

# Ursachen für Schäden an Holzbauten

## Teil 1 – Ausführungsmängel

Die nachfolgenden Ausführungen stellen eine grobe Zusammenfassung der Ergebnisse einer Studie<sup>1</sup> dar, deren Ziel es war, darauf hinzuweisen, auf welche Punkte beim Holzhausbau besonders zu achten sei.

Prof. Dr.-Ing. François Colling,  
Lehrgebiete Holzbau und Baustatik,  
FH Augsburg

Die Studie sollte typische, häufig gemachte Fehler aufzeigen und Angaben zur richtigen Ausführung machen. Anhand von Schadensbeispielen sollte anschaulich vor Augen geführt werden, welche Folgen die Nichtbeachtung wichtiger Prinzipien haben kann. Im ersten Teil dieser Veröffentlichung wird schwerpunktmäßig auf Mängel/Schäden eingegangen, die von den Ausführenden zu verantworten sind. Im zweiten Teil (Bauhandwerk 7-8/2000) wird beschrieben, welche Folgen die Nichtbeachtung materialspezifischen Verhaltens (wie z.B. Schwinden und Quellen) haben kann. Der dritte Teil (Bauhandwerk 9/2000) befasst sich mit dem Wärme- und Feuchteschutz, und zwar schwerpunktmäßig mit der Luftdichtheit der Gebäudehülle.

### Allgemeines

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

Auf der Grundlage einer durchgeführten statistischen Untersuchung war festzustellen, dass die Ausführung, oder besser gesagt der Ausführende, sich zu etwa 60 % aller Fälle als Verursacher unterschiedlichster Mängel/Schäden erweist. Hierunter fallen „Schlamperei“ am Bau genauso wie statische Mängel oder schwerwiegende Feuchteschäden.

### Ursachen

#### Handwerkliche Qualität

Leider ist eine unzulängliche handwerkliche Qualität immer 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 der Holzbauteile 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 zu schweren Schäden führen.

- Die Ausbildung von Fugen wird in den wenigsten Fällen geplant, sondern bleibt meist den Ausführenden überlassen, was nicht selten in „Flickschusterei“ ausartet. Im Holzbau hat sich gezeigt, dass Ortschaften und Silikon (Bild 6) zur dauerhaften Abdichtung von Fugen ungeeignet sind.

#### Konkurrenzdruck

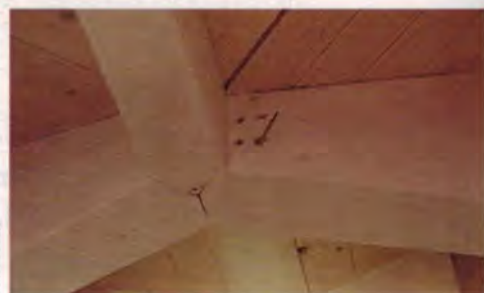
Ein häufiger Grund für Reklamationen liegt auch darin, dass die Erwartungen des Bauherrn nicht erfüllt wurden. Hier sollte eigentlich eine eingehende fachliche Beratung des Bauherrn durch den Planer und/oder Ausführenden (im Vorfeld!) erfolgen. Die Angst davor, den Auftrag zu verlieren, hält manche jedoch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

<sup>1</sup> Forschungsvorhaben im Auftrage der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) mit finanzieller Unterstützung durch das BMBau. Der Bericht ist unter dem Titel „Lernen aus Schäden im Holzbau“ als Buch erhältlich (Bezugsquelle: DGfH, Bayerstr. 57-59, 80335 München).

Foto: Egle



Foto: Frech





Linkes Bild 1: Unzureichender Schutz von Holzbauteilen auf der Baustelle

Bild 2: Schimmelpilzbefall bei sichtbarem Deckenbalken

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.

