zu hoher Wassergehalt der Holzbauteile.

Im Sinne der Holzbaunorm DIN 1052-1 in der Fassung von 1988 galt, dass die Einbaufeuchte der Ausgleichsfeuchte entsprechen sollte. In der DIN 1052-1 von 1988 gab man für die Gleichgewichtsfeuchte folgende Wassergehalte an:

- für allseitig geschlossene Bauwerke
  - mit Heizung:  $(9 \pm 3) \%$
  - ohne Heizung:  $(12 \pm 3) \%$
- bei überdeckten, offenen Bauwerken:  $(15 \pm 3) \%$

In der Holzschutznorm DIN 68800-2 werden die vorbeugenden baulichen Maßnahmen im Hochbau geregelt. Die zum Zeitpunkt der Errichtung gültige Ausgabe von 1996 legt fest:

»*Holz und Holzwerkstoffe sind mit möglichst dem Feuchtegehalt einzubauen, der während der Nutzung als Mittelwert zu erwarten ist.*

...

*Wird Holz ohne chemischen Holzschutz mit einer Holzfeuchte von mehr als 20 % eingebaut, dann muss sichergestellt werden, dass die Holzfeuchte  $u \leq 20\%$  innerhalb einer Zeitspanne von höchstens sechs Monaten und ohne Beeinträchtigung der gesamten Konstruktion erreicht wird, z.B. durch Wahl eines ausreichend diffusionsoffenen Bauteilquerschnitts.*

...

*Andere Bau- und Dämmstoffe innerhalb des Bauteilquerschnitts sind so einzubauen, dass daraus keine Gefährdung für die angrenzenden Hölzer oder Holzwerkstoffe entsteht.*

...

*Eine unzuträgliche Feuchterhöhung von Holz und Holzwerkstoffen als Folge hoher Baufeuchte (direkte Feuchteinwirkung oder indirekte aus hoher relativer Luftfeuchte) ist zu verhindern.«*

Auch DIN 18334 »Zimmer- und Holzbauarbeiten« forderte 2002, dass Bauschnithölzer mit einer Holzfeuchte von höchstens 20 % einzubauen sind.

Insofern hat man hier in mehrfacher Hinsicht gegen die im Holzbau geltenden Regelwerke verstößen.

## Schadensbeseitigung

Alle Dachflächen mussten vollständig frei geräumt werden, um das durch Pilz geschädigte Holz auszubauen. Bei den Sparren entschied man in Abhängigkeit vom Zustand der Fäulnis, ob chemische Holzschutzmaßnahmen oder Auswechselungen in Betracht kamen. Nach Abschluss des selbständigen Beweisverfahrens wurde bei allen sechs Baukörpern die jeweils etwa 240 m<sup>2</sup> große Dachfläche komplett erneuert und umgebaut. Die Sparren erhöhte man um 8 cm und baute Lüftungsöffnungen an First und Traufe ein. Somit entstanden nach der Mängelbeseitigung acht Jahre nach Fertigstellung der Wohnanlage etwa 500.000 € Kosten, um aus den unbelüfteten Pultdächern belüftete Konstruktionen zu machen.

## Schadensvermeidung

Der Schadensfall hätte vermieden werden können:

- Es hätten nur technisch getrocknete Holzprodukte mit Wassergehalten von maximal 15 % eingebaut werden dürfen.
- Es hätte während der Bauzeit peinlichst genau darauf geachtet werden müssen, dass keine Auffeuchtung durch Niederschläge stattfindet.
- Die in die Dachkonstruktionen einbindenden Trennwände mit Ringbalken und Ausmauerung mit Porenbeton hätten dampfdicht abgedeckt sein müssen, damit die Restfeuchte aus der einbindenden Wand nicht in den Dachraum gelangt.
- Vor dem Schließen der Konstruktion hätte die Holzfeuchte durch die Bauleitung geprüft werden müssen.

Unabhängig von dem Schaden ist die Konstruktion selbst mangelhaft, weil sie bereits 2002 nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprach. Man wusste bereits damals, dass diese Bauweise in hohem Maße risikobehaftet ist, weil Holzbauteile zwischen zwei dichten Schichten in einer »Wasserraffe« gefangen sind und keine ausreichenden Trocknungsmöglichkeiten bestehen. Restfeuchte oder kleinste Undichtigkeiten an der Ober- oder Unterseite der Dachdecke stellen die Funktionsfähigkeit der gesamten Konstruktion in Frage.

Inzwischen hat man auch von Seiten der Wärmeschutznorm reagiert: Mit der im November 2014 herausgegebenen DIN 4108-3 ist das beidseitig dichte Flachdach aus Holz nicht mehr nachweisfrei zulässig.

## 3 Wegfall der 100 m-Regel

### Die Wärmeschutznorm

Die Wärmeschutznorm DIN 4108 zählt zu den Hauptsäulen des Wohnungsbaus. In der Erstausgabe von 1952 hieß es:

*»Ausreichender Wärmeschutz ist Voraussetzung für die Schaffung gesunder und behaglicher Räume.«*

Ziel der Norm war es, neben der früher noch angebrochenen „Kohlenersparnis“ (Fassung 1960), vor allem Anforderungen für hygienische Raumverhältnisse aufzustellen. In der Fassung von 1960 wurde noch darauf hingewiesen, dass ein Atmen der Wände nicht stattfindet und deshalb aus hygienischen Gründen eine gewisse Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf erwünscht ist, man sprach von so genannten Pufferschichten. Andererseits empfahl man zum Schutz der Bauteile den Einbau einer Dampfsperre. So hieß es in DIN 4108 von 1960:

*»Um das Eindringen der von dieser Schicht (Pufferschicht) bei hohem Feuchtigkeitsgrad der Raumluft aufgenommenen Wasserdampfmenge ins Innere der Bauteile zu verhindern, kann die Anordnung einer unmittelbar anschließenden möglichst wasserdampfundurchlässigen Schicht (Dampfsperre) zweckmäßig sein, besonders bei mehrschichtigen Wänden.«*

Ziel des Wärmeschutzes war seit jeher auch Schutz vor Tauwasser (Kondenswasser):

*»Möglichkeiten zur Vermeidung von Tauwasser im Inneren der Bauteile sind:*

- *Verringerung der relativen Luftfeuchtigkeit (z. B. durch gute Lüftung) ...*
- *Vergrößerung des Dampfwiderstandes auf der warmen Seite (z. B. durch Einbau von Dampfsperrschichten) ...*
- *Verringerung des Dampfwiderstandes auf der kalten Seite der Wände (z. B. sodass die kalte Seite verdunstungsfähig ist) ...«*

In der DIN 4108 »Wärmeschutz im Hochbau« in der Ausgabe von 1969 wird der Grundstein für den raumseitigen Feuchtigkeitsschutz von Flachdächern wie folgt festgelegt:

*»Bilden Flachdächer mit wasserundurchlässiger äußerer Haut (Dachpappe o.ä.) gleichzeitig die Decke von Räumen mit hoher Luftfeuchtigkeit, so besteht die Gefahr von Tauwasserbildung im Inneren*

*des Daches, weil die als Dampfsperre wirkende Dachpappe das Fortleiten des Wasserdampfes nach außen behindert. In solchen Fällen ist das **Anordnen einer Dampfsperre auf der Innenseite des Daches** – bei massiven Flachdächern ggf. zwischen Betonplatte und der Wärmedämmsschicht – erforderlich ...»*

**1981** erscheint die Norm vollständig überarbeitet und erweitert in fünf Teilen. Teil 3 befasst sich mit dem klimabedingten Feuchteschutz. Mit normierten Klimabedingungen und einer festgelegten Tau- und Verdunstungsperiode konnte man nun mit Hilfe des in Teil 5 beschriebenen Glaser-Verfahrens Diffusionsberechnungen durchführen. Ein solcher Diffusionsnachweis war nicht erforderlich bei bestimmten Außenwand- und Dachkonstruktionen. Zu den nicht belüfteten Dächern, für die kein Tauwassernachweis erforderlich ist, gehören:

*„Dächer mit einer Dampfspeorschicht ( $s_d \geq 100 \text{ m}$ ) unter oder in der Wärmedämmsschicht ...“*

**Von 1981 bis 2014 ist die 100 m-Regel fest in der DIN 4108-3 verankert.**

2001 wird die Normenreihe DIN 4108 umbenannt in »Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden«. Der Teil 3 »Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung« hält unverändert daran fest, dass kein Tauwassernachweis erforderlich ist, wenn die 100 m-Regel eingehalten ist.

*»Folgende nicht belüftete Dächer bedürfen keines rechnerischen Nachweises:*

- *nicht belüftete Dächer mit nicht belüfteter Dachdeckung und einer raumseitigen diffusionshemmenden Schicht mit einer wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicke  $s_{di} \geq 100 \text{ m}$  unterhalb der Wärmedämmsschicht.«*

In einer Anmerkung heißt es zwar, dass bei diffusionshemmenden äußeren Schichten erhöhte Baufeuchte oder auch später eingedrungene Feuchte nur schlecht oder nicht austrocknen kann, aber das galt nur für das nicht belüftete Dach mit Dachdeckungen. Somit ist im Streitfalle klar geregelt, dass sich die Anmerkung nur auf das Steildach und nicht auf das Flachdach mit Dachabdichtungen bezieht. Aus technischer Sicht gilt die Anmerkung natürlich auch für das unbelüftete Dach.

Der Tauwassernachweis befindet sich seit 2001 im Anhang A zu DIN 4108-3. Dort heißt es mit Bezug auf das Glaser-Verfahren:

*»Dieses Verfahren ist nicht anwendbar bei begründeten Dachkonstruktionen sowie zur Berechnung des natürlichen Austrocknungsverhaltens, wie z. B. im Falle der Abgabe von Rohbaufeuchte oder aufgenommenem Niederschlagswasser. Für solche Fälle wird auf die Literaturhinweise [8], [9], [10] und [11] verwiesen.«*

Damit ist gesagt, dass es, wie die Literaturquellen zeigen, bereits andere Rechenverfahren gab, die Feuchtetransportvorgänge besser, heißt realistischer berechnen als das mit dem Verfahren nach Glaser möglich ist. An der Nachweisfreiheit für das nach der 100 m-Regel gebaute unbelüftete Flachdach ändert das nichts.

Erst die Neufassung von DIN 4108-3 von November **2014** ändert die bis dahin geltende 100 m-Regel. Dort heißt es zum Tauwassernachweis:

*»Folgende nicht belüftete Dächer bedürfen keines rechnerischen Nachweises:*

- b) *nicht belüftete Dächer mit Dachabdichtung:*
- 1) *nicht belüftete Dächer mit Dachabdichtung und einer diffusionshemmenden Schicht mit  $s_{di} \geq 100 \text{ m}$  unterhalb der Wärmedämmsschicht, wenn sich weder Holz noch Holzwerkstoffe zwischen der Dachabdichtung und  $s_{di}$  befinden.«*

Somit hat sich durchgesetzt, was seit vielen Jahren in diversen Veröffentlichungen vorgetragen worden ist. Außerdem verweist DIN 4108-3 bezüglich der Belange des konstruktiven Holzschutzes auf die DIN 68800-2.

## Die Fachliteratur

Bonk und Arnd hatten in einem ähnlichen Schadensfall im Tagungsband des Frankfurter Bausachverständigentages 2004 deutlich gemacht, dass ein solchermaßen dampfdichtes Dach zwar noch der DIN 4108-3 entspricht, aber nicht zu empfehlen ist. Dort heißt es [2]:

*»Eine Dampfbremse mit einem, wie in DIN 4108 bisher geforderten  $s_d$ -Wert von  $\geq 100 \text{ m}$  kann selbst bei sorgfältigster Abdichtung nicht verhindern, dass an einbindenden Wänden oder an Durchdringungen Wasserdampf in die Konstruktion eindringt. Die eingedrungene Feuchtigkeit kann dann im Sommer, wenn sich das Dampfdruckgefälle umkehrt, aufgrund des hohen  $s_d$ -Wertes nicht ausdiffundieren. Aus diesem Grund wird als guter Kompromiss zwischen winterlichem Tauwasserschutz und sommerli-*

cher Austrocknung eine Folie mit einem  $s_d$ -Wert von 2 m empfohlen.«

Ähnlich schreibt auch Liersch in [2]:

»Die nur geringe Trocknungsintensität von nicht belüfteten Flachdächern wird dann besonders problematisch, wenn ungeplante Feuchtigkeitsmengen die Holzbauteile im Dachquerschnitt zusätzlich belasten.«

Künzel berichtete bereits 1997 über die Vorteile einer Trocknungsreserve beim dampfdichten Dach, wenn statt der herkömmlichen eine feuchteadaptive Dampfbremse eingebaut wird [3]. Er betont, dass die variable Dampfbremse keinen mangelnden Regenschutz oder unzureichende Luftdichtheit kompensieren kann. Sie stellt somit keine Alternative zu einer sorgfältigen Verarbeitung dar.

1998 warnt Künzel, dass die normgerechte Ausführung mit der 100 m-Regel nicht praxisgerecht ist. Sein Bericht [4] bezieht sich zwar auf Steildächer, aber die Bauphysik gilt gleichermaßen für das unbelüftete Flachdach. So heißt es in [4]:

»Eine nachträgliche Sparrevollwärmung kann zwar mit Hilfe einer Dampfsperre ( $s_d \geq 100$  m) **normgerecht**, aber nicht **praxisgerecht** ausgeführt werden, da bereits vorhandene Feuchte bzw. durch Fehlstellen oder einbindende Bauteile eindringende Feuchte langfristig im Dach gefangen bleibt und Schäden verursachen kann. Deshalb ist es vorzuziehen, mit Dampfbremsen zu arbeiten, deren  $s_d$ -Wert im Bereich von 1 bis 2 m liegt, damit die eventuell vorhandene Feuchte zum Raum hin austrocknen kann.«

Mohrmann berichtet in zwei Schadensfällen 2007, wie wichtig das Konstruieren mit geringen Dampfsperrwerten ist. Baumängel können damit jedoch nicht ausgeglichen werden [5].

Winter kommt in einem Bericht über die Zuverlässigkeit von unbelüfteten Konstruktionen 2009 zu dem Schluss [6]:

»Je diffusionsoffener der Gesamtquerschnitt ist, umso robuster ist die Konstruktion.«

2008 erscheint eine von Schmidt und Winter erarbeitete ausführliche Schrift über Flachdächer in Holzbauweise [7]. Darin wird von der Verwendung einer wie hier vorgestellten unbelüfteten Holzkonstruktion entsprechend der 100 m-Regel wegen des hohen Schadensrisikos grundsätzlich abgeraten.

Unter der Rubrik »Schwachstellen« schreibt Oswald 2009 in [8]:

»Seit Jahren zeigen unbelüftete Holzdächer schwere Schäden. Eine Ursache ist in den Regelwerken zu finden, die den Planer fehlleiten. Dampfdicht einge-

packte Holzkonstruktionen sind zwar wasserdampfdiffusionstechnisch „nachweisfrei“ – leider aber sehr häufig auf Dauer nicht schadensfrei. Der Planer sollte daher die Problematik genau kennen.«

Auch Borsch-Laaks weist mehrfach auf die Risiken bei unbelüfteten Holzkonstruktionen mit Dachbegrünungen hin. In einem Schadensfall kam es unter anderem zu einer Beregnung während der Bauzeit, die zu einer zusätzlichen Feuchteanreicherung der Holzbauteile führte. In der Folge verfaulte die Konstruktion [9].

Nusser, Teibinger und Bednar berichten 2010 über die messtechnischen Ergebnisse bei Flachdächern aus Holz mit Sparrevollwärmung [10]:

»Sehr hohe innenseitige Diffusionswiderstände für nicht belüftete Dachaufbauten mit außenseitiger Folienabdichtung sind aufgrund der so geschaffenen Feuchtefallencharakteristik als kontraproduktiv anzusehen.«

In [11] berichten die drei Autoren über die messtechnischen Ergebnisse bei extensiv begrünten Dächern gleicher Konstruktion:

»Aufgrund der geringen sommerlichen Umkehrdiffusion der Gründächer kommt es zu erhöhten Luftfeuchten im Gefach. Dies führt beim Gründach mit Mineralwollledämmung zu erhöhten Materialfeuchten. Das Gründach mit Zellulosedämmung weist diese erhöhten Materialfeuchten hingegen weniger stark auf. Trotz der teilweise langandauernden hohen Feuchtelasten im Gefach der beiden Gründächer konnten weder Schimmel- noch holzzerstörende Pilze in diesen entdeckt werden.«

Gleichwohl weisen die Autoren darauf hin, dass wegen der durch die Begrünung begründeten verminderten Trocknungsbedingungen ein höheres Gefährdungspotential besteht, wenn es raumseitig zu Leckagen kommt.

