

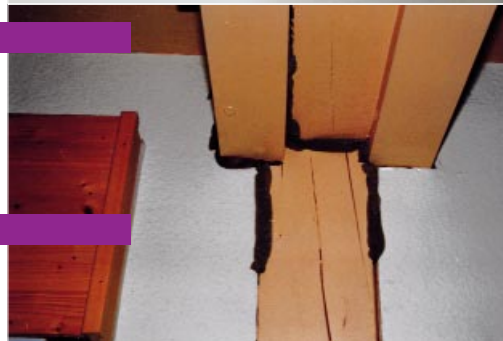
# mikado

Unternehmermagazin für Holzbau und Ausbau

Holzbau-Schäden, Teil 1  
**Schäden an Holzbauten:  
Ausführungsmängel**



Ursachen für Schäden, Teil 2  
**Materialverhalten  
von Holz**



Ursachen für Schäden, Teil 3  
**Schäden durch  
unzureichende Luftdichtheit**

*mikado 6–9/2000*

**Sonderdruck:  
Schäden an Holzbauten**



Organ des Bundes Deutscher Zimmermeister

## Holzbau-Schäden, Teil 1

# Schäden an Holzbauten: Ausführungsmängel

Ziel der vorliegenden Studie ist der Hinweis auf die sensiblen Punkte des Holzbaus. Es werden typische, häufig gemachte Fehler aufgezeigt und Angaben zur richtigen Ausführung gemacht. Anhand von Schadensbeispielen wird anschaulich vor Augen geführt, welche Folgen die Nichtbeachtung wichtiger Prinzipien hat.



Bild 1:  
Unzureichender  
Schutz von Holzbau-  
teilen auf der Bau-  
stelle



Bild 2:  
Schimmelpilzbefall  
bei sichtbarem  
Deckenbalken

Im ersten Teil dieser Veröffentlichung wird schwerpunktmäßig auf Mängel bzw. Schäden eingegangen, die von den Ausführenden zu verantworten sind. Im zweiten Teil wird beschrieben, welche Folgen die Nichtbeachtung materialspezifischen Verhaltens (wie z.B. Schwinden und Quellen) hat. Der dritte Teil befasst sich mit dem Wärme- und Feuchteschutz, schwerpunktmäßig mit der Luftdichtheit der Gebäudehülle.

Als Basis dieser Studie wurden mehr als 240 Gutachten mit insgesamt über 1000 Einzelpunkten ausgewertet. Die Gutachten waren in der weit überwiegenden Zahl jüngerer Datums, sodass die Aussagen als repräsentativ für die vergangenen 10 Jahre angesehen werden können.

Eine statistische Untersuchung der Fehlerursache zeigt, dass die Ausführung, oder besser gesagt, der Ausführende in etwa 60 Prozent aller Fälle der Verursacher unterschiedlichster Mängel/Schäden ist. Hierunter fallen „Schlamperei“ am Bau genauso wie statische Mängel oder schwer wiegende Feuchteschäden.

## Ursache – handwerkliche Qualität

Leider ist eine unzulängliche handwerkliche Qualität immer



Bild 3:  
Hobelschläge

Bild 5:  
Stabdübelanschluss  
mit fehlenden  
Stabdübeln



Bild 4:  
Angestückelte First-  
pfette

Bild 6:  
Abriss einer Silikon-  
fuge bei einem  
Fensteranschluss



wieder Anlass für Beanstandungen und Streitigkeiten. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um folgende Themenbereiche:

- Während Transport und Lagerung werden die Holzbauteile nicht ausreichend gegen die Witterung geschützt (Bild 1). Die Folgen hiervon sind erhöhte Rissgefahr und trocknungsbedingte Verformungen sowie Schimmelpilzbefall (Bild 2)
- Die Verarbeitung ist nicht so, wie sich der Bauherr das vorstellt. Bemängelt werden immer wieder Schmutzflecken, Beschädigungen, Hobelschläge (Bild 3), raue Oberflächen bei den Holzbauteilen

oder das Ablängen von sichtbaren Holzbauteilen auf der Baustelle mit der Kettensäge

- Die Passgenauigkeit lässt zu wünschen übrig. Als Beispiele seien zu kurze und später angestückelte Bauteile (Bild 4), klemmende Türen oder große Fugen genannt

- Verbindungen werden nicht fachmännisch ausgeführt (Bild 5). Da die Verbindungen meist auch statische Aufgaben erfüllen, können Mängel hier sehr schnell zu schwer wiegenden Schäden führen

- Die Ausbildung von Fugen wird in den wenigsten Fällen geplant, sondern bleibt meist den Aus-

führenden überlassen, was nicht selten zu einer „Flickschusterei“ ausartet. Im Holzbau hat sich gezeigt, dass Ortschaften und Silikon (Bild 6) zur dauerhaften Abdichtung von Fugen ungeeignet sind.

#### Ursache – Konkurrenzdruck

Ein häufiger Grund für Reklamationen liegt auch darin, dass die Erwartungen des Bauherrn nicht erfüllt wurden. Hier sollte eigentlich eine eingehende fachliche Beratung des Bauherrn durch den Planer und/oder Ausführenden (im Vorfeld!) erfolgen. Die Angst davor, den Auftrag zu verlieren,



hält manchen jedoch davon ab, eine bessere (und teurere) Lösung vorzuschlagen (nach dem Motto „der will ja bloß seinen höheren Preis schönreden“). Hier muss der Ausführende immer mehr zum Verkäufer werden, der im Rahmen einer fachlichen Beratung seine höhere Qualität begründen kann. Verschiedene Marktuntersuchungen zeigen, dass Bauherren einer schlüssigen Argumentation gegenüber sehr aufgeschlossen sind und meistens der „besseren“ Lösung zustimmen.

Werden die Aufträge jedoch ausschließlich nach dem Prinzip „der billigste Anbieter erhält den Zuschlag“ vergeben, so bleibt leider allzu oft die Qualität auf der Strecke. Die Folgen hiervon sind nicht nur Unzufriedenheiten der Bauherren, sondern z.T. auch gravierende Mängel und Schäden.

## Ursache – Wissenslücken

Ein weiterer Grund für eine unzureichende Beratung durch den



Bild 7:  
Fehler bei fehlender  
Statik: Dachgaube  
ohne Auflager

Bild 8:  
Anschluss der Decken-  
balken ohne Randgur-  
te: keine Übertragung  
von Deckenscheiben-  
kräften möglich



Foto: Colling

Ausführenden liegt sicherlich auch in dem nicht immer ausreichenden Hintergrundwissen über bauphysikalische oder konstruktive Zusammenhänge. Die hierzu erforderlichen Fachkenntnisse können jedoch im Rahmen der üblichen Ausbildung kaum vermittelt werden, sodass eine ständige Fort-/Weiterbildung erforderlich ist.

Nur wenn der Ausführende über Hintergründe und Zusammenhänge Bescheid weiß, kann er abschätzen, warum Kleinigkeiten manchmal so wichtig sein können. Nur mit fundierten Fachkenntnissen kann er vermeiden, dass er „ahnungslos ins Verderben“ rennt, wenn Ausführungspläne fehlen oder unvollständig sind.

Hierbei ist es wichtig, dass der Ausführende seine Grenzen erkennt und diese sich auch eingesteht. Überschreiten die Arbeiten nämlich seine Kompetenzen bzw. seine Erfahrung, so tut er gut daran, beim Bauherrn schriftlich die Vorleistung eines Planers anzufordern.

Die Angst, sich zu blamieren („Was, das kann der nicht!?“), verleitet allerdings nicht wenige Ausführende dazu, Dinge zu tun, von denen sie besser die Finger gelassen hätten (Bild 7).