**Wissenslücken**

Ein weiterer Grund, warum eine Beratung durch den Ausführenden nicht stattfindet, liegt sicherlich auch darin, dass dieser nicht immer über ausreichendes Hintergrundwissen über bauphysikalische oder konstruktive Zusammenhänge verfügt, um Aufklärungsarbeit leisten zu können. Die hierzu erforderlichen Fachkenntnisse können jedoch im Rahmen der üblichen Ausbildung kaum vermittelt werden, so dass eine ständige Fort-/Weiterbildung erforderlich ist. Nur wenn der Ausführende über Hintergründe und Zusammenhänge Bescheid weiß, kann er abschätzen, warum Kleinigkeiten manch-

mal 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 auch zugibt. Überschreiten die Arbeiten nämlich seine Kompetenzen bzw. seinen Erfahrungsschatz, 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 bewirkte Abbau von behördlichen Auflagen verfolgt vorrangig das Ziel, das Bauen zu beschleunigen (Vereinfachtes Baugenehmigungsverfahren). Hier-

bei 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).

**Standicherheit**

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 schlimmstenfalls das Versagen einzelner Teile deutet auf mögliche Sicherheitsmängel hin. Schäden mit



Bild 3: Hobelschläge



Linke Seite, links Bild 4: Angestückelte Firstpfette

Bild 5: Stabdübelanschluss mit fehlenden Stabdübeln

Rechte Seite, links unten Bild 6: Abriss einer Silikonfuge bei einem Fensteranschluss

Bild 7: Fehler bei eigenverantwortlicher Planung: Dachgaube ohne Auflager

**Bild 8:** Anschluss der Deckenbalken ohne Randgurte: Keine Übertragung von Deckenscheibenkräften möglich

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

Unten **Bild 10:** Bereits angerissener Deckenbalken



Foto: Schmidt



Foto: Frech

katastrophalen Folgen bilden im Wohnungsbau jedoch (noch?) die Ausnahme. Dies liegt an den zugrundegelegten Sicherheiten und an der „Gutmütigkeit“ des Materials, die dabei hilft, Überbeanspruchungen durch Kraftumlagerungen abzubauen. Viele Fachleute befürchten jedoch, dass die 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 eine statische Berechnung nicht mehr erforderlich sei. Dies ist falsch! Diese Berechnung muss nach wie vor angefertigt werden, sie muss nur nicht mehr bei der Baubehörde zur Genehmigung eingereicht werden. Die Berechnung muss auf der Baustelle vorhanden sein und ist auf Verlangen vorzulegen. Bei Zuwiderhandlung drohen Geldstrafen!

Zimmereibetriebe treten in zunehmendem Maße als Generalunternehmer auf und erledigen auch die planerischen Leistungen (Eingabepäne, 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 Standicherheit 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**

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

**Statische Qualität**

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. Vollholz-Bauteile 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 (Bild 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 Überein-

stimmung mit den technischen Regeln durch ein Ü-Zeichen (Übereinstimmungszeichen) belegen. Somit dürfen nur Baustoffe und Bauteile verwendet werden, die ein Ü-Zeichen 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“).

**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



Foto: Frech



Foto: Galiläa

Bild 11: Bemängelte Baumkante bei sichtbarem Deckenbalken

Bild 12: Bemängelte Rissbildung einer sichtbaren Holzstütze

der Seite der Ausführenden erforderlich.

Werden keine besonderen Vereinbarungen getroffen, so gelten nach DIN 18334 die Qualitäten nach Tabelle 1 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 68 800-2 „Baulicher Holzschutz“ ist es möglich und erlaubt, Wohnhäuser in Holzbauweise vollständig ohne chemischen Holzschutz zu errichten. Dies hat sich inzwischen herumgesprochen.