Weitere Schadensfälle zum Thema und wertvolle Hinweise für die fachgerechte und vor allem auch sichere Planung und Ausführung von unbelüfteten Holzdächern befinden sich in [12].

2011 schreibt Borsch-Laaks, dass es notwendig ist, einige alte Zöpfe der bisherigen Dampfdiffusionsnachweise abzuschneiden und Nachweisregeln für eine fortgeschrittene bauphysikalische Bemessung zu entwickeln [13]:

»Die »klassische« Reaktion auf äußere Dampfdichtheit in Holzbaukonstruktionen war (und ist leider immer noch) laut DIN 4108-3 und den Dachdeckerfachregeln der Einsatz von Dampfsperren mit  $s_d$ -

*Werten von 100 m und mehr auf der Innenseite. Anscheinend ist der Diffusionswiderstand in den Köpfen derer, die keine Holzbaudesigner sind, immens. Bereits seit über zehn Jahren wird sowohl von führenden Bauphysikern als auch von verantwortungsvollen Holzsachverständigen gefordert, dass das Verdunstungspotential der sommerlichen Umkehrdiffusion genutzt werden muss, um Trocknungsreserven für die konvektiven Belastungen zu schaffen (vgl. Künzel 1999).«*

Dem Planer empfiehlt Borsch-Laaks die von Holzsachverständigen und Bauphysikern [12] entwickelten sieben goldenen Regeln für ein nachweisfreies Flachdach [13]:

### Die 7 goldenen Regeln für ein nachweisfreies Flachdach

(bei normalem Wohnklima nach EN 15026 bzw. WTA Merkblatt 6-2)

1. Es hat ein Gefälle  $\geq 3\%$  vor bzw.  $\geq 2\%$  nach Verformung.
2. Es ist dunkel (Strahlungsabsorption  $a \geq 80\%$ ), unverschattet.
3. Es hat keine Deckschichten (Bekiesung, Gründach, Terrassenbeläge).
4. Es hat eine feuchtevariable Dampfbremse und
5. keine unkontrollierbaren Hohlräume auf der kalten Seite der Dämmschicht.
6. Es hat eine geprüfte Luftdichtheit.
7. Es wurden vor dem Schließen des Aufbaus die Holzfeuchten von Tragwerk und Schalung ( $u \leq 15 \pm 3\text{ M-}\%$ ) bzw. Holzwerkstoffbeplankung ( $u \leq 12 \pm 3\text{ M-}\%$ ) dokumentiert.

### Die Holzschutznorm

In der aktuellen Holzschutznorm DIN 68800-2 (Ausgabe 2012) werden im Anhang A Beispiele für Konstruktionen beschrieben, bei denen die Bedingungen der Gebrauchsklasse GK 0 erfüllt sind, sodass kein chemischer Holzschutz erforderlich ist. Bild A.20 stellt das vollgedämmte, nicht belüftete Flachdach auf Schalung dar. Vorgaben sind eine Dachneigung von mindestens  $2^\circ$  bzw.  $3\%$ . Die Dachelemente müssen werkseitig vorgefertigt werden und Installationen sind raumseitig der Luftpflanzung zu führen. Weiterhin ist gefordert, dass die Verschattungsfreiheit auf Dauer baurechtlich sichergestellt sein muss. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich folgender Schichtenaufbau von oben nach unten:

- dunkle Dachabdichtung (schwarz bzw. Strahlungsabsorption  $\geq 80\%$ )

- Schalung aus trockenem Holz oder Holzwerkstoffen
- Deckenbalken aus technisch getrocknetem Holzprodukt mit  $u \leq 15\%$
- Mineralischer Faserdämmstoff zwischen den Deckenbalken mit Verwendbarkeitsnachweis
- Feuchtevariable Dampfbremse mit  $s_d \geq 3\text{ m}$  bei  $\leq 45\%$  relative Luftfeuchte
- und  $1,5\text{ m} \leq s_d \leq 2,5\text{ m}$  bei  $70\%$  relative Luftfeuchte.
- Raumseitige Bekleidung oder Beplankung mit  $s_d \leq 0,5\text{ m}$ .

Weicht die Konstruktion davon ab, ist ein Tauwassernachweis nach DIN 4108-3 (Glaser-Verfahren) oder nach DIN EN 15026 (hygrothermisches Simulationsverfahren) durchzuführen. DIN 68800-2 fordert allerdings zur Berücksichtigung eines möglichen konvektiven Feuchteintrags und möglicher erhöhter Anfangsfeuchte eine zusätzliche rechnerische Trocknungsreserve von mindestens  $250\text{ g/m}^2\text{a}$  bei Dächern. Mit diesem Sicherheitsaspekt ist die Holzschutznorm der DIN 4108-3 wieder ein Stück voraus.

Zöller hält dagegen auch unter Berücksichtigung der Trocknungsreserve gemäß Holzschutznorm die Konstruktion für nicht ausreichend fehlertolerant und risikobehaftet. Er empfiehlt deshalb ausreichend dimensionierte Lüftungsebenen unter dem Dach oder Aufdachdämmungen einzubauen [14].

## 4 Aus Bauschäden lernen

Fallbeispiel 1 zeigt:

- Auch komplexe Schadensfälle lassen sich durch eine systematische Vorgehensweise bei der Ursachenfindung aufklären.
- Auch die scheinbar sichersten Bauweisen können misslingen. Trotz besten Voraussetzungen mit einwandfreiem Material, mehrfach geprüften Planunterlagen, gesicherten Bauabläufen und Kontrollen können Fehler auftreten.
- Bei anspruchsvollen Konstruktionen werden sich Fehler kaum vermeiden lassen, weil Menschen Fehler machen, ungenau arbeiten oder nicht vorhersehbare Ereignisse Probleme schaffen.
- Hohlräume in Dachkonstruktionen können als Feuchtequelle wirken, wenn sie mit kühlen Oberflächen in Berührung kommen. Sie haben nicht nur bei der hier beschriebenen massiven Konstruktion zu schwerwiegenden Folgen geführt, sondern können sich baustoffbedingt vor

allem im Holzbau schädigend auswirken. Konsequenz ist dort die 5. von den 7 goldenen Regeln für das nachweisfreie Flachdach aus Holz.

Fallbeispiel 2 zeigt:

- Holzkonstruktionen sind baustoffbedingt sensibler als massive Konstruktionen.
- Fehler lassen sich nicht vermeiden (vgl. Fall 1). Im Holzbau muss deshalb noch sorgfältiger und sicherer, heißt fehlertoleranter, gebaut werden als im Massivbau.
- Alte, scheinbar unumstößliche Regeln im Flachdachbau ( $s_{di} \geq 100$  m) sitzen in den Köpfen der Bauschaffenden fest, auch dann, wenn die Regel ihre Gültigkeit bereits lange verloren hat.
- DIN-Normen sind, ebenso wie andere Regelwerke auch, weder statisch gleichbleibend noch müssen sie in jedem Punkt richtig sein. Jeder sollte sein eigenes Tun deshalb immer wieder hinterfragen, denn die Anwendung technischer Regeln schützt weder vor Schäden noch vor Haftungsansprüchen.
- Bei diesem Fallbeispiel lagen extrem grobe Fehler vor, zudem war die gewählte Konstruktion trotz ihrer Übereinstimmung mit der DIN 4108-3 von vornherein ungeeignet, weil sie schon bei kleineren Fehlern versagt.

**Fazit:**

Das Flachdach im Allgemeinen und insbesondere das unbelüftete Flachdach aus Holz ist und bleibt eine besonders anspruchsvolle Konstruktion.

## 5 Literatur

- [1] Schumacher, R.: Das Flachdach – besser als sein Ruf?, Der Bausachverständige 1/2015
- [2] Schumacher, R., Ruhnau, R.: Bauschadensfälle Band 6, Der besondere Schadensfall, 39. Frankfurter Bausachverständigentag, Fraunhofer IRB Verlag 2004
- [3] Künzel, H. M.: Untersuchungen an unbelüfteten Blechdächern, Aachener Bausachverständigentage 1997, Tagungsband, Hrsg. Rainer Oswald, Bauverlag 1997
- [4] Künzel, H. M.: Außen dampfdicht, vollgedämmt? Die rechnerische Simulation gibt Hinweise zu dem Feuchteverhalten außen dampfdichter Steildächer, Bauen mit Holz 8/1998

- [5] Mohrmann, M.: Feuchteschäden beim Flachdach, Holzbau – die neue quadriga 3/2007
- [6] Winter, S.: Ist Belüftung noch aktuell? Zur Zuverlässigkeit unbelüfteter Wand- und Dachkonstruktionen, Aachener Bausachverständigentage 2009, Tagungsband, Hrsg. Rainer Oswald. Bauverlag 2009
- [7] Informationsdienst Holz/Holzabsatzfonds (Hrsg.): Flachdächer in Holzbauweise. Heft 555 (10-2008)
- [8] Oswald, R.: Fehlgeleitet. Unbelüftete Holzdächer mit Dachabdichtungen, db 7/2009
- [9] Borsch-Laaks, R.: Akute Einsturzgefahr! Ein Feuchteschaden bei einem flach geneigten Dach mit Begrünung. Holzbau – die neue quadriga 4/2010
- [10] Nusser, B., Teibinger, M., Bednar, T.: Messtechnische Analyse flach geneigter hölzerner Dachkonstruktionen mit Sparrenvolldämmung – Teil 1: Nicht belüftete Nacktdächer mit Folienabdichtung. Bauphysik 32 (2010), Heft 3
- [11] Nusser, B., Teibinger, M., Bednar, T.: Messtechnische Analyse flach geneigter hölzerner Dachkonstruktionen mit Sparrenvolldämmung – Teil 2: Nicht belüftete, extensiv begrünte Dächer mit Zellulose- und Mineralwollgedämmung, Bauphysik 32 (2010), Heft 4
- [12] Tagungsband 2. Internationaler Holz(Bau)Physik-Kongress: Holzschutz und Bauphysik am 10. und 11.02.2011 in Leipzig
- [13] Borsch-Laaks, R.: Bauphysik für Fortgeschrittene, Bemessungsregeln für flach geneigte Dächer, Holzbau – die neue quadriga 5/2011
- [14] Zöller, M.: Flachdächer aus Holz – Neue Regeln und trotzdem Probleme?, IBR 7/2015

## Autor

- Dipl.-Ing. Ralf Schumacher,  
ö.b.u.v. Sachverständiger für Schäden  
an Gebäuden sowie Wärme-, Feuchte-  
und Schallschutz

Pogeez/Lübeck  
Tel.: 04541/858322  
Fax: 04541/858344  
e-mail: sv-schumacher@t-online.de



# Schadenfall Innenabdichtung

## Badezimmer Abdichtung

*Joachim Schulz*

### 1 Erscheinungsbild

Niveaugleiche Duschräume mit Fliesenbelag oder bodengleiche Duschwannen liegen derzeit im Trend.

So schön und praktisch sie besonders aufgrund ihrer Barrierefreiheit auch erscheinen, so hoch ist die Schadensanfälligkeit im Hinblick auf Feuchtigkeits-schäden.

Keine oder falsche Planung und eine nicht fachge-rechte Bauausführung führen oftmals zu eklatanten Schäden, welche zur Schadensbeseitigung in einem kompletten Rückbau der fehlerhaften Konstruktion münden.

Das Schadensrisiko von niveaugleichen Duschräu-men, welche vollständig mit einem Fliesenbelag belegt sind, lässt sich einfach minimieren. Die Ab-dichtung erfolgt hier »wannenförmig« unter dem Fliesenbelag (siehe Skizze 02).

Die weitaus größere Schadensanfälligkeit besteht bei bodengleichen Duschwannen. Diese Fertigele-mente werden in eine dafür vorgesehene Vertie-fung im Fußbodenaufbau (siehe Skizze 01) einge-setzt, in der sich eindringendes Wasser ansammeln kann. Mit einem Wassereintritt ist hier immer zu rechnen, da die meist mit Acryl ausgeführten An-schlussfugen zwischen Fertigteil und Bodenbelag keine dauerhaft abdichtende (d. h. wasserdichte) Wirkung haben.

Es gilt grundsätzlich: **Eine elastische Verfugung ist keine Abdichtung!**

In der Praxis musste ich feststellen, dass es **keinen** Hersteller von Duschwannen gibt, der anhand einer Einbau- bzw. Verarbeitungsanleitung die erforderli-che Fußbodenabdichtung, speziell in den An-schlusspunkten, (insbesondere als eine Ausführungsplanung) richtig darstellt.

Die im Internet angebotenen Videos zum Thema Badabdichtung, vor allem bodengleicher Dusch-wannen, sind teilweise abenteuerlich und entspre-chen nicht den anerkannten Regeln der Technik, insbesondere nicht den DIN-Normen.

Gern würde ich mich hier eines Besseren belehren lassen.

Aufgrund der Häufigkeit von Baufehlern bezüglich der Badabdichtung, welche mir in meiner Sachver-ständigkeit begegnen, und meiner eigenen Erfahrung als Dozent, liegt ebenso die Vermutung nahe, dass es bei dieser Thematik grundlegende Defizite in der Lehre (Hochschulen, Ausbildung von Handwerkern) geben muss.

### Bodengleiche Duschwannen

Fast jede Woche muss ich feststellen, dass Bade-zimmer mit bodengleichen Duschwannen vorgese-hen, aber baukonstruktiv nicht im Sinne einer Aus-führungsplanung »geplant« wurden und dass die Bäder, wenn überhaupt, falsch abgedichtet wurden.

In einem konkreten Fall eines Neubaus mehrerer Bäder gab es einen Architekten, einen Innenarchi-tekten sowie einen TGA-Planer. **Keiner** dieser Fach-planer fühlte sich verantwortlich, keiner hatte die

Abdichtung der Nassbereiche geplant bzw. mit den anderen koordiniert.

Statt Verantwortung zu übernehmen, die vertraglichen Vereinbarungen genau zu kennen und eine baukonstruktive Lösung zu finden, um dem Bauherrn ein fehlerfrei geschuldetes Bauwerk zu übergeben, hieß es u. a.: »*Genauso wurde das andere [...] Bauvorhaben ausgeführt.*«

Diese Aussage begegnet mir sehr häufig, auch in abgewandelter Form (»*Wir machen das schon immer so.*«), und ist dabei in den meisten Fällen alles andere als ein Indiz für eine mangelfreie Werkleistung.

Mit dem Architektenvertrag wurde zwischen dem Bauherrn und Architekten Folgendes vereinbart:

- Durcharbeitung der Ergebnisse der Entwurfs- und Genehmigungsplanung unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter bis zur **ausführungsreifen Lösung**,
- zeichnerische Darstellung des Objekts mit **allen** für die Ausführung notwendigen Einzelangaben, z. B. endgültige, vollständige Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen in den Maßstäben 1:50 bis 1:1,
- **Erarbeitung der Grundlagen für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten und Integrierte Beiträge bis zur ausführungsreifen Lösung,**
- Fortschreiben der Ausführungsplanung während der Objektausführung.

Somit gab es eine eindeutige vertragliche Festsetzung bezogen auf die Verantwortlichkeit der baukonstruktiven Planungsaufgaben.



