



# Feuchte im Bauwerk

Ein Leitfaden zur Schadensvermeidung



Initiative  
**kostengünstig**  
**qualitätsbewusst**  
**Bauen**  
umweltgerecht  
innovativ  
bezahlbar

## Impressum

### Herausgeber:

Kompetenzzentrum „Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen“ im



## IEMB

Institut für Erhaltung und Modernisierung  
von Bauwerken e.V. an der TU Berlin

Salzufer 14

10587 Berlin

Telefon: 030/39921-888

Telefax: 030/39921-889

E-mail: kompetenz@iemb.de

www.kompetenzzentrum-iemb.de



Initiative  
**kostengünstig  
qualitätsbewusst  
Bauen**  
umweltgerecht  
innovativ  
bezahlbar

### Geschäftsstelle

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Geschäftsstelle

Initiative „Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen“

Deichmanns Aue 31 – 37

53179 Bonn

E-mail: guenstig.bauen@bbr.bund.de

www.bbr.bund.de



Bundesamt  
für Bauwesen und  
Raumordnung

### Grafik

Institut für Erhaltung und Modernisierung

von Bauwerken e.V. an der TU Berlin, Berlin

### Druck

Jäger Medienzentrum, Berlin

Dieser Bericht soll dem breiten Kreis der Wohngebäude- und Wohnungseigentümer Informationen, Tipps und Anregungen geben. Es will und kann Gesetzestexte nicht ersetzen. Bei Rechtsfragen sollten daher immer die zuständigen Behörden oder die allgemein zur Rechtsauskunft befugten Stellen befragt werden. Dort können Sie z.B. auch Ausführungsbestimmungen erfahren, die nicht immer alle dargestellt werden können und die häufig von Bundesland zu Bundesland verschieden sind.

Stand: Dezember 2007

Alle Rechte vorbehalten

# Feuchte im Bauwerk

Ein Leitfaden zur Schadensvermeidung

## Bearbeitung:

### Projektleitung:

Dipl.-Ing. Andreas Rietz, Architekt BDB

### Wissenschaftliche Mitarbeit:

Dipl.-Ing. Claus Asam

Dipl.-Ing. Heidemarie Schütz

Prof. Dr.-Ing. Frank Ulrich Vogdt

### Mitarbeit:

Architekt M.A. Alexander Fahro  
Doris Meyer

u.a.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>	<b>5.</b>	<b>Leckagen und Undichtigkeiten in Feuchträumen</b>	<b>36</b>
<b>2.</b>	<b>Wege des Wassers</b>	<b>6</b>	<b>5.1</b>	<b>Typische Schäden durch Wassernutzung im Gebäude</b>	<b>36</b>
<b>2.1</b>	<b>Wasser von oben</b>	<b>6</b>	<b>5.2</b>	<b>Ursachen der Schäden durch Wassernutzung im Gebäude</b>	<b>37</b>
<b>2.2</b>	<b>Wasser von unten</b>	<b>7</b>	5.2.1	Mangelhafte Abdichtung in Nassbereichen	37
<b>2.3</b>	<b>Wasser von innen</b>	<b>7</b>	5.2.2	Undichtigkeiten bei Sanitär- und Heizungstechnik	39
<b>3.</b>	<b>Schwerpunkt Dach</b>	<b>8</b>	5.2.3	Mangelhafte Hausgeräte	40
<b>3.1</b>	<b>Das Flachdach</b>	<b>8</b>	<b>5.3</b>	<b>Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden durch Wassernutzung im Gebäude</b>	<b>41</b>
3.1.1	Charakteristische Schwachstellen am Flachdach	9	5.3.1	Fachgerechte Abdichtung von Nassbereichen	41
3.1.2	Ursachen von Schäden am Flachdach	10	5.3.2	Vermeidung von Schäden durch Heizungs- und Sanitärtechnik	43
3.1.3	Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden am Flachdach	11	5.3.3	Vermeidung von Schäden durch Haushaltsgeräte	45
<b>3.2</b>	<b>Das Steildach</b>	<b>13</b>	<b>6.</b>	<b>Überhöhte Luftfeuchte im Innenraum</b>	<b>48</b>
3.2.1	Charakteristische Schwachstellen am Steildach	14	<b>6.1</b>	<b>Typische Schäden durch überhöhte Luftfeuchte</b>	<b>48</b>
3.2.2	Ursachen von Schäden am Steildach	15	6.1.1	Schimmelpilzbildung	48
3.2.3	Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden am Steildach	15	6.1.2	Zerstörung von Bausubstanz durch Tauwasserbildung	49
<b>4.</b>	<b>Erdberührte Bauteile</b>	<b>17</b>	<b>6.2</b>	<b>Ursachen von Schäden durch überhöhte Luftfeuchte</b>	<b>49</b>
<b>4.1</b>	<b>Typische Ursachen der Feuchtebelastung an erdberührten Bauteilen</b>	<b>19</b>	6.2.1	Wie kommt die Feuchte in die Raumluft?	49
4.1.1	Kapillar aufsteigende Feuchtigkeit	20	6.2.2	Wie entsteht Tauwasser?	50
4.1.2	Feuchte Kelleraußenwände durch seitlich eindringendes Wasser	20	6.2.3	Ursache: Mangelhafte Raumlüftung	51
4.1.3	Feuchte Kelleraußenwände aufgrund von hygroskopischer Feuchte	20	6.2.4	Ursache: Wärmebrücken in der Gebäudehülle	52
4.1.4	Kondensatbildung durch Unterschreitung der Taupunkttemperatur	21	6.2.5	Ursache: Kalte Wasserleitungen	53
<b>4.2</b>	<b>Schadensursachen an erdberührten Bauteilen</b>	<b>21</b>	<b>6.3</b>	<b>Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden aus überhöhter Luftfeuchte</b>	<b>54</b>
4.2.1	Mangelhafte Horizontalabdichtung	21	6.3.1	Optimierung der Raumlüftung	54
4.2.2	Mangelhafte Vertikalabdichtung	22	6.3.2	Vermeidung von tauwassergefährdeten Konstruktionen	55
4.2.3	Salzproblematik	22	6.3.3	Vermeidung von kalten Oberflächen	56
<b>4.3</b>	<b>Maßnahmen zur Beseitigung von Schäden an erdberührten Bauteilen</b>	<b>23</b>	<b>7.</b>	<b>Ansprechpartner</b>	<b>58</b>
4.3.1	Ausführung von Horizontalabdichtungen	23	<b>8.</b>	<b>Literatur</b>	<b>59</b>
4.3.2	Ausführung von Vertikalabdichtungen	29	<b>9.</b>	<b>Bildquellen</b>	<b>60</b>
4.3.3	Sanierung von salzbelastetem Mauerwerk	31			
4.3.4	Elektrophysikalische Verfahren	33			

# 1. Einleitung

Der vorliegende Leitfaden zur Schadensvermeidung in Wohngebäuden – der im Rahmen der Initiative „Kostengünstig qualitätsbewusst Bauen“ erscheint – beschäftigt sich mit dem Schwerpunkt „Schäden an Gebäuden in Folge des Einwirkens von Wasser“.

Dieses im ersten Moment sehr speziell anmutende Thema ist ein wesentlicher Aspekt des schadensfreien Bauens, da sich die überwiegende Mehrzahl von Schäden an Gebäuden direkt oder indirekt auf das Einwirken von Wasser zurückführen lässt.

Besonders deutlich wurde dies bereits im „Dritten Bauschadensbericht“ der Bundesregierung, in dem Wohngebäude auf ihre Schadensschwerpunkte hin untersucht wurden [1].

Als Schadensschwerpunkte wurden z.B. bei Mehrfamilienhäusern der neuen Bundesländer folgende Gebäudeteile lokalisiert:

- Undichte Dacheindeckung bei Steildächern,
- undichte Dachrinnen und Fallrohre sowie durch Wassereintrag beschädigte Gesimskonstruktionen,
- Risse und Versottungen an Schornsteinen (Versottungen entstehen durch feuchtes Rauchgas, das im Schornstein kondensiert und in die Schornsteinmauer eindringt),

- undichte Dachabdichtungen bei Flachdächern,
- Risse und Putzablösungen an Fassaden, insbesondere an bewitterten Flächen,
- funktionsuntüchtige Fenster (Schäden finden sich vorwiegend an alten Holzfenstern, die meist auf Holzersetzen der bewitterten Bereiche aufgrund mangelnder Instandhaltung der Anstriche zurückzuführen sind),
- geschädigte Holzbalkendecken und korrodierte Stahlträger bei Kellerdecken, in der Regel am Auflager, aufgrund feuchter Wände,
- durchfeuchtete Sockel und Kelleraußenwände,
- Schimmelpilzbefall in Innenräumen auf feuchten Bauteilen.

Dieses Untersuchungsergebnis zeigt anschaulich, dass Feuchte im Bauwerk eine der wichtigsten Ursachen von Gebäudeschäden darstellt. Die Vermeidung von Wassereintrag in die Baukonstruktion verlängert die Lebensdauer von Gebäuden maßgeblich. Ein gutes Beispiel hierfür sind die ägyptischen Bauwerke der Pharaonenzeit. Ihre Standzeiten von zum Teil 4000 Jahren – bei gutem Erhaltungszustand – sind zum großen Teil auf das trockene Klima zurückzuführen.

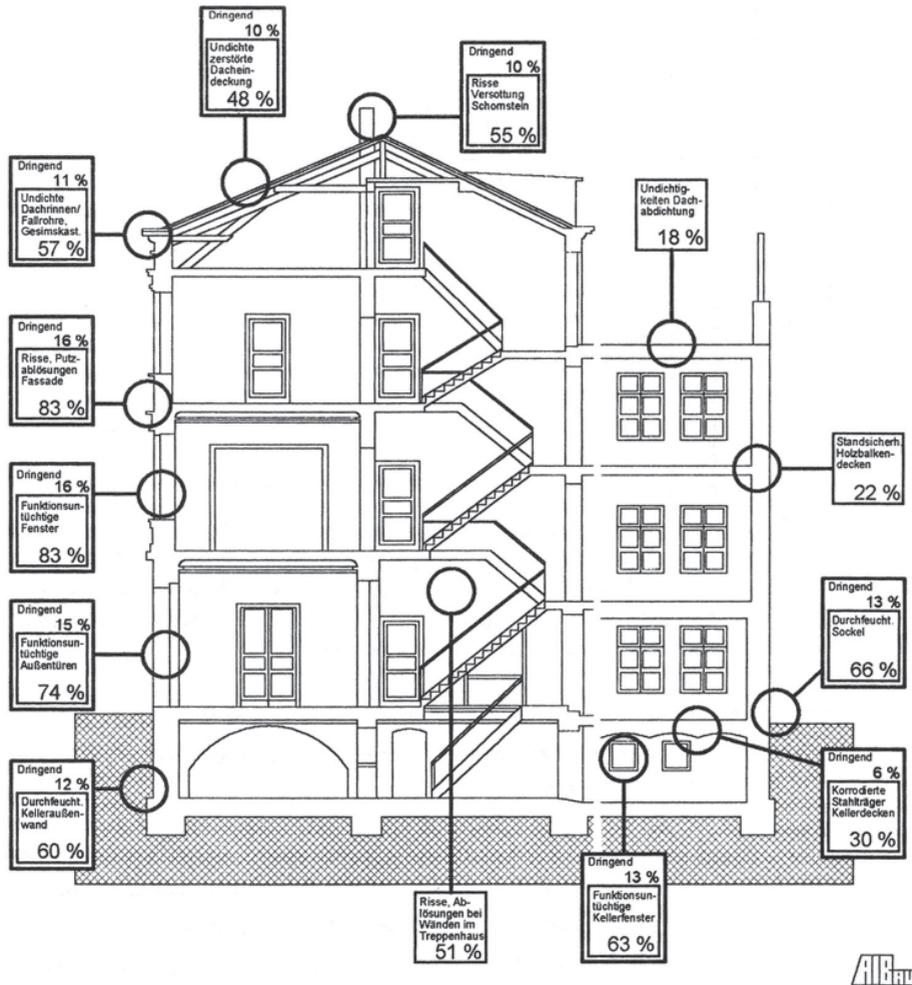


Bild 1.1: Übersicht über die Schadenshäufigkeiten an Bestandsgebäuden. Die in [1] charakterisierten Schadensschwerpunkte werden prozentual nach dringenden Schäden, die sofort, und Schäden, die zeitnah saniert werden sollten, dargestellt.

## 2. Wege des Wassers

Damit Gebäudeschäden durch Feuchtigkeitseinwirkung vermieden werden können, ist es für den Bewohner wichtig, die Wege des Wassers zu kennen. Die augenscheinlich triviale Fragestellung macht bei genauer Betrachtung durchaus Sinn, denn allein durch die Größe eines Gebäudes werden wichtige Details leicht übersehen. Schon die umhüllende Fläche eines kleinen Einfamilienhauses umfasst circa 600 m<sup>2</sup>. Hunderte von kniffligen Details müssen von den Planern und Handwerkern fachgerecht erstellt werden.

Nach der ordnungsgemäßen Erstellung des Gebäudes trägt eine regelmäßig durchgeführte Inspektion und Wartung zur mangel- und schadensfreien Nutzung der Gebäude bei.

Um bei der Komplexität des Themas den Überblick zu behalten, werden im weiteren Verlauf die „Wege des Wassers“ auf drei besonders häufige Schadensursachen bezogen:

- Wasser von oben,
- Wasser von unten,
- Wasser von innen.

### 2.1 Wasser von oben

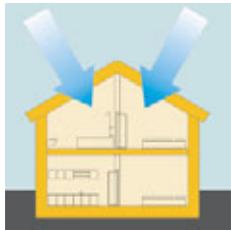


Bild 2.1: Wasser von oben

Wasser von oben wird im Weiteren als Niederschlag bezeichnet, der in Form von Regen auf die oberirdische Hülle von Gebäuden niedergeht. Insbesondere die Dächer haben bei Regen die Aufgabe, das Wasser zuverlässig vom Gebäude fernzuhalten und über Entwässerungsleitungen abzuleiten.

Der Niederschlag, der über Fassaden und Geländeoberfläche auf das Gebäude trifft, sammelt sich schwerpunktmäßig am Sockel. Zusätzlich er-

gibt sich am Sockel eine Spritzwasserbeanspruchung, die je nach Himmelsrichtung und Beschaffenheit der Geländeoberflächen vor dem Sockel mehrere Dezimeter hoch reichen kann. Auch dort muss mit einer geeigneten Abdichtung der Wand dafür gesorgt werden, dass das Gebäude nicht durchfeuchtet.

### 2.2 Wasser von unten

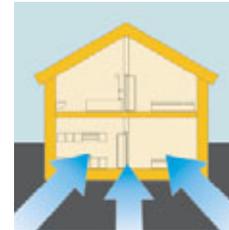


Bild 2.2: Wasser von unten

Als Wasser von unten wird das Wasser bezeichnet, das auf die Gebäudehülle im Erdreich trifft. Dieser Weg des Wassers ist teilweise selbst für den Fachmann schwer zu erkunden, da er nicht direkt einsehbar ist. Die Feststellung und Sanierung von Schäden in diesem Bereich verursachen die höchsten Ko-

sten, da, um die Schadensstelle zu erreichen, entweder viel Erdmasse bewegt oder Spezialverfahren eingesetzt werden müssen.

Das Wasser kann als Grund-, Schichten- und versickertes Oberflächenwasser oder als Bodenfeuchtigkeit anfallen.

### 2.3 Wasser von innen

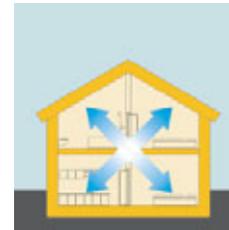


Bild 2.3: Wasser von innen – Leckagen

Für die Brauchwasserversorgung sowie Schmutz- und Regenwasserentwässerung besitzt jedes Haus unterirdische Hausanschlussleitungen, die über ein Rohrnetz an die jeweiligen Verbraucher angeschlossen werden. Bei Undichtigkeiten der Leitungen tritt Wasser von innen in die Bausubstanz ein.

Weiterhin kann durch die Abwasserleitungen bei starkem Wasseranfall durch die Kanalisation Wasser ins Haus gedrückt werden. Auch Un-

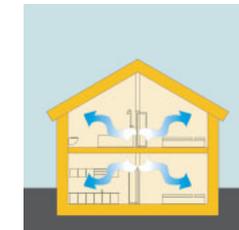


Bild 2.4: Wasser von innen – Raumluftfeuchte

dichtigkeiten an den Wasserentnahmestellen (Dusche, Badewanne, etc.) sind potenzielle Schadensquellen.

Eine weitere wichtige Schadensursache entsteht aus der Nutzung des Gebäudes, bei der Feuchtigkeit an die Innenluft abgegeben wird. Durch ungünstige Verhältnisse kann die Feuchtigkeit kondensieren. Bereits ab einer länger anhaltenden relativen Luftfeuchte von 80 % besteht ein Schimmelpilzrisiko.



### 3. Schwerpunkt Dach

Das Dach ist eines der höchst belasteten Teile eines Gebäudes. In exponierter Lage schützt das Dach vor allen widrigen klimatischen Umwelteinflüssen. Ein Dach muss zuverlässig Regen, Wind, Schnee und Hagel, aber auch Hitze und Kälte abhalten. Eine Forderung, die sowohl für ein flaches, als auch für ein geneigtes Dach gilt. Das wichtigste der o.g. Kriterien ist jedoch das Wasser. Dringt Wasser durch das Dach in die darunter liegende Konstruktion oder sogar in den Wohnraum ein, werden die Bedingungen für die Dauerhaftigkeit und Behaglichkeit massiv verschlechtert. Deshalb ist es oberstes Gebot, die Funktionstüchtigkeit eines Daches immer aufrecht zu erhalten.

In diesem Kapitel werden grundlegende Hinweise für die dauerhafte Nutzung von Dächern angesprochen.

Dächer können prinzipiell in Flachdächer und geneigte Dächer unterteilt werden.

Von geneigten Dächern (Steildächern) wird gesprochen, wenn deren Dachflächen ein Gefälle von über 5° aufweisen. Dächer unter 5° Neigung werden als flach bezeichnet.

Von der Dachneigung hängt auch im wesentlichen die Konstruktionsart der Wasserableitung ab.

#### 3.1 Das Flachdach

Damit ein Flachdach Wasser sicher vom Gebäude abhalten kann, muss eine wasserdichte Abdichtung eingebaut werden. Je nach Anforderung und Beanspruchung wird die erforderliche Qualität der Abdichtung beeinflusst durch:

- die Dicke der Abdichtung (einlagig, zweilagig oder dreilagig),
- die Ausführung der Schutzschicht auf der Abdichtung (leichte oder schwere Ausführung, Begrünung),
- die Lage der Abdichtung z.B.:
  - Abdichtung auf der Dämmschicht (klassische Ausführung),

- Abdichtung unter der Dämmschicht (Umkehrdach) oder
- Abdichtung zwischen Dämmschichten (sog. Duo-Dach).

Eine Belüftung des Dachraums (sog. Kaldach), wie es früher oftmals ausgeführt wurde, wird bei Flachdächern heutzutage nur noch selten angewendet. Dies liegt einerseits an den wesentlich dauerhafteren Abdichtungsprodukten, die keine Belüftung benötigen, und andererseits an dem konstruktionsbedingten höheren Aufbau durch die Belüftung. Deswegen wird im Weiteren nur auf die Flachdächer ohne Belüftung (sog. Warmdächer) eingegangen.