Aber: 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 Witterschutz bei Außenbauteilen,
- Witterungsschutz von Holzbauteilen und vor allem von Holzwerkstoffen auf der Baustelle,
- 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 Gefährdungskategorie 0 nicht möglich (Bild 13).
- Einsatz von Farb-Kernhölzern, wobei nur das Kernholz eine gewisse Resistenz gegenüber Schädlings- und Pilzbefall besitzt,

Tabelle 1: Oftmals unzureichende, aber normgerechte Standardklassen, besondere Vereinbarungen sind empfehlenswert

	statische Qualität nach DIN 4074-1	optische Qualität nach DIN 68365	Schnittklasse nach DIN 68365
Tragende Bauteile	S 10	–	B <sup>1)</sup>
Sonstige Bauteile	–	Normalklasse	B <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Baumkanten bis zu 1/3 der Querschnittsabmessung zulässig

- Einbau trockenen Holzes (Holzfeuchte unter 20 %).

**Schallschutz**

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, so dass seine Ausführung als mangelhaft einzustufen ist.

Zum Thema Schallschutz ist vielfach zu hören, dass in DIN 4109 im Einfamilienhausbereich keine Mindestanforderungen 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.



Bild 13: Unzulässig: Holzwoledämmung ohne Verwendungsnachweis auf der Baustelle in Brosalz getränkt

# Ursachen für Schäden an Holzbauten

## Teil 2 – Materialverhalten

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.

Prof. Dr.-Ing. François Colling,  
Lehrgebiete Holzbau und Baustatik,  
FH Augsburg

### Feuchteaufnahme und -abgabe

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 % der Fall.

- **hygroskopisch:** das Wasser ist in den Zellwänden gebunden. Die Holzfasern sind nicht gesättigt, die Holzfeuchte liegt dann unterhalb des Fasersättigungspunktes ( $u < 30\%$ ).

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, fin-

det 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).

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 Gleichgewichtsfeuchte oder auch Gleichgewichtsfeuchten für häufige Fälle angegeben:

- $(9 \pm 3)\%$  bei allseitig geschlossenen und beheizten Bauwerken;
- $(12 \pm 3)\%$  bei allseitig geschlossenen, nicht beheizten Bauwerken;
- $(15 \pm 3)\%$  bei überdeckten, offenen Bauwerken;
- $(18 \pm 6)\%$  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:

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

mit

$\Delta B, \Delta H$  = Breiten- bzw. Höhenänderung des Querschnittes in mm  
 $B, H$  = Breite bzw. Höhe des Querschnittes in mm  
 $0,24$  = mittleres Schwind- und Quellmaß für Nadelhölzer nach DIN 1052 in % / pro Prozent Holzfeuchteänderung  
 $\Delta u$  = Änderung der Holzfeuchte  $u$  in %

Als Beispiel für die Größe der auftretenden Dimen-

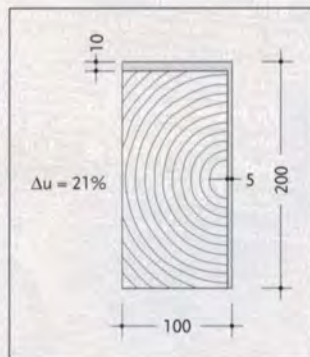


Bild 1: Mittlere Querschnittsänderungen infolge Schwindens

sionsänderungen sei ein Kantholz mit  $b/h = 100/200$  mm betrachtet, welches von  $u = 30\%$  auf  $u = 9\%$  heruntergetrocknet (Bild 1):

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

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

Die Querschnittsänderungen liegen somit durchaus in der Größenordnung von mehreren mm.

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 (Bilder 2 bis 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.



Bild 2: Streichbalken liegt nicht mehr auf Türsturz auf

Bild 3: Große Fugen in Dielen-Fußboden



Bild 4: Fugen zwischen Deckenbalken und verputztem Mauerwerk

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

Bild 6: Wassereintritt durch Fuge infolge von Schwindverformungen

**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 dar, so dass 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 Er-

scheinungsbild. 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 leicht möglich, weil die Rissbildung beeinflusst werden kann, und zwar durch folgende Faktoren:

- die Einschnittart und
- die Einbaufeuchte.



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

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



Bild 9: Konstruktionsvollholz ...