Bild 1 Bodengleiche Duschwanne



Bild 2 Fußbodenabdichtung



Bild 3 Vertiefung zur Aufnahme der Duschwanne



Bild 4 Fehlende seitliche Aufkantung

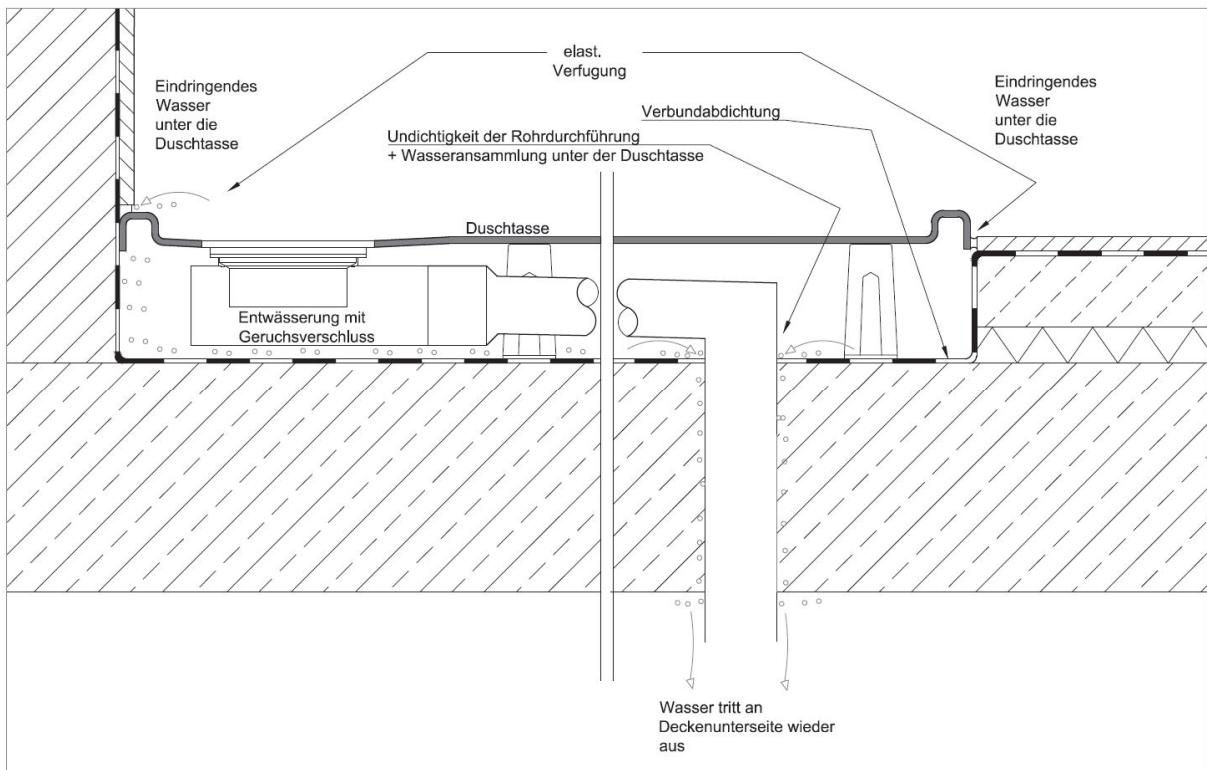


Bild 5 Schematische Skizze der ausgeführten Badkonstruktion

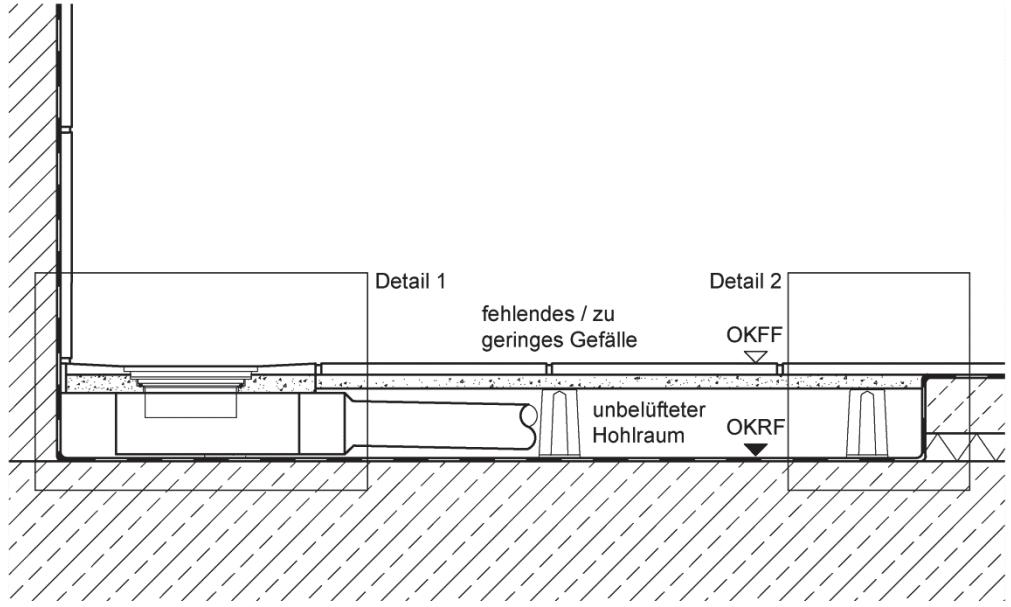
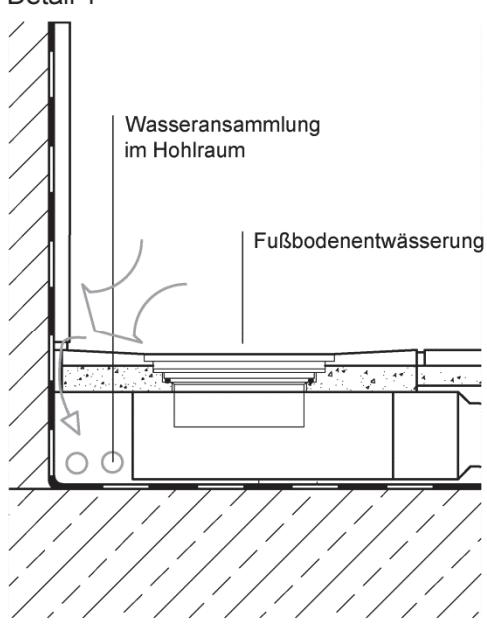
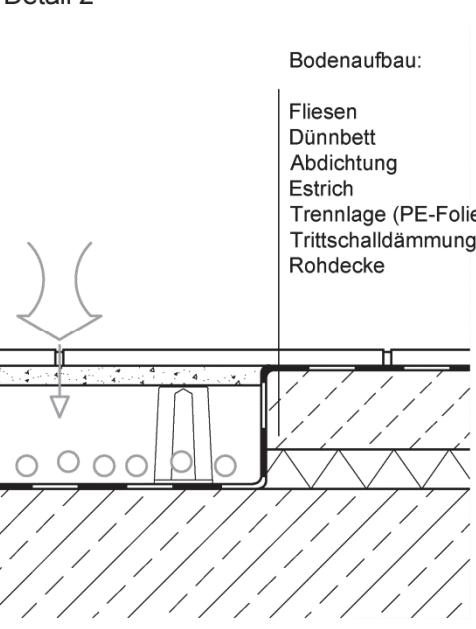
### Bodengleiche, geflieste Duschbereiche

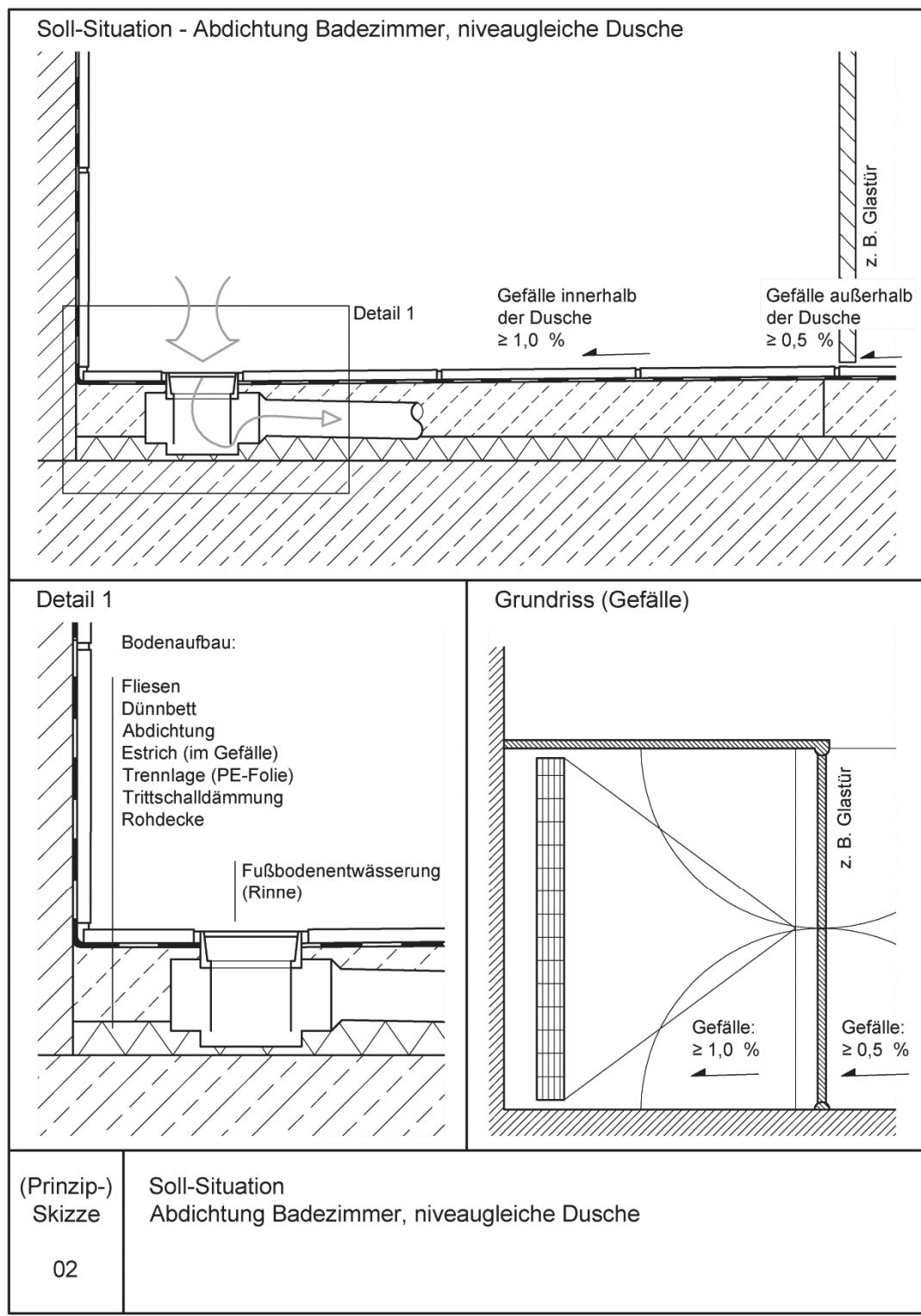


Bild 6 Niveaugleiche Dusche mit Fliesenbelag



Bild 7 Fußbodenabdichtung ohne seitliche Aufkantung

Ist-Situation - Abdichtung Badezimmer, niveaugleiche Dusche	
 <p>Detail 1</p> <p>fehlendes / zu geringes Gefälle</p> <p>unbelüfteter Hohlraum</p> <p>Detail 2</p> <p>OKFF</p> <p>OKRF</p>	
 <p>Wasseransammlung im Hohlraum</p> <p>Fußbodenentwässerung</p>	<p>Bodenaufbau:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fliesen</li> <li>Dünnbett</li> <li>Abdichtung</li> <li>Estrich</li> <li>Trennlage (PE-Folie)</li> <li>Trittschalldämmung</li> <li>Rohdecke</li> </ul> 
<p>(Prinzip-) Skizze</p> <p>01</p>	<p>Ist -Situation</p> <p>Abdichtung Badezimmer, Einbau vertieft</p> <p>Eindringendes Wasser im Hohlraum unter der Dusche kann weder ablaufen noch verdunsten.</p>



## 2 Gutachterliche Stellungnahme

Bei dem dargestellten Fall liegen Planungs-, Bauleitungs- und Ausführungsfehler vor. Dass grundsätzlich eine mangelhaft ausgeführte Leistung vorhanden ist, zeigte sich bei den nachfolgenden Undichtigkeiten, welche unmittelbar nach der Fertigstellung des Objektes im darunterliegenden Raum auftraten.



Bild 8 Wasserflecken an abgehängter Decke



Bild 9 Wasserflecken an Ablauf (unter abgehängter Decke)

Bodengleiche Duschbereiche müssen folgende Punkte aufweisen:

- »wannenförmige« Abdichtung zwischen aufgehender Wand und Boden(d. h. **auch** im Tür- bzw. Laibungsbereich),
- ein deutliches Gefälle im Duschbereich zur Fußbodenentwässerung,
- Fußbodenentwässerung mit dauerhaftem Anschluss an die Fußbodenabdichtung.

Sinnvoll ist es zudem, dass die Oberkante des Fliesenbelags (im Türbereich) ca. 0,5 cm **tiefer** liegt als der angrenzende Raum. So kann ein »Überschwappen« von Wasserlachen auf den Nebenraum vermieden werden. Besonders bei gewerblich genutzten und täglich intensiv zu reinigenden Badezimmern (Hotels) ist eine solche Konstruktion zu empfehlen.

Da Fliesenfußböden eine Mindestschichtdicke des Estrichs erfordern, kann dieser nur eingeschränkt dünn ausgeführt werden. Dies ist bei der notwendigen Gefälleplanung zwingend vor der Bauausführung zu berücksichtigen. Entsprechend der notwendigen Fußbodenauflauhöhe, welche sich aus der Mindestestrichdicke und dem notwendigen Gefälle ergibt, müssen der Rohbau oder die angrenzenden Fußbodenaufläufen angepasst werden. Es können u. a. nachfolgende Maßnahmen vorab geplant werden:

- eine dünnerne Stahlbetondecke im Bad (gemäß Statik in der Regel möglich)
- oder Absenkung, d. h. Versatz der Rohdecke.

Um die Baukosten zu reduzieren und einen reibungslosen Bauablauf aller Gewerke zur Herstellung eines Badezimmers zu gewährleisten, sind die Planung und die darauf aufbauende Koordinierung durch den Architekten zwingend notwendig. Nur mit dem Bewusstsein über die notwendigen Fußbodenaufläufen können teure »Umbaumaßnahmen« und Missverständnisse innerhalb des Bauprozesses vermieden werden.

Die Ausführung einer elastischen Fuge zwischen Bade- bzw. Duschwanne und Wand stellt **keine** Abdichtungsmaßnahme dar. Mit Fugenprofilen oder elastischen Fugenfüllstoffen geschlossene Fugen sind **nicht dauerhaft wasserdicht**. Natürlich übernimmt eine frisch gespritzte Acryl- oder Silikonverfugung für eine gewisse Zeit eine abdichtende Wirkung, jedoch kommt es schon nach wenigen Jahren zum Versagen dieser Eigenschaft. Von außen ist das Eindringen des Wassers durch die Verfugung dann nicht wahrnehmbar. Bei der täglichen Nutzung der Dusche kann in dem geschlossenen Raum unter der Wanne keine Rücktrocknung und kein Ablaufen des sich ansammelnden Wassers stattfinden. Dringt nun stetig Wasser durch die Fuge in die Wannenkonstruktion ein, kommt es zwangsläufig zu Feuchteschäden, welche in den meisten Fällen zu einer vollständigen Sanierung des Boden- und Wandbereichs des Badezimmers führen.

Ein »Vordenken« in der Ausführungsplanung des Architekten ist also zwingend erforderlich. In den anzufertigenden Details sind **alle Angaben** für die Ausführung erforderlich, auch unter Berücksichtigung der TGA-Planung.

Jedem Bauleiter oder jeder ausführenden Firma wird dringend empfohlen, vor Ausführung die Badplanung, insbesondere die Detailplanung der Abdichtung, zu prüfen. Fehlen erforderliche »ein-deutige und erschöpfende« Angaben, sind beim Bauherrn sofort schriftlich Bedenken anzumelden.

Die Wichtigkeit dieser baukonstruktiv notwendigen Planung und die Haftbarkeit des Planers bezüglich der Badabdichtung soll mit den nachfolgenden Auszügen aus **Gerichtsurteilen** verdeutlicht werden.