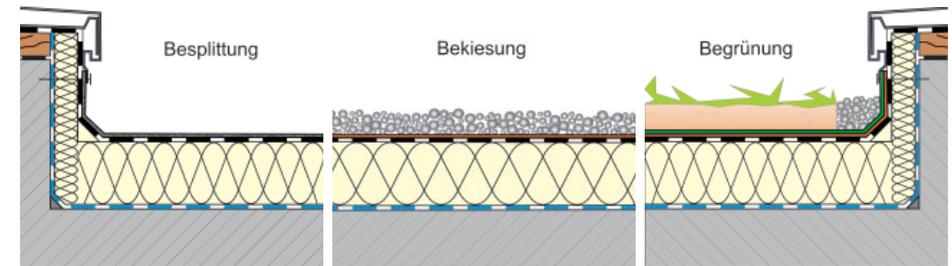


Bild 3.1: Abdichtung mit leichter Schutzschicht z.B. Besplittung  
 Bild 3.2: Abdichtung mit schwerer Schutzschicht z.B. Bekiesung  
 Bild 3.3: Abdichtung mit schwerer Schutzschicht z.B. Begrünung

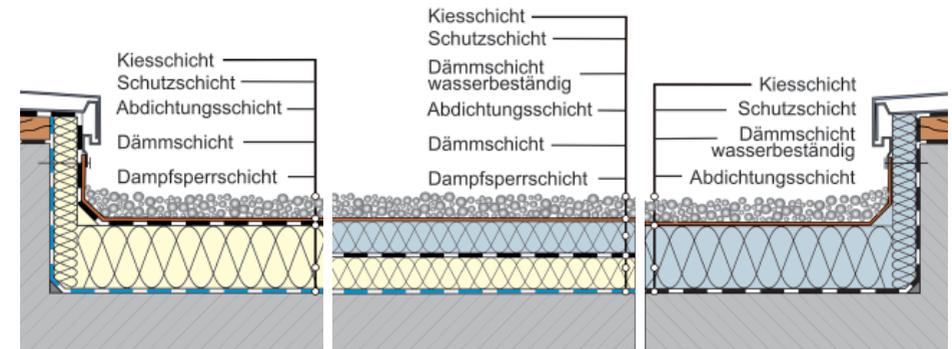


Bild 3.4: Var. 1: Abdichtung auf der Dämmschicht  
 Bild 3.5: Var. 2: Abdichtung zwischen Dämmschichten (Duo-Dach)  
 Bild 3.6: Var. 3: Abdichtung unter der Dämmschicht (Umkehrdach)

#### 3.1.1 Charakteristische Schwachstellen am Flachdach

Das Flachdach ist auf Grund seines geringen Gefälles prinzipiell schadensanfälliger als ein Steildach. Beim Versagen der Dachdichtung kann Wasser in die Dämmung eindringen und sich dort ungehindert ausbreiten. Das Dach „säuft ab“. Da die darunter liegende Decke mit einer Dampfsperre abgedichtet ist, wird ein Durchnässen der Decke nur an eventuellen Fehlstellen

der Dampfsperre sichtbar werden (Bild 3.7). Eine Ausnahme im oben beschriebenen Schadensfall bietet das sog. Umkehrdach (Bild 3.6), bei dem die Abdichtung unter der Dämmschicht liegt. Falls hier eine Leckage auftritt, würde an der Deckenunterseite eine Durchfeuchtung direkt über der Schadensstelle sichtbar werden (Bild 3.9).

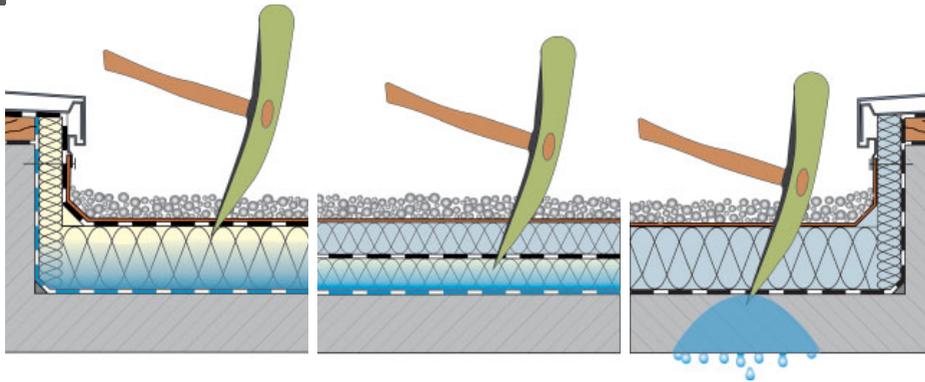


Bild 3.7: Wasserdurchtritt bei einer Leckage am Flachdach der Var. 1

Bild 3.8: Wasserdurchtritt bei einer Leckage am Flachdach der Var. 2

Bild 3.9: Wasserdurchtritt bei einer Leckage am Flachdach der Var. 3

Eine Kombination aus Variante 1 und 3 bietet das sog. Duo-Dach (Var. 2, Bild 3.8), da die Abdichtung unter einer wasserbeständigen Dämmung liegt. Dadurch wird die Dichtschicht wesentlich besser geschützt als bei Variante 1. Bei einer eventuellen Beschädigung wird jedoch wie bei Dächern der Variante 1 die unter der Abdichtung liegende, nicht wasserbeständige Dämmung beeinträchtigt. Gefährdete Stellen für einen Wassereintritt sind neben beschädigten Abdichtun-

gen auch Schäden an Anschlüssen (z.B. Anschluss der Flächendichtung an die Attika oder an eine Dachluke) und Durchdringungen (z.B. Sanitärbelüftung). Diese Stellen sind meist etwas erhaben. Treten dort Beschädigungen auf, werden diese oftmals erst dann bemerkt, wenn sich durch mangelhafte Wasserableitung, bei starken Niederschlägen, Wasser auf dem Flachdach anstaut.

### 3.1.2 Ursachen von Schäden am Flachdach

Als Hauptursachen für Schäden am Flachdach kommen folgende Punkte in Frage:

#### 1. Witterungsbedingte Überalterung

Jedes Material hat eine technische Nutzungsdauer. Flachdachabdichtungen erreichen Nutzungsdauern von mehreren Jahrzehnten [2]. Der Alterungsprozess wird im wesentlichen

durch klimatische Bedingungen wie z.B. Frost oder andere Umweltbedingungen (Verschmutzung, Bewuchs, etc.) beeinflusst.

#### 2. Unwetterereignisse

Sturm oder Starkregen beanspruchen insbesondere lose verlegte Dachhaut teilweise bis an die Grenzen der Belastbarkeit.

### 3. Beschädigungen

Die Ursache für Beschädigungen sind neben Sturmereignissen vor allem menschliche Einflussnahme, wie z.B. unsachgemäße Dacharbeiten, falsches Betreten oder Durchwurzelung durch Spontanvegetation.

### 4. Mangelhafte Inspektion

Viele Mängel aus Überalterung oder Beschädigung werden jedoch erst zum Schaden, wenn die Dächer nicht regelmäßig kontrolliert werden.



Bild 3.10: Pflanzeneinwuchs auf einem Flachdach mit Bekiesung. Bereits nach dem 2. Jahr der Fertigstellung ge-  
deiht Buschwerk auf dem Dach.

## 3.1.3 Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden am Flachdach

### Planungs- und Baumaßnahmen

Zur dauerhaften Vermeidung von Schäden an Flachdächern sollte bereits in der Planungsphase auf eine möglichst einfache und gut inspizierbare Konstruktion geachtet werden. Dabei sind z.B. Versprünge oder Verschneidungen der Dachoberfläche zu vermeiden und Durchdringungen zu minimieren. Mit der Planung ist ein ausreichendes Gefälle in allen Bereichen des Daches sicherzustellen, schwierig herzustellende Punkte sind zu detaillieren.

Für die Ausführung der Dachabdichtungsarbeiten ist es ratsam, eine Schönwetterperiode abzuwarten. Ist dies nicht möglich, muss vor der Baumaßnahme ein geeignetes Notdach vorgesehen werden. Denn nichts ist schädlicher für die Ausführungsqualität der Dachabdichtung als hektische Betriebsamkeit, die entsteht, wenn Regenwolken aufziehen.

Die Ausführung ist während und nach der Baumaßnahme mit Hilfe der Planunterlagen zu überprüfen. Des öfteren kommt es während der Baumaßnahme zu einer praktikableren Detailausbildung. Die Änderungen sind im Plan zu dokumentieren, damit spätere Änderungs- und Wartungsarbeiten einfacher ausgeführt werden können.

Ein weiterer wichtiger Punkt sind nachträgliche Arbeiten von Fremdfirmen im Dachbereich, wie z.B. Arbeiten an Dachluken, Antennenanlagen oder die nachträgliche Installation einer Fotovoltaikanlage. Hierbei kann es sehr schnell zu unbemerkten Beschädigungen der Dachabdichtung kommen. Es empfiehlt sich daher unbedingt, neben der Abnahme der eigentlichen Firmenleistung, auch die Unversehrtheit des Daches zu kontrollieren.



## Inspektion und Wartung

Auf Grund seiner schlecht einsehbaren Lage wird schnell vergessen, welchen extremen Beanspruchungen das Dach standhalten muss. Deswegen ist die turnusmäßige Inspektion des Flachdachs die beste Vorsorge für eine dauerhafte und kostengünstige Funktionstüchtigkeit.

Es empfiehlt sich daher das Dach im Herbst, nach dem Ende des Laubabwurfs und im Frühjahr, nach der Schneeschmelze bzw. nach dem Ende der Frostperiode, zu inspizieren [3].

Als wichtigste Inspektions- bzw. Wartungspunkte sind hierbei zu nennen:

- Überprüfung auf Verschmutzung und ggf. Reinigung der Dachgullys, Dachrinnen und Fallrohre,
- Überprüfung der Dachfläche auf funktionsbeeinträchtigende Schmutzablagerungen,
- Überprüfung auf Pflanzeneinwuchs und ggf. dessen Beseitigung,
- optische Überprüfung der Dachabdichtung, insbesondere an An- und Abschlüssen,
- Überprüfung der mechanischen Festigkeit von Profilen, Lüftungselementen, Lichtkuppeln, Abdeckungen, etc.

Verunreinigungen sollten bei den Inspektionen entfernt werden. Bei Auffälligkeiten an der Dachdichtung oder anderen Dachelementen ist zeitnah eine Fachfirma des Dachdeckerhandwerks mit der Begutachtung zu beauftragen. Diese Firmen bieten auch komplette Inspektions- und Wartungsverträge für Hausbesitzer an [4].



Bild 3.11: Verunreinigung einer Flachdachentwässerung aufgrund jahrelanger Inspektionsversäumnisse



Bild 3.12: Defekte Abdichtung (mit leichter Schutzschicht) aufgrund von Überalterung

## 3.2 Das Steildach

Anders als das Flachdach muss das Steildach nicht zwingend mit einer wasserdichten Abdichtung ausgeführt werden. In Abhängigkeit von der Dachneigung und der Deckungsart genügt im Regelfall die Ausführung mit einer Deckung und einem darunter liegenden wasserableitenden Unterdach. Dabei hat die Deckung die Aufgabe das Niederschlagswasser abzuleiten. Bei Starkregen, Windböen oder durch Schneelagen kann Wasser durch die Deckung gedrückt werden.

Dieses Wasser wird dann durch das Unterdach - meist wird hier eine Unterspännbahn eingesetzt - abgeleitet.

Die Funktionstüchtigkeit eines Schrägdachs wird im wesentlichen durch eine intakte Deckung bestimmt. Das Unterdach wird dann zwingend benötigt, wenn das Dachgeschoss ausgebaut ist und die Deckung von innen nicht zugänglich ist. Da dieser Zustand den Regelfall darstellt, wird im Weiteren von diesem Dachaufbau ausgegangen.

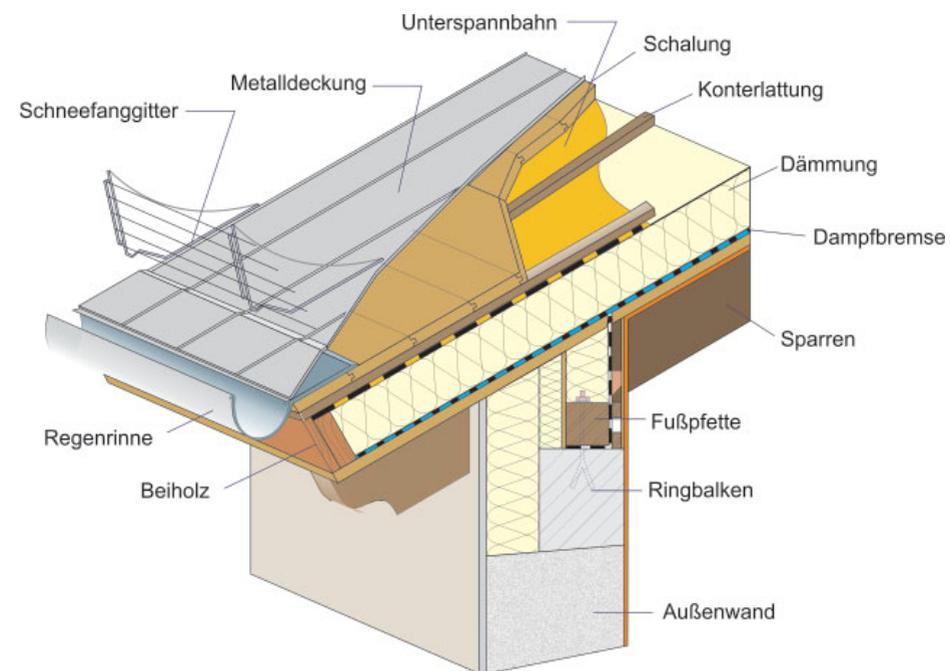


Bild 3.13: Schema eines Schrägdaches (Variante Aufsparrendämmung) mit Metalldeckung und Unterdach



### 3.2.1 Charakteristische Schwachstellen am Steildach

#### Schwachstellen an der Deckung

Die Deckung besteht aus vielen Einzelsegmenten, die zusammengefügt eine dichte, geschlossene Fläche bilden. Die Dichtheit der gesamten Fläche hängt von zwei Parametern ab:

1. Die Einzelsegmente (z.B. Ton- oder Betondachsteine, Schieferplatten, Schindeln, Metalltafeln, etc.) müssen wasserundurchlässig sein.
2. Die Verbindung zwischen den Einzelsegmenten muss dicht geschlossen sein. Dies kann auf verschiedene Arten sichergestellt werden:

- Durch Überlappung (z.B. bei Schieferplatten, Schindeln oder Biberschwanz-Tonziegeln),
- durch Verzahnung wie bei den modernen Dachsteinen üblich,
- durch Vermörtelung der Fugen von der Dachunterseite. Diese Technik wurde früher sehr oft eingesetzt.

Beide Voraussetzungen sind für die Dichtheit einer Dachdeckung notwendig.

#### Schwachstelle: Anschlüsse und Durchdringungen

Erfahrungsgemäß sind Schnittstellen, die eine Materialbearbeitung oder einen Materialwechsel hervorrufen, besonders schadensanfällig. Bei Dachdeckungen sind diese Stellen z.B. an Dachverschneidungen zu finden, an denen die Deckung zugeschnitten wird und durch eine zusätzliche Unterkonstruktion (meist Verblechungen)

ergänzt werden muss. Dies trifft auch auf die Einbindung von Gauben, Dachflächenfenstern oder Schornsteinen zu, die konstruktiv ebenfalls eine Störung der Flächendeckung darstellen. Auch der First, der mit speziellen Firstelementen gedeckt wird, bedarf besonderer Aufmerksamkeit.

#### Schwachstelle: Wasserableitung

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Wasserableitung. Der große Vorteil des Steildaches gegenüber dem Flachdach ist die hervorragende Wasserableitung der Dachflächen.

Das Wasser wird in der Regel bis zum Traufbereich geleitet, dort über Rinnen gesammelt und den Fallrohren zugeführt. Funktioniert die Wasserableitung z.B. aufgrund von verunreinigten Rohren nicht, kann dies bei stärkeren Niederschlägen zum Rückstau

von Wasser im Traufbereich führen. Da eine Stauwasserdichtheit fehlt, besteht je nach Dachkonstruktion die

Möglichkeit, dass Wasser über das Unterdach in den Traufbereich eindringen kann.

### 3.2.2 Ursachen von Schäden am Steildach

Wie auch beim Flachdach können die Ursachen der Schäden am Steildach auf vier Schwerpunkte zurückgeführt werden:

1. Witterungsbedingte Überalterung
2. Unwetterereignisse, wie Sturm
3. Beschädigungen
4. Mangelhafte Inspektion



Bild 3.14: Pflanzeneinwuchs in der Regenrinne



Bild 3.15: Defekte Ziegeldeckung

### 3.2.3 Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden am Steildach

#### Planung und Ausführung

Um die Schadenswahrscheinlichkeit an Steildächern von vorn herein möglichst klein zu halten, sollte sich jeder Bauherr bewusst machen, dass die Schadenshäufigkeit am Dach an Konstruktionspunkten, wie Dachverschneidungen, Gauben-, Dach- und Schornsteinanschlüssen, etc. besonders hoch ist. Für eine wartungsfreundliche Dachkonstruktion sind komplizierte Dachdetails weitgehendst zu vermeiden. Wie auch beim Flachdach sollten aufwändige Details vom Planer exakt ausgearbeitet werden.

Diese Detailplanung hilft einerseits dem ausführenden Fachbetrieb und dient andererseits zur Kontrolle und Dokumentation der Ausführung. Letztere hilft darüber hinaus bei der späteren Inspektion und Wartung.

#### Bewuchs der Deckung

Seit einigen Jahren werden Kupferbänder, die im First eingebaut werden, angeboten, um die Deckung von Bewuchs freizuhalten. Durch den Regen werden Kupferionen ausgewaschen und vergiften die störenden



Moose und Flechten, die sich auf der Dachdeckung ansiedeln möchten. Die Kupferionen reichern sich aber durch die Versickerung im Grundwasser an und gefährden somit auch uns. Das Umweltbundesamt hat bereits 2005 einen Untersuchungsbericht [5] veröffentlicht, in dem vor dieser Problematik gewarnt wurde. Darin wird

### Inspektion und Wartung

Wie auch beim Flachdach ist die regelmäßige Inspektion und Wartung die beste Garantie für eine lange Funktionstüchtigkeit eines Steildaches. Angepasst an die typische Bauweise werden folgende Inspektionpunkte empfohlen:

- Überprüfung und ggf. Reinigung von Dachrinnen, Fallrohren und sonstigen Entwässerungseinrichtungen,
- Überprüfung der Dachdeckung auf funktionsbeeinträchtigende Schmutzablagerungen und Bewuchs,
- Überprüfung der Dachdeckung und Einbauten (z.B. Gauben, Dachflächenfenster, Ausstiege) auf Regendichtheit,
- Überprüfung der mechanischen Festigkeit von z.B. Lüftungselementen, Kamineinfassungen, Antennen, Schneefanggittern, Tritt- und Sicherungseinrichtungen, etc.