## Teilschuld – Bauaufsicht

Der im Zuge der Novellierung der Landesbauordnungen (LBO) bewirkte Abbau von behördlichen Auflagen verfolgt vorrangig das Ziel, das Bauen zu beschleunigen („Vereinfachtes Baugenehmigungsverfahren“). Hierbei wurde ein Großteil Verantwortung auf die am Bau Beteiligten „abgeladen“, wovon insbesondere der Bauherr meist nichts weiß.

Durch den Wegfall der Prüfpflicht in vielen Bereichen entfällt auch die erste Kontrollinstanz (Wegfall des „4-Augen-Prinzips“), sodass die Verantwortung für die Planer und Ausführenden wächst. Die Übereinstimmung zwischen Planungsvorgaben und tatsächlicher Ausführung wird nur mehr von der Bauleitung überprüft, die damit aber nicht selten überfordert ist (z. B. in statischer Hinsicht).

## Standsicherheit

Statische Fehler bleiben im Gegensatz zu den augenfälligen optischen Mängeln von den Bauherren zunächst meist unbemerkt. Erst das Auftreten von größeren Verformungen, Rissbildungen im Bereich von Anschlüssen oder

Foto: Galliaa

schlimmstenfalls das Versagen einzelner Teile deutet auf mögliche Sicherheitsmängel hin. Schäden mit katastrophalen Folgen bilden im Wohnungsbau jedoch (noch?) die Ausnahme. Dies liegt an den zugrunde gelegten Sicherheiten und an der „Gutmütigkeit“ des Materials, die dabei helfen, Überbeanspruchungen durch Kraftumlagerungen abzubauen.

Viele Fachleute befürchten jedoch, dass die weitere Überarbeitung der Landes-Bauordnungen eine Erhöhung des Sicherheitsrisikos nach sich ziehen wird. Der Wegfall der Prüfpflicht beim üblichen „Häuslebau“ wird dabei vielfach falsch ausgelegt. So ist immer wieder zu hören, dass jetzt keine statische Berechnung mehr erforderlich sei. Dies ist falsch! Es muss nach wie vor eine statische Berechnung angefertigt werden. Diese muss nur nicht mehr bei der Baubehörde zur Genehmigung eingereicht werden. Die statische Berechnung muss auf der Baustelle vorhanden sein und ist auf Verlangen vorzulegen. Bei Zuwiderhandlung drohen hohe Geldstrafen!

### Gebäudeaussteifung

Zimmereibetriebe treten in zunehmendem Maße als Generalunternehmer auf und erledigen auch planerische Leistungen (Eingabepläne, statische Berechnungen etc.). Die angefertigte statische Berechnung beschränkt sich dabei allerdings leider allzu häufig auf die Dimensionierung der Deckenbalken. Dies ist unzureichend!

Der Nachweis der Standsicherheit umfasst in jedem Fall auch den Nachweis der Gebäudeaussteifung. Hierunter fällt die richtige Ausbildung von Wand-, Dach- und Deckenscheiben und deren Anschlüsse bzw. Verankerungen. Das einfache „Draufnageln“ von Holzwerkstoffplatten ohne umlaufende Gurte ergibt noch keine normgerechte Scheibe (Bild 8).

### Materialwahl: Statische Qualität

Häufiger Streitpunkt ist auch die Beanstandung der Qualität des verwendeten Materials. Hierbei ist zwischen der statischen Qualität und der optischen Qualität zu unterscheiden.

Bauteile, die planmäßig eine tragende oder aussteifende Rolle übernehmen, sind auf der Grundlage der DIN 1052 zu bemessen. Diese Norm setzt dabei voraus, dass die Bauteile die gestellten Anforderungen an die statische Qualität erfüllen. So müssen z.B. Vollholzbauteile nach DIN 4074-1 sortiert sein. Auf der Grundlage verschiedener Sortierkriterien (Äste, Baumkanten, Jahrringbreiten, Faserneigung u.a.m.) werden die Hölzer in verschiedene Sortierklassen eingeteilt (Güteklassen gibt es seit 1989 nicht mehr!). Für Bauholz ist die Sortierklasse S 10 üblich. Wird Holz nicht oder nur unzureichend sortiert, so besteht die Gefahr eines frühzeitigen Versagens (Bilder 9 und 10). Wird – wie leider üblich – vom Sägewerk Holz geliefert, das nach irgendwelchen Handelsgebräuchen sortiert wurde, so gibt es für den Zimmereibetrieb nur zwei Möglichkeiten: Entweder er schickt das Holz wieder zurück und sucht sich einen anderen „Säger“, oder aber er sortiert das Holz selbst.

### Kennzeichnungspflicht



Nach den Landesbauordnungen müssen Bauprodukte der Bauregelliste A (Bauholz, Holzwerkstoffe und andere Plattenwerkstoffe, vorgefertigte Bauteile, mechanische Verbindungsmittel) ihre Übereinstimmung mit den technischen Regeln durch ein Ü-Zeichen (Übereinstimmungszeichen) belegen. Somit dürfen nur Baustoffe und Bauteile verwendet werden, die ein Ü-Zei-

chen besitzen. Der Zimmerer, der die Hölzer einbaut, ist für die Einhaltung der Qualitätsanforderungen verantwortlich. Bekommt er vom Sägewerk Holz geliefert, das kein Ü-Zeichen aufweist, so muss er die Sortierung selbst vornehmen und die Übereinstimmung mit dem Ü-Zeichen bestätigen. Tut er dies nicht, so drohen hohe Geldstrafen seitens der Bauaufsicht oder zumindest Abzüge vom Lohn seitens der Bauherrschaft (Stichwort „Restfinanzierung“).

### Materialwahl – Optische Qualität

Hauptstreitpunkt ist sicherlich meist die optische Qualität, die bemängelt wird. Als Beispiele seien Baumkanten (Bild 11), große Äste und Risse (Bild 12) genannt. Was früher als rustikal galt und als materialbedingt akzeptiert wurde, wird heute als unschön empfunden. Die optischen Ansprüche der Bauherren sind gestiegen und diese gilt es mit einer objektbezogenen Materialwahl zu befriedigen. Hier ist ein Umdenken auf der Seite der Ausführenden erforderlich. Werden keine besonderen Vereinbarungen getroffen, so gelten nach DIN 18334 die in der Tabelle (siehe oben) dargestellten Qualitäten als „Standard“. Diese „Standardklassen“ entsprechen jedoch meist nicht den Erwartungen, die der Bauherr an sichtbare Bauteile stellt. Höhere Anforderungen an die optische Qualität sind aber vertraglich zu vereinbaren. Um spätere Unzufriedenheiten und Streitigkeiten zu vermeiden, sollte der Bauherr hierauf aufmerksam gemacht werden. Beispiel für Ausschreibung mit erhöhten Anforderungen: *Vollholz S 10 nach DIN 4074-1, Sonderklasse und Schnittklasse S (scharfkantig) nach DIN 68365.*

### Baulicher Holzschutz

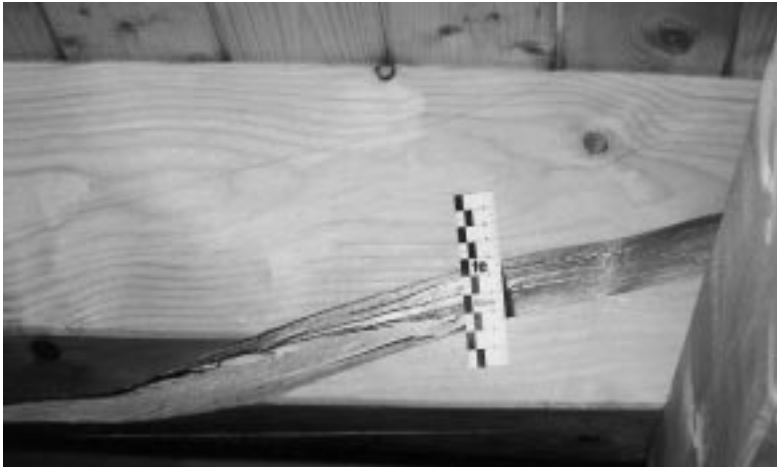
Auf der Grundlage der neuen DIN 68800-2 „Baulicher Holzschutz“ ist