... und Signet der Güteüberwachung

**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 Markbohle über eine Kernbohle herausgetrennt wurde.

Auch die festgestellten Rissbreiten liegen selbst bei den untersuchten, herzfreen eingeschnittenen Pfetten- und Stützenquerschnitten 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 herzfreen 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.



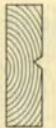
**Einbaufeuchte**

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 meist 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 schwerwiegenden Mängeln/Schäden sein kann, sollte das Holz mit der Feuchte eingebaut werden, die sich während der

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> Rissfreen = Rissbreite ≤ 1 mm

späteren Nutzung einstellt. Hierzu gibt es in DIN 1052 und DIN 18334 nahezu gleichlautende Regelungen. In der Neufassung der DIN 18334 wird für den Bereich des Holzhausbaus der Einbau getrockneten Holzes zum Standard erklärt: hier wird eine Holzfeuchte von maximal 18 % 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  $(15 \pm 3) \%$  und damit geringere Schwindverformungen durch Nachtrocknen im Bauwerk;
- herzförmig eingeschnittenes Holz bei KVH mit Dicken  $\leq 100$  mm im sichtbaren Bereich, herzförmig 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 mehr als amortisieren.

Teil I der Serie über Holzschäden erschien in Bauhandwerk 6/2000. Der abschließende dritte Teil folgt in Bauhandwerk 9/2000.

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

**Ab jetzt genügt ein einziger Name:**

## [Praxis] Wohnungswirtschaft

Die neue Fachzeitschrift für Neubau, Sanierung und Bestandsbewirtschaftung in der Immobilienwirtschaft.

Von detaillierten Fachberichten über praxisorientierte Projektbeispiele bis zu Wirtschaftlichkeitsanalysen und Optimierungskonzepten. Dazu Informationen aus der Bauwirtschaft, der Wohnungspolitik und der aktuellen Rechtsprechung. Jetzt kostenlos anfordern!

**Bertelsmann Fachzeitschriften GmbH Leserservice**  
 Postfach 120, 33311 Gütersloh, Tel. 0 52 41/80-9 08 80  
 E-Mail: [bfz.leserservice@bertelsmann.de](mailto:bfz.leserservice@bertelsmann.de)  
 Internet: [www.fachzeitschriften.de](http://www.fachzeitschriften.de)

Bei mir hat's geklingelt! Bitte senden Sie mir ein Probeheft von **[Praxis] Wohnungswirtschaft** kostenlos und unverbindlich an meine:  Firmen-/Büroanschrift  Privatanschrift

Firmenname \_\_\_\_\_

Name, Vorname \_\_\_\_\_

Branche \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

Land/PLZ/Ort \_\_\_\_\_

Telefon/Fax \_\_\_\_\_

**Jetzt kostenloses Probeheft anfordern!**  
**Fax-Hotline 0 52 41/7 30 55**



# Ursachen für Schäden an Holzbauten

## – Teil 3 – Luftdichtheit

Neben der nicht ausreichenden Berücksichtigung der materialspezifischen Besonderheiten des Holzes (siehe Teil 2 dieser Veröffentlichungsreihe, Bauhandwerk/Bausanierung 7-8/2000, S. 36 ff.) stellt eine unzureichende Luftdichtheit die zweite Hauptursache von Mängeln und Schäden im Holzbau dar.