Die Dachinspektionen sind möglichst – wie auch beim Flachdach – im Spätherbst und im Frühjahr auszuführen.

empfohlen, weitgehendst auf Kupfer, aber auch auf Zink und Blei im Außenbereich zu verzichten. Die Beeinträchtigung der Haltbarkeit von hochwertigen Dachdeckungen durch Moose und Flechten wird in der Regel überschätzt. Das „optische“ Problem kann bei der regelmäßigen Wartung auch mechanisch gelöst werden.

Hierbei sollte vorrangig auf die Verschmutzung der Entwässerung geachtet werden. Die Inspektion der anderen Aspekte kann bei normalen klimatischen Bedingungen einmal im Jahr erfolgen, da Dachdeckungen im Vergleich zu Abdichtungen etwas robuster gegenüber Umweltbelastungen reagieren. Vorsicht ist jedoch bei Starkwindereignissen geboten. Je steiler ein Dach geneigt ist, desto mehr belastet der Wind das Dach, vor allem die exponierten Ränder und den First. So kommt es bei Stürmen immer wieder vor, dass sich einzelne Dachelemente verschieben oder lösen. Es ist deshalb ratsam, nach jedem starken Unwetter sein Steildach zu inspizieren, insbesondere dann, wenn bereits aus der Nachbarschaft Schäden bekannt wurden.

Auch für Steildächer bieten die Fachbetriebe des Dachdeckerhandwerks maßgeschneiderte Inspektions- und Wartungsverträge an [6].

## 4. Erdberührte Bauteile

Unter erdberührten Bauteilen werden die Teile eines Gebäudes zusammengefasst, die mit dem Erdboden im Kontakt sind. Dies sind bei einem Wohnhaus in erster Linie die Fundamente, die Bodenplatte und die Kelleraußenwände. Im Außenbereich zählen z.B. auch Stützmauern, die einen Hang sichern, zu den erdberührten Bauteilen.

Der Erdboden ist in der Regel ständig feucht, da Wasser durch Niederschläge und Grundwasser kontinuierlich nachgeführt wird. Je nach Standort eines Gebäudes kann die Wassermenge im Boden von erdflecht bis wassergesättigt reichen.

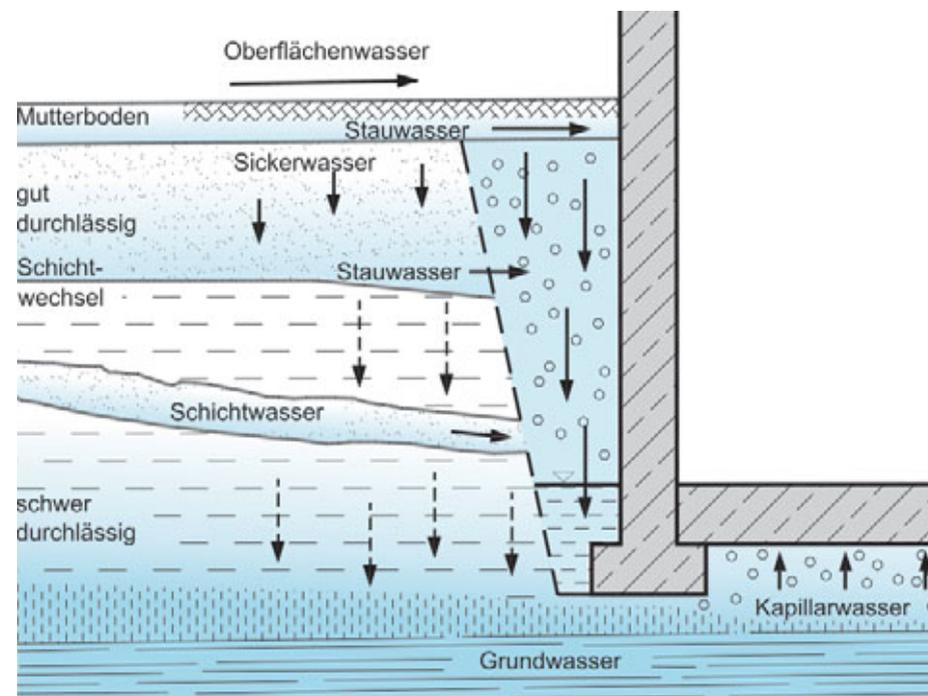


Bild 4.1: Die Wege des Wassers im Erdboden [7]

Alle erdberührten Bauteile müssen deshalb so ausgerüstet werden, dass sie dauerhaft den Zutritt von Wasser

bzw. Feuchtigkeit in das Gebäude verhindern. Dazu werden zwei Verfahren angewendet:



**1. Beschichtung von erdberührten Bauteilen mit wasserdichten Abdichtungsprodukten (sog. Schwarze Wanne: Bild 4.2)**

Der Begriff „Schwarze Wanne“ hat sich aufgrund der historischen Abdichtungsstoffe auf Teer- oder Bitumenbasis, die schwarz sind, eingebürgert. Heutzutage sind auch nicht schwarze Abdichtungsprodukte auf dem Markt, so dass der Begriff „Schwarze Wanne“ nicht mehr ganz korrekt ist.

**2. Einsatz von Baustoffen für erdberührte Bauteile, die durch ihre Zusammensetzung bereits wasserundurchlässig sind (sog. Weiße Wanne: Bild 4.3)**

Unter der „weißen Wanne“ wird ein Bauteil aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) verstanden. Wasserundurchlässig bedeutet nicht wasserdicht. Der Beton ist so dicht, dass lediglich Wasserdampf durchdringen kann. Diese Bauweise wird im Wohnungsbau seit den 1970er Jahren verstärkt eingesetzt.

Neue Bauteile werden nach den geltenden Vorschriften errichtet. Für die Variante 1 gilt die Abdichtungsnorm DIN 18195 [8]. Für die Variante 2 werden die Betonnormen DIN 1045-2 [9], bzw. EN 206 [10] angewendet. Diese garantieren eine dauerhafte Abdichtungsqualität.

Ältere Gebäude sind in der Regel mit Abdichtungen (Var. 1) gegen Feuchte und Wasser geschützt. Die historischen Ausführungen sind jedoch nicht immer mit der heutigen Qualität zu vergleichen. Zusätzlich tragen Ma-

terialermüdungen dazu bei, dass sich in älteren Gebäuden häufig feuchte Stellen ausbilden.



Bild 4.2: Schema der Abdichtungsvariante 1 „Schwarze Wanne“

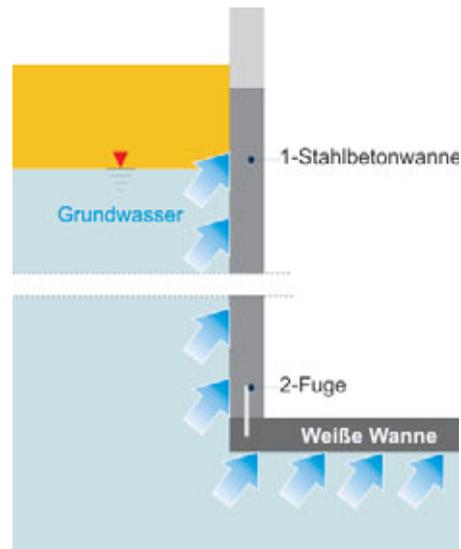


Bild 4.3: Schema der Abdichtungsvariante 2 „Weiße Wanne“

**4.1 Typische Ursachen der Feuchtebelastung an erdberührten Bauteilen**

Im weiteren Verlauf wird deshalb speziell auf die Feuchteproblematik in Bestandsgebäuden eingegangen.

In Bild 4.4 werden die vier Ursachen von Feuchtebelastungen an erdberührten Bauteilen dargestellt, wobei jede eine individuelle Sanierungslösung erfordert. Ein Laie kann in der Regel nicht unterscheiden, welcher Fall in seinem Haus vorliegt. Selbst für Sachkundige ist die Beurteilung oft schwer, da die vier Grundursachen auch in Kombination auftreten können.

Für eine wirksame und dauerhafte Sanierung von Feuchteschäden an erdberührten Bauteilen ist deshalb eine exakte Voruntersuchung notwen-

dig, die die Ursache der Feuchtebelastung klärt und den Zustand des Bauteils erfasst. Die von vielen Gutachtern und Sanierungsfirmen eingesetzten einfachen, zerstörungsfrei arbeitenden Messgeräte können lediglich einen oberflächlichen Eindruck vermitteln – insbesondere dann, wenn der Außenbereich nicht zugänglich ist.

Liegt ein größerer Schaden vor, der erhebliche Sanierungskosten verursacht, sollten im Sanierungsbudget die Freilegung nicht zugänglicher Bauteile und eine Substanzbeprobung mit eingeplant werden.

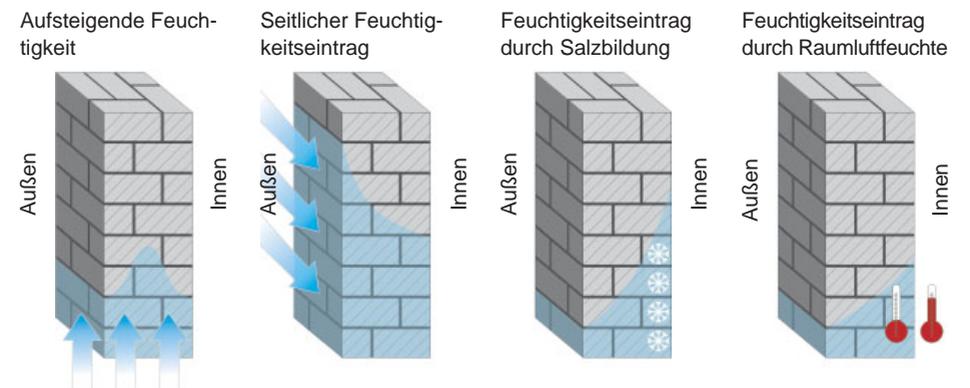


Bild 4.4: Ursachen der Feuchtebelastung von Außenwänden





#### 4.1.1 Kapillar aufsteigende Feuchtigkeit

Bei der kapillar aufsteigenden Feuchtigkeit handelt es sich um Wasser, das durch die feinen Poren – den sog. Kapillaren – eines Materials transportiert wird. Die kapillaren Saugkräfte sind dabei von der Beschaffenheit des Baustoffs abhängig. Vereinfacht gilt, je feiner die Kapillaren, desto höher die Steighöhe. Dabei kann theoretisch die Saughöhe mehrere Meter betragen. Bei üblichen Beton- oder Mauerwerksprodukten steigt die Saughöhe selten über 30 - 40 cm. Insbesondere bei Mauerwerk bilden die

Fugen natürliche Barrieren, so dass sich die kapillar aufsteigende Feuchtigkeit meist in den ersten beiden unteren Steinlagen bemerkbar macht.



Bild 4.5: Kapillarsteighöhen in Abhängigkeit vom Durchmesser der Poren

#### 4.1.2 Feuchte Kelleraußenwände durch seitlich eindringendes Wasser

Die Ursache für Feuchtigkeit in erdberührten Bauteilen kann seitlich eindringendes Wasser sein, das über dichte Erdschichten oder Sicker- bzw. Stauwasser an die Außenwand geführt wird. Im Fall einer nicht intakten Abdichtung kann das Wasser in das Bauteil eindringen und bis in den Innenraum vordringen.

Je nachdem in welcher Höhe das Wasser an die Außenwand geführt wird, an welcher Stelle eine defekte Dichtung vorliegt und wie das Wandgefüge ausgebildet ist, zeichnen sich auf der Innenseite feuchte Stellen ab. Die typische Feuchteverteilung im Wandquerschnitt ist in Bild 4.4, Abb. 2 dargestellt. Die Konzentration nimmt dabei von außen nach innen ab.

#### 4.1.3 Feuchte Kellerwände aufgrund von hygroskopischer Feuchte

Eine weitere Quelle feuchter Bauteile ist die hygroskopische Feuchte, die über bauschädliche Salze in ein Bauteil eingetragen werden. Da Salze Wasser regelrecht anziehen, kann ein Bauteil bei hohem Salzgehalt feucht erscheinen, auch wenn kein zusätz-

liches Wasser von außen eintritt. Allein durch die Luftfeuchtigkeit können Salze genügend Wasser anreichern, so dass sie in Lösung gehen. Durch die sehr gute Wasserlöslichkeit, kommen verschiedene Eintragswege ins Bauteil in Frage:

1. Eintrag von außen über das Erdreich (z.B. Streusalz) oder das Grundwasser (z.B. Nitrat),
2. Eintrag über den Baustoff (z.B. über natürliche Salzgehalte der Rohstoffe oder wiederverwendete Mauersteine die Salze aufgenommen haben),
3. Eintrag von innen über die Nutzung von Gebäuden (z.B. in Ställen oder Waschküchen).

Die typische Feuchtigkeitsverteilung im Bauteilquerschnitt bei hygroskopischer Feuchte fällt von der Oberfläche zum Wandkern ab, da die Salzkonzentration an der Oberfläche höher ist als im Inneren des Bauteils (Bild 4.4, Abb. 3).

#### 4.1.4 Kondensatbildung durch Unterschreitung der Taupunkttemperatur

Diese Feuchtigkeitsursache ist in letzter Zeit zu einem sehr wichtigen Thema geworden. Insbesondere durch die vernachlässigte Planung der Gebäudelüftung bei energetischen Sanierungs-

maßnahmen, bei denen die Raumhülle luftdichter gemacht wird, kommt es vermehrt zu Schäden. Das Kapitel 6 widmet sich deshalb ausschließlich diesem Thema.

### 4.2 Schadensursachen an erdberührten Bauteilen

Meist lassen sich Feuchteschäden nur von der Innenseite des Kellers besichtigen. Dort zeigen sich Wasserschäden durch Feuchtigkeitsaustritt, Verfärbung

oder Ausblühungen der Oberfläche. Die Ursache, z.B. eine defekte Abdichtung, ist in der Regel nur sehr aufwändig oder gar nicht zugänglich.

#### 4.2.1 Mangelhafte Horizontalabdichtung

Die Horizontalabdichtung wird im Wandfuß eingebaut, um aufsteigende Feuchtigkeit zu vermeiden. Bei Mauerwerk wird diese in der untersten Lagerfuge z.B. mit einer Bitumenbahn hergestellt. Bei älteren Gebäuden kann diese Sperrschicht durch den natürlichen Alterungsprozess nicht mehr voll funktionsfähig sein. In einigen Gebäuden wurde im Keller komplett auf die horizontale Dichtung verzichtet.



Bild 4.6: Aufsteigende Feuchtigkeit aufgrund einer defekten Horizontalabdichtung



## 4.2.2 Mangelhafte Vertikalabdichtung

Die Vertikalabdichtung schützt z.B. eine Kelleraußenwand vor eindringender Feuchtigkeit. Je nach der anfallenden Wasserintensität wird die Ausführungsvariante der Vertikalabdichtung gewählt. Bei älteren Gebäuden wurde bei geringen Feuchtebelastungen häufig nur ein bituminöser Anstrich ausgeführt. Bei vielen Kellerwänden von Gebäuden, die z.B. vor 100 Jahren gebaut wurden, kann die Vertikalabdichtung auch komplett fehlen, womit vor allem bei reinen Lagerkellern zu rechnen ist.



Bild 4.7: Schadensbild einer defekten Vertikalabdichtung. Bei Regen fließt Schichtwasser an die Kelleraußenwand. An den defekten Stellen bilden sich feuchte Flecken im Innenraum.

Vertikalabdichtungen sind im Vergleich zu horizontalen Abdichtungen Beanspruchungen durch Wasser, Erdreich

und Pflanzenwuchs direkt ausgesetzt. Der Alterungs- und Verschleißprozess läuft daher schneller ab.

## 4.2.3 Salzproblematik

Salze im Mauerwerk führen neben der Feuchteanreicherung zu Zerstörungen der Bausubstanz, die durch die enormen Sprengkräfte bei der Kristallisation von gelösten Salzen herbeigeführt wird. Die Kristallisationsvorgänge finden in den oberflächennahen Schichten der salzbelasteten Bauteile statt. Durch Verdunstung des Wassers wird immer mehr gelöstes Salz aus dem Bauteilinneren an die Oberfläche transportiert. Ist die maximal lösliche Konzentration überschritten, kristallisieren die Salze aus. Je nach Konzentration, Salzart und Raumklima kann es auch zu erheblichen Ausblühungen von Salzkristallen an der Oberfläche kommen.



Bild 4.8: Schadensbild einer mit bauschädlichen Salzen belasteten Kellerinnenwand. Die Salze blühen an der Wandoberfläche aus. Die Wand kann das ganze Jahr über feucht sein.

Die Salzkristalle reichern sich in den Poren des Baustoffs an. Sind sämtliche Poren gefüllt wird der Kristallisations- bzw. Hydratationsdruck so hoch, dass die salzgesättigte Schicht abplatzt.



## 4.3 Maßnahmen zur Beseitigung von Schäden an erdbe-rührten Bauteilen

Jeder Maßnahme zur Beseitigung von Schäden an erdbe-rührten Bauteilen sollte eine umfangreiche Ursachenanalyse vorausgehen [11].

Ist die Ursache der Feuchtigkeitsschäden nicht genau bekannt oder die vermutete Quelle schwer zugänglich,

kann mit Hilfe eines Fachplaners eine stufenweise Herangehensweise zur Trockenlegung geplant werden. Nicht immer ist eine komplette Erneuerung von Horizontal- und Vertikalabdichtungen notwendig, z.B. wenn der Keller keine hochwertige Nutzung hat.

### 4.3.1 Ausführung von Horizontalabdichtungen

Die Sanierung einer defekten Horizontalabdichtung ist immer dann zu empfehlen, wenn aufsteigende Feuchtigkeit den Schaden verursacht hat und der Kellerraum in einen hochwertigen Wohn- oder Nutzraum umgebaut wer-

den soll. Dabei ist darauf zu achten, dass die Horizontalabdichtung an die Abdichtung der Bodenplatte und der Vertikalabdichtung der Außenwand angeschlossen werden muss.

### Injektionsverfahren

Über Injektionsverfahren wurden in den letzten Jahren – unter Berücksichtigung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse – ausgiebige Erfahrungen gesammelt, die die Erfolgsquote einer nachträglichen dauerhaften Abdichtung deutlich verbessert haben. Diese Erfolge und die Kostenreduzierung der Injektionsprodukte bescherten den Injektionsverfahren nach [12] einen Marktanteil von 70 %. Dies sollte jedoch nicht von der Tatsache ablenken, dass Injektionsverfahren einen sehr hohen Wissen- und Erfahrungsanspruch an den Planenden und Ausführenden stellen. Von Lockangeboten, die die Anwendung von Injektionsprodukten durch den Laien in

Aussicht stellen, wird daher dringend abgeraten. Nur bei sachkundiger Planung und Ausführung kann die Wirksamkeit von Injektionssperren an die Dauerhaftigkeit von z.B. mechanischen Sperren herankommen.