## Oftmals unzureichende Standardklassen für Materialqualität

	statische Qualität nach DIN 4074-1	optische Qualität nach DIN 68365	Schnittklasse nach DIN 68365
Tragende Bauteile	S 10	–	B*
Sonstige Bauteile	–	Normalklasse	B*

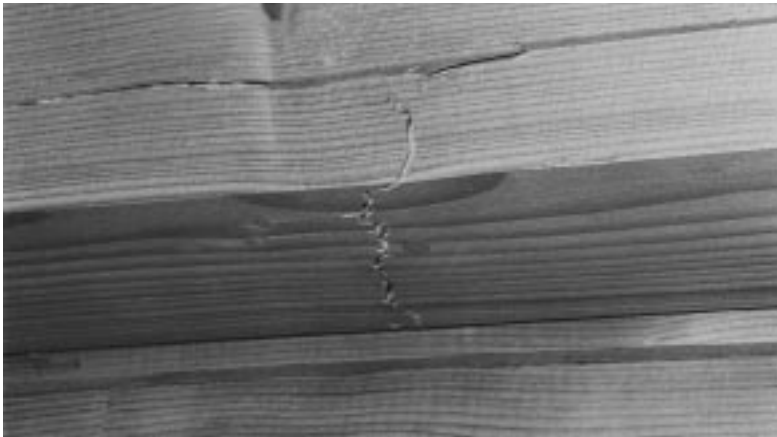
\* Baumkanten bis zu 1/3 der Querschnittsabmessung zulässig

Foto: Schmidt



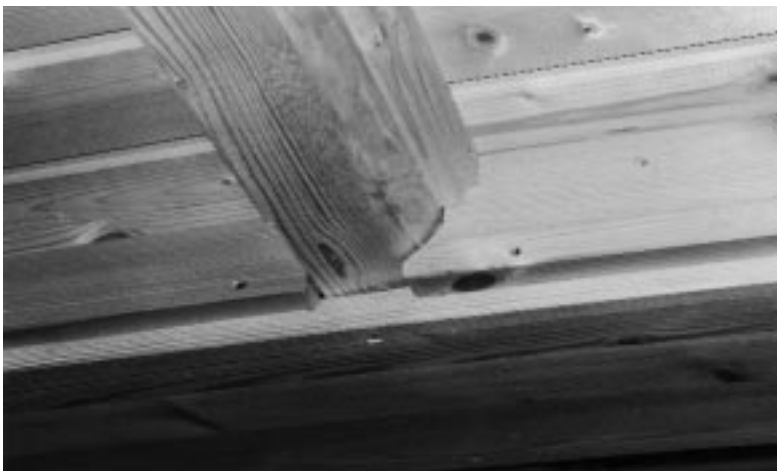
**Bild 9:**  
Bruch eines Deckenbalkens wegen Schrägfaserigkeit

Foto: Frech



**Bild 10:**  
Bereits angerissener Deckenbalken

Foto: Frech



**Bild 11:**  
Bemängelte Baumkante bei sichtbarem Deckenbalken





Bild 12:  
Bemängelte Rissbildung bei einer sichtbaren Holzstütze

Foto: Gaillia

Bild 13.  
Unzulässig: Holzwool-  
dämmung ohne  
Verwendungsnachweis  
auf der Baustelle in  
Borsalz getränkt



es möglich und erlaubt, Wohnhäuser in Holzbauweise vollständig ohne chemischen Holzschutz zu errichten. Dies hat sich inzwischen herumgesprochen. Aber Achtung: Den Verzicht auf chemischen Holzschutz gibt es nicht „umsonst“! Nur wenn bestimmte konstruktive Regeln beachtet werden, darf auf chemischen Holzschutz verzichtet werden.

Voraussetzungen für den Verzicht auf vorbeugenden chemischen Holzschutz sind:

- zuverlässiger Wetterschutz bei Außenbauteilen
- Witterungsschutz von Holzbauteilen und vor allem von Holzwerkstoffen auf der Baustelle während der Montage
- luftdichte Gebäudehülle für Außenbauteile wie Wände und Dachbauteile
- Dämmstoffe mit Verwendungsnachweis, aus dem hervorgeht, dass sie für einen Verzicht auf chemischen Holzschutz zugelassen sind. Bei Verwendung von Dämmstoffen ohne Zulassung ist eine Einstufung in die Gefährdungs-

klasse 0 nicht möglich (Bild 13)

- Einsatz von Farbkernhölzern im Schwellenbereich, wobei nur das Kernholz eine gewisse Resistenz gegenüber Schädlings- und Pilzbefall besitzt
- Einbau trockenen Holzes (Holzfeuchte unter 20 Prozent).

Bauliche Maßnahmen zum Schutz von Holzbauteilen sind nach DIN 68800 in jedem Fall zu berücksichtigen und chemischen Maßnahmen vorzuziehen. Wer also in bewährter Manier imprägnierte Sparren einbaut, dem droht eine böse Überraschung: Man wird ihm leicht nachweisen können, dass er mit einfachen baulichen Maßnahmen auf einen vorbeugenden chemischen Holzschutz hätte verzichten können, sodass seine Ausführung als mangelhaft einzustufen ist, weil sie nicht mehr dem Stand der Technik entspricht.

### Schallschutz

Zum Thema Schallschutz ist vielfach zu hören, dass in DIN 4109 im Einfamilienhausbereich keine Min-

destanforderungen an den Schallschutz gestellt werden und dass damit auch keine Mindestanforderungen zu erfüllen sind. Dies ist nicht mehr zutreffend!

Mehrere Gerichtsurteile in den vergangenen Jahren stellen nämlich klar, dass in jedem Fall ein Schallschutz zu gewährleisten ist, der den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht. Und da diese sich nicht nur an DIN-Normen orientieren, muss auch im EFH-Bereich ein „üblicher“ Schallschutz erfüllt sein, der im Wesentlichen dem von Reihenhäusern entspricht.

Prof. Dr.-Ing. François Colling  
FH Augsburg

*Das Forschungsvorhaben wurde im Auftrag der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGFH) mit finanzieller Unterstützung durch das BM-Bau erstellt. Der Bericht ist unter dem Titel „Lernen aus Schäden im Holzbau“ als Buch erhältlich.*

*Die Teile II+III folgen in den nächsten Ausgaben von mikado.*

Ursachen für Schäden an Holzbauten, Teil 2

# Materialverhalten von Holz

Holz ist ein natürliches Material, das durch seinen faserorientierten Aufbau und seine Eigenschaft, Feuchte aufzunehmen und abzugeben, Besonderheiten aufweist, die zu berücksichtigen sind. Die unzureichende Berücksichtigung der materialspezifischen Eigenschaften des Holzes stellt die häufigste Ursache von Mängeln/Schäden dar.



Bild 1:  
Streichbalken  
liegt nicht mehr auf  
Türsturz auf

Foto: Galläa

Holz ist ein hygroskopisches Material, d.h. je nach Umgebungsklima wird Wasser (Feuchte) aufgenommen bzw. abgegeben. Dabei kann Holz Wasser in zweierlei Form aufnehmen bzw. binden:

- **kapillar:** Das freie Wasser liegt in tropfbarer Form in den Zellhohlräumen vor. Die Holzfasern sind gesättigt. Bei den im Bauwesen eingesetzten Hölzern ist dies oberhalb einer Holzfeuchte von etwa 30 Prozent der Fall.
- **hygroskopisch:** das Wasser ist in den Zellwänden gebunden. Die Holzfasern sind nicht gesättigt, die Holzfeuchte liegt dann unterhalb des Fasersättigungspunktes ( $u < 30$  Prozent).