#### **Beispiel 1:**

»Führt eine schlecht abgedichtete Stelle in einer **Duschkabine** zu einem Gebäudeschaden, so muss dafür die Leitungsversicherung des Vermieters zahlen. Nicht zuständig dafür seien der Mieter oder gar seine Hausratsversicherung.«

(Auszug aus dem Gerichtsurteil des Amtsgerichts Düsseldorf, AZ 42 C 9839/01)

Das bedeutet, dass sich im Schadensfall der Vermieter/Bauherr zukünftig an seinen Architekten bzw. die ausführende Firma wenden wird.

#### **Beispiel 2:**

1. *Im Rahmen der Ausführungsplanung ist ein stetiger Austausch zwischen Objektplaner und TGA-Planer erforderlich.\*)*

2. *Der TGA-Planer hat als Spezialist die fachspezifischen Gefahren der von ihm geplanten Einrichtungen abzuschätzen und ihnen durch gezielte Maßnahmen entgegenzuwirken. Hierzu hat er die Ausführungspläne des Architekten kritisch im Hinblick auf seine fachspezifischen Anforderungen zu bewerten und darauf zu achten, dass diese Anforderungen berücksichtigt werden. Der Objektplaner hat seinerseits die Fachleistungen zu koordinieren und in seine Planung zu integrieren.\*)*

3. *TGA-Planer und Objektplaner haften für Planungsfehler als Gesamtschuldner, weil ihr Zusammenwirken notwendig ist, um eine Grundlage für die Ausführung des Bauwerks zu schaffen.\*)*

»Zur Absicherung gegen unter die Duschwanne gelangendes Wasser hätte ein separater Bodeneinlauf von der Beklagten vorgesehen werden müssen. Der Sachverständige beruft sich zu Recht auf die

*DIN 1986 Teil 1 (Ausgabe Juni 1988), Abschnitt, 5.2.3, die zum Zeitpunkt der Beauftragung der Beklagten den anerkannten Regeln der Technik entsprach. Danach müssen Sanitärräume in Gebäuden, die ständig für einen größeren Personenkreis bestimmt sind (z. B. Hotels, Schulen) einen Bodenablauf mit Geruchsverschluss erhalten.«*

*»Dem trägt auch die aktuellere DIN 1986-100 dadurch Rechnung, dass sie in dem Abschnitt 8.2.1. einen Bodenablauf fordert für Sanitärräume in Gebäuden, die für einen wechselnden Personenkreis (z. B. Hotels, Schulen, Sportstätten etc.) bestimmt und zugänglich sind.«*

*»Es bedarf keiner Entscheidung, welche DIN zum Zeitpunkt der Abnahme der Leistung der Beklagten die anerkannten Regeln der Technik abbildete, denn Hotelbäder werden sowohl von einem größeren als auch einem wechselnden Personenkreis genutzt und sind hoher Beanspruchung ausgesetzt.«*

(Auszüge aus dem Gerichtsurteil des OLG Düsseldorf, Urteil vom 25.10.2012 - 5 U 162/11)

#### **Beispiel 3:**

1. *Den Architekten trifft im Rahmen der ihm übertragenen Bauüberwachung eine erhöhte Überwachungspflicht, wenn es sich um Bauabschnitte bzw. Bauleistungen handelt, die besondere Gefahrenquellen mit sich bringen, wie dies etwa bei Abdichtungs-, Dämmungs- und Dachdeckerarbeiten der Fall ist. Das gilt auch dann, wenn bestimmte Bauarbeiten in Eigenleistung ausgeführt werden.*

2. *Ein Architekt, der Überwachungsleistungen pflichtwidrig nicht oder bewusst nicht ordnungsgemäß erbringt, muss dies dem Auftraggeber spätestens bei der Abnahme der Bauüberwachungsleistungen offenlegen. Andernfalls handelt er arglistig.*

3. *Erkennt der Architekt gravierende Ausführungs mängel trotz zahlreicher Baustellenbesuche nicht, spricht dies zwar dafür, dass der Architekt seinen Überwachungspflichten nicht nachgekommen ist. Der Architekt kann diesen Beweis des ersten Anscheins allerdings dadurch ausräumen, dass er darlegt und beweist, was er an Überwachungsmaßnahmen geleistet hat.*

(Auszug aus dem Gerichtsurteil des OLG Frankfurt, Urteil vom 30.10.2012 - 6 U 181/11)

Die hier erwähnte »erhöhte Überwachungspflicht« bei »Gefahrenquellen« ist selbstverständlich bei der Bauleitung notwendig, lässt sich aber auch sinngemäß auf die reine Planungsleistung übertragen. Nur

so lassen sich während des Bauprozesses auftretende Mangelpunkte im Vorhinein vermeiden.

### 3 Vorbeugung

Nach den Bauordnungen der Bundesländer sind Bauwerke und Bauteile so anzutragen, »dass durch Wasser, Feuchtigkeit [...] sowie andere chemische, physikalische oder biologische Einflüsse Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen.«

Durch Feuchtigkeit beanspruchte bauliche Anlagen wie z. B. Bäder, insbesondere bei bodengleichen Duschen, sind deswegen gegen Durchfeuchtungen zu schützen.

Verbundabdichtungen haben sich für Bäder bewährt. Diese müssen »wannenförmig« – auch im Türbereich – ausgeführt werden. Als Planungshinweis ist hierbei speziell das ZDB-Merkblatt »Verbundabdichtungen« zu berücksichtigen. Hier werden Verarbeitungshinweise gegeben und prinzipiell Anschlusspunkte wie Wand/Fußboden oder Bodenabläufe dargestellt.

Bei niveaugleichen Duschen ist ein Gefälle (!) zum Fußbodeneinlauf erforderlich. Dies ist in der Regel nur möglich, wenn sich die Badezimmer-Rohdecke »verjüngt«, d. h. tiefer liegt als die angrenzenden Räume. Darauf ist bereits bei der Planung zu achten..

### 4 Allgemeine Empfehlungen

Grundsätzlich sollte die Dusche (hoch beanspruchter Bereich) möglichst weit entfernt von der Eingangstür geplant werden. Diese Tür muss außerhalb des Spritzwasserbereichs der Dusche liegen.

Badezimmer mit niveaugleichen Duschen müssen abgedichtet werden, d. h. folgende Maßnahmen sind zu treffen:

- Niveaugleiche Duschen sollten mit einer bodentiefen Glastür vom Raum getrennt werden und darüber hinaus um ca. 5–10 mm **tiefer** als das Badezimmerniveau bzw. angrenzende Flure/Räume eingebaut werden.
- Wannenförmige Abdichtungen sind in der Regel als Verbundabdichtungen auszuführen, insbesondere bei feuchtigkeitsempfindlichen Untergründen (z. B. Holz, Holzwerkstoffe, Gipswerkstoffe, Calciumsulfatestrichen etc.).

Zur Vermeidung von Haftungsrisiken muss der Planer seinem Auftraggeber die Vor- und Nachteile der zur Diskussion stehenden Ausführungsvarianten erläutern.

Der Planer muss diese Erläuterungen dokumentieren. Nur so kann er vermeiden, für einzelne Nachteile seiner Planung selbst dann zu haften, wenn diesen Nachteilen vom Bauherrn gewünschte Vorteile gegenüberstehen.

Besonders aufgrund der erst nach Jahren eintretenden Schäden, welche hohe Beseitigungskosten mit sich bringen, bedarf es einer fachgerechten Planung und Ausführung der Abdichtungsarbeiten in einem Badezimmer.

### Autor

Dipl.-Ing. Joachim Schulz, ö.b.u.v. Sachverständiger,  
[www.IGS-Schulz.de](http://www.IGS-Schulz.de)

**Tabelle 1: Merkblatt, DIN-Normen**

	Richtlinie/Norm	Ausgabe	Abs.	Text
1	<b>Verbundabdichtungen</b> ZDB-Merkblatt Jan. 2010  Hinweise für die Ausführung von flüssig zu verarbeitenden Verbundabdichtungen mit Bekleidungen und Belägen aus Fliesen und Platten für den Innen- und Außenbereich			<p><b>Trennschienen:</b> „Für das Befestigen der Schiene sind ggf. im Estrich Aussparungen vorzusehen. Die Schienen sind mit Reaktionsharz oder anderen geeigneten Werkstoffen zu befestigen oder zu vergießen.“</p> <p><b>Die Flächenabdichtungen sind an Trennschienen in Türdurchgängen mit Gewebe, Vlies oder Folien anzuschließen oder mit Abdichtungsstoffen einzudichten.</b></p> <p><b>Türen:</b> Die Abdichtung im Bereich von Türen ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen (z. B. Türzargen <u>nach</u> Ausführung der Verbundabdichtung einbauen).</p> <p><b>Badewannen und Duschwannen:</b> Bei feuchteempfindlichen Umfassungsbauteilen oder Verlegeuntergründen sowie Beanspruchungsklassen A und C ist die <u>Flächenabdichtung auch unter und hinter Wannen erforderlich</u> und vom Planer gewerbeübergreifend vorzusehen oder die Abdichtung durch andere geeignete Maßnahmen (z. B. Dichtbänder für den Wannenanschluss) sicherzustellen. Die Ausführung einer elastischen Fuge zwischen Badewanne/Duschwanne und Wand <u>stellt keine Abdichtungsmaßnahme dar</u>. Mit Fugenprofilen oder elastischen Fugenfüllstoffen geschlossene Fugen <u>sind nicht wassererdicht</u>.</p> <p>Mit elastischen Füllstoffen geschlossene Fugen unterliegen chemischen und/oder physikalischen Einflüssen nach DIN 52460, Abschnitt 2, und <u>können reißen</u>. Die unvermeidbare Verformung bei schwimmenden Konstruktionen überschreitet in der Regel die Elastizität der Fugenfüllstoffe. Eine Erneuerung der Fugenfüllstoffe ist ggf. vorzunehmen, um Folgeschäden zu vermeiden.</p> <p>Bade- und Duschwannen müssen so standfest installiert (montiert) sein, dass der elastische Fugenfüllstoff in der Anschlussfuge bei bestimmungsgemäßer Nutzung (Belastung) nicht über den Wert seiner zulässigen Gesamtverformung (ZGV) hinaus gedehnt und gestaucht wird.“</p>
2	DIN 1986-100 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke“	2008-05 Ersatz für: 2002-03	5.7.2.3	<p><b>Bodenabläufe:</b> „Sanitärräume in Gebäuden, die für einen wechselnden Personenkreis bestimmt oder allgemein zugänglich sind (z.B. Hotels), müssen einen Bodenablauf mit Geruchsverschluss enthalten.“</p> <p>Bäder in Wohnungen <u>sollten</u> einen Badablauf erhalten. In der DIN wird Bezug auf die Wohnungsbäder das Wort „sollten“ verwendet. In DIN 820-23 „Normungsarbeit – Gestaltung von Normen“ wird das Wort „sollen“ als Empfehlung/Richtlinie definiert (konjunktiv: auch anratend, empfehlend).“</p>
3	DIN 18352 „Fliesen- und Plattenarbeiten“	2010-04	0.2.27  3.3.4	<p><b>Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung</b> „Art, Lage, Maße und Ausbildung von <b>Bewegungs-, Bauwerks- und Bauteilfugen</b>. Farbe der Verfüllung.“</p> <p>„Bewegungsfugen, wie Gebäudetrennfugen, <b>Rand- und Anschlussfugen</b>, sind beim Ansetzen und Verlegen von Fliesen und Platten im Dünnbettverfahren entsprechend der DIN 18157-1, DIN 18157-2 und DIN 18157-3 anzurondern und mit Fugendichtungsmassen oder Profilen zu verschließen.“</p>
4	DIN 18332 „Naturwerksteinarbeiten“	2010-04	3.4.1  3.4.3	<p><b>Bewegungsfugen</b> „Bei Bodenbelägen müssen Bewegungsfugen entsprechend den zu erwartenden Bewegungen angelegt werden.“</p> <p>„Bauwerkstrenn-, Bewegungs- und <b>Anschlussfugen</b> sind im Gebäude mit <b>mindestens 5 mm</b>, im Außenbereich mit mindestens 8 mm Breite anzulegen und mit Dichtstoffen oder Profilen zu schließen.“</p>

	Richtlinie/Norm	Ausgabe	Abs.	Text
5	DIN 18157-1 „Ausführung keramischer Bekleidungen im Dünnbettverfahren; Hydraulisch erhärtende Dünnbettmörtel“	1979-07	9.3	<p>„<b>Anschlussfugen</b> sind erforderlich, wenn die im Dünnbettverfahren hergestellte keramische Bekleidung an andere Bauteile oder Baustoffe, z. B. Holz, Glas oder Stahl, anschließt.</p> <p><b>Anschlussfugen</b> sind ferner in senkrechten Innenecken vorzusehen sowie dort, wo die Bekleidungen zwischen Bauteilen eingespannt oder belastet werden können. Sie sind <b>mindestens 5 mm</b> breit auszuführen und mit Dichtstoffen zu verfüllen.““</p>
6	DIN 18157-2 „Ausführung keramischer Bekleidungen im Dünnbettverfahren; Dispersionsklebstoffe“	1982-10	8.3	<p>„<b>Anschlussfugen</b> sind erforderlich, wenn die im Dünnbettverfahren hergestellte keramische Bekleidung an andere Bauteile oder Baustoffe, z. B. Holz, Glas oder Stahl, anschließt.</p> <p><b>Anschlussfugen</b> sind ferner in senkrechten Innenecken vorzusehen sowie dort, wo die Bekleidungen zwischen Bauteilen eingespannt oder belastet werden können. Sie sind <b>mindestens 5 mm</b> breit auszuführen und mit Dichtstoffen zu verfüllen.““</p>
7	DIN 18157-3 „Ausführung keramischer Bekleidungen im Dünnbettverfahren; Epoxidharzklebstoffe“	1986-04	8.3	<p>„<b>Anschlussfugen</b> sind erforderlich, wenn die im Dünnbettverfahren hergestellte keramische Bekleidung an andere Bauteile oder Baustoffe, z. B. Holz, Glas oder Stahl, anschließt.</p> <p><b>Anschlussfugen</b> sind ferner in senkrechten Innenecken vorzusehen sowie dort, wo die Bekleidungen zwischen Bauteilen eingespannt oder belastet werden können. Sie sind <b>mindestens 5 mm</b> breit auszuführen und mit Dichtstoffen zu verfüllen.““</p>

**Tabelle 2: Ausführungsplanung – allgemein**

	Richtlinie/Norm	Ausgabe	Abs.	Text
1	DIN 1356-1: „Bauzeichnungen“	1995-02 <u>Ersatz für:</u> 1974-07	2.4	<p>„<b>Ausführungszeichnungen</b> sind Bauzeichnungen mit zeichnerischen Darstellungen des geplanten Objektes mit <u>allen</u> für die Ausführung notwendigen Einzelangaben.</p> <p>Ausführungszeichnungen enthalten, unter <b>Berücksichtigung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter</b>, alle für die Ausführung bestimmten <b>Einzelangaben</b> in Detailzeichnungen und dienen als Grundlage der Leistungsbeschreibung und Ausführung der baulichen Leistungen.“</p>
2	HOAI <b>Objektplanung</b> Anlage 10	2013 <u>Ersatz für:</u> 2009	§ 34	<p><b>LPH 5 Ausführungsplanung</b>            „Erarbeiten der Ausführungsplanung mit allen für die Ausführung notwendigen Einzelangaben (zeichnerisch und textlich) auf der Grundlage der Entwurfs- und Genehmigungsplanung bis zur ausführungsreifen Lösung, als Grundlage für die weiteren Leistungsphasen, Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen nach Art und Größe des Objektes [...]“            Bereitstellen der Arbeitsergebnisse als Grundlage für die anderen an der Planung fachlich Beteiligten <b>sowie Koordination und Integration von deren Leistungen</b>.            • Fortschreiben des Terminplanes            • Fortschreiben der Ausführungsplanung [...]            • Überprüfen erforderlicher Montagepläne [...]</p>
3	HOAI <b>TGA</b> <b>Technische Ausrüstung</b> Anlage 15	2013 <u>Ersatz für:</u> 2009		<p><b>LPH 5 Ausführungsplanung</b>            „Erarbeiten der Ausführungsplanung [...] unter Beachtung der durch die Objektplanung integrierten Fachplanungen bis zur ausführungsreifen Lösung. Zeichnerische Darstellung der Anlagen in einem <b>mit dem Objektplaner abgestimmten</b> Ausgabemaßstab und Detailierungsgrad einschließlich Dimensionen. Fortschreiben der Ausführungsplanung auf den Stand der Ausschreibungsergebnisse und der dann vorliegenden Ausführungsplanung des Objektplaners, Übergeben der fortgeschriebenen Ausführungsplanung an die ausführenden Unternehmen.““</p>
4	<b>BauO Bln (*)</b> Bauordnung Berlin Verkündungsstand: 27.03.2013 in Kraft ab 10.07.2011		§ 13	<p><b>Schutz gegen schädliche Einflüsse</b>            „Bauliche Anlagen müssen so angeordnet, beschaffen und gebrauchstauglich sein, dass durch Wasser, Feuchtigkeit, pflanzliche und tierische Schädlinge sowie andere chemische, physikalische oder biologische Einflüsse Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen.“</p>
5	<b>Regelungen in der VOB zu Planungsleistungen</b>			<p>Die VOB/A regelt in § 7 Abs.1 Nr. 1, dass die Leistung so eindeutig und erschöpfend zu beschreiben ist, dass alle Bewerber die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen und ihre Preise sicher und ohne umfangreiche Vorarbeiten berechnen können.            VOB/A § 7 Abs. 10 regelt weiter, dass erforderlichenfalls die Leistung auch zeichnerisch darzustellen oder anders zu erklären ist, z. B. durch Hinweise auf ähnliche Leistungen, durch Mengen- oder statische Berechnungen.            Die VOB/B § 3 Abs. 1 regelt, dass die zur <b>Ausführung nötigen Unterlagen dem Auftragnehmer unentgeltlich und rechtzeitig zu übergeben sind.</b>“</p>

(\*) Die **BauO Bln** (Beispiel) gilt sinngemäß auch für die anderen Bundesländer, siehe Musterbauordnung.