#### Funktion

Bei Injektionsverfahren wird eine Flüssigkeit über Bohrlöcher – drucklos oder mit Überdruck – in die Wand injiziert. Die Flüssigkeit muss sich über den kompletten Querschnitt verteilen und eine durchgehende Sperrschicht ausbilden. Das Wirkprinzip der Sperrschicht ist unterschiedlich und basiert auf den Komponenten des Injektionsprodukts. Die Produkte, die am Markt angeboten



werden sind vielfältig und deshalb oftmals auch für den Fachmann schwer zu überblicken. Dies liegt auch daran, dass viele Hersteller über Inhalt und Wirkprinzip ihrer Produkte wenig

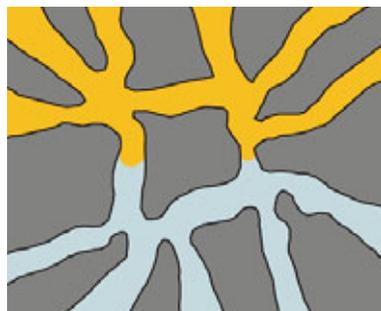


Bild 4.9: Verstopfung der Kapillaren

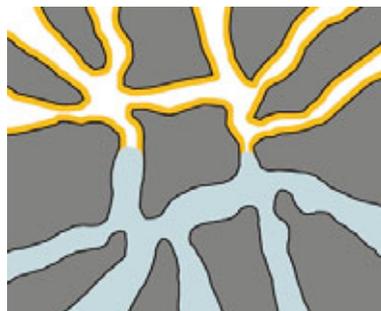


Bild 4.10: Verengung der Kapillaren

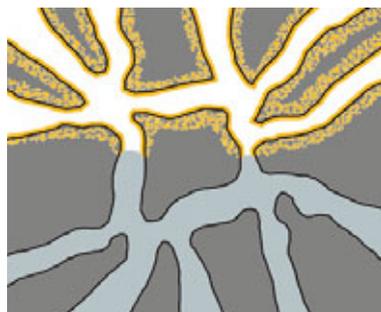


Bild 4.11: Hydrophobierung der Kapillaren

Information preisgeben. Die Bilder 4.9 bis 4.11 stellen die grundlegenden Wirkmechanismen der Injektionsprodukte dar:

### 1. Verstopfung der Kapillarporen

Dieser Wirkmechanismus zielt darauf ab, durch die Injektion die Poren zu füllen und dadurch den kapillaren Feuchtetransport zu unterbinden. Die 100-prozentige Verstopfung der Poren ist in der Praxis nur schwer zu erreichen. Einige Poren können ggf. nicht vollständig verstopft, sondern nur verengt werden.

### 2. Verengung der Kapillarporen

Dieser Mechanismus basiert auf der gezielten Verengung der Kapillarporen, bei der die Sauggeschwindigkeit soweit reduziert wird, dass von einem unterbrochenen Feuchtetransport gesprochen werden kann. Theoretisch kann aber auch durch die Verengung der Poren die kapillare Steighöhe zunehmen. Deshalb werden porenverengende Injektionen in der Praxis mit hydrophobierenden (wasserabweisenden) Substanzen kombiniert, um diesen Effekt auszuschließen.

### 3. Hydrophobierung der Kapillarporen

Der dritte Mechanismus ist die reine Hydrophobierung der Poren. Dabei kleidet die Injektionsflüssigkeit die Poren aus und bildet einen Film mit erhöhter Oberflächenspannung auf deren Oberfläche, so dass ein wasserabweisender Effekt erzielt wird.

Viele derzeit zu Anwendung kommenden Injektionsverfahren kombinieren die drei grundlegenden Wirkmechanismen.

Tabelle 4.1 auf der folgenden Seite gibt einen Überblick über die derzeit angewendeten Injektionsverfahren. Dabei fällt auf, dass einige Verfahren mehrstufig sind, um je nach Wandaufbau und Baustoff den gewünschten Effekt zu erzielen. Um den Injektionserfolg zu erhöhen und die Menge des Injektionsmittels zu reduzieren, werden vor der Wirkstoffinjektion mit mineralischem Feinmörtel oder Zementsus-

pension evtl. Risse und große Hohlräume, wie sie z.B. in Bruchsteinmauerwerk auftauchen können, verfüllt.

Die Art und der Zustand der Wand bestimmt die Wirksamkeit des Injektionsverfahrens. Entscheidende Größen sind der Feuchtegehalt der Wand – also die Wassersättigung der Kapillarporen –, die Dicke des Mauerwerks und evtl. eingelagerte Salze, etc. Diese Randbedingungen müssen für die Entscheidung des geeigneten Injektionsverfahrens von erfahrenen Fachplanern festgestellt werden. Nur so entsteht mit hoher Wahrscheinlichkeit eine wirksame und dauerhafte Trockenlegung.



Bild 4.12: Vorbereitung einer Wand für das Injektionsverfahren – Entfernung der losen Stellen

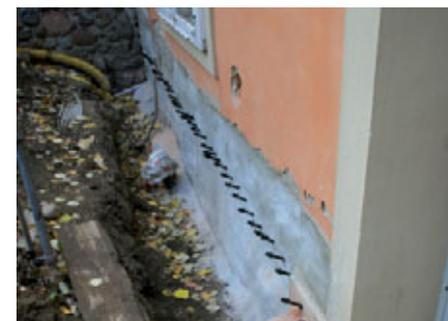


Bild 4.13: Verfüllung von Hohlstellen mit Zementmörtel und Setzen von Injektionsventilen



Bild 4.14: Druckinjektion: Ansetzen eines Injektionsschlauchs an die Ventile



Bild 4.15: Einbringen einer schützenden Dichtschlämme nach Entfernung der Injektionsventile



Komponenten	Wirkprinzip	Eigenschaften
Organische Harze	Porenverstopfung und Hydrophobierung	Harze können in reiner oder gelöster Form injiziert werden. Harze bestehen meist aus einem Zweikomponenten-Wirksystem und härten chemisch aus. Bei der Verwendung besteht die Kunst, die Erstarrungszeit so zu wählen, dass bei der Injektion genügend Zeit für die vollflächige Verteilung bleibt. Harze sind nur bedingt bei stark durchfeuchtetem Mauerwerk geeignet. Eingesetzt werden Epoxidharze, Polyurethanharze, Polyesterharze, Acrylharze, Polymethylmethacrylate (für vertikale Schleierinjektion) und Kombinationen verschiedener Harze.
Silikatlösung <small>früher wurden vorwiegend Natrium-, heute Kaliumsilikate eingesetzt</small>	Porenverengung	Die Lösungen sind als Wasserglas bekannt und werden seit Jahrzehnten zur Injektion eingesetzt. Silikate sind Salze der Kieselsäure. Die Silikate werden als wässrige Lösung injiziert. Nach der Injektion bildet sich ein Kieselgel. Dadurch werden die Poren verengt. Der Vorteil der Wirkkomponente ist die Wasserlöslichkeit. Dadurch lässt sie sich gut injizieren. Nachteil: Für die Reaktion muss Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> aus der Luft) vorhanden sein. Aus diesem Grund ist nur eine begrenzte Mauerwerksdicke behandelbar. Außerdem entsteht durch die CO <sub>2</sub> -Reaktion als Nebenprodukt ein bauschädliches Salz, was zur erneuten Durchfeuchtung führen kann. Weiterhin führt die Verdunstung des Lösungswassers nach einiger Zeit zum Schrumpfen der Kapillarverengung. Dadurch können neue Kapillarwege entstehen, die das kapillare Saugen wieder fördern.
Methylsiliconatlösung	Hydrophobierung	Als Ausgangsprodukt wird heute überwiegend Kaliumsalz eingesetzt. Die Produkte reagieren ähnlich wie die o.g. Silikate unter CO <sub>2</sub> -Aufnahme. Dadurch ist die Injektionstiefe ebenfalls begrenzt (max. 50 cm). Als Reaktionsprodukt entsteht Polymethylkieselsäure, die hydrophobierend wirkt. Als Nebenprodukt entsteht ebenfalls ein bauschädliches Salz.
Kombination aus Silikat- und Methylsiliconatlösung	Porenverengung und Hydrophobierung	Die Kombination beider Komponenten zeigt eine gute Wirksamkeit. Die Porenverengung durch die Silikatkomponente, die mit der Zeit nachlässt, wird mit der Hydrophobierung der Methylsiliconatkomponente ergänzt. Als Nachteil bleibt ein bauschädliches Salz als Nebenprodukt und die CO <sub>2</sub> -Abhängigkeit der Reaktion.
Propylsiliconatlösung	Porenverengung und Hydrophobierung	Werden statt Methyl- Propylsiliconate eingesetzt entfällt der Nachteil der CO <sub>2</sub> -Abhängigkeit bei der Reaktion. Dadurch können auch dickere Wände injiziert werden. Nachteilig ist jedoch die schnelle Reaktionszeit, so dass die flächige Injektion problematisch wird. In der Praxis wurden deshalb die Kombinationen aus Silikat-, Methylsiliconat- und Propylsiliconat-Wirkstoffen angewendet. Das bauschädliche Salz als Nebenprodukt bleibt.

Komponenten	Wirkprinzip	Eigenschaften
Silane / Siloxane (Lösungen)	Hydrophobierung	Die Wirkstoffe besitzen gutes Eindringvermögen, auch in stark durch feuchtetes Mauerwerk. Nachteil: Die Komponenten müssen in Lösemittel aufgelöst injiziert werden. Folgen sind hohe Geruchsbelästigung, Gesundheits- und Umweltbelastung (circa 80 % Lösemittel, die nach der Injektage verdampfen).
Siliconmikroemulsion <small>Emulsion: Gemisch aus Öl, Wasser und Emulgator. Der Emulgator sorgt dafür, dass Wasser und Öl in Form von Mikrotröpfchen zusammenbleiben.</small>	Hydrophobierung	Die Technologie ist relativ neu (90er Jahre). Die Komponenten sind zu 100% Wirkstoffe. Es werden spezielle Silikonrohstoffe verwendet. Auch der Emulgator wird zum Wirkstoff. Sehr gutes Injektionsvermögen auch in stark durchfeuchtetem Mauerwerk. Keine Gesundheits- und Umweltgefährdung durch Lösemittel, da Wasser als Mischkomponente verwendet wird.
Bitumen als Schmelze, Emulsion oder Lösung	Porenverstopfung	Reines Bitumen wird im geschmolzenen Zustand eingebracht. Emulsion und Lösungen sind in Lösemitteln gebunden. Es besteht große Unsicherheit über das Eindringvermögen und eine vollflächige Injektion. Bei Sichtmauerwerk kann die starke Verunreinigung der Oberflächen störend wirken.
Paraffinschmelze	Porenverstopfung	Wie bei Reinbitumen wird Paraffin im geschmolzenen Zustand injiziert. Dazu muss auch das Mauerwerk auf 60-80°C aufgeheizt werden. Eine Vortrocknung des Mauerwerks verbessert das Eindringvermögen. Gelingt eine vollflächige Injektion, stellt Paraffin eine sehr dauerhafte Lösung dar.

Tabelle 4.1: Übersicht über derzeit angewendete Injektionsverfahren [12], [13]

## Mechanische Verfahren

Die Abdichtung wird bei allen mechanischen Verfahren durch eine Dichtung aus Edelstahlblech oder Bitumen- bzw. Kunststoffbahnen gebildet. Diese Abdichtungen werden in einen vorher herzustellenden Hohlraum eingebracht. Dadurch bieten die mechanischen Sperren die sehr hohe Sicherheit, dass der komplette Wandquerschnitt abgedichtet ist. Dem gegenüber steht jedoch der relativ hohe Aufwand für die Ausführung. Allerdings kommen mechanische Verfahren der Ausführung der horizontalen Abdichtung eines Neubaus am nächsten.

### Mauersägeverfahren

Beim Mauersägeverfahren wird mit einer Ketten- oder Seilsäge abschnittsweise die Wand durchgeschnitten. Der Schnitt wird dabei praktikabler Weise in einer Mörtelfuge geführt. Dies ist jedoch nicht – wie beim Schlitzrüttelverfahren – zwingend erforderlich. Es können prinzipiell alle Materialien mit geeigneten Sägewerkzeugen durchtrennt werden. Je dicker, härter und inhomogener die zu sägende Wand ist, desto teurer wird die Maßnahme. Die Durchtrennung wird abschnittsweise vorgenommen. Die Horizontalsperre



aus Edelstahlblech oder Dichtbahnen wird überlappend eingebaut und der Sägeschlitz mit Mörtel verpresst.

### Schlitzrüttel-Verfahren

Beim Schlitzrüttel-Verfahren werden Edelstahlbleche mit einer Rüttleinrichtung in die Lagerfuge eines Mauerwerks eingebracht. Das Verfahren kann unter bestimmten Randbedingungen sehr effizient eingesetzt werden. Voraussetzung ist in jedem Fall eine durchlaufende horizontale Mauerwerksfuge, die das Einrütteln der Bleche erlaubt. Ein Rütteln durch den Stein ist nicht möglich. Eine weitere

Bedingung ist die Zugänglichkeit der Arbeitsstellen mit dem Rüttelgerät. Die Edelstahlbleche werden überlappend eingebaut, so dass eine durchgehende Sperrschicht entsteht. Neben der Effizienz ist der setzungsfreie Einbau ein weiterer Vorteil im Vergleich zu den beiden anderen mechanischen Verfahren. Säge- und Austauschverfahren sind durch die nachträgliche Verfüllung mit Verpressmörtel gekennzeichnet, wobei es durch Schwindvorgänge während der Trocknungsphase zu geringen Absenkungen des neuen Fugenbereichs kommen kann.

### Maueraustauschverfahren

Das Maueraustauschverfahren ist von den drei beschriebenen Varianten das aufwändigste. Hierbei wird abschnittsweise das Mauerwerk entfernt und mit neuen Mauersteinen ersetzt. Beim Neuaufbau wird eine neue Horizontalsperre mit eingebaut. Die maximalen Größen der ausgetauschten Abschnitte richten sich nach dem Tragverhalten des Mauerwerks und sind in der Regel nicht länger als 1 m.

Die Horizontalsperre ist, wie auch bei den o.g. mechanischen Verfahren, überlappend einzubauen. Das Maueraustauschverfahren wird auf Grund der aufwändigen Ausführung selten eingesetzt. Bei alten Mauerwerksbauten, bei denen das Mauerwerk durch Feuchte- und Salzbelastung soweit entfestigt wurde, dass es aus statischen Gründen ausgetauscht werden muss, kann das Verfahren wirtschaftlich angewendet werden.

## 4.3.2 Ausführung von Vertikaldichtungen

Die mangelhafte vertikale Abdichtung ist einer der häufigsten Ursachen von feuchten Kelleraußenwänden. Bei vielen alten Gebäuden wurde oftmals ganz auf eine Abdichtung verzichtet oder eine Abdichtung eingebaut, die das Kellerklima für die Lagerung von Lebensmitteln ermöglicht. Die heutigen Ansprüche an den Keller sind in der

Regel an trockene Räume gebunden, da elektrische Geräte betrieben werden oder andere Nutzungen stattfinden sollen, die feuchte Räume ausschließen. Weisen Kelleraußenwände Durchfeuchtungen auf, die durch äußere Wasserbelastungen der Außenwände hervorgerufen werden, ist eine Erneuerung der Vertikalabdichtung notwendig.



Bild 4.16: Anwendung der Sägetechnik



Bild 4.18: Anwendung des Schlitzrüttel-Verfahrens



Bild 4.17: Anwendung der Sägetechnik



Bild 4.19: Einrütteln eines Chrom-Stahl-Blechs

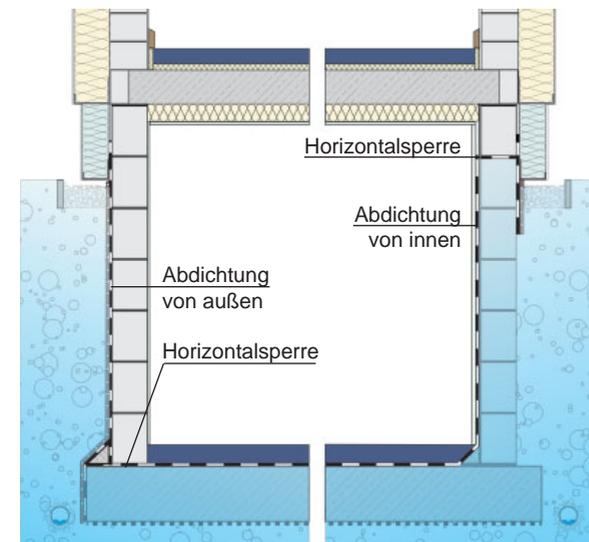


Bild 4.20: Varianten einer nachträglichen Vertikalabdichtung

Links: Abdichtung von außen. Die Außenwand ist im trockenen Bereich. Die horizontale Abdichtung muss am Wandfuß an die Vertikalabdichtung angeschlossen werden.

Rechts: Abdichtung von Innen. Die Kelleraußenwand wird von der Innenseite abgesperrt und ist dadurch immer im feuchten Milieu. Um Feuchtigkeit in der Außenwand am weiteren Aufsteigen zu hindern, ist eine horizontale Abdichtung am Wandkopf nötig. An diese muss die Innenabdichtung angeschlossen werden.



## Abdichtung von Außen

Die beste Möglichkeit, eine Vertikalabdichtung der Kelleraußenwand vorzunehmen, ist die Abdichtung von außen. Dazu müssen die Kellerwände bis zur Oberkante des Fundaments ausgeschachtet werden. Ist die Außenwand frei zugänglich, wird sie von losen Anhaftungen, wie alten Putzresten, Anstrichen, Erde und Wurzeln befreit. Danach werden Unebenheiten, wie Ausbrüche, offene Mauerwerksfugen, etc. mit einem Egalisierungsmörtel verschlossen. Auf die vorbereitete Fläche wird je nach Produkt – Dichtungsbahnen oder Streichdichtungen – die Abdichtung aufgebracht. Werden Anforderungen an den Wärmeschutz gestellt, wird vor der Dichtung eine Perimeterdämmung angebracht, die gleichzeitig die Dichtung schützt. Ist dies nicht der Fall, übernimmt diese Funktion eine Schutzmatte.

Können die Wände von außen nicht zugänglich gemacht werden, bleibt für eine äußere Abdichtung nur noch die kostenintensive Schleierinjektion. Dabei wird mit Injektionslanzen durch die Außenwand gestoßen und eine chemische Flüssigkeit vor der Wand verteilt. Ähnlich wie bei den Injektionsverfahren für Horizontalsperren besteht hier die Ungewissheit, ob die gesamte Wand mit dem Injektionsmittel bedeckt wurde. Außerdem ist bei der Auswahl der Injektionsmittel auf die Umweltverträglichkeit zu achten.

Eine besser kontrollierbare und kostengünstigere Variante ist die Abdichtung der Innenseite.

## Abdichtung von Innen

Die Abdichtung der Innenseite der Kelleraußenwand kann bei nichtdrückendem Wasser eine sehr wirtschaftliche Lösung darstellen, insbesondere dann, wenn lediglich die Trockenlegung des Keller vorgesehen ist. Da die Dichtung von der Kellerinnenseite aufgetragen wird, entfällt das aufwändige Ausschachten der Außenseite. (Bei drückendem Wasser ist ein Innentrog zur Auftriebssicherung notwendig.) Die Anwendung läuft ähnlich wie bei der Außenabdichtung. Nach der Reinigung und Egalisierung der Wand wird eine spezielle Dichtschlämme aufgetragen. Obwohl diese Lösung auf den ersten Blick sehr einfach scheint, sollte der Dichtung von außen immer den Vorzug gegeben werden. Dies hat mehrere Gründe:

1. Trotz Innenabdichtung wird die Außenwand immer durchfeuchtet.
2. Bei Berührungspunkten von Außen- und Innenwand ist die Innenwand von der Außenwand feuchtetechnisch zu entkoppeln. Dies ist schwierig herzustellen.
3. Die Innendichtung ist an die Horizontalsperre des Erdgeschosses anzuschließen. Dies ist notwendig, um ein Aufsteigen bis in den Wohnraum zu vermeiden (Bild 4.20).
4. Weiterhin ist bei salzbelastetem Mauerwerk zu prüfen, ob eine Verträglichkeit des Abdichtungsprodukts gewährleistet ist.