Im kapillaren Bereich, d.h. oberhalb des Fasersättigungspunktes, findet bei Aufnahme und Abgabe von Wasser an die Umgebung keine Volumenänderung statt. So läuft z.B. beim Austrocknen das Wasser lediglich aus den Hohlräumen heraus.

Im hygroskopischen Bereich, d.h. unterhalb des Fasersättigungspunktes, findet dagegen eine Volumenänderung statt: Man spricht vom „Arbeiten“ des Holzes. Nimmt Holz je nach Umgebungsbedingungen Wasser auf, so ist dies mit einer Volumenvergrößerung verbunden (Quellen). Gibt Holz hingegen Wasser ab, so ist dies mit einer Volumenabnahme verbunden (Schwinden).



Bild 2:  
Große Fugen in  
Dielenfußboden

Foto: Schmidt



Wird Holz über einen längeren Zeitraum in einem bestimmten Umgebungsklima gelagert, so passt sich die Holzfeuchte den Umgebungsbedingungen an. Die sich dabei einstellende Holzfeuchte wird als Ausgleichsfeuchte oder auch Gleichgewichtsfeuchte bezeichnet. In DIN 1052-1, Abschn. 4.2.1 sind folgende Gleichgewichtsfeuchten für häufige Fälle angegeben:

- (9 ± 3) % bei allseitig geschlossenen und beheizten Bauwerken
- (12 ± 3) % bei allseitig geschlossenen, nicht beheizten Bauwerken
- (15 ± 3) % bei überdeckten, offenen Bauwerken
- (18 ± 6) % bei Konstruktionen, die der Bewitterung allseitig ausgesetzt sind

### Schwinden und Quellen

Diese Zahlen zeigen, dass sich bei üblichen Bauwerken in jedem Fall eine Holzfeuchte einstellen wird, die deutlich unterhalb des Fasersättigungspunktes liegt. Somit ist auch je nach Holzfeuchte zum Zeitpunkt des Einbaus mit z.T. beträchtlichen Schwindverformungen zu rechnen.

Die Querschnittänderungen eines Kantholzes infolge Schwind- und Quellverformungen lassen sich dabei mit folgender Gleichung abschätzen mit:

$$\Delta B \text{ bzw. } \Delta H = 0,24 \cdot \frac{B \text{ bzw. } H}{100} \cdot \Delta u$$

$\Delta B, \Delta H$  = Breiten- bzw. Höhenänderung des Querschnittes in Millimeter

B, H = Breite bzw. Höhe des Querschnittes in Millimeter

0,24 = mittleres Schwind- und Quellmaß für Nadelhölzer nach DIN 1052 in Prozent

$\Delta u$  = Änderung der Holzfeuchte u in Prozent

Als Beispiel für die Größe der auftretenden Dimensionsänderungen sei ein Kantholz mit B/H = 100/200 mm betrachtet, welches von u = 30

Prozent auf u = 9 Prozent heruntertrocknet (Bild 3):

$$\Delta H = 0,24 \cdot \frac{200}{100} \cdot (30-9) = 10 \text{ mm}$$

$$\Delta H = 0,24 \cdot \frac{100}{100} \cdot (30-9) = 5 \text{ mm}$$

Die Querschnittsänderungen liegen somit durchaus in der Größenordnung von mehreren Millimetern pro Prozent Holzfeuchteänderung.

Werden Holzbauteile mit einer Holzfeuchte eingebaut, die über der sich später einstellenden Gleichgewichtsfeuchte liegt, so können die Dimensionsänderungen zu Fugenbildungen führen, die nicht nur optische Auswirkungen haben. Als typische Beispiele von Mängeln/Schäden infolge zu hoher Einbaufeuchte seien aufgeführt:

- Zwischen ursprünglich auf Kontakt verlegten Bauteilen bilden sich Fugen (Bild 1, 2, 4)
- Bei Durchdringungen von Außenbauteilen führen solche Fugen zu Undichtigkeiten in der Gebäudehülle, was zu erheblichen Wärmeverlusten (Bild 5) führen kann. Weiterhin können solche Fugen zu Feuchteschäden durch Wassereintritt (Bild 6) oder Konvektion, d.h. Luftströmung von innen nach außen (Bild 7) führen.

### Rissbildung

Beim Trocknen des Holzes stellen sich zunächst die äußeren Querschnittsbereiche auf veränderte Umgebungsbedingungen ein, bevor die inneren Bereiche darauf reagieren können. Dies führt zu inneren Spannungen, die sich durch die Bildung von Rissen abbauen. Risse im Holz stellen mit den häufigsten Grund für Beanstandungen

1 Frech 1988: Beurteilungskriterien für Rissbildungen bei Bauholz im konstruktiven Holzbau. Holzbau-Statik-Aktuell, Folge 10.

Bild 3: Mittlere Querschnittsänderungen infolge Schwindens

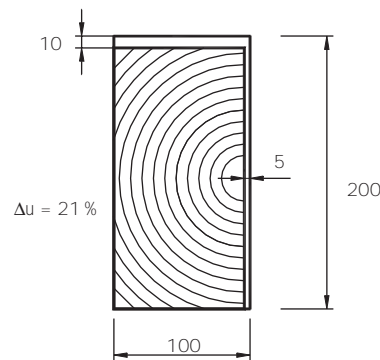


Bild 4: Fugen zwischen Deckenbalken und verputztem Mauerwerk



Foto: Frech

Bild 5: Wärmeverluste durch Fugen zwischen Holzständer und Ausfachung; Fugen notdürftig zugestopft



Foto: Frech

Bild 6: Wassereintritt durch Fuge infolge von Schwindverformungen



Foto: Gallata

Bild 7: Tauwasserbildung auf der Außenseite infolge Luftströmung (Konvektion) durch undichte Fugen



Foto: Egler

Bild 8: Großer Riss: optischer Mangel, aber keine Beeinträchtigung der Tragfähigkeit



Foto: Frech



Bild 9:  
Konstruktionsvollholz  
(KVVH)

dar, sodass dieses Thema einer besonderen Betrachtung wert ist.

Bei den Bauherren besteht zunächst die Befürchtung, dass die Standsicherheit ihres Hauses durch die Risse beeinträchtigt werden könnte. Legt man allerdings die Kriterien von FRECH<sup>1</sup> zugrunde, so ist nur in wenigen Ausnahmefällen mit einer Beeinträchtigung der Tragfähigkeit durch Risse zu rechnen. Risse bilden somit meist nur ein optisches Problem (Bild 8).

Da aber Holz in zunehmendem Maße als gestalterisches Element eingesetzt wird, steigen auch die Ansprüche an das optische Erscheinungsbild. Sichtbare Holzbauteile haben somit die „Funktion“ gut auszusehen. Risse beeinträchtigen das Erscheinungsbild und können einen Mangel darstellen, auch wenn sie keine Gefahr für die Tragfähigkeit darstellen. Das Bewusstsein gegenüber Rissen hat sich verändert, und es gilt, sich auf diese Veränderung einzustellen.