**Tabelle 3: Urteile zum Thema**

	Urteil	Datum	Text
1	<b>BGH-Urteil vom</b> – VII ZR 212/99;  OLG Köln, Urteil v. 11.07.1997	15.06.2000	„Der Planer schuldet als Ausführungsunterlagen <b>alle Unterlagen</b> , welche der Unternehmer für die Durchführung des Bauvorhabens objektiv benötigt.“
2	<b>BGH-Urteil vom</b> – VII ZR 101/70;  OLG Hamburg, Urteil v. 10.03.2004 – 4 U 105/01;  BGH-Urteil vom 24.06.2004 – VII ZR 259/02	29.11.1971	„Unter Einhaltung der a.R.d.T. ist eine umfassende Darstellung der zur Realisierung der Bauaufgabe notwendigen Einzelheiten erforderlich, d. h. <b>jedes Detail</b> , welches Angaben enthält, die aus keiner anderen Zeichnung hervorgehen oder die einer vergrößerten Darstellung bedürfen, ist notwendig.“
3	<b>BGH-Urteil vom</b> – VII ZR 212/99;  OLG Köln, Urteil v. 30.04.2003 – 13 U 207/01	15.06.2000	„Die Unterlagen müssen als direkte Arbeitsanweisung konstruktiv umsetzbar sein, d. h. den ausführenden Handwerker – mit dem bei ihm vorauszusetzenden Fachwissen – in die Lage versetzen, nach <b>diesen Unterlagen</b> die erforderliche Leistung zu erbringen.“
4	<b>OLG Düsseldorf</b> <b>Urteil vom</b> – 21 U 63/09;  BGH-Urteil vom 25.03.2010 VII ZR 25/09	06.02.2009	„Wenn der Bauträger (Planer) ohne Not <b>von den a.R.d.T. abweicht</b> , so stellt dies in mehrerer Hinsicht einen Mangel dar.“
5	<b>BGH-Urteil vom</b> – VII ZR 4/12	20.06.2013	Es ist Pflicht des Planers, die grundsätzlichen <b>Baurisiken darzustellen</b> . Die Bauherrenschaft muss über die Risiken aufgeklärt werden, in der Form, dass das Risiko klar wird, das sie trägt. Der Bauherr muss eine Entscheidung treffen. Die Beratungsergebnisse sind zu dokumentieren.“
6	<b>OLG Düsseldorf</b> <b>Urteil vom</b> – I-5 U 162/11	25.10.2012	„Der Objektplaner hat die TGA-Planung zu koordinieren und <b>in seine Planung</b> zu integrieren. [...] Eine einzubauende Duschwanne funktioniert nur, wenn das Spritzwasser kontrolliert abläuft, so dass andere Gebäudeteile nicht durchfeuchtet werden und wenn sich unterhalb der Duschtasse kein Kondenzwasser bilden kann.“
7	<b>OLG München</b> <b>Urteil vom</b> – 9 U 1553/12	26.02.2013	„Eine Abweichung von den allgemein anerkannten Regeln der Technik kommt nur bei ausdrücklicher Klarstellung in Betracht. Es kann ausnahmsweise dann anders zu beurteilen sein, wenn der Auftraggeber technisch versiert - etwa ein fachkundiger Bauträger - ist und die Besonderheiten im jeweils betroffenen Bereich genau kennt und deswegen dem Unternehmer "auf Augenhöhe" gegenübersteht.“
8	<b>OLG Celle</b> <b>Urteil vom</b> – 14 U 92/07	23.04.2008	„Der Architekt hätte im Bereich der <b>Ausführungsplanung</b> entweder durch eigene Zeichnungen oder durch entsprechende Koordinierung anderer an der Planung Beteiligter dafür Sorge tragen müssen, dass u. a. [...]“
9	<b>OLG Stuttgart</b>		„Bei der <b>Ausführungsplanung</b> geht es im Ergebnis darum, dass das ausführende Unternehmen eine insgesamt vollständige Ausführungsvorgabe erhält. Diese muss so eindeutig sein, dass nachvollziehbar ist, wie die Arbeiten im Einzelnen auszuführen sind. „Eindeutigkeit“ bedeutet, dass ausführende Unternehmen die Arbeiten mit den Vorgaben des Planungsbüros ohne Rückfragen ausführen können. Das hat das OLG Stuttgart im Einvernehmen mit dem BGH entschieden.“



# Haben die nationalen Anforderungen an Bauproducte weiterhin Geltung?

Zum Verhältnis der Bauproduktenverordnung und der Bauregelliste B.  
Und zur Umsetzung des Urteils des EuGH vom 16.10.2014 – RS-100/13

*Michael Halstenberg*

## 1 Unvollständigkeit harmonisierter Normen

Viele der harmonisierten Produktnormen enthalten nicht alle Verfahren und Angaben, die erforderlich sind, um Aussagen in Bezug auf alle wesentlichen Merkmale zu treffen, die notwendig sind, um die Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke in allen Mitgliedstaaten nachzuweisen.

Damit deckt auch eine CE-Kennzeichnung mit der dazugehörigen Leistungserklärung nicht alle Aussagen ab, die erforderlich sind, um die Erfüllung der Grundanforderungen der Bauwerke nachzuweisen. Denn viele Aussagen zur Standsicherheit, dem Brandschutz etc. lassen sich nur unter Berücksichtigung bestimmter Eigenschaften der Bauprodukte treffen.

**Beispiel:** Eine bauliche Anlage hat standsicher zu sein. Der erforderliche Standsicherheitsnachweis besteht im Prinzip aus einem Berechnungsverfahren, bei dem letztlich die Werte (Druckfestigkeit, Zugfestigkeit etc.) der Bauteile, Bausätze und/oder der Bauprodukte zugrunde gelegt werden müssen. Sieht die harmonisierte Norm kein Verfahren für die Ermittlung der Druckfestigkeit vor, kann der Standsicherheitsnachweis allein mit der harmonisierten Norm und der CE-Kennzeichnung einschließlich der Leistungserklärung nicht geführt werden.

## 2 Bisherige nationale Ergänzung

Die bisherige Lösung bestand in Deutschland darin, eine solche »unvollständige« Harmonisierung als »Teilharmonisierung« des Produkts zu begreifen. Dies ermöglichte eine nationale Ergänzung der Norm insbesondere im Wege der Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen in Bezug auf den »ungeregelten« Bereich, der wiederum durch die Bauregelliste Teil B 1 festgelegt wurde.

## 3 EuGH Urteil

Nach dem EuGH Urteil vom 16.10.2014 – RS 100/13 ist eine solche nationale Ergänzung aber unzulässig. Der Mitgliedstaat darf keine unmittelbaren Anforderungen mehr an (harmonisierte) Bauprodukte stellen. Eine harmonisierte Norm beinhaltet faktisch die Vermutung ihrer »Vollständigkeit«. Jedenfalls können Mängel nicht durch nationale Regelungen ausgeglichen werden. Die EU-BauPVO ist vielmehr ein »geschlossenes System«. Das bedeutet, eine Ergänzung der Norm kommt praktisch nur über eine Mandatserteilung der EU-Kommission und Ergänzung der Norm durch CEN in Betracht.

Die Ergänzung einer Norm nimmt aber erhebliche Zeit in Anspruch und ist daher kein praktikabler Weg. Gleiches gilt für die mögliche Beantragung der Erteilung einer ETB nach der EU-BauPVO durch den Hersteller.

Das nationale Sicherheitskonzept, das auch auf Anforderungen an Bauprodukte abstellt, ist folglich zu ändern.

## 4 Gewährleistung der Einhaltung der bauaufsichtlichen Anforderungen

Dieser Umstand ändert allerdings nichts an der Tatsache, dass der Mitgliedstaat weiterhin Anforderungen an Bauwerke formulieren kann. Er kann deren Einhaltung auch kontrollieren und **sich nachweisen lassen**. Dies kann er im nationalen Recht festlegen.

Daher haben neben der Bauaufsicht auch alle anderen Beteiligten ein Interesse daran, den Nachweis der Einhaltung der bauaufsichtlichen Anforderungen führen zu können.

Wird der Bauherr aber verpflichtet, einen Standsicherheitsnachweis für das Gebäude zu führen, muss er entsprechende verlässliche Aussagen zu den Eigenschaften der Bauprodukte machen können. Der Planer und (Bau-) Unternehmer, die das Bauwerk erstellen, müssen diese Angaben ihrerseits im Rahmen ihrer vertraglichen Pflichten dem Bauherrn zur Verfügung stellen. Daher werden sie diese Angaben wiederum von den Herstellern abfordern.

Damit besteht – außerhalb der bauaufsichtlichen Regelungen – ein Interesse der Marktteilnehmer, diese Angaben zu erhalten.

Bislang konnten sich die Marktteilnehmer hierzu auch der bauaufsichtlichen Zulassungen und der damit verbundenen Ü-Kennzeichnung bedienen. Lag diese vor, wussten die Beteiligten, dass die Bauprodukte geeignet waren, um eine bauliche Anlage zu errichten, die den bauaufsichtlichen Anforderungen genügt. Dieser »Service« der nationalen Bauaufsicht in Form des DIBt entfällt jetzt.

Daher besteht aus der Sicht der Marktteilnehmer die Notwendigkeit, alternative Lösungen zu finden.

## 5 Lösung

Bei einer Lösung ist von folgenden Anforderungen auszugehen:

- Das System muss EU-BauPVO konform sein. D. h. es darf sich nicht um staatliche Regelungen handeln.
- Das System darf nicht marktabschottend wirken, Monopole dürfen nicht geschaffen werden.
- Das System muss für alle Wettbewerber offen und transparent sein.
- Die Anforderungen dürfen nicht diskriminierend sein.
- Das System muss den Beteiligten die Möglichkeit bieten, die erforderlichen Nachweise verlässlich zu erbringen.

Der Autor schlägt daher ein **System von »Gütezeichen«** vor.

Eckpunkte dieser Lösung sind:

- Unabhängige (ggf. nach der EU-Akkreditierungsverordnung akkreditierte) (private) fachkundige Stellen konzipieren
- unter Beteiligung der Marktteilnehmer (Hersteller, Bauwirtschaft, Planer, Auftraggeber)
- nach den Anforderungen des Marktes (die die Nachweisführung bzgl. der Einhaltung der bauaufsichtlichen Anforderungen der oder einzelner Mitgliedstaaten an Gebäude naturgemäß beinhalten)
- technische Bedingungen, die für die bestimmten Bauprodukte
- nach einheitlich festgelegten transparenten (Mess-) Verfahren in festgelegten Konformitätsnachweisverfahren nachzuweisen sind.
- Erfüllen die Bauprodukte diese Bedingungen, erhalten sie einen entsprechenden Nachweis (»Gütesiegel«).

Ein solches »Gütesiegel« ermöglicht es dem Bauherrn, gegenüber den Bauordnungsbehörden des betreffenden Mitgliedstaates die erforderlichen Aussagen zu treffen und vor allem den **Nachweis zu führen**, dass die bauaufsichtlichen Anforderungen an das Gebäude im Einzelfall erfüllt sind.

## 6 Rechtliche Beurteilung der Lösung

Es handelt sich nicht um eine staatliche Lösung. Zwar nimmt diese Lösung mittelbar Bezug auf bauordnungsrechtliche Anforderungen. Diese Anforderungen beziehen sich jedoch ausschließlich auf Sicherheitsbestimmungen für bauliche Anlagen, die die Mitgliedstaaten aus Gründen der Gefahrenabwehr treffen können.

Dem Bauherren steht es frei, wie er diese Anforderungen erfüllt, insbesondere welche Bauprodukte er verwendet. Das entbindet ihn aber nicht von der Verpflichtung, die Erfüllung der Anforderungen des Bauwerks nachzuweisen. Wie er diesen Nachweis führt, bleibt ihm ebenfalls überlassen. Da es sich aber um »technische« Werte handelt, bedarf es letztlich entsprechender technischer Nachweise für die verwendeten Bauprodukte und die Konstruktion.

Die erforderlichen Nachweise fordert der Käufer im Rahmen seines »Einkaufs« von dem Hersteller, für dessen Produkt er sich entscheiden möchte. Denn der Käufer kann selbst bestimmen, welche Eigenschaften das Produkt im Hinblick auf sein Gebäude zu erfüllen hat.

Es handelt sich also um »kaufvertragliche Zusicherungen« des Herstellers, die der Markt ihm in Bezug auf sein Produkt konkret abverlangt. Er steht ihm auch frei diese Erklärung abzugeben. Handelt es sich um »Standardanforderungen«, so gebietet es die Wirtschaftlichkeit, diese Angaben ebenfalls zu standardisieren.

Zudem bewertet der Markt die Aussage eines unabhängigen Dritten höher als eine reine Herstellererklärung. Daher liegt es im wohlverstandenen Interesse der Marktteilnehmer, ein derartiges Gütesiegel zu verlangen bzw. anzubieten, das als unabhängiger Nachweis für die Einhaltung bestimmter Produkteigenschaften dient.

**Beispiel:** Der Käufer/Bauherr hat ein standsicheres Gebäude zu errichten. Welche Konstruktion er hierfür wählt und welche Bauprodukte er verwendet, steht ihm frei. Hat er sich entschieden, muss er einen individuellen Standsicherheitsnachweis für das Bauwerk erstellen lassen. Die dafür erforderlichen Angaben fordert er von den Herstellern der ausgewählten Produkte verlässlich ab. Zugleich verlangt der Käufer den Nachweis der Einhaltung dieser Werte.

Dieser Nachweis kann – sofern sie nicht bereits durch eine Leistungserklärung nach der EU-BauPVO abgedeckt ist – insbesondere auch durch Gütesiegel (alternativ Einzelnachweis) geführt werden. Erklärt der Hersteller sich nicht, läuft er Gefahr, dass sein Produkt bei der Kaufentscheidung nicht berücksichtigt wird. Sein Produkt steht insoweit im Wettbewerb zu anderen Produkten.

Es handelt sich also im Ergebnis um eine kaufvertragliche Lösung i. S. d. fairen und freien Wettbewerbs.

Derartige Systeme sind im Übrigen im Europarecht vorgezeichnet (Vergaberecht, Dienstleistungsrichtlinie) und durch die EuGH Rechtsprechung zum Vergaberecht abgesichert.