## 4.3.3 Sanierung von salzbelastetem Mauerwerk

Bevor ein salzbelastetes Mauerwerk saniert werden kann, ist es wichtig zu wissen, welche Arten und in welcher Konzentration Salze im Mauerwerk vorhanden sind. Diese Voruntersuchungen sollten von erfahrenen Instituten der Fachgebiete Bausanierung bzw. Baustoffuntersuchung durchgeführt werden. Entscheidend bei den Untersuchungen sind vor allem die Salzkonzentrationen im Mauerwerksquerschnitt. Diese können nur mit Bohrkernen aus dem Mauerwerk bestimmt werden.

Die in der Praxis aus Gründen der Vereinfachung häufig veranlassten Putzuntersuchungen, führen ggf. zum Nachweis erhöhter Salzkonzentrationen im Putz, wobei der Salzgehalt im Mauerwerk sehr viel geringer sein kann. Der Grund dafür ist, dass Salz aus dem Inneren des Bauteils zur Oberfläche hin wandert. Deshalb ziehen diese Art von Untersuchungen oftmals überzogene Sanierungslösungen nach sich.

Die wichtigsten bauschädlichen Salzverbindungen sind Chloride, Sulfate und Nitrate. Salze entstehen als Neutralisationsprodukte aus Säure und Base. So ist z.B. die Salpetersäure (entsteht durch bakteriellen Abbau von Harn, Eiweiß etc.) Grundlage für das bekannteste bauschädliche Salz, den Salpeter. Der Salpeter entsteht im Mauerwerk durch die Reaktion von Salpetersäure mit kalkhaltigen Bestandteilen der Mauer, die als Base

wirken. In früheren Zeiten, als die hygienischen Verhältnisse noch nicht mit den heutigen Standards vergleichbar waren, kam es zu massiven Salpeterausblühungen an den Gebäuden. Dieser Umstand etablierte sogar den Beruf des „Salpeterers“, der den Mauersalpeter in regelmäßigen Abständen von den Wänden fegte, einsammelte und wiederverwendete. Darauf ist es wahrscheinlich zurückzuführen, dass heute noch der Salpeter als Überbegriff aller bauschädlichen Salze verwendet wird, obwohl der Salpeter (gehört zur Salzart der Nitrate) nur eine unter vielen Verbindungen ist.

Jedes Salz hat in Abhängigkeit von seiner Konzentration unterschiedliche Auswirkungen auf die Bausubstanz. Aus diesem Grund wurden vom wissenschaftlich-technischen Arbeitskreis für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA) Grenzwerte für Sanierungsmaßnahmen festgelegt [14] (siehe Tab. 4.2).

### Sanierungslösung

Bevor eine salzbelastete Mauerwerkswand saniert wird, müssen die Oberflächen von sämtlichen losen Anhaftungen trocken gereinigt werden. Die Reste müssen aufgefangen und beseitigt werden, da sonst die Gefahr eines Wiedereintrags ins Mauerwerk besteht.





Salzart	Konzentration	Belastung	Maßnahmen
Chloride	< 0,2 Masse-%	gering	keine
	0,2 - 0,5 Masse-%	mittel	erforderlich im Einzelfall
	> 0,5 Masse-%	hoch	erforderlich
Nitrate	< 0,1 Masse-%	gering	keine
	0,1 – 0,3 Masse-%	mittel	erforderlich im Einzelfall
	> 0,3 Masse-%	hoch	erforderlich
Sulfate	< 0,5 Masse-%	gering	keine
	0,5 – 1,5 Masse-%	mittel	erforderlich im Einzelfall
	> 1,5 Masse-%	hoch	erforderlich

Tabelle 4.2: Empfehlungen zu Sanierungsmaßnahmen bei salzbelastetem Mauerwerk [12]

Eine Mauerwerksentsalzung ist nach dem derzeitigen Stand des technisch Machbaren im Gebäudebereich nicht möglich. Lediglich bei der Restauration von Steinskulpturen kann eine Entsalzung praktiziert werden.

Für salzbelastete Mauerwände wird das Konzept des „Sanierputzes“ seit Jahren erfolgreich angewendet. Dabei handelt es sich um Putzsysteme, die so eingestellt sind, dass sie der Salzbelastung möglichst lange Stand halten und während der Standzeit möglichst keine Oberflächenschäden zeigen. Erreicht wird dies durch eine sehr hohe Porosität des Mörtelgefüges in das sich das Salz

einlagern kann. Zusätzlich wird das Wasseraufnahme- und Wasserabgabeverhalten des Putzes so eingestellt, dass die Salze nur im Putz kristallisieren und nicht an die Oberfläche dringen. Je nach Salzbelastung werden Sanierputzsysteme einschichtig oder mehrschichtig ausgeführt. Bei hohen Belastungen wird unter der Sanierputzschicht ein Grundputz eingesetzt. Da im Vergleich zu herkömmlichen Putzen Sanierputzsysteme komplexe Bauprodukte sind, hat die WTA Anforderungen für Sanierputzsysteme definiert [14]. Ein Produkt darf nur mit dem WTA-Qualitätsmerkmal ausgezeichnet werden, wenn diese Anforderungen erfüllt sind.



Bild 4.21: Salzausblühungen am Mauerwerk

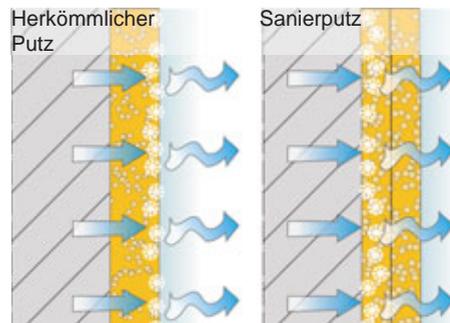


Bild 4.22: Funktionsweise eines Sanierputzes

Versalzungsgrad	Maßnahmen	Schichtdicke
gering	1. Spritzwurf	< 0,5 cm
	2. WTA-Sanierputz	> 2 cm
mittel	1. Spritzwurf	< 0,5 cm
	2. WTA-Sanierputz	1 - 2 cm
	3. WTA-Sanierputz	1 - 2 cm
hoch	1. Spritzwurf	< 0,5 cm
	2. WTA-Porengrund	> 1 cm
	3. WTA-Sanierputz	> 1,5 cm

Tabelle 4.3: Maßnahmen und Schichtdicken in Abhängigkeit vom Versalzungsgrad [12]

Die Haltbarkeit von Sanierputzsystemen richtet sich naturgemäß nach dem Versalzungsgrad und dem Klima von Wand und Umgebung. In der ein-

schlägigen Literatur wurden jedoch Beispiele für Nutzungsdauern von 20 bis 25 Jahren angegeben [15].

#### 4.3.4 Elektrophysikalische Verfahren

Im allgemeinen Sprachgebrauch werden elektrophysikalische Verfahren meist mit dem Begriff „Elektroosmose“ bezeichnet. Vereinfacht dargestellt bezeichnen sich alle am Markt angebotenen Verfahren dieser Art auf ein Naturgesetz, dass bei Durchströmung eines porösen Körpers mit einer Flüssigkeit eine Potenzialdifferenz entsteht. D.h., es bildet sich dort wo die Flüssigkeit herkommt ein positiv geladener Pol und ein negativer geladener Pol entsteht da, wo sie hinströmt. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass sich bei einer Umkehrung der Polladungen auch die Strömungsrichtung der Flüssigkeit ändert. Dieses Phänomen wurde bereits am Anfang des 19. Jahrhunderts entdeckt und unter Laborbedingungen an Versuchen nachgewiesen. Wird das Phänomen auf die Praxis übertragen, besteht in der Regel der poröse Kör-

per aus Mauerwerk unterschiedlichster Zusammensetzung und die Flüssigkeit aus Wasser, in dem mehr oder weniger viele Stoffe, wie z.B. Salze gelöst sind. Daher wird das „elektroosmotische Phänomen“ im Bauwerk mit anderen Transportvorgängen des Wassers, wie dem kapillaren Saugen oder den Einflüssen der wasserlöslichen Salze, in Konkurrenz treten müssen. Deshalb wird nicht in jedem Fall mit elektrophysikalischen Verfahren ein Trockenlegungserfolg erzielt werden können. Um die Erfolgsaussichten zu erhöhen, ist es unerlässlich vor dem Einsatz von elektrophysikalischen Verfahren umfangreiche Untersuchungen der Mauerwerkssubstanz vornehmen zu lassen. Kein anderes Verfahren ist in der Praxis so umstritten, denn bis heute sind nicht alle Wirkmechanismen geklärt. Darüber hinaus werden



immer wieder Misserfolge bekannt, die einerseits auf mangelhafte Vorerkundung des Mauerwerks und andererseits auf mangelhafte Verfahrenstechnik zurückzuführen sind.

Die elektrophysikalischen Verfahren stellen keine physische Barriere gegen Feuchtigkeit, wie die mechanischen und Injektionsverfahren, her. Die Geräte zur Erzeugung des elektrischen Potentials müssen kontinuierlich in Betrieb bleiben. Beim Versagen oder Ausschalten der Anlagentechnik würde die ursprüngliche Situation wieder hergestellt werden und die Feuchtigkeit zurückkehren.

Im Gegenzug liegt der Vorteil, der auch für die Vermarktung angeführt wird, im geringen Eingriff in die Bausubstanz.

In der Praxis werden drei elektrophysikalische Verfahren angeboten (Tab. 4.4), von denen nach [12] lediglich das aktive Verfahren in der Fachwelt unter bestimmten Voraussetzungen Akzeptanz findet.

Die Wirkung von passiven und aktiven Verfahren wird durch die Verlegung zweier Elektroden (Kathode und Anode) im oberflächennahen Bereich oder als Tiefensonden erzielt. Zwischen den beiden Elektroden baut sich ein elektrisches Potential auf, dass die Wandfeuchtigkeit beeinflussen soll. Beim passiven Verfahren wird das elektrische Potential ohne zusätzliche Spannungsquelle erzeugt. Die Wirksamkeit wurde unter Laborbedingungen nachgewiesen. Aus der Praxis wurden hingegen hauptsächlich Misserfolge berichtet.

Verfahren	Funktion	Bewertung
Passive Verfahren	Stromfluss wird ohne externe Stromquelle, lediglich durch Ladungsaustausch unterschiedlicher Metalle, erreicht (Batterieprinzip).	Hohe Ausfallquote durch Korrosion der Elektroden und hohe Wahrscheinlichkeit, dass der Stromfluss nicht ausreicht, um die Wasserströmung umzukehren.
Aktive Verfahren	Stromfluss wird durch Anlegen einer Spannung erzeugt.	Höchste Wahrscheinlichkeit einer Entfeuchtung unter den elektrophysikalischen Verfahren. Die Dauerhaftigkeit ist von der Korrosionsbeständigkeit der Elektroden abhängig.
Schwingkreisverfahren	Die Feuchtigkeit soll durch Aussenden von elektromagnetischen Wellen bewegt werden.	Dieses Verfahren wird in der Fachliteratur als Scheinverfahren bezeichnet („Wunderkästchen“ mit „Geld zurück Garantie“). Untersuchungen an Hochschulen und Universitäten haben die Unwirksamkeit bestätigt.

Tabelle 4.4: Gegenüberstellung der zur Zeit angebotenen elektrophysikalischen Verfahren



Mit aktiven Verfahren, bei denen die Elektroden mit einer externen Stromquelle versorgt werden, wurde in der Fachliteratur von erfolgreichen Trockenlegungen berichtet [15]. Jedoch ist auch dieses Verfahren nicht unumstritten. Insbesondere bei hohen Salzkonzentrationen im Mauerwerk kann es zu einem frühzeitigen Versagen der Elektroden kommen. Außerdem führt das Verfahren zu einer Anreicherung der Salzkonzentration an der Kathode (negativ geladener Pol).

Das dritte Verfahren in [12] als sogenanntes Schwingkreisverfahren bezeichnet, kommt ganz ohne Verlegung von Elektroden aus. Lediglich durch das Aussenden von elektromagnetischen Wellen soll das Wasser zurückgedrängt werden.

Das Schwingkreisverfahren wird von der Fachwelt einhellig abgelehnt, da keines der am Markt befindlichen Ge-

räte einen, auf das Verfahren bezogenen, fundierten Wirksamkeitsnachweis erbringen konnte. Die bisher von wissenschaftlichen Einrichtungen vorgenommenen Prüfungen bestätigen die Unwirksamkeit.

#### Fazit

Lediglich das aktive elektrophysikalische Verfahren scheint unter bestimmten Voraussetzungen für eine Feuchtesanierung geeignet. Dem für dieses Verfahren – im Vergleich zum mechanischen und Injektionsverfahren – angeführten Vorteil des geringeren Aufwandes für die Verlegung der Elektroden und Installation der Elektrotechnik steht die aufwändigere Betreuung während des Betriebs entgegen (vgl. Tab 4.4.). Außerdem ist dabei mit höheren Stromkosten, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten zu rechnen.



## 5. Leckagen und Undichtigkeiten im Innenraum

In diesem Kapitel werden Schadensursachen aufgrund von Leckagen und Undichtigkeiten behandelt.

Zum Mindeststandard einer Wohnung gehört in Deutschland seit vielen Jahrzehnten die zentrale Wasserversorgung. Das Trinkwasser (evtl. auch Brauchwasser) wird über Rohrleitungen verteilt. An Zapfstellen – üblicherweise in Bad, WC und Küche, ggf. existiert noch eine Waschküche – wird das Wasser entnommen, gebraucht und über Abflussleitungen wieder abgeführt. Bei der Planung, der Bauausführung und der späteren Nutzung muss immer sichergestellt werden, dass das Wasser nicht zu Schäden an der Gebäudesubstanz führt. Gleiches gilt für wasserführende Heizungsleitungen. Deshalb existieren für den Bauschaffenden Normen, um funktionstüchtige Anlagen und Baukonstruktionen errichten zu können. Eine Vielzahl von Baugewerken sind davon betroffen. Die Abdichtungsmaßnahmen können da-

bei z.B. das Tätigkeitsfeld der Dachdecker, Estrich- und Fliesenleger, Trockenbauer, Maurer, Stahlbetonbauer, Zimmerer, Heizungs- und Sanitärfachkräfte berühren. Eine Vielzahl unterschiedlicher Vorschriften stehen den Fachplanern und Ausführungsgewerken zur Verfügung. Bei komplexen Bauabläufen mit mehreren Beteiligten können unter Umständen Kommunikationsschwierigkeiten auftreten. Um solche Schnittstellenprobleme zu vermeiden, ist eine detaillierte Planung und Bauüberwachung zu empfehlen.

Bei der Nutzung sollte immer darauf geachtet werden, dass entnommenes Wasser sachgerecht abgeleitet wird. Wird Wasser verschüttet oder eine Leckage entdeckt, ist sofort dafür zu sorgen, dass Wasser nicht in die Bausubstanz eindringt. Die ggf. notwendigen Trocknungs- und Reparaturmaßnahmen sollten unverzüglich vorgenommen werden, um Schäden – wie im Folgenden dargestellt – zu vermeiden.

### 5.1 Typische Schäden durch Wassernutzung im Gebäude

Die typischen Schäden, die durch Wassernutzung im Gebäude entstehen, sind häufig verdeckte Schäden. Durch eine undichte Stelle tritt Wasser in die Konstruktion ein und sammelt sich im Baustoff an. Bei kleinen Mengen an Wasser, die z.B. durch eine geringe Undichtigkeit einer Wasser-, Abwasser- oder Heizungsleitung

verursacht werden, können über Jahre hinweg unbemerkt, lokale Schadensherde entstehen. Besonders bei feuchtesensiblen Materialien, wie z.B. Holz, Gips, vielen Dämmstoffen, Lehm etc. können lange Einwirkdauern zum Komplettverlust der Konstruktion führen.



Bild 5.1: Durchfeuchtung aufgrund von Undichtigkeiten im Badewannenbereich

Insbesondere schwer einsehbare Installationen, wie unter Sanitär Einrichtungen oder hinter Verkleidungen, bergen die Gefahr solcher schleichenden Schäden.

Des Weiteren sind es oftmals Spontaneignisse, wie Rohrbrüche, die schlagartig eine große Menge Wasser freisetzen.

### 5.2 Ursachen der Schäden durch Wassernutzung im Gebäude

Die Hauptursachen für Schäden durch Wassernutzung im Gebäude können zum einen auf eine mangelhafte Abdich-

tung von Nassbereichen und zum anderen auf defekte Sanitärtechnik und Hausgeräte zurück geführt werden.

#### 5.2.1 Mangelhafte Abdichtung von Nassbereichen

Die Definition von Nassräumen nach der Vorschrift für Bauwerksabdichtungen DIN 18195 Teil 1 lautet wie folgt: „Innenraum, in dem nutzungsbedingt Wasser in solcher Menge anfällt, dass zu seiner Ableitung eine Fußbodenentwässerung erforderlich ist. Bäder im Wohnungsbau ohne Bodenablauf zählen nicht zu den Nassräumen“.

deren genannten Räume werden im Wohnbereich als Feuchträume oder trockene Räume mit Nassbereich bezeichnet. Gerade im Dusch- und Wannenbereich von Bädern kann es aber je nach Nutzergewohnheit zu erheblichen Wasserbelastungen von Wänden und Fußboden kommen.

Die Wasserzapfstellen in Wohngebäuden befinden sich üblicherweise im Bad, in der Küche, im WC und evtl. in der Waschküche. Die Waschküche ist in der Regel der einzige Raum, der standardmäßig mit einem Bodenablauf ausgerüstet wird und nach DIN als echter Nassraum zählt. Die an-

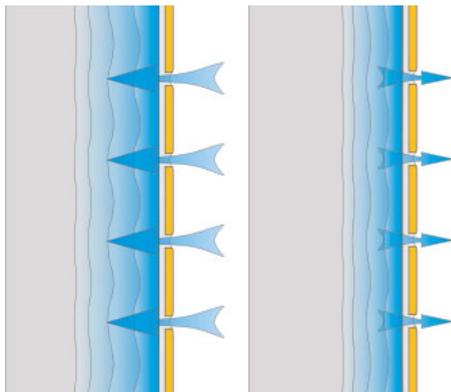
Ein Fliesenbelag zählt nicht als Abdichtung, obwohl die Fliesen selbst meist wasserundurchlässig sind. Jedoch kann über die Fugen – insbesondere bei unsachgemäßer Ausführung – Wasser eindringen. Das Eindringen durch die Fugen erfolgt meist über feine Fugenrisse und durch poröses Fugenmaterial in Form von kapillarem Saugen. Bildlich gespro-



chen kann dieses Phänomen mit dem eines Schwammes verglichen werden, der nur mit einer kleinen Ecke im Wasser steht. Trotzdem wird sich der Schwamm bei genügend Wasserangebot komplett voll saugen. Die Trocknung des Schwammes erfolgt dann, wenn kein Wasser nachgeliefert wird, über Verdunstung. Wie schnell der Schwamm trocknet, ist abhängig von der Verdunstungsfläche, die mit Luft im Austausch steht. Wird dieses Bild übertragen auf die Fliesen, dann stellt der nasse Schwamm den durchfeuchteten Fliesenuntergrund dar. Die mit der Luft in Verbindung stehenden Flächen, die zur Trocknung beitragen, sind lediglich die Fugen. Da die Fliesen dampfdicht sind, wird die Verdunstung so stark behindert, dass sich auch bei mäßigen Wasseranfall auf der Fliesenrückseite dauerhaft Feuchtigkeit ansammeln kann. Deshalb füh-

ren Varianten mit feuchtesensiblen Untergründen ohne Abdichtung sehr häufig zu Schäden.