Dies ist ohne weiteres möglich, weil die Rissbildung beeinflusst werden kann, und zwar durch folgende Faktoren:

- die Einschnittart und
- die Einbaufeuchte

## Einschnittart

In Tabelle 1 sind Untersuchungen von Prof. Glos (Institut für Holzforschung, München) zusammengefasst, aus denen klar hervorgeht, dass einstielig eingeschnittene Hölzer (Ganzhölzer) am stärksten zu Rissbildung neigen. Herzgetrennte Hölzer (Halbhölzer) weisen bereits eine deutlich geringere Rissanfälligkeit auf. Die geringste Rissbildung ist bei herzfreen Hölzern festzustellen, bei denen die Markröhre über eine Kernbohle herausgetrennt wurde. Auch die festgestellten Rissbreiten liegen bei den untersuchten, herzfreen eingeschnittenen Pfetten- und Stüt-

Tabelle 1: Rissbildung bei Kanthölzern in Abhängigkeit von Einschnitt und Querschnitt (Untersuchungen von Prof. Glos, IfH, München)

	Querschnitt	Ganzholz	Halbholz	herzfreen
Anzahl rissfreier <sup>1</sup> Kanthölzer (%)	80 x 180	64	60	89
	140 x 260	7	11	42
	160 x 160	0	1	28
Mittlere maximale Rissbreite (mm)	80 x 180	1,3	1,3	0,5
	140 x 260	7,1	3,8	1,4
	160 x 160	7,1	2,9	1,0

<sup>1</sup> Rissfrei = Rissbreite ≤ 1 mm

zenquerschnitten in einer Größenordnung, die auch höheren Ansprüchen gerecht werden kann.

Diese Untersuchungen zeigen somit deutlich, dass der Wunsch des Bauherren nach möglichst wenigen und möglichst kleinen Rissen mit einer geeigneten Einschnittart durchaus erfüllt werden kann.

Insbesondere bei sichtbaren Bauteilen ist eine objektbezogene Materialwahl unter Berücksichtigung der Einschnittart angebracht. Noch ist dies leider nicht selbstverständlich oder als Standard fixiert, herzgetrennte und herzfremde Hölzer gehören daher ausdrücklich vereinbart und in der Ausschreibung entsprechend ausgewiesen. In der Neufassung der DIN 18334 jedoch wird für den Bereich des Holzhausbaus Bauschnittholz gefordert, welches zumindest herzgetrennt eingeschnitten wurde.

#### Einbaufeuchte

Wird Holz mit einer Feuchte eingebaut, die höher ist als die erwartete Gleichgewichtsfeuchte, so werden die Holzbauteile nachtrocknen. Kann sich das Holz schonend, d.h. langsam an die neuen Umgebungsbedingungen anpassen, so stellt sich über den Querschnitt gesehen ein nicht allzu großes Feuchtegefälle ein. Die Zwängungsspannungen bleiben im Rahmen und die Rissbildung ebenfalls.

Die Wirklichkeit sieht leider allzu häufig anders aus. Der Einzug ins neue Heim findet häufig im Winter statt, wobei durch das Heizen ein scharfes Trocknungsklima erzeugt wird: Der Feuchteunterschied zwischen den äußeren und inneren Querschnittsbereichen ist dabei so groß, dass die auftretenden Zwängungsspannungen bereits frühzeitig zu einer Rissbildung führen, die mit der Zeit noch weiter zunimmt. Da eine zu hohe Einbaufeuchte jedoch nicht nur

die Rissbildung fördert, sondern – wie im vorigen Abschnitt gezeigt – auch Ursache von schwer wiegenden Mängeln/ Schäden sein kann, sollte das Holz mit der Feuchte eingebaut werden, die sich während der späteren Nutzung einstellt. Hierzu gibt es in DIN 1052 und DIN 18334 nahezu gleich lautende Regelungen. In der Neufassung der DIN 18334 wird für den Bereich des Holzhausbaus der Einbau trockenen Holzes zum Standard erklärt: Hier wird eine Holzfeuchte von maximal 18 Prozent gefordert.

#### Konstruktionsvollholz (KVH)

Um den erhöhten Anforderungen eines zeitgemäßen Holzbaus, insbesondere bei sichtbaren Konstruktionen entsprechen zu können, haben der Bund Deutscher Zimmermeister (BDZ) und die Vereinigung der Deutschen Sägewerksverbände (VDS) ein neues Produkt definiert: das *Konstruktionsvollholz KVH* (Bild 9). Dieses neue Produkt ist als Antwort auf die gestiegenen Qualitätsansprüche der Kunden aber auch die zunehmende Komplexität der Konstruktionen zu verstehen.

Das KVH ist nicht zu verwechseln mit dem „normalen“ Bauschnittholz, das oft auch als Konstruktionsholz oder Vollholz bezeichnet wird.

Die wichtigsten Merkmale von Konstruktionsvollholz (KVH) sind:

- (technisch) getrocknetes Holz (garantierte Holzfeuchte von  $15 \pm 3$ ) Prozent und damit geringere Schwindverformungen durch Nachtrocknen im Bauwerk
- herzfremd eingeschnittenes Holz bei KVH mit Dicken  $\leq 100$  mm im sichtbaren Bereich, herzgetrennt bei KVH im nicht sichtbaren Bereich. Hierdurch werden ebenfalls die Schwindverformungen (Risse, Verdrehungen) infolge Nachtrocknen im Bauwerk reduziert

- erhöhte Anforderungen an die Oberfläche bzw. das optische Erscheinungsbild (z.B. keine Baumkanten oder Verfärbungen bei KVH im sichtbaren Bereich)

- Maßhaltigkeit der Querschnitte ( $\pm 1$  mm), die insbesondere beim Einsatz moderner Abbundmethoden unabdingbare Voraussetzung sind

- reduzierte Anzahl von Querschnitten (Standardquerschnitte) und damit kürzere Lieferzeiten und Rationalisierung in der Planung/Konstruktion

- Eigen- und Fremdüberwachung der Mitgliedsbetriebe der Überwachungsgemeinschaft Konstruktionsvollholz (Ü-Zeichen).

Durch Einsatz dieses neuen Produktes dürften die hauptsächlichen Ursachen für die angesprochenen Mängel/Schäden beseitigt oder zumindest auf ein Minimum reduziert sein. Der im Vergleich zum normalen Bauholz höhere Preis dürfte sich durch abnehmende Nachbesserungsarbeiten und die Vorteile der Standardquerschnitte bei Planung und Abbund mehr als amortisieren.

Prof. Dr.-Ing. F. Colling,  
FH Augsburg – Lehrgebiet Holzbau  
und Baustatik

Die gemachten Ausführungen stellen eine Zusammenfassung eines Forschungsvorhabens im Auftrag der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung mit finanzieller Unterstützung durch das BMBau dar. Dieser Bericht ist unter dem Titel „Lernen aus Schäden im Holzbau“ als Buch erhältlich.



Ursachen für Schäden an Holzbauten, Teil 3

# Schäden durch unzureichende Luftdichtheit

Neben der nicht ausreichenden Berücksichtigung der materialspezifischen Besonderheiten des Holzes (siehe Teil 1 und 2 dieser Veröffentlichungsreihe) stellt eine unzureichende Luftdichtheit die zweite Hauptursache von Mängeln und Schäden im Holzbau dar.

Ursachen für Holzbauschäden sind in der Praxis häufig eine Mischung aus verschiedenen Einflüssen. Planungsfehler und -versäumnisse, mangelnde Arbeitsvorbereitung mit zu geringer Vorlaufzeit, die dann zu Ausführungsmängeln führen, wurden in Folge 1 beschrieben. In Folge 2 wurden die Schäden aufgeführt, die sich aufgrund einer Missachtung des speziellen Materialverhaltens von Holz ergeben.

### Wärmeverluste durch Fugen

In Bild 1 sind die Ergebnisse von Untersuchungen von [WAGNER] dargestellt, die zeigen, dass die durch Fugen verursachten Wärmeverluste ein mehrfaches der „normalen“ Wärmeverluste durch die Bauteile hindurch (Transmissionswärmeverluste) betragen können.