Die EU-BauPVO verbietet es den Marktteilnehmern (selbstverständlich) auch nicht, Forderungen bzgl. der Bauprodukte zu stellen und/oder kaufvertragliche Vereinbarungen zu treffen.

Unzulässig wäre nur (technische) Angaben auf der Grundlagen anderer Messverfahren zu treffen, als die, die in einer harmonisierten Norm vorgegeben sind. Das läge auch nicht im Interesse der Käufer, die auf dieser Basis (einheitliche Bewertungsverfahren) zu Recht eine verlässliche Vergleichsmethode erwarten.

Da die Gütesiegel von unabhängigen (Zertifizierungs-) Stellen vergeben werden, die allen Herstellern europaweit offenstehen und die Bedingungen unter Beteiligung aller Marktteilnehmer transparent erarbeitet werden, besteht auch keine Marktabschottung, zumal auch die Zertifizierer ihrerseits im Wettbewerb stehen.

Außerdem können/sollten die Gütesiegel auch die Anforderungen verschiedener Mitgliedstaaten abdecken und damit über den Anwendungsbereich eines einzelnen Mitgliedstaates hinausgehen. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wäre dies aus Sicht der Hersteller sicher zu begrüßen.

## Autor

- RA, Michael Halstenberg



# Mängel und Schäden beim Brandschutz

*Gerd Geburtig*

**Abstract:** Bauartunabhängig müssen die Brandausbreitung und insbesondere die Brandgasausbreitung in Rettungswege und in an den Brandherd angrenzende Räume über bestimmte, in den Landesbauordnungen vorgeschriebene Zeiträume verhindert werden. Außerdem sind durch die Gebäudeausbildung bzw. -anordnung auf dem Baugrundstück wirksame Löscharbeiten zu ermöglichen. Dem Erkennen von Mängeln an brandschutztechnischen Maßnahmen bei der Beurteilung eines Gebäudes kommt demzufolge wegen der möglichen Auswirkungen bei einem Schadensfall natürlich eine außerordentlich wichtige Rolle zu. Dieser Beitrag beschäftigt sich daher mit der Analyse von Brandschutzmaßnahmen aus der Sicht des Sachverständigen, der den Zustand oder das Fehlen vorhandener Brandschutzmaßnahmen zu bewerten, die notwendigen Maßnahmen einer Mängelbeseitigung zu ermitteln oder sich nach einem Schadensfall mit den Folgen desselben auseinanderzusetzen hat.

**Keywords:** Bestandsschutz, Brandausbreitung, Brandschutzmaßnahme, Landesbauordnung, Gefahren, Rettungsweg, Mängelanalyse, Technische Baubestimmungen, Verwendbarkeitsnachweis

## Einleitung

Mängel bei brandschutztechnischen Maßnahmen können im Brandfall zu verheerenden Schäden führen. Deswegen werden in den Landesbauordnungen der Bundesländer die generellen Brandschutzanforderungen an Gebäude verschiedener Konstruktions- oder Nutzungsart geregelt. Diese Anforderungen dienen vordergründig der Durchsetzung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen des Brandschutzes. Dazu können noch besondere zusätzliche Schutzziele kommen, wie z. B. versicherungstechnische Belange oder Aspekte des Denkmalschutzes und die Kulturgutsicherung. Außerdem konkurrieren die Ziele des Brandschutzes auch mit denen eines Amokschutzes oder wirtschaftlichen Zielen, die ein Bauherr definiert.



Bild 1 »Kleine Ursache – große Wirkung« bei einem Brandfall

Wann gilt für ein während seiner andauernden Nutzung nicht geändertes Bauwerk ein nachzuvollziehender Bestandsschutz und ab wann ist wegen anzutreffender Mängel mit einer über die gesellschaftliche Akzeptanz hinausgehende Gefahr zu rechnen, die diesen unterbricht? Häufig wird man in der Praxis als Planender bei der Beurteilung eines Bauwerkes mit solchen Fragestellungen konfron-

tiert. Weil von Mängeln des Brandschutzes i. d. R. nicht nur das jeweilige Gebäude selbst, sondern auch benachbarte Bauwerke betroffen sein können, sind diese besonders zu beachten, was jedoch in der alltäglichen Beobachtung nicht immer gegeben ist. Im schlimmsten Fall kann somit sogar der Bestandschutz für ein zunächst rechtmäßig errichtetes Gebäude verloren gehen, obwohl man davon ausgeht, eigentlich alles richtig gemacht zu haben.

Es ist zwar nachzuvollziehen, dass ein rechtmäßig errichtetes Gebäude auch einen berechtigten Bestandschutz genießt und nicht jeder Mangel an einer Brandschutzmaßnahme bzw. jede neue Regelung des Gesetzgebers hinsichtlich aktueller Vorgaben ein Anpassungsverlangen nach sich ziehen kann, jedoch muss ein Gebäudeeigentümer oder -betreiber die Einsicht haben, dass nur eine ständige Betriebssicherheit der Gebäude eine legale Grundlage für deren Nutzung sein kann.

Um eine angemessene Beurteilung von Mängeln vornehmen zu können ist es zunächst erforderlich, sich mit den grundlegenden Regelungen des Brandschutzes zu beschäftigen, was wegen der beinahe täglich anwachsenden Fülle der Normen und Vorschriften nicht immer leicht ist. Neben dem Erkennen der jeweiligen Mängelsituationen möchte der Autor gleichzeitig aber nicht für ein stures Erfüllen aller heutigen brandschutztechnischen Vorgaben einer Landesbauordnung plädieren, sondern sich ausgehend von einem bauordnungsrechtlichen Anpassungsverlangen auf der Grundlage einer Risikoanalyse und -bewertung mit konkreten brandschutztechnischen Belangen und den sich daraus ergebenden erforderlichen Nachbesserungen beschäftigen.



Bild 2 Mangel an einer baulichen Brandschutzmaßnahme (Tür war nicht selbstschließend)



Bild 3 Ein häufiger »Klassiker«: eine unsachgemäße Kabelverlegung

Die heutigen Landesbauordnungen und Sondervorschriften beschreiben in der Baugeschichte bisher nie vorhandene Sicherheitskonzepte. Aus diesem Grund hat der Eigentümer und Erwerber einen Anspruch auf eine entsprechende Sicherheit, in die er schließlich investiert. Deswegen sind bei der Durchsetzung aller brandschutztechnischen Maßnahmen zuerst die Vorgaben des Brandschutznachweises, die zur jeweiligen Errichtungszeit verbindlichen Herstellerangaben, die Rand- und Einbaubedingungen der verwendeten Bauprodukte sowie die Anordnungen der an der Genehmigung einer baulichen Anlage beteiligten Behörden und Prüfingenieure zu befolgen. Zugleich besagt ein aktuelles Urteil des Oberlandesgerichtes (OLG) Frankfurt/Main, zu dem mit Beschluss des Bundesgerichtshofes (BGH) vom 11.02.2011 die Nichtzulassungsbeschwerde des Brandschutzplaners zurückgewiesen wurde, im Grundsatz, dass eine Brandschutzplanung immer auch wirtschaftlich sein muss. [1] Damit ist der Spagat beschrieben, in dem sich ein Brandschutzplaner und Sachverständige gleichermaßen befinden, denn es ist somit ersichtlich, dass einem Bauherrn trotzdem nicht das bauordnungsrechtliche Maximum des Brandschutzes zu verordnen ist, sondern nur das unverzichtbar Notwendige; und das ist zumindest immer dann vonnöten, wenn wegen der anzutreffenden Mängel im Einzelfall reale Gefahren zu erwarten sind.

# 1 Allgemeine Grundlagen des Brandschutzes

## 1.1 Ganzheitlicher Brandschutz

Unter Brandschutzmaßnahmen sind alle Maßnahmen zur Vermeidung und Weiterleitung von Bränden und zur Begrenzung des Schadensausmaßes bei einem Brand zu verstehen. Eine Gliederung ergibt sich in den vorbeugenden und den abwehrenden Brandschutz. Während der vorbeugende Brandschutz vor allem in den Bauordnungen und den Sonderbauvorschriften bzw. -richtlinien der Länder beschrieben wird, obliegt die Wahrung der Interessen des abwehrenden Brandschutzes den jeweils zuständigen Brandschutzdienststellen auf der Grundlage der Brand- und Katastrophenschutzgesetze der Bundesländer.

Grundsätzlich ist somit unter der zu erreichenden Brandsicherheit die Summierung der vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzmaßnahmen zu verstehen, was auch verdeutlicht, dass die jeweiligen Maßnahmen einander beeinflussen. Die gemeinsamen übergeordneten Schutzziele aller Brandschutzmaßnahmen sind in bauordnungsrechtlicher Hinsicht zunächst der Personen-, der Sach- und der Umweltschutz, wobei der Personenschutz verständlicherweise als primär anzusehen ist. Darüber hinaus können im Einzelfall auch weitergehende Schutzziele vereinbart werden, die eine zivilrechtliche Grundlage haben.

## 1.2 Bestandteile des vorbeugenden Brandschutzes

An dieser Stelle soll der vorbeugende Brandschutz näher beleuchtet werden, zu dem alle baulichen, anlagentechnischen und organisatorischen Maßnahmen zu zählen sind. Die baulichen Maßnahmen werden ausgeführt, um der Entstehung oder der Weiterleitung eines Brandereignisses entgegenzuwirken. Dazu zählen u. a. die Anordnung eines Gebäudes auf dem Grundstück selbst (notwendige Abstände), alle baulich-konstruktiven Maßnahmen hinsichtlich des Brandverhaltens der Baustoffe (nicht brennbar, schwer oder normal entflammbar) und die Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile in Minuten. Weiterhin sind die bauliche Anordnung des Rettungswegsystems und die Anordnung von Brand- oder Rauchabschnitten zu nennen. Zu den anlagentechnischen Maßnahmen gehören sämtli-

che Komponenten brandschutztechnischer Anlagenteile wie Brandmelde- und Alarmierungsanlagen, natürliche oder maschinelle Rauch- bzw. Wärmeabzugsanlagen für die Rauchableitung oder -freihaltung, nasse oder trockene Steigleitungen, die in Gebäuden angeordnet werden, hinterleuchtete Rettungswegkennzeichen und Sicherheitsstromversorgungsanlagen. Die organisatorischen Brandschutzmaßnahmen basieren auf dem Sozialgesetzbuch und erstrecken sich von dem Aufstellen von Brandschutzordnungen, dem Bestellen eines Brandschutzverantwortlichen, dem Anordnen von nicht ortsfesten Löschgeräten (z. B. Handfeuerlöscher) bis hin zur ausreichenden Kennzeichnung und Ausweisung der Rettungswege unter Berücksichtigung berufsgenossenschaftlicher Vorgaben.

## 1.3 Schutzziele

In § 3 (1) MBO ist zunächst übergreifend die sog. Generalklausel definiert, die wie folgt gilt: »*Anlagen sind so anzordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.*« [2]. Hinsichtlich des Brandschutzes wurden darüber hinaus die grundlegenden vier Schutzziele formuliert. »*Bauliche Anlagen sind so anzordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.*« [3]

## 1.4 Allgemeine Anforderungen des Brandschutzes an Baustoffe und Bauteile

Baustoffe werden nach den Anforderungen an das Brandverhalten in nicht brennbare, schwer und normal entflammbar und Bauteile nach der Dauer ihrer Feuerwiderstandsfähigkeit in feuerbeständige, hoch feuerhemmende und feuerhemmende unterschieden. In diesem Zusammenhang ist zugleich zu beachten, dass gemäß der Musterbauordnung hoch feuerhemmende Bauteile, deren tragende und aussteifende Teile aus brennbaren Baustoffen bestehen, eine allseitig brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nicht brennbaren Baustoffen aufweisen müssen. [4] In den §§ 27 bis 32 MBO werden die konkreten Anforderungen an tragende

und aussteifende Wände, Pfeiler und Stützen, Außen-, Brand- bzw. Trennwände, Decken und Dächer gestellt, jeweils in Abhängigkeit von der jeweiligen Gebäudeklasse eines Gebäudes.

## 1.5 Anforderungen an Rettungswege

Als Bestandteile der horizontalen bzw. vertikalen Rettungswege werden in der Musterbauordnung Anforderungen an notwendige Flure, Treppen und Treppenräume sowie an die Verschlüsse von Öffnungen zu diesen definiert. [5] Die Anforderungen an die einzelnen Bestandteile eines Rettungsweges werden in der Musterbauordnung dezidiert beschrieben und bedürfen der besonderen Aufmerksamkeit.

## 1.6 Abweichungen und Erleichterungen

Von der Bauordnung oder einer Sonderbauvorschrift abweichende Tatbestände sind entweder als »Abweichung« oder »Erleichterung« zu klassifizieren. Während bei einem Standardgebäude von einer Abweichung die Rede ist, trifft für sog. Sonderbauten die Erleichterung zu. »Die Bauaufsichtsbehörde kann Abweichungen von bauaufsichtlichen Anforderungen dieses Gesetzes und aufgrund dieses Gesetzes erlassener Vorschriften zulassen, wenn sie unter Berücksichtigung des Zwecks der jeweiligen Anforderung und unter Würdigung der öffentlich-rechtlich geschützten nachbarlichen Belange mit den öffentlichen Belangen, [...], vereinbar sind. § 3 Absatz 3 bleibt davon unberührt«, besagt § 67 der Musterbauordnung [6].

Darüber hinaus sind Abweichungen nach § 3 (3) MBO von Technischen Baubestimmungen zulässig, »wenn mit einer anderen Lösung im gleichen Maße die allgemeinen Anforderungen des Absatzes 1 erfüllt werden«. Einer gesonderten Zulassung bedarf eine solche Abweichung, anders als jene nach § 67 MBO, nicht.

Neben der Abweichung existiert im bauordnungsrechtlichen Sinne auch der bereits vorgenannte Begriff der Erleichterung, der bei Gebäuden besonderer Art oder Nutzung zutrifft. »Erleichterungen können gestattet werden, soweit es der Einhaltung wegen der besonderen Art oder Nutzung baulicher Anlagen oder Räume oder wegen besonderer Anforderungen nicht bedarf.« [7] Den erforderlichen Umgang mit derartigen Erleichterungen regelt das jeweilige Landesrecht (Landesbauordnung).

## 1.7 Landesbauordnungen

Die Landesbauordnungen haben den Status von Landesgesetzen und basieren weitgehend auf den Regelungen der Musterbauordnung. Die praktische Umsetzung der Anforderungen in den einzelnen Paragraphen einer Landesbauordnung wird im Einzelfall durch eine Verwaltungsvorschrift (z. B. Brandenburg und Sachsen) oder eine Ausführungsverordnung (z. B. Baden-Württemberg) geregelt, eine Vollzugsbekanntmachung (z. B. Thüringen) oder entsprechende Vollzugshinweise (z. B. Bayern) erläutert bzw. durch Handlungsempfehlungen (z. B. Hessen und Mecklenburg-Vorpommern) definiert.

## 1.8 Regelungen für Sonderbauten

Für verschiedene Sonderbauten hat die ARGEBAU Musterverordnungen erarbeitet, die in den Bundesländern in unterschiedlicher Art und Weise behandelt werden. Der Umgang mit diesen Verordnungen wird durch die Bundesländer unterschiedlich gehandhabt. Teilweise wurden sie als verbindliche Landesverordnungen eingeführt bzw. erlassen. Vermehrt werden diese jedoch nur noch als Muster-Sonderbauverordnungen bekannt gemacht, d. h. es kann nach diesen Verordnungen geplant werden, eine Anwendung ist aber nicht zwangsläufig erforderlich. In den Bundesländern, in denen die jeweilige Musterverordnung als Landesverordnung erlassen wurde, ist die Planung nach dieser aber verbindlich; es handelt sich dann um sogenannte geregelte Sonderbauten. Außerdem existieren Musterverordnungen für Garagen sowie für Betriebsräume von elektrischen oder Feuerungsanlagen. Neben den vorgenannten Sonderbauverordnungen gibt es verschiedentliche Richtlinien, Hinweise oder auch sogenannte Handlungsempfehlungen, die auf Sonderbauten Anwendung finden können, z. B. für Schulen.