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

### Wärmeverluste durch Fugen

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

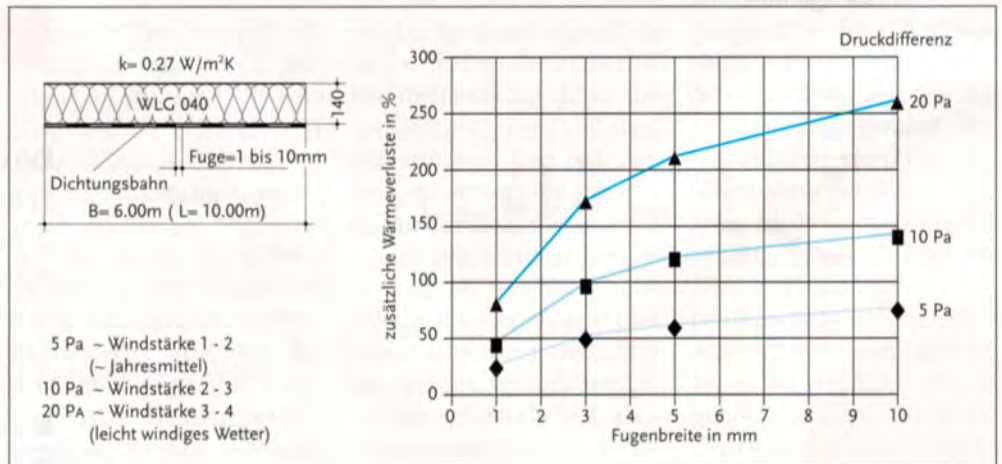
### Feuchtetransport durch Fugen (Konvektion)

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

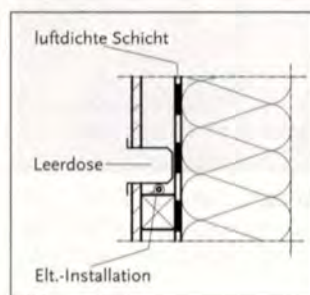
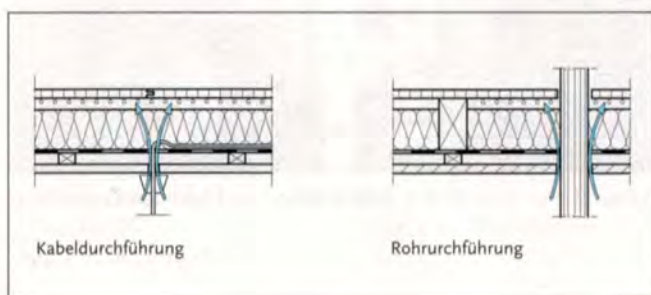
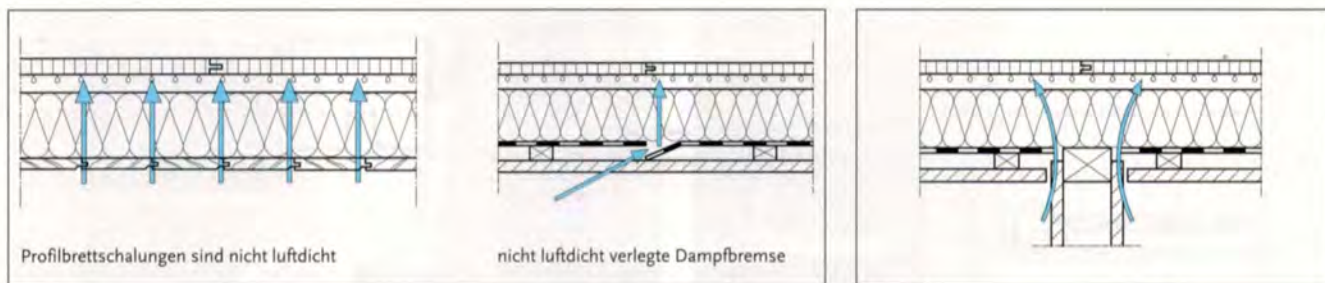
tion, wo sie in kalten Bereichen kondensieren kann. In Bild 2 sind Untersuchungen von Wagner zusammengefasst, die aufzeigen, dass die infolge von Konvektion transportierten Wassermengen 100- bis 1000-mal größer sind als die über Diffusion transportierten Wassermengen. Die besondere Gefahr besteht dabei darin, dass diese Wassermengen örtlich konzentriert im Bereich der Fuge anfallen und sich

Bilder 1 und 2: Zusätzliche Wärmeverluste in Prozent in Folge Luftströmung bei Fugen und Wasserdampftransport (in g/h) 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  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $80 \text{ } \%$  rel. Luftfeuchte  
stark: außen  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $80 \text{ } \%$  rel. Luftfeuchte  
2) mittel:  $\Delta p = 5 \text{ Pa}$  (Windstärke 1 bis 2, ~ Jahresmittel)  
stark:  $\Delta p = 20 \text{ Pa}$  (Windstärke 3 bis 4, ~ leicht windig)