### Feuchtetransport durch Fugen (Konvektion)

Der Feuchtetransport durch die Bauteile hindurch wird als Dampfdiffusion bezeichnet. Zur Verhinderung eines Tauwasseranfalles gilt es, einen Bauteilquerschnitt so aufzubauen, dass im Bauteil kein Feuchtetstau auftritt, der zum Niederschlag von Kondenswasser führt. Dies kann mit dem rechnerischen Nachweis nach DIN 4108 Teil 3 si-

Bild 1: Zusätzliche Wärmeverluste in Prozent infolge Luftströmung bei Fugen

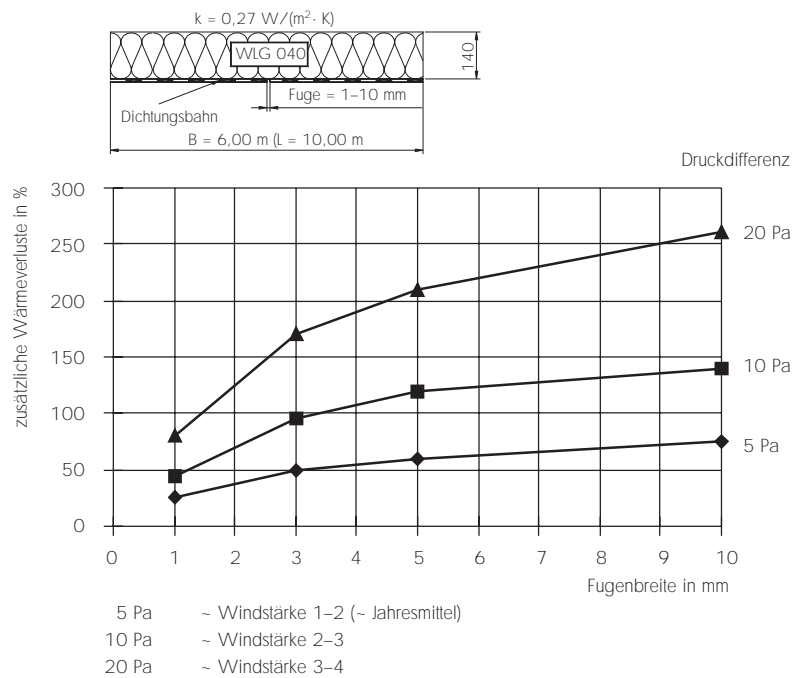
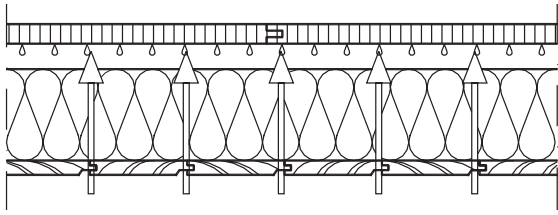


Bild 2: Wasserdampftransport (in g/h) infolge von Diffusion und Konvektion

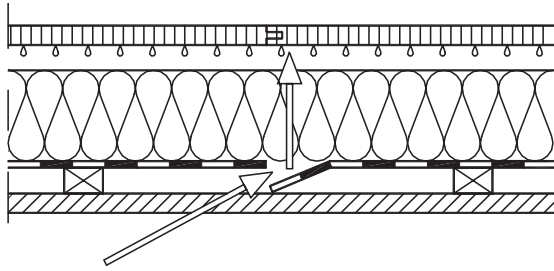
	Diffusion		Konvektion		Fugenbreite
	mittel <sup>1</sup>	stark <sup>1</sup>	mittel <sup>2</sup>	stark <sup>2</sup>	
Diffusionsoffen $s_d = 1 \text{ m}$	20	40	100	350	1 mm
Diffusionsbremsend $s_d = 10 \text{ m}$	2	4	200	700	3 mm
Diffusionsdicht $s_d = 100 \text{ m}$	0,2	0,4	300	1100	10 mm

1 mittel: außen 5 °C und 80 % rel. Luftfeuchte  
 stark: außen -10 °C und 80 % rel. Luftfeuchte  
 2 mittel:  $\Delta p = 5 \text{ Pa}$  (Windstärke 1-2, (Jahresmittel)  
 stark:  $\Delta p = 20 \text{ Pa}$  (Windstärke 3-4, (leicht windig)

**Bild 3: Undichtigkeiten in der Fläche**

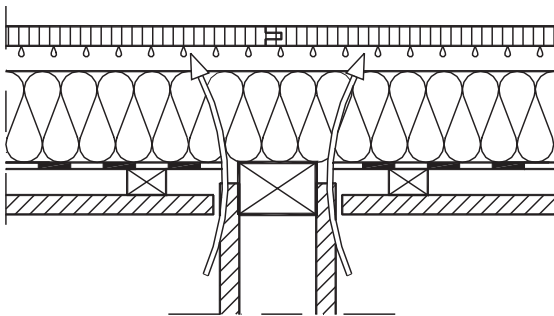


Profilbrettschalungen sind nicht luftdicht

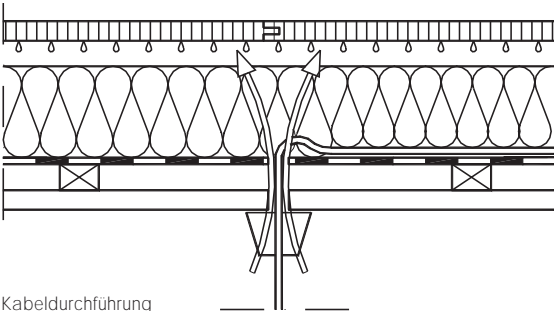


nicht luftdicht verlegte Dampfbremse

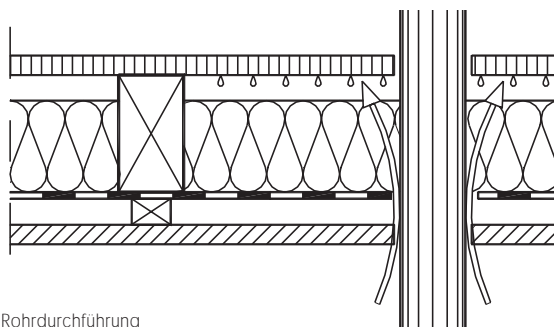
**Bild 4: Undichtigkeit im Bereich eines Anschlusses Wand – Decke**



**Bild 5: Undichtigkeiten bei Durchdringungen**



Kabeldurchführung



Rohrdurchführung

chergestellt werden. Feuchteschäden, die auf Dampfdiffusion zurückzuführen sind, sind im Holzbau jedoch eher selten anzutreffen. Die weitaus größere Gefahr besteht durch die sog. „Konvektion“ (Luftströmung): bei undichten Fugen wird der Luft ein „Schlupfloch“ geboten, durch das sie leichter entweichen kann als durch die Bauteile hindurch. Mit dieser Luftströmung gelangt auch die in der Luft enthaltene Feuchte in die Konstruktion, wo sie in kalten Bereichen kondensieren kann.

In Bild 2 sind Untersuchungen von [WAGNER] zusammengefasst, die aufzeigen, dass die infolge von Konvektion transportierten Wassermengen 100- bis 1000-mal größer sind als die über Diffusion transportierten Wassermengen. Die besondere Gefahr besteht dabei darin, dass diese Wassermengen örtlich konzentriert im Bereich der Fuge anfallen und sich nicht – wie bei der Diffusion – über die ganze Bauteilfläche verteilen.

#### Luftdichte Gebäudehülle

Diese Ausführungen machen deutlich, dass eine Gebäudehülle erforderlich ist, die verhindert, dass warme, feuchtebeladene Raumluft ins Innere der Bauteile eindringen kann. Diese luftdichte Gebäudehülle muss raumseitig angeordnet sein und ist nicht mit der winddichten äußeren Schicht zu verwechseln.