Diese Regelwerke liegen zwar häufig den brandschutztechnischen Planungen zugrunde; eine gesetzliche Verbindlichkeit für deren Anwendung gibt es jedoch nicht. Bei derartigen Sonderbauten handelt es sich um sog. ungeregelte Sonderbauten, die hinsichtlich ihrer Anforderungen materiell frei sind. Während der Erarbeitung eines Brandschutzkonzeptes für einen solchen Sonderbau sind die notwendigen Brandschutzmaßnahmen individuell zu bestimmen und das Erreichen der Schutzziele des Brandschutzes nachzuweisen.

## 1.9 Technische Baubestimmungen, Normen, Merkblätter, Richtlinien

In den Listen der Technischen Baubestimmungen werden je nach Bundesland unterschiedliche technische Baubestimmungen eingeführt. Als wesentliche DIN-Norm für den Brandschutz in Deutschland ist momentan noch DIN 4102 [8] zu benennen. In dieser wird das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen umfassend geregelt. Allgemein ist die DIN 4102-4 [8] in den Bundesländern als technische Regel zum Brandschutz eingeführt und damit verbindliche Planungsgrundlage. Außerdem erfolgte mit der Einführung des Teils 22 der DIN 4102 [8] als Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten die Anpassung für die Brandschutzbemessung von Bauteilen. Die Anwendung der weiteren gültigen DIN-Normen ist entweder mit dem Bauherrn zu vereinbaren (i. d. R. durch die Planungs- und Bauvertragsregelungen) oder ergibt sich aus der Tatsache, dass viele DIN-Normen den Stand der anerkannten Regeln der Technik (a. R. d. T.) widerspiegeln. Weil das aber nicht immer – insbesondere bei der Bauwerksinstandsetzung – der Fall ist, muss zuvor sorgfältig überprüft werden, welche Regeln im betreffenden Bundesland tatsächlich gelten.

Über die vorgenannten bauordnungsrechtlich verbindlichen Vorschriften des Brandschutzes hinaus gelten vielfältige weitere Regelungen, wie z. B. die des VDE-Vorschriftenwerkes, welches von der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) im Deutschen Institut für Normung und dem Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) erarbeitet wird. Als wesentlicher Teil des Vorschriftenwerkes sind die VDE-Bestimmungen auch ohne bauaufsichtliche Einführung als verbindliche Regeln der Technik für den Bereich der Elektrotechnik zu betrachten. Auch für den Bereich des Brandschutzes bestehen wichtige VDE-Bestimmungen, so u. a. die DIN-VDE-0100-Reihe, die sämtliche Basisanforderungen regelt, die an Elektroinstallationen in Gebäuden gestellt werden.

Durch Fachgruppen werden im Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Richtlinien erarbeitet, die als Ziel den Erfahrungsaustausch und den Technologie-transfer haben. Derzeit liegen ca. 1.500 gültige VDI-Richtlinien oder Entwürfe vor. Diese sind in keinem Fall bauaufsichtlich eingeführt, stellen oftmals jedoch anerkannte Regeln der Technik dar und stehen somit als konkrete Arbeitshilfe für Ingenieure verschiedener Berufssparten zur Verfügung.

Die Hauptaufgabe des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e. V. besteht in der Ausarbeitung und Verbreitung des DVGW-Regelwerkes, der Mitarbeit an einschlägigen Normen sowie der Einrichtung eines Zertifizierungs- und Sachverständigenwesens. Da durch den Gesetzgeber für den Bereich der Gas- und Wasserinstallation nur allgemeine Festlegungen getroffen wurden, wird hier die konkrete und fachliche Ausfüllung dieser Festlegungen Fachleuten überlassen, die, im DVGW zusammen geschlossen, entsprechende technische Regeln erarbeiten. Diese sind zwar ebenfalls bauaufsichtlich nicht eingeführt, können jedoch die allgemein anerkannten Regeln der Technik für die technische Umsetzung gesetzlicher Vorgaben aus den Bereichen der Sicherheit, der Gesundheit und des Umweltschutzes widerspiegeln.

Neben den in vorhergehenden Abschnitten benannten Vorschriften, Richtlinien, Arbeitsblättern und Merkblättern werden durch einzelne Interessenverbände verschiedene Konzepte und Richtlinien für eine Schadenverhütung herausgegeben. Dazu ist beispielhaft der VdS als Unternehmen des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) zu nennen. In den GDV-/VdS-Publicationen werden die nach Ansicht der jeweiligen Feuerversicherer maßgeblichen Aspekte zur Schadenverhütung in Industrie- und Gewerbebetrieben benannt. Neben der Schadenverhütung werden auch Richtlinien für den Umweltschutz zur Brand schadensanierung herausgegeben (VdS 2357 Richt linie zur Brandschadensanierung).

Die WTA (Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V.) hat sich seit über 35 Jahren das Ziel gesetzt, die Forschung und deren praktische Anwendung auf dem Gebiet der Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege zu fördern. Um theoretisch richtige und praktisch erprobte Erfahrungen zu verarbeiten und nutzbar zu machen, hat die WTA den Kommunikationsweg der Veröffentlichung von WTA-Merkblättern für die Bereiche Holzschutz, Oberflächentechnologien, Naturstein, Mauerwerk, Beton, physikalisch-chemische Grundlagen und Fachwerk gewählt. Derzeit existieren mehr als 50 dieser Merkblätter; für den Bereich der Fachwerkin standsetzung sind derzeit 14 gültig [9]. Die Mehrzahl der Theoretiker und Praktiker sind von der Richtigkeit dieser Regeln überzeugt, daher werden sie mittlerweile – neben vielen anderen auch – als a. R. d. T. eingestuft. In brandschutztechnischer Hinsicht ist z. B. bei der Fachwerkinstandsetzung

das gegenwärtig überarbeitete WTA-Merkblatt 8-12: »Brandschutz von Fachwerkgebäuden und Holzbauteilen« anzuwenden. [10]

Die Unfallverhütungsvorschriften sind Vorschriften der einzelnen Unfallverhütungsträger für ihre Mitglieder. Nach dem Sozialgesetzbuch (§ 15 SGB II) wird die Mitgliedschaft bei einem Unfallverhütungsträger geregelt. Die Unfallversicherungsträger haben einen Präventionsauftrag zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren. Somit ist der Brandschutz auch von diesen Vorschriften betroffen.

Hinsichtlich der wesentlichen konkreten brandschutztechnischen Anforderungen an bauliche Anlagen wird u. a. auf Geburtig/Schlegel [11] verwiesen.

## 2 Brand- und Bestandsschutz

### 2.1 Zum Begriff des Bestandsschutzes

Eine Sanierung oder Umnutzung eines Bestandsgebäudes bringt durchaus erhebliche rechtliche Probleme mit sich. Der Bestandsschutz ist zunächst der Schutz einer Rechtsposition, die zu einem bestimmten Zeitpunkt rechtmäßig erworben wurde, gegenüber späteren Rechtsänderungen. Bestandsschutz bedeutet somit, dass ein vorhandenes Gebäude, das zwar nach früher gültigem Recht rechtmäßig errichtet wurde, aber dem heute gültigen Baurecht nicht mehr entspricht, erhalten und weiter genutzt werden darf. Der Grundrechtsschutz umfasst in diesem Zusammenhang den Schutz einer Bebauung, die nach aktueller Gesetzeslage scheinbar illegal ist. Nach Beschluss des Bundesverfassungsgerichtes vom 24.07.2000 (1 BvR 151/99) liegt ein durch Art. 14 Abs. 1 Grundgesetz bewirkter Bestands-schutz aber nur dann vor, wenn das Bauvorhaben zu irgendeinem Zeitpunkt genehmigt wurde oder jedenfalls genehmigungsfähig gewesen wäre.

Beim Bestandsschutz sind so zwei Faktoren grundlegend zu betrachten, die gleichgewichtig nebeneinander stehen: der Baukörper (Kubus) und die Funktion (Nutzung). Voraussetzung für den Bestandsschutz ist, dass überhaupt eine funktionsfähige bauliche Anlage vorhanden ist. Ein »Trümmerhaufen« oder eine Ruine genießen keinen Bestandsschutz, unbeschadet denkmalrechtlicher Belange. Der Bestandsschutz deckt auch nicht den Abriss eines Bauwerkes und die Errichtung eines Ersatzneubaus. Somit kann der Bestandsschutz nur

dazu dienen, das Gebäude in seinem bisherigen Umfang zu erhalten. Eine Erweiterung oder Funktionsänderung fällt daher nicht vordergründig unter den Bestandsschutz und bedarf regelmäßig der Erteilung einer Baugenehmigung.

Man unterscheidet den passiven und den aktiven Bestandsschutz:

- Passiver Bestandsschutz: Eine in der Vergangenheit legal begründete Nutzung von Grundstücken und Gebäuden bleibt schutzwürdig, auch wenn sich die Rechtslage derart ändern sollte, dass eine bestehende Nutzung nicht mehr genehmigungsfähig sein sollte.
- Aktiver Bestandsschutz: Werden Änderungen an Gebäuden im Zusammenhang mit Sanierung, Modernisierung oder denkmalpflegerischer Behandlung vorgenommen, so kann sich der Bauherr auf den sogenannten aktiven Bestands-schutz berufen, wenn die Änderung und Erwei-terung nur begrenzt und geringfügiger Art sind und zu keiner wesentlichen Veränderung des ur-sprünglichen Bestandes führen und/oder die Identität des wiederhergestellten oder verbes-serten mit dem ursprünglichen Bauwerk ge-wahrt bleibt.

Weiterhin gilt der Bestandsschutz für den Bauzu-stand eines Gebäudes, mit dem es als Kulturdenk-mal in die Denkmalschutzliste eingetragen wurde.

Voraussetzungen für die Inanspruchnahme eines Bestandsschutzes (abgeleitet aus Art. 14 GG) sind somit:

- Die bauliche Anlage wurde zu irgendeinem Zeit-punkt genehmigt.
- Die bauliche Anlage war zumindest zum Zeit-punkt der Errichtung genehmigungsfähig.
- Die bauliche Anlage wurde errichtet, ohne dass zum Zeitpunkt der Errichtung eine Baugenehmi-gung vorhanden war, die jedoch nach der dama-ligen Rechtslage hätte erteilt werden müssen.
- Die bauliche Anlage wurde auf der Grundlage einer Baugenehmigung errichtet, die jedoch nicht hätte erteilt werden dürfen und die nicht formell zurückgezogen wurde.

### 2.2 Bestandsschutz und bauaufsichtliche Anforderungen

Zunächst ist festzustellen, dass die allgemeinen Anforderungen, insbesondere die zum Schutz von Le-ben und Gesundheit, auch für alle bestehenden bau-

lichen Anlagen gelten. Dabei ist es unerheblich, ob die bauliche Anlage zum Zeitpunkt des Inkrafttretens der gültigen Rechtsvorschriften errichtet wurde bzw. genehmigt war oder etwa zu einem Zeitpunkt errichtet wurde, an dem diese Rechtsvorschriften oder überhaupt Rechtsvorschriften mit bauordnungsrechtlichem Inhalt nach heutigem Verständnis noch gar nicht existierten. Es gilt uneingeschränkt die globale Schutzklausel nach § 3 (1) MBO. Das bedeutet, dass ein Bestandsschutz bei einer wesentlichen baulichen Änderung oder einer Nutzungsänderung der baulichen Anlage bzw. dem Vorliegen einer konkreten Gefahr ausgeschlossen ist.

Nach heutiger Rechtsprechung wird ausgelegt: »*Die nachträgliche Forderung von Maßnahmen des Brandschutzes kann nicht allein davon abhängig gemacht werden, dass im Einzelfall bereits eine konkrete Gefahr im Sinne der herkömmlichen allgemeinen polizeirechtlichen Definition vorhanden ist. Es wird vielmehr festgestellt: Ist der möglicherweise eintretende Schaden erheblich, so besteht Handlungsbedarf, wenn bereits die entfernte Möglichkeit für den Schadenseintritt in überschaubarer Zukunft eintreten könnte. [...] Von einem erheblichen Schaden wird man zweifelsohne immer dann ausgehen müssen, wenn sich die Gefahr auf eine Vielzahl von Personen beziehen sollte.*« [12]

Handlungsbedarf besteht also immer dann, wenn eine konkrete Gefahr gegenüber der durch den Bauherrn bzw. den Betreiber zu gewährenden Sicherheit für Leben und Gesundheit besteht, was i. d. R. dann anzunehmen ist, wenn Rettungswege von einer Gefahr betroffen sein können.

## 2.3 Begriff der Gefahr

Beim Begriff der Gefahr ist zwischen einer konkreten Gefahr und einer abstrakten Gefahr zu unterscheiden. Dabei ist unter einer abstrakten Gefahr eine Rechtsverletzung, also eine Nichtübereinstimmung mit dem geltenden Recht, zu verstehen. Zur Vermeidung einer solchen Gefahrenlage hat der Gesetzgeber Vorschriften erlassen oder technische Regeln (Normen/Richtlinien) eingeführt. Zu den technischen Regeln (s. auch Kap. 1.9) ist anzumerken, dass nach § 3 (3) MBO eine Abweichung von den Technischen Baubestimmungen zulässig ist, wenn das Schutzziel mit anderen Lösungen gleichermaßen erreicht wird. Hier gilt jedoch die Beweislastumkehr – der Architekt muss dies, ggf. gemeinsam mit dem Fachplaner (beispielsweise im Brandschutzkonzept), nachweisen. Andererseits gilt bei

der Anwendung eingeführter Technischer Baubestimmungen sowie von nicht eingeführten aber allgemein anerkannten Regeln der Technik, dass keine abstrakte Gefahr vorliegt.

Eine konkrete Gefahr hingegen liegt vor, wenn

- im Einzelfall mit der Schädigung der Rechtsgüter Leben und Gesundheit zu rechnen ist,
- diese Schädigung mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist nach Auffassung der Gerichte genügt die fachkundliche Feststellung, dass nach örtlichen Gegebenheiten der Eintritt eines erheblichen Schadens nicht ganz unwahrscheinlich ist. Bei Gefährdung von Leben und Gesundheit als geschützte Rechtsgüter sind an die Feststellung der Wahrscheinlichkeit des Schadenseintritts keine übermäßig hohen Anforderungen zu stellen,
- in dem jeweiligen Einzelfall in überschaubarer Zukunft mit einem Schadensereignis gerechnet werden muss.

Die Einzelfallentscheidung über das Vorliegen einer konkreten Gefahr muss eine Gefährdungsanalyse einschließen und von einem anerkannten Fachkundigen vorgenommen werden.

Nach einem Beschluss des Hessischen Verwaltungsgerichtshofs genügt die »fachkundige Feststellung, dass andernfalls nach den örtlichen Gegebenheiten der Eintritt eines erheblichen Schadens nicht unwahrscheinlich ist.« [13] Im Einzelfall steht also bei einem bestehenden Gebäude nicht die Aufgabe, jede Einzelanforderung im Brandschutz entsprechend den gültigen Rechtsvorschriften und eingeführten Technischen Baubestimmungen zu erfüllen (Beseitigung abstrakter Gefahren), sondern durch das Beseitigen konkreter Gefahren ein Sicherheitsniveau zu schaffen, mit dem die Grundsatzforderungen zum Schutz von Leben und Gesundheit erfüllt werden.

## 3 Typische Mängel bei brandschutztechnischen Maßnahmen

### 3.1 Planungsmängel

#### Unvollständige brandschutztechnische Bestandsaufnahme

Fehleinschätzungen bei der Bestandsanalyse bestehender Konstruktionen führen häufig zu Mängeln, z. B. wegen falsch angenommener Randbedingun-

gen für den Einbau von Brandschutztüren, oder zu unangemessenen Lösungen. Qualitätsprobleme bei der Realisierung oder Widersprüche gegenüber den Vorgaben von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. Prüfzeugnissen können dann die Folge sein. Die Beurteilung bestehender Baukonstruktionen kann sehr häufig nicht in Einklang mit gültigen Normen gebracht werden, da diese vordergründig für neu zu konzipierende Gebäude aufgestellt werden. Eine Lücke zur aktuellen DIN 4102-4 wurde deshalb u. a. mit der Veröffentlichung der Buchreihe »Baulicher Brandschutz im Bestand« geschlossen [14].