Ein weiterer Mangel im Abdichtungsbereich sind elastische Fugendichtstoffe. Für Anschlüsse, die Bewegungen erwarten lassen – wie etwa der Anschluss zwischen Badewanne und gefliester Wand – wird oftmals ein elastischer Dichtstoff auf Silikonbasis benutzt. Diese Fuge ist als „Verschleißfuge“ zu betrachten und gilt nicht als Abdichtung. Nach den Regeln der Technik [16] sind Fugen, die nur mit einem elastischen Dichtstoff geschlossen wurden, als nicht wasserdicht anzusehen. Der Grund ist der hohe mechanische und chemische Verschleiß, der die Füllmassen angreift und in wenigen Jahren zum Reißen bringt.



Durchfeuchtungsprozess in Folge von kapillarem Saugen

Trocknungsvorgang durch Verdunstung über die Fugenfläche

Bild 5.2: Durchfeuchtung einer Wand mit Fliesenbelag ohne Abdichtung



Bild 5.3: Durch Bewegungen im Fußboden wurde die elastische Silikonfuge brüchig. Deshalb darf bei feuchtesensiblen Unterkonstruktionen (z.B. Holz, Gipskarton) nie auf eine elastische Fugenmasse als alleiniges Abdichtungskonzept vertraut werden.

## 5.2.2 Undichtigkeiten bei Sanitär- und Heizungstechnik

### Rohrbruch einer Trinkwasserleitung

Ein Wasserrohrbruch wird in der Regel durch Korrosion an der Rohrleitung verursacht. Eine Vorankündigung tritt meist nicht auf, so dass die Bewohner schlagartig mit einem massiven Wassereintritt zu kämpfen haben. Betroffen sind vor allem alte Installationen. Abhängig vom Rohrmaterial und der Trinkwasserzusammensetzung steigt die Gefahr eines Wasserrohrbruchs ab einem Installationsalter von etwa 30 Jahren an.



Bild 5.4: Nach einem Trinkwasserrohrbruch wird der komplett vollgelaufene Keller von der Feuerwehr leer gepumpt

### Grauwasseraustritt aus der Abwasserleitung

Bei Abwasserleitungen besteht die Gefahr eines Wassereintruchs mit erheblichen Wassermengen dann, wenn auf Grund von Rückstau im Kanal Abwasser in das Gebäude gedrückt wird. Dies kann bei alten Rohrleitungen auch mit einem Rohrbruch einhergehen. Dieser Schadensfall ist meist noch gravierender als ein Rohrbruch einer Trinkwasserleitung, da durch die größeren Durchmesser der Abwasserleitungen eine höhere Wassermenge ins Gebäude gedrückt werden kann, die zudem noch verunreinigt ist.



Bild 5.5: Wassereintritt über den Rückstau der Abwasserleitung



Bild 5.6: Der Rückstau im Abwasserrohr erhöht den Innendruck. In dieser Situation kommt es bei oft mehrere Jahrzehnte alten Abwasserleitungen, die dieser Extremsituation nicht gewachsen sind, zu Rohrbrüchen.



## Undichte Heizungsleitungen

Seltener sind Rohrbrüche bei Heizungsleitungen. Jedoch kommt es bei Unachtsamkeiten immer wieder auch im Heizungsbereich zu Beschädigungen. Zwei Punkte sind hier zu nennen:

1. Rohrbruch durch Frosteinwirkung in der kalten Jahreszeit, insbesondere bei unbewohnten Gebäuden (auch bei Trinkwasser).
2. Beschädigungen durch Bohrungen bei verdeckten Leitungen, insbesondere bei Wand- und Fußbodenheizungen.

## 5.2.3 Mangelhafte Hausgeräte

Weitere Schadensursachen bei der Wassernutzung im Gebäude können Wasserschlauchbrüche oder Defekte bei Haushaltsgeräten sein. Besonders flexible Anschlussleitungen von Wasch- oder Spülmaschinen stellen ein erhöhtes Risiko dar. Hier wird von der baukonstruktiven Seite davon ausgegangen, dass diese Geräte dicht sind. Besonders ältere Geräte sind meist noch nicht mit standardmäßigen Wasserschutzsystemen ausgestattet. Zusätzlich steigt die Wahrscheinlichkeit eines Defekts im Gerät mit zunehmendem Alter.

Kommt es zu einem Geräteschaden in einen Trockenraum, fließt eine große



Bild 5.7: Schlauchbruch bei einem Waschmaschinenanschluss

Menge Wasser auf einen nicht abgedichteten Fußboden. Dort kann das Wasser nahezu ungehindert in die darunterliegende Konstruktion eindringen und großen Schaden verursachen.

Folgende Gerätedefekte werden von Sachverständigen als Ursache genannt [17]:

- Der Zulaufschlauch ist undicht oder geplatzt.
- Das Magnetventil schließt nicht.
- Die Luftkammer ist verstopft.
- Die Verbindungsschläuche im Gerät sind defekt.
- Die Dichtungen sind brüchig.
- Der Druckwächter ist defekt.



Bild 5.8: Ein Wasserrohrbruch verursachte großflächige Deckenschäden

## 5.3 Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden durch Wassernutzung im Gebäude

### 5.3.1 Fachgerechte Abdichtung von Nassbereichen

#### Abdichten der spritzwassergefährdeten Oberflächen

Räume oder Bauteile, die einer Feuchtigkeitsbeanspruchung unterliegen, werden in der Regel mit Bekleidungen oder Belägen aus Fliesen und Platten versehen. Diese aufgetragenen Schutzschichten sind feuchtigkeitsbeständig und wasserabweisend, jedoch bedingt – durch die Fugenverlegung – nicht wasserundurchlässig.

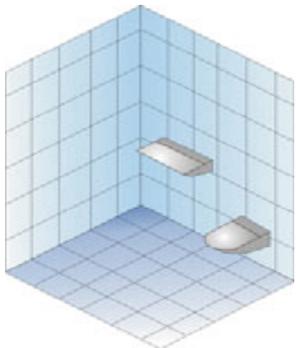
Je nach Feuchtigkeitsbeanspruchung gelten verschiedene Regelungen. Im Wohnbereich wird zwischen geringfügiger und mäßiger Belastung unterschieden. Die folgende Tabelle 5.1 gibt nach den anerkannten technischen Regeln die unterschiedlichen Anforderungen an die jeweiligen Untergründe für feuchtebeanspruchte Wand- und Bodenbeläge wieder.

Klasse	Beanspruchung	Anwendungsbeispiel	Abdichtungsmittel	Untergründe für Beläge
0	<b>Wand- und Bodenflächen</b> , die nur zeitweise und kurzfristig mit Spritzwasser <b>geringfügig</b> beansprucht sind	Wände und Böden, in Bädern mit hausüblicher Nutzung <b>ohne Bodenablauf</b> mit Bade- bzw. Duschwanne	Abdichtung nicht zwingend erforderlich bei feuchtigkeitsunempfindlichen Umfassungsbauteilen und Verlegeuntergründen  Polymerdispersionen, Kunststoff-Mörtel-Kombinationen, (Reaktionsharze)	<b>Wand:</b> Beton, Zementputz, Kalkzementputz, Verbundelemente aus expandiertem oder extrudiertem Polystyrol mit Mörtelbeschichtung und Gewebeamierung, Kalksandstein-Plansteine, Hohlwandplatten aus Leichtbeton, Porenbeton-Bauplatten, <b>Boden:</b> Beton, Zementestrich, Gussasphalt, Verbundelemente aus expandiertem oder extrudiertem Polystyrol mit Mörtelbeschichtung und Gewebeamierung  <b>Wand:</b> Gipsputz, Gipswandbauplatten, Gipskarton-, Gipsfaserplatten, Holzkonstruktionen <b>Boden:</b> Gipskarton-, Gipsfaserplatten, calciumsulfatgebundener Estrich
A0 1	<b>Wandflächen</b> , die nur zeitweise und kurzfristig mit Spritzwasser <b>mäßig</b> beansprucht sind	Wände, spritzwasserbelastet in Bädern mit hausüblicher Nutzung <b>mit Bodenablauf</b>	Polymerdispersionen, Kunststoff-Mörtel-Kombinationen, (Reaktionsharze)	Beton, Zementputz, Kalkzementputz, Verbundelemente aus expandiertem oder extrudiertem Polystyrol mit Mörtelbeschichtung und Gewebeamierung, Kalksandstein-Plansteine, Hohlwandplatten aus Leichtbeton, Porenbeton-Bauplatten, Gipsputz, Gipswandbauplatten, Gipskartonplatten, Gipsfaserplatten, Holzkonstruktionen
A0 2	<b>Bodenflächen</b> , die nur zeitweise und kurzfristig mit Spritzwasser <b>mäßig</b> beansprucht sind	Böden, spritzwasserbelastet in Bädern mit hausüblicher Nutzung <b>mit Bodenablauf</b>	Polymerdispersionen, Kunststoff-Mörtel-Kombinationen, (Reaktionsharze)	Beton Zementestrich Gussasphalt Verbundelemente aus expandiertem oder extrudiertem Polystyrol mit Mörtelbeschichtung und Gewebeamierung

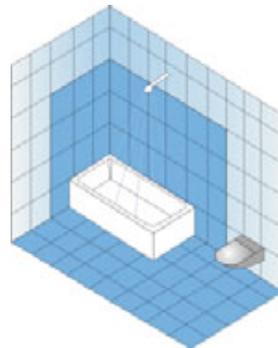
Tabelle 5.1: Anforderungen an die Abdichtung von Nassbereichen in Wohnungen [16]



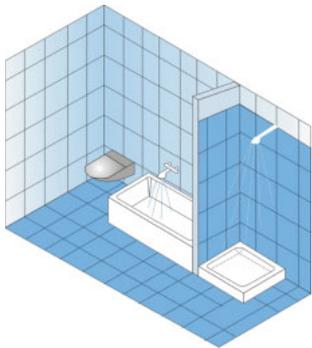
## Beispiele für spritzwasserbeanspruchte Bereiche:



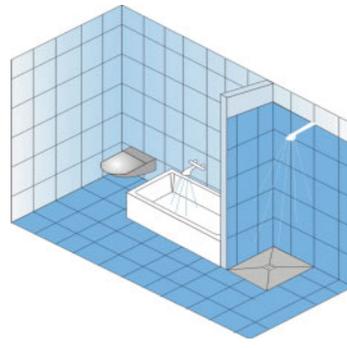
Gäste-WC (keine Beanspruchung)



Bad mit Badewanne mit Duschnutzung



Bad mit Badewanne und separate Dusche



Bad mit Badewanne und bodengleicher Dusche

Bilder 5.9 bis 5.12: Spritzwassergefährdete Bereiche in Bädern (dunkelblau gekennzeichnet)

Im Normalfall wird ein Badezimmer in die Beanspruchungskategorie 0 eingeordnet. In diesen Fällen ist nur dann eine Abdichtung zwingend unter dem Wand- oder Bodenbelag einzubauen, wenn die Untergründe feuchtesensibel sind, wie z.B. Gips- und Holzbaustoffe. Ausnahmen sind Bäder mit Bodenablauf (bodengleiche Dusche = Klasse A0 2).

Wie auch im Außenbereich (siehe Kap. 3.1 Flachdach) ist auch bei Feuchtraumabdichtungen die richtige Ausführung

von Anschlussdetails besonders wichtig. In den folgenden Bildern 5.13 und 5.14 [18] sind zwei häufig vorkommende Situationen dargestellt: Die Anschlüsse Duschtasse - Wand und Boden - Wand. Für diese Details werden von den Produktherstellern Lösungen für Abdichtungsausführungen angeboten, die einen dauerhaften Betrieb sicherstellen. Die oftmals benutzte elastische Silikonfuge dient lediglich als Verschleißdichtung und ist für die Herstellung von dauerhaft wasserdichten Anschlüssen nicht geeignet.



## Beispiele für Wandanschlussdetails:

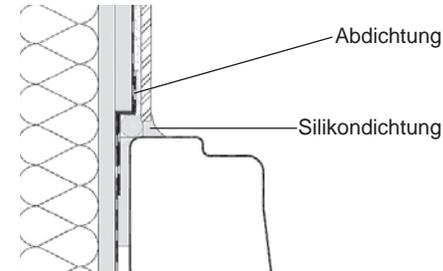


Bild 5.13: Anschluss Duschtasse - Wand

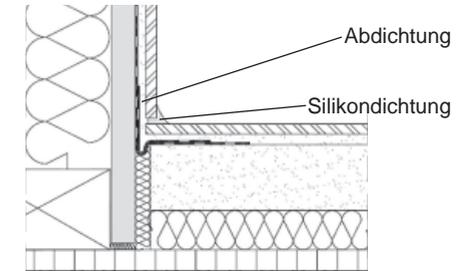


Bild 5.14: Anschluss Boden - Wand

## 5.3.2 Vermeiden von Schäden durch Sanitär- und Heizungstechnik

### Vermeiden von Wasserrohrbrüchen

Die Vorhersage der Haltbarkeit von Rohranlagen ist nur bedingt möglich. Im Allgemeinen steigt das Risiko eines Rohrbruchs bei Trinkwasseranlagen ab etwa 30 Jahren an. Bei Abwasserrohren wird von einer Haltbarkeit von 50 - 60 Jahren ausgegangen. Diese Angaben sind jedoch nur grobe Anhaltspunkte, denn viel entscheidender für die Dauerhaftigkeit ist die Wasserqualität und das verwendete Rohrmaterial.

### Trinkwasserinstallation

In Regionen mit besonders kalkarmem Trinkwasser sind z.B. Kupfer und verzinkte Rohre nicht einsetzbar. Der Kalk, der im Trinkwasser enthalten ist, lagert sich an die Rohrwandung an und bildet eine Schutzschicht. Im Interesse der Gesundheit und der Dauerhaftigkeit ist ein idealer Härtegrad anzustreben, der eine Schutzschicht entstehen lässt, ohne das Rohr auf Dauer zu zusetzen.

### Wasserenthärtungsanlagen

Ist das Trinkwasser sehr kalkhaltig, ist eine Enthärtung des Wassers für die Nutzungsdauer der Rohre durchaus sinnvoll. Zur Reduzierung der Rohrbruchwahrscheinlichkeit tragen Enthärtungsanlagen jedoch nicht bei.

Das Gegenteil ist eher der Fall. Würde das Wasser komplett enthärtet, wie es z.B. durch Osmoseanlagen geschieht, würde das „weiche“ Wasser aus Metallrohren Ionen auswaschen, was zur Zersetzung der Rohre führen kann. Beim Einsatz von Enthärtungsanlagen ist deshalb ein Mindest-Härtegrad festgeschrieben. Um die Wirksamkeit und Betriebssicherheit sicherzustellen, sollten nur Anlagen, die das Prüfzeichen des DVGW besitzen, eingesetzt werden [19]. Dies gilt besonders für alternative Anlagentechniken, wie z.B. Geräte, die mit Magnet- und Elektrofeldern arbeiten. Speziell für alternative Verfahren wurde vom DVGW das Arbeitsblatt W512 [20] herausgebracht,



in dem die Prüfung von Aufbereitungsanlagen untersucht wird. Bisher garantiert nur der bestandene Test nach dieser Vorschrift die Wirksamkeit der Anlagen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass Arbeiten am Trinkwasserleitungsnetz ausschließlich von einem beim örtlichen Wasserversorger eingetragenen Fachbetrieb ausgeführt werden dürfen.

#### Inspektion und Wartung

Alle Bestandteile einer Trinkwasserinstallation, bei denen während der Nutzung Verunreinigungen oder Verschleiß auftreten, bedürfen einer regelmäßigen Inspektion und Wartung. Während der Inspektion sollte auch das Rohrleitungsnetz visuell begutachtet werden. Es empfiehlt sich, Wasserleitungen bei längerer Abwesenheit abzusperrten. Selbst bei Abwesenheit von wenigen Tagen ist es ratsam, den Hauptabsperrhahn zu schließen. Das Wissen um die Lage des Absperrhahns ist auch bei einem Rohrbruch von Nutzen. Weiterführende Informationen rund ums Trinkwasser werden in [21] gegeben.

#### Rohrsanierungsverfahren

Kommt die Trinkwasserinstallation in ein kritisches Alter, überlegen sich viele Hausbesitzer Alternativen zum kompletten Austausch. In der Tat bieten viele Rohrsanierungsfirmen eine Technik zur Reinigung und Beschichtung von alten Trinkwasserleitungen an. Prinzipiell laufen die angebotenen Sanierungsleistungen nach dem Muster „Reinigung und Versiegelung“ der Rohre. Für die Reinigung werden Trocknungs-, Strahl- und Ätzverfah-

ren angeboten. Nach der Reinigung werden die Rohre mit einem Epoxidharz ausgekleidet. Dieses Verfahren ist bereits mehrere Jahrzehnte alt und wird bei Hauptversorgungsrohren angewendet. Bei der Hausinstallation ist der Einsatz jedoch fraglich. Es gibt kein einziges Verfahren, das z.B. DVGW-zertifiziert ist. Der Bauherr, der solche Verfahren anwendet, geht neben dem ungewissen Erfolg auch ein versicherungstechnisches Risiko ein, denn tritt in einem sanierten Rohrleitungssystem ein Schaden auf, zahlt die Versicherung im Regelfall nicht.

#### Austausch

Hat ein Hauseigentümer bereits mehrere Rohrbrüche hinter sich, lohnt sich die Überlegung einer Neuinstallation.

#### **Abwasserinstallation**

Die Abwasserrohre werden bei Gebäudeinspektionen sehr häufig vernachlässigt. Über Jahrzehnte liegen sie hinter Wand und Boden verborgen und finden nur Beachtung, wenn das Abwasser nicht mehr abfließt. Nach Schätzungen der Fachverbände entspricht die Abwassermenge, die über unbemerkte Leckagen im gesamten Abwassernetz von Deutschland versickern, dem Inhalt des Bodensees.

#### Inspektion und Wartung

Die verdeckten Leckagen sind auch der Grund für eine Vorschrift (DIN 1986-Teil 30) [22], die auch private Hauseigentümer verpflichtet, die Dichtheit ihrer Abwasseranschlussleitung bis 2015 nachzuweisen. Diese Überprüfungen sind alle 25 Jahre zu wiederholen und haben zusätzlich den Vorteil,

dass nicht sichtbare Mängel entdeckt werden, die einen Rohrbruch nach sich ziehen können. Diese Untersuchungen werden im häuslichen Bereich mit Videoendoskopen durchgeführt.