(Obere Reihe) Bild 3: Undichtigkeiten in der Fläche  
Bild 4: Undichtigkeiten im Bereich eines Anschlusses Wand-Decke  
(Links) Bild 5: Undichtigkeiten bei Durchdringungen  
Bild 6: Vorgesetzte Installationsebene

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 den Bildern 3 bis 5 sind einige Leckagen schematisch dargestellt.

**Maßnahmen**

**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

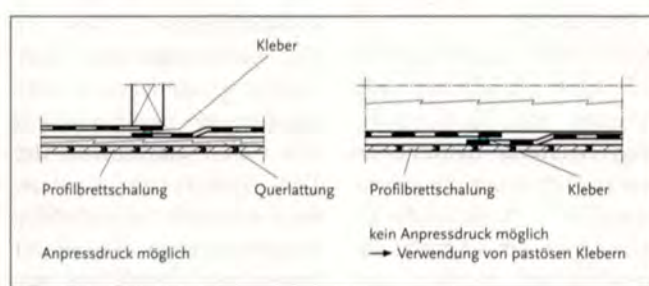
in „Flickschusterei“ und können keine dauerhafte Dichtheit sicherstellen.

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 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 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.



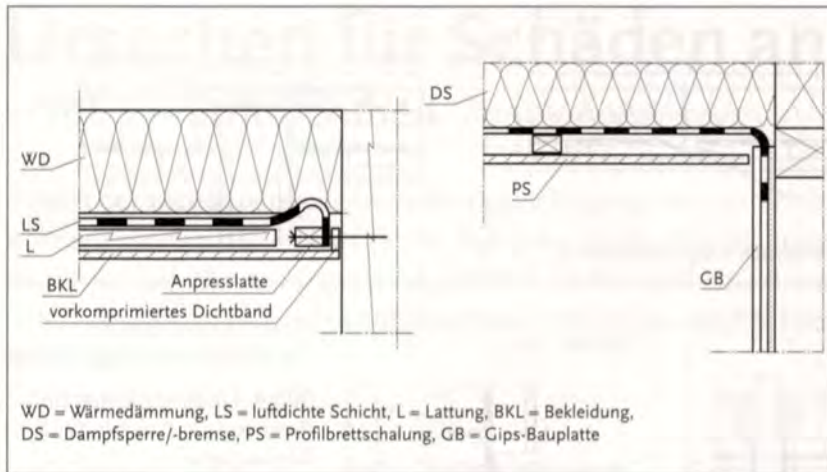
**Luftdichte Fläche**

Bauteilflächen sind luftdicht auszuführen, entweder durch luftdichte Bekleidungen/Bepunktungen oder zusätzliche luftdichte Schichten. Diese Funktion kann auch von der Dampfbremse übernommen werden. Diese muss dann allerdings luftdicht verklebt werden (siehe 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 Dichtungsbän-

Bild 7: Luftdichte Stoßausbildungen von Folien



WD = Wärmedämmung, LS = luftdichte Schicht, L = Lattung, BKL = Bekleidung, DS = Dampfsperre/-bremse, PS = Profiltrettschalung, GB = Gips-Bauplatte

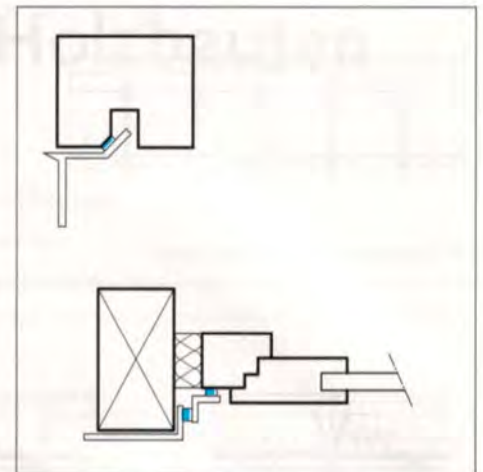


Bild 9: Luftdichter Anschluss von Fenstern

Bild 8: Luftdichte Anschlussausbildung

dern und Anpresslatten (siehe Bild 8).

Besonderes Augenmerk ist auf den Anschluss von Fenstern und Türen an die angrenzenden Bauteile zu legen. Hier muss die innenliegende Luftdichtheitschicht in die Laibung hineingezogen werden und an den Blendrahmen bzw. den Falz für die Bekleidung angeschlossen werden (siehe Bild 9).

**Luftdichte Durchdringungen**  
Durchdringungen (z. B. Kamindurchführungen, 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 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 aufgetragenen Über- bzw. Unterdruck von 50 Pa höchstens ausgetauscht werden darf ( $n_{50}$ -Wert):

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

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:

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

**Messung der Luftdichtheit**

Zur Messung der Luftdichtheit eines Gebäudes ist in DIN 4108-7 die sog. Blowerdoor-Prüfung erwähnt. Bei dieser Prüfung wird mit Hilfe eines großen Ventila-

tors 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 Anemometern gemessen werden (Bild 14).

Es ist 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 Luftdichtheit nach Fertigstellung der luftdichten Schicht muss daher



Bild 10: Abdichtung einer Rohrdurchdringung mit einem Butylkautschuk-Dichtungsband



Bild 11: Luftdichte Balkendurchdringung unter Verwendung von Manschetten



Bild 12: Blower-door-Prüfung: Ventilator mit Mess-Uhr im Türrahmen



Bild 13: Austritt von Rauch/ Nebel aus Türanschluss



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

zum festen Bestandteil der Qualitätskontrolle werden.

### Schlussfolgerungen

Das 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 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 trockenen 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.

### Literatur

- [1] Wagner, H., 1989: Luftdichtheit und Feuchteschutz beim Steildach mit Dämmung zwischen den Sparren. DBZ 12/1989
- [2] Colling, F., 2000: Lernen aus Schäden im Holzbau (s. u.).

### Buchtipps:

## Lernen aus Schäden im Holzbau

Prof. Dr.-Ing. François Colling, 2000, 1. Auflage, über 450 Seiten mit mehr als 600 Abbildungen, 16,6 x 24,5 cm, kartoniert, DM 148,-, ISBN 3-87104-110-6, Bruderverlag Karlsruhe.

Wenn die spezifischen Materialeigenschaften von Holz bei der Planung und Verarbeitung nicht bedacht werden, sind spätere Schäden vorprogrammiert. Eine korrekte Einschnittart der Hölzer gehört genauso zur Grundvoraussetzung für

einen schadenfreien Holzbau wie die richtige Einbaufeuchte. Versäumnisse in Planung und Ausschreibung sowie mangelhafte Ausführungsqualitäten führen dennoch häufig zu einem unbefriedigenden und kostspieligen Ergebnis. Das Buch „Lernen aus Schäden im Holzbau“ zeigt typische Mängel und Schäden im Holz-Wohnungsbau auf, erläutert deren Ursachen und

gibt Hinweise zur Vermeidung.

Der erste Teil des Buches umfasst die Ursachen und ihre Vermeidung. Schwerpunkte bilden dabei die materialspezifischen Besonderheiten, Wärme- und Feuchteschutz, baulicher Holzschutz, Schallschutz sowie Lüfthygiene.

Der zweite Teil analysiert ausführlich konkrete Schadensfälle anhand von

65 Beispielen. Mehr als 400, zum Großteil farbige, Fotos veranschaulichen dabei sowohl mangelhafte wie auch besonders gelungene Ausführungen.

Das Buch versteht sich als ein Nachschlagewerk für Architekten, Ingenieure und alle anderen, an der Planung und Ausführung Beteiligten, für den täglichen Umgang mit Holzbaukonstruktionen.