#### Leckagen

Undichtigkeiten in der luftdichten Gebäudehülle können auftreten

- in der Fläche
- im Bereich von Bauteilanschlüssen und
- bei Durchdringungen

In Bild 3 bis 5 sind einige Leckagen schematisch dargestellt.

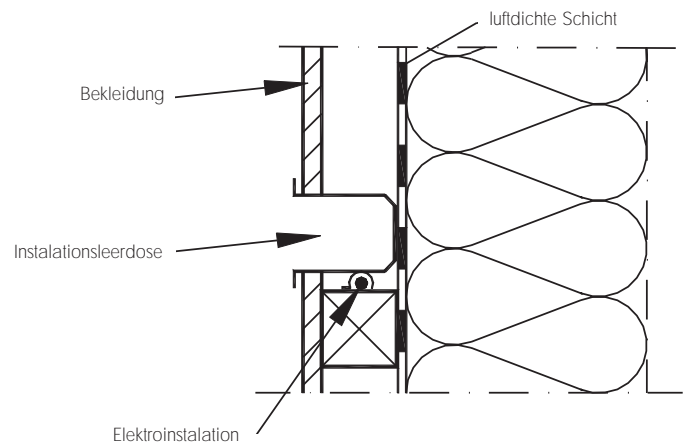
#### Vorbereitende Planung

Maßnahmen zur Sicherstellung der Luftdichtheit gehören in jedem Fall detailliert und frühzeitig geplant. Lösungen, die kurzfristig auf der Baustelle entwickelt werden, enden nicht selten in „Flickschusterei“ und können keine dauerhafte Dichtheit sicherstellen.

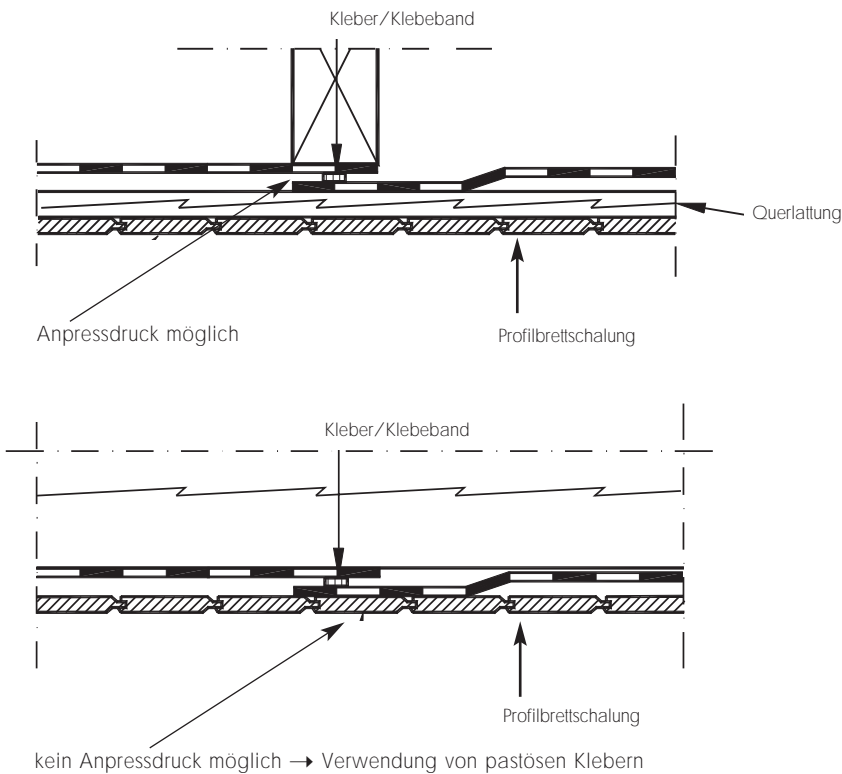
Vor der Planung von Anschlussdetails sollten mit dem Bauherren folgende Punkte besprochen werden:

- Mit einer vorgesetzten Installationsebene können Verletzungen der luftdichten Hülle vermieden werden (siehe Skizze in Bild 6). Hierdurch kann auch das Risiko von Undichtheiten z. B. durch Einbau neuer Steckdosen oder spätere Bohrungen seitens des Bauherrn reduziert werden.
- Eine vorgesetzte Installationsebene als solche reicht aber noch nicht aus, sie ist in jedem Fall sorgfältig und luftdicht auszuführen und sollte nicht zum „Verstecken“ mangelhafter Ausführung missbraucht werden.
- Ist eine vorgesetzte Installationsebene

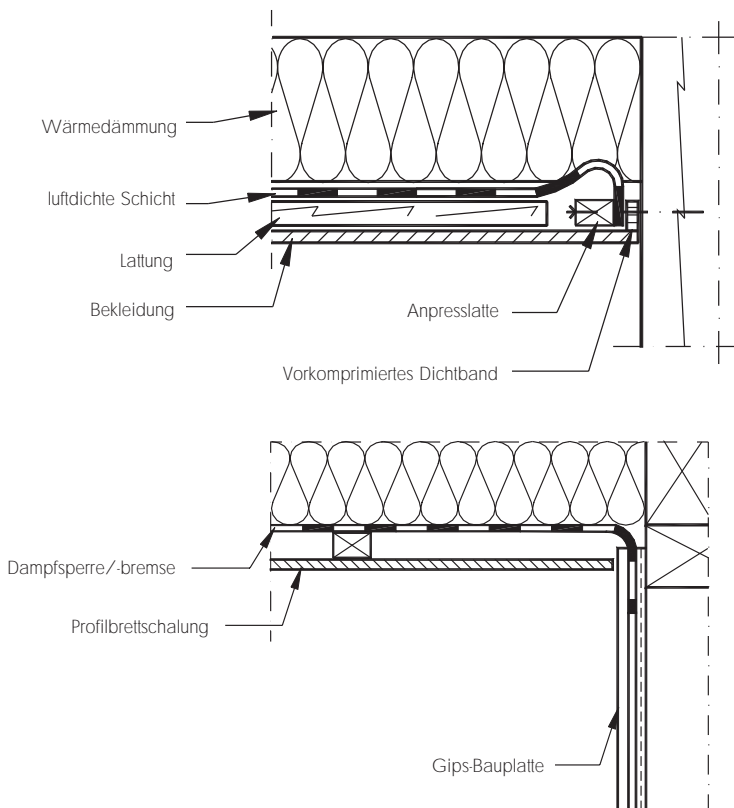
**Bild 6: Vorgesetzte Installationsebene**



**Bild 7: Luftdichte Stoßausbildungen von Folien**



**Bild 8: Luftdichte Anschlussausbildungen**



ebene nicht gewünscht, so kann im Rahmen der Planung darauf geachtet werden, die Anzahl von Durchdringungen in den Außenwänden so gering wie möglich zu halten, und so viele Installationsführungen wie möglich in die Innenwände zu verlegen.

### **Luftdichte Fläche**

Bauteilflächen sind luftdicht auszuführen, entweder durch luftdichte Bekleidungen/Beplankungen oder zusätzliche luftdichte Schichten. Diese Funktion kann auch von der Dampfbremse übernommen werden. Diese muss dann allerdings luftdicht verklebt werden (siehe Skizzen in Bild 7).

### **Luftdichte Bauteilanschlüsse**

Bauteilanschlüsse sind luftdicht auszuführen. Silikon ist in den meisten Fällen ungeeignet, weil die Fugen aus optischen Gründen zu dünn ausgeführt werden, um die Bewegungen der Konstruktion aufnehmen zu können (Unterdimensionierung der Fugen). Folien/Pappen sind zu überlappen und luftdicht anzuschließen, z. B. unter Verwendung von vorkomprimierten Dichtungsbändern und Anpresslatten (siehe Skizzen in Bild 8).