#### Vermeiden von Rückstauschäden

Um Rückstauschäden durch drückendes Abwasser zu vermeiden, bieten eine Vielzahl von Herstellern Rückstauverschlüsse an, die direkt in die Abwasserleitung eingebaut werden. Bei Neubauten sollten solche Systeme bei Verdacht auf Rückstaugefährdung eingebaut werden.

Auch das Nachrüsten von Rückstauverschlüssen an Bestandsleitungen ist möglich, kann jedoch je nach Lage der Rohre mit einem größeren Aufwand an Erdarbeiten verbunden sein.



Bild 5.15: Rückstauverschluss für Abwasserleitungen

#### **Heizungsleitungen**

Fällt die Raumtemperatur unter 0°C ist die Heizungsanlage auch in unbewohnten Gebäuden zu betreiben. Um Beschädigungen durch bauliche Maßnahmen vorzubeugen, ist ein exakter Verlegeplan vorzuhalten. Ist dieser nicht vorhanden, muss die Leitungslage messtechnisch ermittelt werden.

### **5.3.3 Vermeidung von Schäden durch Haushaltsgeräte**

#### **Wartung**

Durch eine regelmäßige Wartung können Havarien mit Haushaltsgeräten vermieden werden [17].

#### Kontrolle des Zulaufschlauches.

Der betreffende Schlauch sollte in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden. Werden dabei Risse oder andere Verschleißerscheinungen entdeckt, muss der Schlauch umgehend ausgetauscht werden.

#### Platzdruck von Zulaufschläuchen

Beim Zulaufschlauchtausch sollte darauf geachtet werden, dass der Schlauch einem Druck von 90 bar

standhalten kann. Gartenschläuche, die bisweilen als Ersatz eingesetzt werden, haben in der Regel einen weit geringeren Platzdruck und sind deshalb ungeeignet.

#### Sauberhalten des Magnetventils

Magnetventile, die mit Filtersieben ausgerüstet sind, sind regelmäßig zu säubern. Insbesondere nach Rohrarbeiten kommt es zu vermehrten Partikelansammlungen. Auf keinen Fall dürfen die Siebe entfernt werden, da die Gefahr besteht, dass das Magnetventil nicht mehr schließt und Wasser ungeregelt in die Maschine einfließen kann.



## Werkseitig installierte Wasserschutzsysteme

Neue Wasch- oder Spülmaschinen besitzen in der Regel bereits Wasserschutzsysteme die eine gute Prävention von Wasserschäden bieten. Je nach Qualität des Geräts werden sehr

oft mehrstufige Systeme eingesetzt, die o.g. Schwachstellen überwachen und im Schadensfall Wasseraustritt verhindern sollen.

## Wasserschutzsysteme zum Nachrüsten

### Schlauchplatzsicherung

Die Schlauchplatzsicherung ist eine sehr günstige Variante, die unkompliziert zwischen Wasserhahn und Zulauf geschraubt wird und den Wasserfluss unterbricht, falls der Zulaufschlauch platzen sollte. Der Nachteil ist, dass die Sicherung nur bei einem Platzen des Schlauches funktioniert. Eine viel wahrscheinlichere kleine Leckage reicht nicht zur Aktivierung aus. In diesem Fall können unbemerkt erhebliche Wassermengen austreten.



Bild 5.16: Die Schlauchplatzsicherung wird zwischen Schlauch und Wasserhahn geschraubt.

### Sicherheitsventil

Das ebenfalls günstige Sicherheitsventil wird – wie die Schlauchplatzsicherung – zwischen Wasserhahn und Zulaufschlauch geschraubt. Das Ventil lässt sich so einstellen, dass pro Spülgang nur eine bestimmte Wassermenge ohne Unterbrechung hindurchströmen kann. Sollte aufgrund einer Undichtigkeit im Zulaufschlauch mehr Wasser das Sicherheitsventil durchströmen, schließt dieses automatisch den Wasserzulauf und beugt damit einem größeren Wasserschaden vor. Das Ventil spricht auch an, wenn kleine Undichtigkeiten im Zulaufschlauch vorhanden sind.

Ist jedoch eine Geräteundichtigkeit Ursache eines Wasseraustritts, so kann ein Sicherheitsventil dies nicht verhindern. Außerdem muss im Schadensfall mit einer – wenn auch begrenzten – Menge von austretendem Wasser gerechnet werden.

### Doppelwandiger Zulaufschlauch mit Blockventil

Ein doppelwandiger Zulaufschlauch mit Blockventil wird bei vielen Neugeräten standardmäßig montiert. Er kann aber auch bei Altgeräten an Stelle des Original-Zulaufschlauches nachgerü-

stet werden. Der Schutz funktioniert wie folgt: Platzt der innere Schlauch oder ist er undicht, sammelt sich das austretende Wasser zwischen den Doppelwänden und gelangt so zum Blockventil. Dort aktiviert es einen Auslöser, der wiederum dazu führt, dass sich das Ventil schließt. Selbst bei kleinen Leckagen wird die Wasserzufuhr unterbrochen.

Jedoch hilft das System, wie auch bei den vorher genannten, nicht bei Wasseraustritt aufgrund eines Defekts im Gerät.

### Elektronischer Leckwassermelder

Elektronische Leckwassermelder sind bislang die effektivsten, aber auch teuersten Geräte um Wasserschäden zu vermeiden. Kern dieses Wasserschutzsystems ist ein Sensor, der in einer Plastikwanne unter der zu schützenden Spül- oder Waschmaschine platziert wird. Dieser Sensor ist mit einem Überwachungsgerät verbunden, das wiederum an ein zwischen Wasserhahn und Zulaufschlauch montiertes Ventil angeschlossen ist. Erkennt der Sensor unter dem entsprechenden Elektrogerät Wasser, so schaltet das Überwachungsgerät Maschine und Magnetventil ab. Zusätzlich ertönt ein akustisches Warnsignal.

In jedem gut sortierten Baumarkt sind Wasserschutzsysteme erhältlich, mit denen sich auch Spül- und Waschmaschinen älteren Baujahres nachrüsten lassen. Einen hundertprozentigen Schutz vor Wasserschäden bietet aber keines der genannten Systeme.



Bild 5.17: Der doppelwandige Zulaufschlauch mit Blockventil wird an Stelle des alten Schlauchs angebracht.

Wer Haus oder Wohnung verlässt, sollte seine Spül- oder Waschmaschine stets ausstellen und – ganz wichtig für den Versicherungsschutz – den Wasserhahn schließen. Einige Hausratversicherer machen dies für die Leistungsanspruchnahme im Schadensfall zur Bedingung.

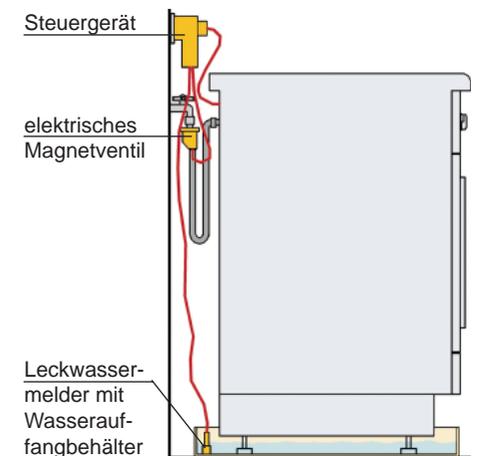


Bild 5.18: Wasserschutzsystem mit elektronischem Leckwassermelder



## 6. Überhöhte Luftfeuchte im Innenraum

Überhöhte Raumluffteuchte im Innenraum ist in jüngster Zeit zu einem häufig diskutierten Problem aufgestiegen. Mit verantwortlich sind in diesem Zusammenhang sicherlich auch die seit einigen Jahren durchgeführten energetischen Sanierungsmaßnahmen an unseren Wohngebäuden. Durch die verbesserte Luftdichtigkeit der Gebäudehülle wird einerseits verhindert, dass unkontrolliert Heizwärme verloren geht, aber andererseits auch dafür gesorgt,

dass sich bei fehlendem Luftwechsel die Raumluffteuchte deutlich erhöhen kann. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich deshalb Schimmelpilz oder sogar Kondensat auf Oberflächen bildet (sog. Schwitzwasser) oder in der Bausubstanz ausfällt (sog. Tauwasser) steigt mit der Erhöhung der Luftfeuchte an. Im folgenden wird deshalb näher auf die Hintergründe eingegangen und versucht Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

### 6.1 Typische Schäden durch überhöhte Luftfeuchte

#### 6.1.1 Schimmelpilzbildung

Beträgt die relative Luftfeuchte in oberflächennahen Bereichen mehr als 80 % über einen längeren Zeitraum, ist die Möglichkeit für Schimmelpilzwachstum gegeben.

Schimmelpilz ist ein Sammelbegriff für Pilze, die typische Pilzfäden und Sporen ausbilden können. Schimmelpilze sind ein natürlicher Teil unserer Umwelt. Ihre Sporen sind fast überall zu finden, so auch in unseren Innenräumen. Schimmelpilze benötigen zum Wachstum Feuchtigkeit und Nahrung. Da „Pilznahrung“ in den Innenräumen reichlich vorhanden ist, ist das Wachstum hauptsächlich von der Raumluffteuchte abhängig. Die Raumluffteuchte sollte deshalb 65 – 70 % nicht dauerhaft überschreiten. Häufig wird die Ursache von Schimmelpilzwachstum im Laufe der

Gebäudenutzung erst geschaffen. Typische Zusammenhänge ergeben sich häufig bei verändertem Nutzerverhalten (z.B. Mieterwechsel) oder bei Wärmeschutzmaßnahmen in Teilbereichen (z.B. Fenstertausch ohne Verbesserung des Wärmeschutzes der Wand).



Bild 6.1: Schimmelpilzbefall an einer Außenwand

### 6.1.2 Zerstörung von Bausubstanz durch Tauwasserbildung

In den Wintermonaten ist der absolute Feuchtegehalt der Raumluffteuchte höher als der der Außenluft. Hieraus ergibt sich ein Feuchtetransport (Diffusion) durch die Außenbauteile. Bei einem richtigen Konstruktionsaufbau und Nutzerverhalten ist das unproblematisch, da das in den Wintermonaten (Tauerperiode) ggf. anfallende Tauwasser in den Sommermonaten (Verdunstungsperiode) wieder schadensfrei aus der Konstruktion austrocknen (ausdiffundieren) kann. Bei falscher Ausführung oder falschem Nutzerverhalten kommt es zu einer ständigen Erhöhung des Tauwassers in der Konstruktion. Dieser Prozeß läuft in der Regel verdeckt

ab und kann Jahre lang unentdeckt voranschreiten. In diesem Fall ist bei feuchtesensiblen Baustoffen wie z.B. Holz- oder Gipsbaustoffen eine Zerstörung wahrscheinlich.



Bild 6.2: Nach Entfernen der Bekleidung kam der Wasserschaden zu Tage. Das Holz wurde durch Fäule zerstört.

### 6.2 Ursachen von Schäden durch überhöhte Luftfeuchte

#### 6.2.1 Wie kommt die Feuchte in die Raumluffteuchte?

Die Hauptquellen für Raumluffteuchte ergeben sich aus der Nutzung der Wohnung. In folgender Tabelle 6.1 ist für einige wichtige Feuchtequellen die Feuchteabgabe angegeben. Im Lau-

fe eines Tages kommen so für einen 3-Personenhaushalt zirka 6 bis 12 Liter Wasser in Form von Wasserdampf zustande [23].

Feuchtequelle		Feuchteabgabe pro Stunde [g/h]
Mensch, leichte Aktivitäten		30 - 40
trocknende Wäsche (4,5 kg)	geschleudert	50 - 200
	tropfnass	100 - 500
Zimmerpflanzen		1 - 5
Wasseroberfläche: offenes Aquarium		ca. 40
abgedecktes Aquarium		ca. 2

Tabelle 6.1: Zusammenstellung der Feuchteabgabe durch Aktivitäten

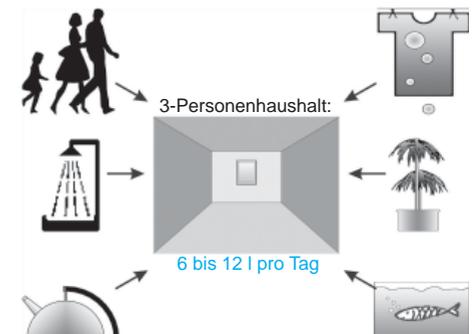


Bild 6.3: Produzierte Feuchtemenge eines 3-Personenhaushalts pro Tag



## 6.2.2 Wie entsteht Tauwasser?

Luft ist in der Lage, Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf aufzunehmen. Die Menge an Feuchtigkeit, die aufgenommen werden kann, ist im Wesentlichen von der Lufttemperatur abhängig. Als Grundregel gilt: Je höher die Temperatur, desto höher ist die Fähigkeit der Luft, Feuchtig-

keit zu binden. Trifft warme, feuchte Luft auf eine kalte Oberfläche, kann es zur Tauwasserbildung kommen. Der Wasserdampf wird zu flüssigem Wasser. Die Temperatur, bei der der Kondensationsprozess einsetzt, wird Taupunkttemperatur genannt.

Lufttemperatur [°C]	Taupunkttemperatur [°C] bei einer relativen Luftfeuchte von													
	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
30	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29	9,7	12,0	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28	8,8	11,1	13,1	15,0	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2	25,2	26,2	27,1
27	8,0	10,2	12,2	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
26	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1
24	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23	4,5	6,7	8,7	10,4	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
22	3,6	5,9	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2
21	2,8	5,0	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20	1,9	4,1	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19	1,0	3,2	5,1	6,8	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
18	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17	-0,6	1,4	3,3	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2
16	-1,4	0,5	2,4	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2
15	-2,2	-0,3	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
14	-2,9	-1,0	0,6	2,3	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2
13	-3,7	-1,9	-0,1	1,3	2,8	4,2	5,5	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2
12	-4,5	-2,6	-1,0	0,4	1,9	3,2	4,5	5,7	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
11	-5,2	-3,4	-1,8	-0,4	1,0	2,3	3,5	4,7	5,8	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2
10	-6,0	-4,2	-2,6	-1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2

Tabelle 6.2: Taupunkttafel: Das dargestellte Beispiel zeigt, dass sich bei einer Raumtemperatur von 20° C und einer relativen Raumluftfeuchte von 60% eine Taupunkttemperatur von 12° C ergibt.

Anhand des folgenden Beispiels kann jeder zuhause überprüfen, ob Räume kondensatgefährdet sind. Für den Versuch wird ein Thermometer zum

Messen der Temperatur und ein Hygrometer zum Messen der relativen Raumluftfeuchte benötigt. Der Versuch wird wie folgt ausgeführt:

1. Mit dem Thermometer die Raumtemperatur ermitteln.
2. Mit dem Hygrometer die relative Raumluftfeuchte ermitteln.
3. Mit der Taupunkttafel (Tab. 6.2) die Taupunkttemperatur ablesen
4. An kondensatgefährdeten Bereichen, z.B. bei Außenwänden im Fensterbereich, in Ecken oder an Stellen, die bereits mit Fleckenbildung auffällig werden, die Oberflächentemperatur mit dem Thermometer bestimmen. (Besonders einfach geht die Temperaturmessung mit Hilfe eines berührungslosen Infrarotthermometers).

5. Die Oberflächen sind dann kondensatfrei, wenn die gemessene Oberflächentemperatur über der Taupunkttemperatur liegt.

**Achtung! Um Schimmelpilz dauerhaft zu verhindern ist die ermittelte Taupunkttemperatur um zirka 3 - 4 °C zu erhöhen (Schimmel braucht kein Tauwasser, bereits ab 80 % Luftfeuchte kann das Wachstum beginnen)**

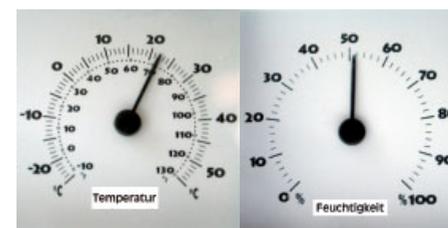


Bild 6.4: Thermometer Bild 6.5: Hygrometer

## 6.2.3 Ursache: Mangelhafte Raumlüftung

Eine weitere wichtige Ursache für Kondensatschäden ist die mangelhafte Raumlüftung. Die Lüftung steht im direkten Zusammenhang mit dem Feuchtigkeitsaufkommen und der Raumtemperatur. Bei der überwiegenden Mehrheit unserer Wohnungen wird die Raumlüftung über Fenster vom Bewohner selbst gesteuert (freie Lüftung). Die „Fensterlüftung“ erfolgt in der Regel in drei Stufen:

1. Fenster geschlossen. Gelüftet wird, vom Bewohner unbemerkt, über ungewollte Undichtigkeiten.
2. Fenster gekippt (Dauerlüftung).
3. Fenster komplett geöffnet (Stosslüftung).

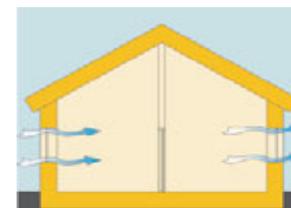


Bild 6.6: Lüftung über ungewollte Undichtigkeiten des Gebäudes



Bild 6.7: Dauerlüftung

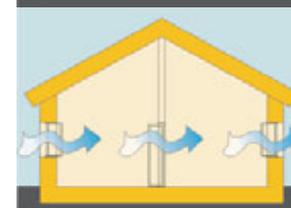


Bild 6.8: Stosslüftung



Der erste Fall ist dem Bewohner nicht bewusst. Besonders bei undichten Altbau Fenstern können Bewohner auch bei selten geöffneten Fenstern die Wohnung schadensfrei halten, insbesondere wenn die Lüftung noch durch Einzelbrandöfen unterstützt wird.

Deshalb kommt es besonders nach einem Fenstertausch zu Kondensatschäden, da die neuen Fenster so dicht sind, dass bei geschlossenem Fenster keine Raumlüftung stattfindet.

Der zweite Fall „Fenster gekippt“ wird häufig in der Übergangszeit und von Bewohnern, die tagsüber nicht zuhause sind, eingesetzt. Dabei kommt es zur Auskühlung der Fensterleibung. Die ausgekühlten Bereiche können auch bei Heizungsbetrieb häufig längere Zeit unterhalb der Taupunkttem-

peratur bleiben. Eine hohe relative Luftfeuchte in den oberflächennahen Bereichen ist in den meisten Fällen die Ursache für Schimmelbildung.

Deshalb wird der dritte Lüftungsfall als Faustformel von den Experten empfohlen. Je nach Feuchteaufkommen und Lüftungsmöglichkeit sollten 3-5-mal täglich für 5-10 Minuten – über den Tag verteilt – die Fenster komplett geöffnet und nach Möglichkeit quer gelüftet werden (Stoßlüftung).

Dabei sollte darauf geachtet werden, dass direkt nach feuchtigkeitsintensiven Nutzungen, wie Duschen, Waschen oder Kochen, gelüftet wird. So wird vermieden, dass die Feuchtigkeit erst von der Bausubstanz und dem Mobiliar gespeichert wird.