Schwierig stellt sich durchaus in der Praxis die Bewertung von bestehenden Bauteilen dar. Bei der Einschätzung des Feuerwiderstandes von bestehenden Bauteilen sind folgende Kriterien von wesentlicher Bedeutung:

- vorhandene Materialien der Bestandskonstruktion,
- Einbausituation (freiliegend, vollständig oder teilweise bekleidet usw.),
- tatsächliche Auslastung einer vorhandenen Tragkonstruktion,
- Verbindungsmitte,
- Vorhandene oder mögliche Auflagersituationen oder Einspannungen von Trägern, Stützen oder Wänden,
- vorhandene Beton- oder Putzüberdeckungen (Dicke der den Stahl überdeckenden Schichten u. a.) und
- vorhandene Stahlqualität.

Zunächst erscheinen massive Bauteile, als würden sie ohne Probleme den notwendigen Brandschutz erfüllen. Doch auch sie sind hinsichtlich ihrer erforderlichen Dicke, der ggf. notwendigen Putzbekleidung, des Fugenanteils oder Verbundes (z. B. bei Bruchsteinmauerwerk), ihrer Feuerbeständigkeit (u. a. Natursteinmauerwerk, s. auch [15]) oder der vorhandenen Betonüberdeckung zu überprüfen. In Abhängigkeit der o. g. Randbedingungen kann es erforderlich werden, eine massive Bestandskonstruktion mit baulichen Maßnahmen zu ertüchtigen.

### Fehlende Risikoanalyse

Des Weiteren ist zur Festlegung der geeigneten brandschutztechnischen Maßnahmen für eine bauliche Anlage wichtig, dass eine ausreichende Brandrisikoanalyse während der konzeptionellen Brandschutzplanung betrieben wurde. Nur diese kann die Grundlage für eine Beschreibung möglicher anzu-

nehmender Szenarien für einen Gefahrenfall und die sich daraus ergebenden notwendigen Konsequenzen bilden.

### Mangelhafte oder unwirtschaftliche Planung

Eine weitere Fehlerquelle bei der Brandschutzplanung liegt in der unvollständigen oder unschlüssigen Bearbeitung eines Brandschutzkonzeptes. Eine wesentliche Ursache für eine unvollständige Fachplanung des Brandschutzes liegt oftmals in der nicht ausreichenden Beauftragung. Insbesondere bei bestehenden Gebäuden ist es zumeist unausweichlich, eine umfassende Bestandsaufnahme durchzuführen und sich mit den örtlichen Gegebenheiten vertraut zu machen, sowohl hinsichtlich der baulichen und anlagentechnischen Substanz als auch des praktizierten organisatorischen Brandschutzes, der nicht selten gravierende Lücken aufweist.

Neben einer hinreichenden Brandschutzplanung wird nach neuen höchstrichterlichen Maßstäben auch eine Wirtschaftlichkeit von geplanten Brandschutzmaßnahmen verlangt. [16] Sollte sich eine ganzheitliche brandschutztechnische Fachplanung nachträglich als unwirtschaftlich herausstellen, kann das den Auftraggeber im Nachhinein berechtigen, Schadensersatzansprüche geltend zu machen. Selbst der Einwand eines Planers in einem konkreten Fall, er habe lediglich die Anforderungen der zuständigen Brandschutzdienststelle in sein Brandschutzkonzept aufgenommen, befreite diesen nicht davon, kritisch nachzufragen, ob mehrere der geplanten Brandschutzmaßnahmen nicht doch überflüssig gewesen wären. [17]

## 3.2 Mängelfeststellung bei einer Brandverhütungsschau

### Gesetzliche Grundlagen

Mit den Brand- und Katastrophenschutzgesetzen bzw. den gesonderten Verordnungen über die Organisation und Durchführung von Gefahrenverhütungs- oder Brandsicherheitsschauen der Länder wird die jeweilige Grundlage der von den Brandschutzdienststellen vorzunehmenden Besichtigungen geregelt. Während der Brandsicherheitsschau sollen Mängel, die Gefahren verursachen aus behördlicher Sicht festgestellt werden. Deren Behebung ist anzutreten und zu überwachen. Zur Beseitigung der festgestellten Mängel ist eine Frist zu setzen. Über das Ergebnis der durchgeföhrten Schau ist eine Niederschrift zu fertigen, die den Eigentümern,

Besitzern, sonstigen Nutzungsberechtigten und anderen Beteiligten im Sinne des § 2 der Verordnung und im Falle von Brandsicherheitsschauobjekten mit Werksfeuerwehr dem Landesverwaltungsamt übermittelt werden muss. [18]

### Erforderliche Maßnahmen

Wenn bei einer Brandverhütungs- bzw. Gefahrenschau ein Handlungsbedarf ermittelt wurde, sind die festgestellten Mängel in der von der zuständigen Behörde gesetzten Frist zu beseitigen, andernfalls könnte eine weitere Nutzung der baulichen Anlage behördlich untersagt werden. Erscheinen einem Eigentümer oder Betreiber die gesetzten Anforderungen zu hoch, ist gegen die Verwaltungsentscheidung fristgerecht in Widerspruch zu gehen. Erfolgt das nicht und wird der entsprechende Bescheid über das Ergebnis der vorgenannten Schau rechtskräftig, sind die darin benannten Anforderungen wie Auflagen einer Baugenehmigung zu verstehen, die zu erfüllen sind.

## 3.3 Mängel bei der Ausführung

### Bauliche Mängel

Bei der Ausführung von baulichen Brandschutzaufgaben gibt es eine Vielzahl von möglichen Mangelsituationen, deren Ursachen entweder in der Nichtbeachtung der notwendigen Randbedingungen für den Einbau brandschutztechnisch relevanter Bauteile, dem nichtzulässigen Einbringen von brennbaren Bestandteilen oder in einem Verstoß gegen den jeweiligen Verwendbarkeitsnachweis begründet sind. Außerdem werden bestehende Bauteile oft falsch eingeschätzt, sodass der Einbau eines neuen Bauteils mit einer brandschutztechnischen Klassifikation nicht gelingen kann. Zu den häufigen Fehlern in baulicher Hinsicht zählen u. a.:

- mechanische Belastung einer Brandwand ist nicht gegeben,
- brennbare Bestandteile in Brandwänden,
- Hinwegführen brennbarer Bauteile über Brandwände,
- brandschutztechnisch relevante Trockenbaukonstruktionen, abweichend vom allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses (abP) erstellt,
- Rauch- und Feuerschutztüren nicht gemäß allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) eingebaut,
- Rauch- oder Brandschutzverglasungen in Wände mit mangelhafter Klassifikation eingebaut,

- Randbedingungen eines abP oder einer abZ nicht eingehalten,
- mangelhafte Verarbeitung und
- zulässiges U/A-Verhältnis bei reaktiven Beschichtungssystemen nicht beachtet.

Hinzu kommt, dass häufig die notwendigen Übereinstimmungserklärungen gemäß dem jeweiligen Verwendbarkeitsnachweis (abP oder abZ) nicht oder nicht ordnungsgemäß ausgefüllt zur Abnahme der Leistung abgegeben werden.

In den nachfolgenden Bildern sind einige übliche Mängel zur Verdeutlichung dargestellt.



Bild 4 Brandwand mit brennbaren Bauteilen überbaut



Bild 5 Vorhandenes Trennwandsystem ohne brandschutztechnische Klassifikation



Bild 6 Vergrößerung der Feuerschutztür entspricht nicht dem Verwendbarkeitsnachweis



Bild 7 Abstandsregeln zur Feuerschutztür nicht eingehalten



Bild 8 Nachträgliche Trockenbaukonstruktion mit Feuerwiderstand unwirksam

### Anlagentechnische Mängel

Grundlegende Problemstellungen hinsichtlich des Brandschutzes ergeben sich bei den haustechnischen Installationen dahingehend, dass Rohrleitungen oder elektrische Leitungen in Rettungswegen ungeschützt verlegt werden, der Einbau von Leitungen, Kabelpritschen und Befestigungen von Abschottungssystemen nicht zulassungskonform erfolgt, Abschottungen von Leitungsführungen durch brandschutztechnisch getrennte Bereiche, z. B.

zwischen Nutzungseinheiten oder Geschossdecken, oberhalb von abgehängten Decken, innerhalb notwendiger Flure, in Hohlraumböden, durch Flurtrennwände vergessen werden, nachträgliche Installationen, Installationsänderungen oder Brandlasterhöhungen, z. B. durch Mieterwechsel, nicht fachgerecht vorgenommen werden oder nachträgliche Änderungen der Leitungsführungen nicht mit einer Anpassung des Brandschutzkonzeptes korrespondieren.



Bild 9 Abweichend von der abZ eingebaute Brandschutzklappe



Bild 10 Fehlerhaft eingebaute Abschottung

Das Nichtbeachten der eingeführten Technischen Baubestimmungen bzw. der jeweiligen abZ oder des abP bei der Verlegung von Leitungs- und Lüftungsanlagen und Systemböden sowie beim Einbau von Abschottungen verschiedener Art oder von Brandschutzklappen führt oftmals zu erheblichen Mängeln. Hinzu kommt, dass die Einhaltung der entsprechenden Musterrichtlinien bei bestehenden Gebäuden häufig nicht ohne Weiteres möglich ist.

Somit sind als wesentliche Fehlerquellen in dieser Hinsicht zu benennen:

- Installation nicht gemäß geltenden Regelwerken bzw. Technischen Baubestimmungen,
- Leitungen ohne Funktionserhalt verlegt,
- ungeschützte Leitungsanordnung im Verlauf von Rettungswegen,
- mangelhafte Abschottungen,
- mangelhafte Befestigung von Leitungsanlagen,
- fehlende oder fehlerhafte Kennzeichnungen von Abschottungen,
- unsachgemäße Nachbelegungen von Kabelpritschen,
- nicht regelkonformer Einbau von Brandschutzklappen,
- Regulierung von Druckbelüftungen mangelhaft,
- mangelhafte Befestigung von Leitungsanlagen,
- mangelhafte Korrespondenz mit der Brandfallsteuerungsmatrix,
- Abnahmen durch Prüfsachverständige gemäß Landesrecht nicht durchgeführt,
- Mängelbeseitigung wurde nicht vorgenommen.



Bild 11 Unzulässige Brandlasten im Treppenraum

### 3.4 Betrieblich-organisatorische Mängel

Auch die organisatorischen Maßnahmen des Brandschutzes sind häufiger als angenommen mit nicht wenigen Mängeln behaftet. Zum einen wird es nicht selten unterlassen, die gemäß der jeweiligen Sonderbauvorschrift oder gemäß den berufsgenossenschaftlichen Vorgaben anzufertigende Brandschutzordnung aufzustellen oder zu aktualisieren und zum anderen werden neue Mitarbeiter nicht in die jeweilige Brandschutzordnung eingewiesen oder das turnusmäßige Schulen schlichtweg vergessen. Notwendige Feststellanlagen für Rauch- oder Feuer-

schutztüren werden nicht regelmäßig gewartet und Selbstschließmechanismen ordnungswidrig außer Betrieb gesetzt. Zu den häufigen organisatorischen Mängeln gehören demnach die folgenden:

- keine Feststellanlagen in stark frequentierten Rauch- oder Feuerschutztüren angebracht,
- Verschleiß von brandschutztechnisch relevanten Bauteilen nicht beachtet,
- regelmäßige Wartung wird unterlassen,
- Brandschutzordnung nicht vorhanden oder nicht an aktuelle Verhältnisse angepasst,
- Brandlasten in Rettungswegen werden geduldet oder angeordnet,
- Feuerwehrpläne entsprechen nicht mehr der Realität,
- Brandschutzverantwortliche(r) wurde nicht bestellt,
- regelmäßige Schulungen werden nicht durchgeführt.



Bild 12 Rettungsweg nicht zu benutzen

### Literaturreferenzen

- [1] OLG Frankfurt/Main, Urteil vom 02.07.2008, Az. 1 U 28/07
- [2] Musterbauordnung (MBO), Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 21.09.2012, hier § 3 (1)
- [3] Ebd., hier § 14

- [4] Ebd., hier § 26
- [5] Ebd., hier §§ 33 bis 37
- [6] Ebd., hier § 67
- [7] Musterbauordnung, ... wie Anm. 2, hier § 51
- [8] DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, derzeit 23 Teile, u. a.:  
4102-1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, Berlin Mai 1998  
4102-4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile, Berlin März 1994  
4102-22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten, Berlin November 2004
- [9] WTA-Publications (Hrsg.), Fachwerkinstandsetzung nach WTA, Merkblätter 8-1 bis 8-14, erarbeitet im WTA-Referat 8, Fachwerk
- [10] WTA-Publications (Hrsg.), Merkblatt 8-12: Brandschutz bei Fachwerkgebäuden und Holzbauteilen, erarbeitet im WTA-Referat 8, Fachwerk/Holzbauwerke, Pfaffenholz 2012
- [11] Geburtig, G. u. I. Schlegel, Schäden durch mangelhaften Brandschutz, Stuttgart 2013
- [12] Mehl, F., Brandschutz im Bestand und bauaufsichtliche Akzeptanz von Ingenieurmethoden, VFDB, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, Heft 2/2003, S. 71 – 77
- [13] Hess, VGH, Beschluss vom 18.10.1999 – 4 TG 3007/97, siehe auch: Die öffentliche Verwaltung, Heft 8 (April 2000, S. 338 – 339)
- [14] Geburtig, G., Baulicher Brandschutz im Bestand; Bd. 1: Brandschutztechnische Beurteilung vorhandener Bausubstanz, Berlin 2012; Bd 2: Ausgewählte historische Normteile DIN 4102 ab 1934, Berlin 2014; Bd. 3: Ausgewählte historische TGL und weitere Vorschriften von 1963 bis 1990; Berlin 2015
- [15] Hajpál, M., Der Einfluss von Brandereignissen auf das Verformungsverhalten bzw. die mechanischen Kennwerte von Natursteinen, in: WTA-Journal 3/04, WTA-Publications, München 2004, S. 277 – 290
- [16] Beschluss des Bundesgerichtshofes (BGH) vom 10.02.2011 Az.: VII ZR 156/08
- [17] Wirtschaftsdienst Ingenieure & Architekten, H. 7-2001, S. 9 – 11
- [18] Ebd., hier § 4

## Autor

- Prof. Dr.-Ing. Gerd Geburtig  
Weimar

# Der besondere Schadensfall

## Ursachen, Bewertung und Sanierung

Zum 50. Jubiläum des Frankfurter Bausachverständigentags am 2. Oktober 2015 stehen schwierige Schadenfälle im Blickpunkt der Veranstaltung. Sie stellen besondere Herausforderungen an die Baufachleute, die mit der Beurteilung und Instandsetzung dieser Schäden befasst sind. Namhafte Bausachverständige und weitere Experten zeigen die Bandbreite an Praxisbeispielen und stellen neue Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis vor.

Aus der Sichtweise des Praktikers und Sachverständigen werden Schwachstellen und ihre Ursachen, die zugrunde liegenden Fehler sowie spezielle Wege der Bewertung und Sanierung gezeigt. Vorgestellt werden die Themen nachbarliche Baugrubensicherung, Schäden bei der Energetischen Sanierung, beim Flachdach und bei der Innenabdichtung sowie Mängel und Schäden beim Brandschutz. Abgerundet wird die Veranstaltung durch Rechtsfragen zu Qualitätsanforderungen an Bauprodukte. Darüber hinaus bietet der Bausachverständigentag die Gelegenheit zu Diskussionen und persönlichen Kontakten sowie zum Besuch der begleitenden Ausstellung über neue Fachliteratur und Produkte.

Der Frankfurter Bausachverständigentag wird von der RG-Bau im RKW Kompetenzzentrum, dem Institut für Bauforschung e. V., dem Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, dem Verband der Bausachverständigen Deutschlands e. V. und der VHV Versicherungen veranstaltet.



ISBN 978-3-8167-9526-1



9 783816 795261

Fraunhofer IRB ■ Verlag