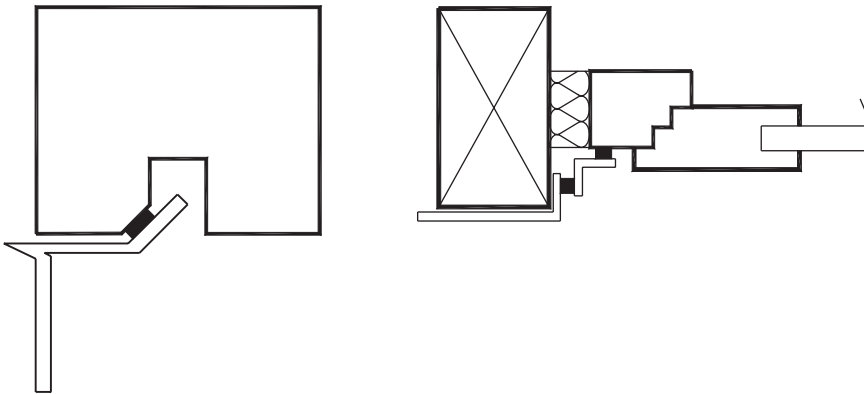
Besonderes Augenmerk ist auf den Anschluss von Fenstern und Türen an die angrenzenden Bauteile zu legen. Hier muss die innen liegende Luftdichtheitsschicht in die Leibung hineingezogen werden und an dem Blendrahmen bzw. dem Falz für die Bekleidung angeschlossen werden (siehe Skizzen in Bild 9).

### **Luftdichte Durchdringungen**

Durchdringungen (z. B. Kamin-durchführungen, Abluftrohre, Sparren, Kehlriegel) stellen die kritischsten Stellen in Bezug auf die Luftdichtheit dar. Diese Abdichtungsmaßnahmen sind bereits frühzeitig zu planen und sorgfältig auszuführen. Bei Abklebungen ist



Bild 9: Luftdichter Anschluss von Fenstern (Prinzipskizzen)



auf ein ausreichend dehnfähiges Material zu achten (z. B. Butylkautschuk-Bänder, Bild 10). Zur Erleichterung der Arbeiten werden in zunehmendem Maße vorgefertigte Manschetten/Rosetten angeboten (Bild 11).

Für Elektroinstallationen werden bereits Hohlwand-Schalter-Abzweigdosen in wind-/luftdichter Ausführung angeboten.

### Anforderungen an die Luftdichtheit

Die Forderung einer luftdichten Hülle ist nicht neu, sondern sie besteht bereits seit vielen Jahren. Mit der DIN 4108-7 wurde sie jedoch erstmals zahlenmäßig festgeschrieben. In dieser Norm wird angegeben, wie oft das umschlossene Luftvolumen pro Stunde bei einem aufgebrachten Über- bzw.

Unterdruck von 50 Pa höchstens ausgetauscht werden darf ( $n_{50}$ -Wert):

$$n_{50} = \frac{\text{ausgetauschtes Luftvolumen}}{\text{Gebäudevolumen}} \left[ \frac{1}{h} \right]$$

Ein  $n_{50}$ -Wert von 2 bedeutet somit, dass das Gebäudevolumen zweimal pro Stunde vollständig ausgetauscht wird (bei einer Druckdifferenz von 50 Pa). Folgende Werte werden gefordert:

- $n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$  für Gebäude mit natürlicher Lüftung
- $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$  für Gebäude mit raumlufttechnischen Anlagen

### Messung der Luftdichtheit

Zur Messung der Luftdichtheit eines Gebäudes ist in DIN 4108-7 die sog. „Blower-door-Prüfung“ erwähnt. Bei dieser Prüfung wird mithilfe eines großen Ventilators ein Über- bzw. Unterdruck aufgebracht, der einen Luftaustausch durch die vorhandenen Undichtigkeiten hindurch bewirkt (Bild 12). Mithilfe von Rauchstäbchen oder Nebelgeräten kann die Luftbewegung sichtbar gemacht werden (Bild 13). Die Strömungsgeschwindigkeit der Luft im Bereich von Undichtigkeiten kann mithilfe von sog. „Anemometern“ gemessen werden (Bild 14).

Es ist dringend anzuraten, die Messung der Luftdichtheit frühzeitig, d.h. möglichst im Rohbauzustand durchzuführen, um noch erforderliche Abdichtungsmaßnahmen ergreifen zu können. Ist der Ausbau bereits fertig gestellt, so ist dies nur noch unter kaum vertretbarem Aufwand möglich.

### Luftdichtheit als Qualitätskriterium

Angesichts des nicht unbeträchtlichen Aufwandes und der nötigen Sorgfalt bei Planung und Ausführung ist die Luftdichtheit als eines der maßgeblichen Kriterien für die Qualität eines Holzhauses anzusehen. Die Prüfung der Luft-

Bild 10: Abdichtung einer Rohrdurchdringung mit einem Butylkautschuk-Dichtungsband



Foto: Ampack

Bilder 11: Luftdichte Balkendurchdringung unter Verwendung von Manschetten



Fotos: pro clima



dichtheit nach Fertigstellung der luftdichten Schicht muss daher zum festen Bestandteil der Qualitätskontrolle werden.

## Fazit

Unser Ziel muss sein, einen weitestgehend mangel- und schadensfreien Holzbau zu erreichen. Nur so ist die Zufriedenheit der Bauherren und eine Imageverbesserung des Holzbaus zu erreichen.

Gestiegene Ansprüche der Bauherren stellen dabei zwangsläufig höhere Anforderungen an die Qualität der Planung und Ausführung. Darüber hinaus steigt die Verantwortung aller am Bau Beteiligten durch den Wegfall der Prüfpflicht in vielen Bereichen beträchtlich.

Um diesen gestiegenen Ansprüchen und Anforderungen gerecht zu werden, ist insbesondere bei den Ausführenden eine ständige Weiterbildung unerlässlich. Denn: Nur mit fundierten Kenntnissen ist es möglich, eine bessere Konstruktion zu vertreten und gegenüber einem Billigangebot auch durchzusetzen. Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich eine



Bild 12:  
Blower-door-Prüfung:  
in Türrahmen eingepasster Ventilator mit Messuhren



Bild 13:  
Austritt von Rauch (Nebel) aus Türanschluss

überwältigende Zahl von Mängeln und Schäden auf einige wenige Ursachen zurückführen lässt. Viele Streitigkeiten lassen sich vermeiden, wenn neben einer sorgfältigen handwerklichen Ausführung folgende Grundprinzipien eingehalten werden:

- Berücksichtigung des natürlichen Schwind- und Quellverhaltens des Holzes durch Einbau getrockneten Holzes mit geeigneter Einschnittart.

- Sorgfältige Planung und Ausführung von Fugen und Abdichtungen im Bereich von Anschlüssen und Durchdringungen zur Sicherstellung der geforderten Luftdichtheit, und damit zur Vermeidung von Feuchteschäden.

Prof. Dr.-Ing. F. Colling  
FH Augsburg – Lehrgebiet Holzbau und Baustatik

Die gemachten Ausführungen stellen eine Zusammenfassung eines Forschungsvorhabens im Auftrage der EGH in der DGFH mit finanzieller Unterstützung durch das BM Bau dar. Dieser dreiteilige Bericht wird beim Verlag als Broschüre aufgelegt bzw. ist als Buchtitel „Lernen aus Schäden im Holzbau“ erhältlich.

## Literatur

Wagner, H. 1989:  
*Luftdichtheit und Feuchteschutz beim Steildach mit Dämmung zwischen den Sparren.* DBZ 12/1989  
Colling, F. 2000:

*Lernen aus Schäden im Holzbau.* Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, München/Bruderverlag, Karlsruhe/ Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart



Bild 14:  
Gemessene Luftgeschwindigkeit von 5,47 m/s im Bereich einer undichten Nut-Feder-Schalung