#### 6.2.4 Ursache: Wärmebrücken in der Gebäudehülle

Alle Bereiche mit erhöhtem Wärmedurchgang werden Wärmebrücken genannt. Dort verliert das Gebäude

während der Heizperiode mehr Energie als in den übrigen Bauteilflächen. Deshalb sind diese Bereiche an den



Bild 6.9: Wohnhaus, an dem energetische Schwachstellen untersucht wurden.



Bild 6.10: Die Thermografie zeigt die Bereiche, die besonders viel Wärme abgeben.

Oberflächen wärmer als die die benachbarten. Über Infrarot-Thermographie lassen sich diese Bereiche sichtbar machen (Bild 6.10).

Die Bildung von Kondenswasser bei hoher Luftfeuchtigkeit beginnt immer an den kältesten Stellen – in der Regel befinden sich diese an der ungleichmäßig temperierten Gebäudehülle. Ecken sind dabei aufgrund ihrer Geometrie besonders ungünstig. Aber auch Flächen am und um das Fenster stellen

Schwachstellen dar. Integrierte Rollladenkästen oder die Fugen zwischen Fensterrahmen und Leibung sind hier als prägnante Beispiele zu nennen.

Weiterhin sind Bereiche an denen Kräfte übertragen werden müssen und daher mit festeren Material ausgebildet wurden, weniger wärmedämmend. Darunter fallen z.B. Deckenaufleger, auskragende Balkonplatten, Fundament, im Dach der First-, der Ortgang- und der Traufbereich.

#### 6.2.5 Ursache: Kalte Wasserleitungen

Eine weitere Quelle für Schäden durch Kondensation sind Kaltwasserleitungen, die von der feuchten Raumluft erreicht werden können. Dies kann z.B. im Keller sein, wo häufig Aufputzinstallationen ausgeführt werden. Aber auch in Schachtinstallationen, die Kontakt zur Raumluft erhalten, kann sich auf kalten Rohren Kondenswasser bilden. Zum Schaden führt es jedoch erst dann, wenn Wasser am Rohr abläuft und sich in der Baukonstruktion sammelt. Kommt es dann zu dauerhaften Durchfeuchtungen können besonders feuchtesensible Materialien – wie z.B. Holzkonstruktionen – schleichende, verdeckte Schäden davontragen.

rohre aus unterschiedlichen Metallen wie z.B. Zink (typische Kaltwasserleitung) und Kupfer (typische Heizwasserleitung) im Kondensatbereich, kann ein galvanisches Element entstehen. Dies führt zur raschen Auflösung des unedleren Metalls; in diesem Fall Zink.



Bild 6.11: Kondensatbildung an einer ungedämmten Kaltwasserleitung

In diesem Zusammenhang sei auf eine besonders gravierende Wirkung von Kondensat an Wasserleitungen hingewiesen. Befinden sich Leitungs-



## 6.3 Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden aus überhöhter Luftfeuchte

### 6.3.1 Optimierung der Raumlüftung

Wie unter Kapitel 6.2.3 beschrieben, ist die Lüftung für eine ausreichende Entfeuchtung der Wohnung wichtig. Die Lüftungsvariante „Stosslüftung“ – Raumluftaustausch in wenigen Minuten durch komplettes Öffnen der Fenster – erweist sich dabei als besonders effektiv. Bewohner, die tagsüber nicht zuhause sind, sollten beachten, dass ein 3- bis 5-maliges Stosslüften notwendig ist. Die sog. Querlüftung, bei der gegenüberliegende Fenster geöffnet werden, erhöht den Luftzug und verringert die Lüftungszeit. Dem Bewohner muss vor allem bewusst werden, dass für ein gesundes und behagliches Raumklima überwiegend die Feuchtigkeit im Raum verantwortlich ist. Um Schimmel zu vermeiden sollten dann Feuchtequellen, wie sie unter Tabelle 6.2 aufgeführt sind, beachtet werden. Einfache Messung mit

Thermometer und Hygrometer können helfen, die nötige Lüftungsroutine zu erlangen (Kap. 6.2.2).

In der Praxis wird es jedoch immer häufiger Fälle geben, in denen es dem Bewohner nicht möglich ist, seine Wohnung ohne Einschränkung seiner Lebensgewohnheiten ausreichend trocken zu lüften. Dies können berufliche Vorgaben, ungünstige Grundrisse oder Teilmodernisierungen sein. Einer der Hauptgründe von Schimmelpilzen wird im Allgemeinen auf das alleinige Tauschen von alten, undichten gegen neue dichte Fenster ohne weitere Maßnahmen – wie z.B. Fassadendämmung und/oder mechanische Lüftung – zurückgeführt. Durch den Wegfall der ungewollten „Zwangslüftung“ (Kap. 6.2.3 Variante 1) muss dann vom Bewohner wesentlich häufiger durch Öffnen der Fenster gelüftet werden.

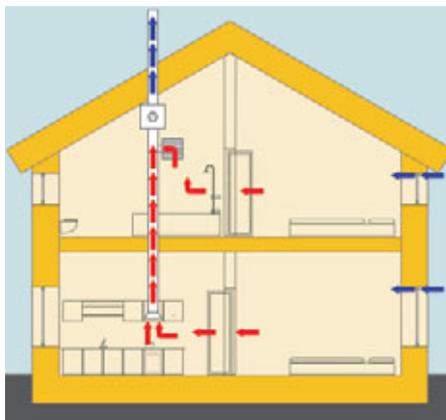


Bild 6.12: Abluftanlage mit Außenluftdurchlässe (ALD) [in Anlehnung an 24]

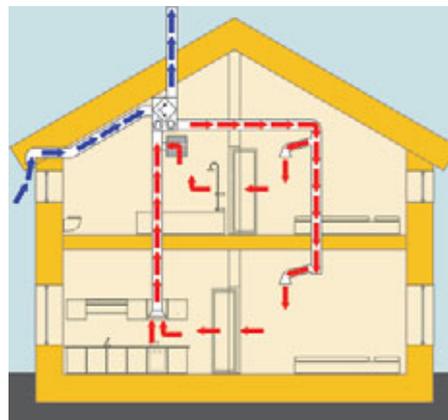


Bild 6.13: Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung [in Anlehnung an 24]

Um Schimmelpilzbildung zu vermeiden, wird dringend empfohlen, beim Fenstertausch darauf zu achten, dass die Wand immer einen besseren Dämmwert besitzt als das Fenster. In der Regel ist es sinnvoll die Wand ebenfalls wärmeschutztechnisch aufzuwerten. Ist dies nicht möglich, muss die neue Situation – unter Einbeziehung der Bewohner – bauphysikalisch geplant werden.

Zukünftig wird die Fensterlüftung vermehrt durch die mechanische Lüftung ersetzt werden. Nur durch den Einsatz einer Abluftanlage kann bei den gültigen und zukünftigen Energieeinspar-

standards die **nutzerunabhängige** Raumlüftung sicher gestellt werden. Die bei Mehrfamilienhäusern bereits zum Stand der Technik gehörende Abluftanlage mit Außenluftdurchlässen ist auch im Einfamilienhausbereich zu empfehlen (Bild 6.12). So sollte sich jeder Bauherr bei Neubau oder Modernisierung überlegen bereits auf die neueste Anlagengeneration zu setzen. Diese in Bild 6.13 abgebildete Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung wird heutzutage in jedem Passivhaus als Standard eingesetzt und mit großer Wahrscheinlichkeit zukünftig zum Allgemeinstandard gehören.

### 6.3.2 Vermeidung von tauwassergefährdeten Konstruktionen

Wie in Kapitel 6.1.2 beschrieben, kann es in ungünstigen Konstruktionen auch zu Tauwasserbildung im Bauteil kommen.

Das Beurteilen von tauwassergefährdeten Konstruktionen ist sehr komplex und kann hier nur allgemein angesprochen werden. Insbesondere bei Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle, bei denen in der Regel Schichten unterschiedlichster Baustoffe eingebaut werden, muss immer auf die bauphysikalische Funktionsfähigkeit der Gesamtkonstruktion geachtet werden. Ein Beispiel für eine **nicht tauwassergefährdete Konstruktion** ist die zusätzliche **Außendämmung** einer massiven Außenwand (Bild 6.14). Dagegen sind **Innendämmungen** als **tauwassergefährdet** einzustufen und stellen für den

Fachplaner, aber auch für den Ausführenden eine große bauphysikalische Herausforderung dar (Bild 6.15).

Komplexe bauphysikalische Zusammenhänge können durch Untersuchungen und Berechnungen genau beschrieben und anschaulich dargestellt werden. Dazu ist es ratsam einen Bauphysiker zu Rate zu ziehen. Schäden, die sich aus einer fehlerhaften Planung oder Ausführung entwickeln, übersteigen meist ein Vielfaches des Beratungshonorars. Als typisches Schadensbild sind hier durchgefautete Auflager von Holzdecken nach dem Einbau einer schlecht geplanten Innendämmung zu nennen. Solche Kondensatschäden treten meist nach Jahren einer Baumaßnahme auf und bleiben bis zum akuten Schadensausbruch in der Regel unentdeckt.

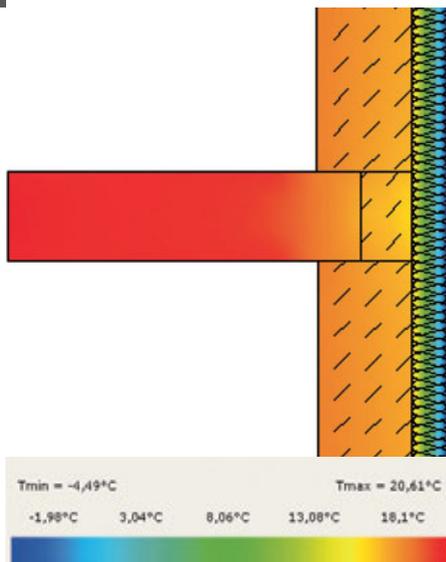


Bild 6.14: Wärmestromberechnung einer Außenwand mit Außendämmung. Die Außendämmung sorgt dafür, dass die tragende Außenwandkonstruktion und das Deckenaufleger im warmen Bereich liegen.

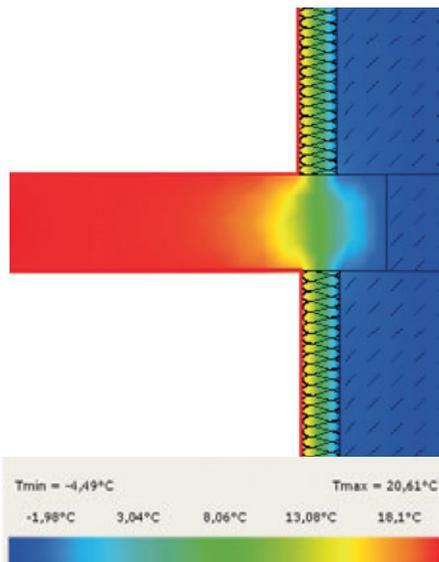


Bild 6.15: Wärmestromberechnung einer Außenwand mit Innendämmung. Die Innendämmung hält die Wärme im Raum. Die tragende Konstruktion wird jedoch von der Durchwärmung abgekoppelt. Besonders zu betrachten sind hier frost- oder feuchtesensible Bauteile (Kondensatproblem!).

Kondensatbildung stattfinden kann. Wärmebrücken lassen sich sehr leicht und mittlerweile auch kostengünstig mit Wärmebildkameras in Form einer Thermographie erfassen (Bild 6.10).

Besondere Beachtung gilt zudem den kalten Wasserleitungen. Insbesondere in Installationsschächten, die Zugang zur feuchten Raumluft haben,

kann sich Kondensat auf dem kalten Rohr niederschlagen und abtropfen. Falls in einem Gebäude diese Situation baubedingt vorliegt, sollte dafür gesorgt werden, dass möglichst wenig Feuchtigkeit auf die kalten Rohre trifft und der gefährdete Bereich leicht inspiziert werden kann. Zudem sollten die Rohre gedämmt werden.

### 6.3.3 Vermeidung von kalten Oberflächen

Wie bereits im vorletzten Kapitel erwähnt, ist es sinnvoll beim Fenstertausch auch die übrige Gebäudehülle zu dämmen. Dies ist vor allem bei Gebäuden sinnvoll, die vor der Einführung der Wärmeschutzverordnung gebaut wurden. Diese Gebäude entsprechen in der Regel nicht den Anforderungen des heutigen Wärmedämmstandards. Bei zusätzlich anfallenden Fassadenarbeiten an der Bekleidung, die z.B. ohnehin ein Gerüst erfordern, ist es für den Besitzer sehr wirtschaftlich, neben den malermäßigen Arbeiten auch die wärmetechnische Ertüchtigung der

Fassade zu beauftragen. In diesem Zusammenhang sollten auch die geltenden Förderprogramme geprüft werden. Unter folgender Adresse finden Sie aktuelle Informationen des Bundes und der Länder:

[www.kompetenzzentrum-iemb.de](http://www.kompetenzzentrum-iemb.de)

Bei der wärmetechnischen Ertüchtigung der Gebäudehülle ist besonders darauf zu achten, dass Wärmebrücken vermieden werden. Sie lassen sich nie vollständig vermeiden, sollten jedoch soweit „entschärft“ werden, dass keine

## 7. Ansprechpartner

### **Bundesarchitektenkammer e.V.**

Bundesgemeinschaft der Architektenkammern Deutschlands  
Askanischer Platz 4  
10963 Berlin  
Telefon: 030 / 26 39 44 – 0 ;Telefax: 030 / 26 39 44 – 90  
E-Mail: info@bak.de  
www.bak.de

### **Bauherren-Schutzbund e.V.**

Kleine Alexanderstr. 9/10  
10178 Berlin  
Telefon: 030 / 3 12 80 01; Telefax: 030 / 31 50 72 11  
E-Mail: office@bsb-ev.de  
www.bsb-ev.de

### **Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e.V.**

Elisabethweg 10  
13187 Berlin  
Telefon: 030 / 48 49 078 – 55; Telefax: 030 / 48 49 078 – 99  
E-Mail: info@altbauerneuerung.de  
www.altbauerneuerung.de

### **Verband Privater Bauherren e.V.**

Chausseestraße 8  
10115 Berlin  
Telefon: 030 / 27 89 01 – 0; Telefax: 030 / 27 89 01 – 1  
E-Mail: info@vpb.de  
www.vpb.de

### **Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e. V.**

- Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik -  
Fritz-Reuter-Str. 1  
50968 Köln  
Telefon: 0221 / 39 80 38 – 0; Fax: 0221 / 39 80 38 – 99  
E-Mail: zvdh@dachdecker.de  
www.dachdecker.de

### **Zentralverband Deutsches Baugewerbe**

Kronenstraße 55 – 58  
10117 Berlin  
Telefon 030 / 20314 – 0; Telefax 030 / 20314 – 420  
E-Mail: Bau@zdb.de  
www.zdb.de

## 8. Literatur

- [1] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden, Bonn, 1996.
- [2] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Leitfaden Nachhaltiges Bauen, 2001.
- [3] Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e.V. und Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. – Bundesfachabteilung Bauwerksabdichtung, Fachregeln für Dächer mit Abdichtungen, Flachdachrichtlinien, Verlag Rudolf Müller, 2001
- [4] Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e.V., Wartung und Inspektion – Sicherheit für Ihr Flachdach, Wartungsvertrag.
- [5] Umweltbundesamt, Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden – Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen, erschienen in Texte 19/05, Forschungsbericht 20224220/02, UBA-FB 000824, 2005.
- [6] Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e.V., Wartung und Inspektion – Sicherheit für Ihr Steildach, Wartungsvertrag.
- [7] Ruhnau, R.; et al.: Schäden an Abdichtungen erdeberührter Bauteile, Reihe Schadensfreies Bauen – Band 36, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2005.
- [8] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN 18195 – Bauwerksabdichtungen.
- [9] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN 1045-2 – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Deutsche Anwendungsregeln zur DIN EN 206-1.
- [10] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN EN 206-1 Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, 2001.
- [11] Wissenschaftlich – Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauerhaltung und Denkmalpflege (WTA): WTA-Merkblatt 4-5-99/D – Beurteilung von Mauerwerk – Mauerwerksdiagnostik
- [12] Frössel, F., Wenn das Haus nasse Füße hat – Mauerwerkstrookenlegung und Kellersanierung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2001.
- [13] Weber, H., et al., Fassadenschutz und Bausanierung – Der Leitfaden für die Sanierung, Konservierung und Restaurierung von Gebäuden, Kontakt & Studium – Band.40, Expert Verlag, Renningen-Malmsheim, 1994.
- [14] WTA: WTA-Merkblatt 2-9-04/D – Sanierputzsysteme.
- [15] Arendt, C., Altbausanierung – Leitfaden zur Erhaltung und Modernisierung alter Häuser, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1993.

- [16] Fachverband Deutsches Fliesengewerbe im Zentralverband des Deutschen Bau-  
gewerbes (Hrsg.), Merkblatt Verbundabdichtungen - Hinweise für die Ausführung  
von Verbundabdichtungen mit Bekleidungen und Belägen aus Fliesen und Plat-  
ten für den Innen- und Außenbereich, Verlag Rudolf Müller, Köln, 2005.
- [17] ARD - Ratgeber Technik (NDR), Aqua-Stopp - Wasserschutzsysteme zum Nach-  
rüsten, Sendung vom 20.03.2005 16:30 Uhr (NDR).
- [18] Informationsdienst Holz, Naßbereiche in Bädern, Holzbau Handbuch, Reihe 3,  
Teil 2, Folge 1, 1999.
- [19] Technologiezentrum Wasser (TZW) / DVGW: Studie „Trinkwasseraufbereiter“  
Stand der Technik auf dem Markt verfügbarer alternativer Anlagen zur Vermeidung  
bzw. Verminderung der Steinbildung im Warmwasserbereich, Dresden, 2003.
- [20] DVGW-Regelwerk, Technische Regeln, Arbeitsblatt W 512: Verfahren zur Beur-  
teilung der Wirksamkeit von Wasserbehandlungsanlagen zur Verminderung von  
Steinbildung, 1996.
- [21] Umweltbundesamt (UBA), Trink was - Trinkwasser aus dem Hahn, Informationen  
und Tipps für Mieter, Haus- und Wohnungsbesitzer, Dessau, 2006.
- [22] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN 1986 - Teil 30.  
Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Instandhaltung, 2003.
- [23] Umweltbundesamt (UBA), Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei  
Schimmelpilzwachstum in Innenräumen, Dessau, 2005.
- [24] Deutsche Energieagentur GmbH, Modernisierungsratgeber Energie, 2003.

## 9. Bildquellen

GEBRA® Kooperations- und Ausführungs- gesellschaft mbH für Bautenschutz	Bild 4.12, Bild 4.13, Bild 4.15
WEBAC® Chemie GmbH	Bild 4.14
Jörg GmbH Eggenthal	Bild 4.16, Bild 4.17
Haböck & Weinzierl GmbH	Bild 4.18, Bild 4.19
IFDB Ingenieure für das Bauwesen Prof. Hillemeier & Partner	Bild 4.21
Berliner Feuerwehr	Bild 5.4
Herr Schwarz, Vereidigter Gutachter für Heizung, Sanitär und Klima	Bild 5.6
Kessel GmbH	Bild 5.15
Alle nicht aufgeführten Fotos und Grafiken:	IEMB Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin