

Analyse und Bewertung von Schäden bei Holzkonstruktionen

Prof. Dr. François Colling

Durchgeführt im Auftrage der
Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V., München

mit Förderung durch das
Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau

1999

Gliederung

Seite

0 Einleitung

0.1 Ziel des Berichtes und Zielgruppe 0-1

0.2 Inhalt und Vorgehensweise 0-1

1 Allgemeines

1.1 Definition Unregelmäßigkeit – Mangel – Schaden..... 1-1

1.2 Vertragliche Vereinbarungen, Hinweispflicht 1-2

1.3 Diskussion über hinzunehmende Unregelmäßigkeiten 1-2

1.3.1 Wann liegt ein Mangel/Schaden vor? 1-2

1.3.2 Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes 1-3

1.3.3 Beeinträchtigung der technischen Funktion 1-4

1.4 Holzbauweisen..... 1-5

1.4.1 Allgemeines 1-5

1.4.2 Holzrahmenbau/Holztafelbau 1-5

1.4.3 Blockhausbau 1-8

1.4.4 Holzskelettbau 1-10

1.5 3. Bauschadensbericht 1-11

1.6 Eigenleistung als Schadensrisiko 1-13

2 Baustoffeigenschaften, Baustoffverhalten

2.1 Vollholz (VH) 2-1

2.1.1 Holzqualität..... 2-2

2.1.2 Schwinden und Quellen..... 2-8

2.1.3 Risse, Verdrehungen..... 2-16

2.1.4 Einschnittart..... 2-22

2.1.5 Einbaufeuchte..... 2-24

2.1.6 Konstruktionsvollholz 2-26

2.2 Brettschichtholz (BSH) 2-27

2.3 Holzwerkstoffplatten (HWSt) 2-29

2.3.1 Allgemeines 2-29

2.3.2 Flachpreßplatten (FP) 2-30

2.3.3 Bau-Furniersperrholzplatten (BFU) 2-32

2.3.4 Holzfaserplatten (HF)..... 2-34

2.3.5 Weitere Holzwerkstoffplatten 2-36

2.4 Gips-Bauplatten (GB)..... 2-37

2.4.1 Allgemeines 2-37

2.4.2 Gipskartonplatten (GKB)..... 2-38

2.4.3 Gipsfaserplatten (GF)..... 2-39

2.5 Kennzeichnung von Bauprodukten 2-40

| | | |
|----------|--|------|
| 3 | Ausführung | |
| 3.1 | Allgemeines..... | 3-1 |
| 3.2 | Handwerkliche Qualität | 3-2 |
| 3.2.1 | Lagerung..... | 3-3 |
| 3.2.2 | Verarbeitung des Holzes | 3-6 |
| 3.2.3 | Mangelhafter Abbund..... | 3-9 |
| 3.2.4 | Verbindungen..... | 3-16 |
| 3.3 | Fugen..... | 3-20 |
| 3.3.1 | Anforderungen | 3-20 |
| 3.3.2 | „Kompribänder“ | 3-21 |
| 3.3.3 | Adhärierende Dichtungsmassen | 3-24 |
| 3.3.4 | Ungeeignete Fugenmaterialien..... | 3-28 |
| 3.4 | Materialwahl..... | 3-29 |
| 3.5 | Fachwissen, Weiterbildung | 3-33 |
| 3.6 | Eigenverantwortliche Planung und Ausführung | 3-35 |
| 3.7 | Abweichung von Planungsvorgaben..... | 3-36 |
| 4 | Planung und Ausschreibung | |
| 4.1 | Allgemeines..... | 4-1 |
| 4.2 | Konstruktive Durchbildung | 4-2 |
| 4.3 | Ausschreibung..... | 4-10 |
| 4.4 | Statische Durchbildung | 4-11 |
| 5 | Wärme- und Feuchteschutz | |
| 5.1 | Allgemeines..... | 5-1 |
| 5.2 | Wärmeschutz | 5-1 |
| 5.2.1 | Allgemeines | 5-1 |
| 5.2.2 | Mindestwärmeschutz..... | 5-2 |
| 5.2.3 | Energiesparender Wärmeschutz..... | 5-2 |
| 5.2.4 | Wärmebrücken..... | 5-4 |
| 5.3 | Feuchteschutz | 5-8 |
| 5.3.1 | Allgemeines | 5-8 |
| 5.3.2 | Tauwasseranfall an der Oberfläche | 5-9 |
| 5.3.3 | Tauwasseranfall im Bauteil durch Dampf-Diffusion | 5-10 |
| 5.3.4 | Tauwasser im Bauteil durch Dampfkonvektion | 5-13 |
| 5.4 | Dichtheit der Gebäudehülle | 5-14 |
| 5.4.1 | Allgemeines | 5-14 |
| 5.4.2 | Anforderungen an die Luftdichtheit | 5-20 |
| 5.4.3 | Ursachen von Undichtheiten | 5-25 |
| 5.4.4 | Luftdichte Flächenausbildung | 5-37 |
| 5.4.5 | Luftdichte Anschlußausbildung..... | 5-40 |
| 5.4.6 | Durchdringungen | 5-47 |

| | | |
|----------|--|------|
| 5.5 | <i>Belüftet oder nicht belüftet?</i> | 5-51 |
| 5.5.1 | Allgemeines | 5-51 |
| 5.5.2 | Schäden und Ursachen | 5-52 |
| 5.6 | <i>Möglichst dicht oder diffusionsoffen?</i> | 5-56 |
| 5.6.1 | Allgemeines | 5-56 |
| 5.6.2 | Tauwasserfreie Konstruktionen..... | 5-57 |
| 5.6.3 | Robustheit einer Konstruktion | 5-58 |
| 5.7 | <i>Zusammenfassung, Grundregeln für einen guten Wärme- und Feuchteschutz</i> | 5-60 |
| 6 | Schutz des Holzes | |
| 6.1 | <i>Allgemeines</i> | 6-1 |
| 6.1.1 | Allgemeines | 6-1 |
| 6.1.2 | Gefährdungen und allgemeine Maßnahmen | 6-1 |
| 6.1.3 | Gefährdungsklassen nach DIN 68800-3..... | 6-7 |
| 6.1.4 | Verzicht auf chemischen Holzschutz, GK 0 | 6-8 |
| 6.1.5 | Grenzen des chemischen Holzschutzes | 6-11 |
| 6.2 | <i>Bauliche Maßnahmen nach DIN 68800-2</i> | 6-13 |
| 6.2.1 | Grundlagen | 6-13 |
| 6.2.2 | Außenwände und geneigte Dächer | 6-17 |
| 6.2.3 | Schalungen, Lattungen | 6-20 |
| 6.2.4 | Fußpunkte von Außenwänden | 6-20 |
| 6.2.5 | Flachdächer..... | 6-21 |
| 6.2.6 | Dächer unter nicht ausgebauten Dachgeschossen | 6-22 |
| 6.2.7 | Naßbereiche | 6-23 |
| 6.2.8 | Blockhäuser | 6-23 |
| 6.2.9 | Balkenaufleger auf Mauerwerk | 6-24 |
| 6.2.10 | Holzwerkstoffe für tragende/aussteifende Zwecke | 6-25 |
| 6.3 | <i>Bauliche Maßnahmen bei bewitterten Holzbauteilen</i> | 6-31 |
| 6.3.1 | Allgemeines | 6-31 |
| 6.3.2 | Grundprinzipien | 6-32 |
| 6.3.3 | Schutz gegen Niederschläge und Spritzwasser | 6-32 |
| 6.3.4 | Vermeidung von stehendem Wasser | 6-40 |
| 6.3.5 | Schutz gegen Feuchteleitung (Kapillarwirkung) | 6-49 |
| 6.3.6 | Möglichkeiten zur Einstufung in, GK0, GK 1 und GK 2 | 6-53 |
| 6.4 | <i>Anstriche und Beschichtungen</i> | 6-57 |
| 6.4.1 | Allgemeines | 6-57 |
| 6.4.2 | Lasuren..... | 6-59 |
| 6.4.3 | Farben, Lacke | 6-60 |
| 6.4.4 | Kombination mit bioziden Wirkstoffen | 6-61 |
| 6.4.5 | Einflußfaktoren auf die Haltbarkeit | 6-62 |
| 6.5 | <i>Chemischer Holzschutz</i> | 6-70 |
| 6.5.1 | Allgemeines | 6-70 |
| 6.5.2 | Arten von Holzschutzmitteln | 6-71 |

| | | |
|-----------|--|-------------|
| 7 | Schallschutz | |
| 7.1 | Allgemeines..... | 7-1 |
| 7.2 | Begriffe..... | 7-2 |
| 7.2.1 | Grundbegriffe..... | 7-2 |
| 7.2.2 | Norm-Begriffe | 7-4 |
| 7.3 | Einflußfaktoren und konstruktive Hinweise | 7-7 |
| 7.3.1 | Ausbildung der Bauteile | 7-7 |
| 7.3.2 | Besonderheiten bei Holzbalkendecken (Deckenauflagen) | 7-11 |
| 7.3.3 | Ausbildung der Anschlüsse | 7-12 |
| 7.4 | Zusammenfassung | 7-16 |
| 8 | Lufthygiene | |
| 8.1 | Allgemeines..... | 8-1 |
| 8.2 | Luftwechsel, Lüften | 8-2 |
| 8.3 | Relative Luftfeuchtigkeit und CO ₂ | 8-5 |
| 8.3.1 | Relative Luftfeuchtigkeit | 8-5 |
| 8.3.2 | CO ₂ | 8-8 |
| 8.4 | Allergene und Krankheitserreger | 8-8 |
| 8.5 | Flüchtige organische Substanzen (VOC) | 8-9 |
| 8.6 | Weitere Belastungen, Reizthemen..... | 8-11 |
| 8.6.1 | Tabakrauch..... | 8-11 |
| 8.6.2 | Formaldehyd (FAH) | 8-12 |
| 8.6.3 | Holzschutzmittel..... | 8-13 |
| 8.6.4 | Dämmstoffe..... | 8-13 |
| 8.7 | Zusammenfassung | 8-14 |
| 9 | Zusammenfassung | 9-1 |
| 10 | Schadensbeispiele..... | 10-1 |
| 11 | Literatur..... | 11-1 |
| 12 | Stichwortverzeichnis | 12-1 |
| 13 | Abkürzungen..... | 13-1 |

Anhang Statistische Auswertung der Gutachten

| | | |
|-----|--|------|
| A.1 | Datenbasis | A-1 |
| A.2 | Abgrenzung, Auswahlkriterien..... | A-2 |
| A.3 | Datenbank..... | A-3 |
| A.4 | Auswertung nach Bauwerk und Bauteilen..... | A-7 |
| A.5 | Auswertung nach Schadensbildern..... | A-9 |
| A.6 | Auswertung nach Schadensursachen | A-15 |
| A.7 | Zusammenfassung | A-20 |

0 Einleitung

0.1 Ziel des Berichtes und Zielgruppe

Ziel dieses Berichtes ist es, typische Mängel/Schäden im Holz-Wohnungsbau aufzuzeigen und Hinweise zu deren Vermeidung zu geben.

Zur Erreichung dieses Zieles werden zwei Wege verfolgt:

- In einem ersten ausführlichen Teil werden zu den wichtigsten Themenbereichen die Hintergründe und Grundprinzipien dargestellt und erläutert. Anhand von häufig gemachten Fehlern wird dabei gezeigt, welche Punkte besonders zu beachten sind.
- In einem zweiten Teil wird an ausgewählten „Musterfällen“ veranschaulicht, welche Folgen die Nichtbeachtung der vorher erläuterten Regeln haben kann.

Angesichts der vorwiegend technischen Ausrichtung der gemachten Aussagen, richtet sich dieser Bericht vornehmlich an die am Bau beteiligten Fachleute. Der in diesem Bericht häufig verwendete Begriff „Planer“ umfaßt dabei all diejenigen, die planerisch tätig sind. Dies sind im wesentlichen die Architekten und Ingenieure (Tragwerksplaner), dies sind aber auch Ausführende, die eigenverantwortliche Planungen durchführen.

0.2 Inhalt und Vorgehensweise

Als Basis für die Auswahl der behandelten Themen diente eine Bestandsaufnahme über häufige Mängel und Schäden. Hierzu wurden Fälle aus der Literatur und aus einer Vielzahl gutachterlicher Stellungnahmen statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse sind im **Anhang** beschrieben. Darüber hinaus wurde die Auswahl der Themen im Kreise der begleitenden Arbeitsgruppe festgelegt.

Mit die häufigste Ursache für Mängel und Schäden ist die unzureichende Beachtung der materialspezifischen Besonderheiten des natürlichen Baustoffes Holz. Hierbei ist besonders das Schwind- und Quellverhalten und die damit verbundenen trocknungsbedingten Verformungen und Risse hervorzuheben. Angesichts der Bedeutung dieses Themas wird auf die wichtigsten Baustoffeigenschaften in **Abschn. 2** eingegangen.

Gegenstand einer Vielzahl von Gutachten und Streitfällen ist die beanstandete Ausführungsqualität. In **Abschn. 3** werden typische Ausführungsmängel beschrieben.

In **Abschn. 4** wird aufgezeigt, in welchen Bereichen die Planung für Mängel/Schäden verantwortlich ist.

Eines der bedeutendsten Schadensbilder bei Wohnhäusern ist das Auftreten von Tauwasser und (Schimmel-) Pilzbefall. In **Abschn. 5** werden die Grundlagen eines guten Wärme- und Feuchteschutzes ausführlich beschrieben. Hierbei wird insbesondere auch auf die dominierende Rolle der Luftdichtheit der Gebäudehülle eingegangen, weil die bei Undichtigkeiten auftretende Konvektion (Luftströmung) die Hauptursache für Feuchteschäden darstellt.

Der Schutz des Holzes ist ein Thema, welches nicht erst seit dem Frankfurter Holzschutzmittelprozeß aktuell ist. In Fachkreisen ist bereits seit langem unbestritten, daß allein mit dem Einsatz von chemischen Holzschutzmitteln noch kein dauerhafter Holzschutz garantiert werden kann. Hierzu sind vielmehr bauliche Maßnahmen erforderlich, ohne die ein wirksamer Schutz nicht möglich ist. Der bauliche Holzschutz ist daher nicht nur aus gesundheitlichen Gründen zu bevorzugen. In **Abschn. 6** wird gezeigt, mit welchen baulichen Maßnahmen das Holz wirkungsvoll geschützt und auf einen vorbeugenden chemischen Holzschutz verzichtet werden kann.

Ein ungenügender Schallschutz ist nur selten Gegenstand von gerichtlichen Auseinandersetzungen bei Einfamilienhäusern. Dies liegt daran, daß es im Bereich des Einfamilienhausbaus keine normativen Mindestanforderungen gibt, so daß der Bauherr auf den ersten Blick auch keine Mindestansprüche geltend machen kann. Das OLG Hamm stellte 1993 jedoch klar, daß sich der allgemein anerkannte Stand der Technik nicht nur nach dem Stand von DIN-Normen richtet. Demnach sei auch bei Einfamilienhäusern ein gewisser Mindestschallschutz wissenschaftlich und praktisch anerkannt, der auch ohne besondere vertragliche Vereinbarungen zu erfüllen ist. Daher werden in **Abschn. 7** die Grundprinzipien eines guten Schallschutzes dargestellt.

Die Bemühungen für einen besseren Wärmeschutz und eine Reduzierung der Lüftungswärmeverluste führen zwangsläufig zu einer dichteren Gebäudehülle. Hiermit will man unkontrollierte Lüftungsverluste vermeiden. Bei unzureichender Lüftung führt dies aber zu einer Anreicherung von Schadstoffen in der Luft von Gebäuden und zu einer Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit. Diese wiederum kann die Ursache von Schimmelpilzbefall sein. Auf die hygienischen Probleme, die sich hieraus ergeben können, wird in **Abschn. 8** eingegangen.

In **Abschn. 10** wird anhand von Muster-Schadensfällen aufgezeigt, was alles passieren kann, wenn wichtige Punkte nicht beachtet werden. Diese Fälle wurden aus der Literatur, im wesentlichen jedoch aus Gutachten ausgewählt, die im Zuge dieses Vorhabens gesammelt wurden.

An dieser Stelle sei den folgenden Sachverständigen und Stellen nochmals gedankt, ohne deren bereitwillige und tatkräftige Mitarbeit dieses Vorhaben kaum zu realisieren gewesen wäre:

Dipl.-Ing. R. Borsch-Laaks, Dipl.-Ing. (FH) J. Egle, Dipl.-Ing. P. Frech, Dipl.-Ing. K. Galiläa, Prof. Dr.-Ing. H. Gröger, Dipl.-Ing. E.U. Köhnke, Prof. Dr.-Ing. L. Macha, Dipl.-Ing. (FH) J. Ostermair, Dipl.-Ing. H. Schmidt, Dipl.-Ing. D. Steinmetz, Prof. Th. Trübswetter, Dr.-Ing. S. Winter, FMFA Stuttgart (Baudirektor Dipl.-Ing. B. Radovic), VHT Darmstadt.

Besonderer Dank gilt auch den Herren H. Schmidt (ARGEHOLZ), D. Kuhlenkamp (BDZ), H. Petrik (IZH) und R. Stoodt (BDF), die dieses Vorhaben mit kritischen und konstruktiven Vorschlägen begleitet und das Resultat zweifellos verbessert haben.

Nicht zu vergessen sind die vielen Studenten der FH Augsburg, die im Rahmen ihrer Diplomarbeiten und Praktika wichtige Zuarbeit geleistet haben (in alphabetischer Reihenfolge): T. Achberger, M. Baumann, St. Einsiedler, T. Müller, R. Pflaum, H. Posch, R. Schöpfel, T. Sternberg, Chr. Wacker und M. Wittmann.

1 Allgemeines

1.1 Definition Unregelmäßigkeit – Mangel - Schaden

Der Bauherr und der Käufer eines Gebäudes oder einer Eigentumswohnung haben nach BGB §633 und VOB, Teil B §13 Anspruch auf eine mängelfreie Bauleistung.

Grundlage und wesentlicher Maßstab zur Beurteilung der ausgeführten Bauleistung sind dabei die vertraglich getroffenen Vereinbarungen. Werden jedoch - wie im Normalfall üblich - nicht zu allen Bauleistungen Einzelvereinbarungen vertraglich getroffen, so gelten die 'allgemein anerkannten Regeln der Technik' als vereinbart. Dies können DIN - Normen, aber auch Richtlinien von Handwerksverbänden oder Merkblätter von Herstellern sein, soweit diese von Fach- und Verkehrskreisen anerkannt sind und sich in der praktischen Anwendung bewährt haben.

Weicht die Ausführung von einem vereinbarten Soll-Zustand ab, so entscheidet die Bewertung der „Schwere“ der festgestellten Abweichung darüber, ob ein Anspruch auf Minderwert oder Nachbesserung besteht.

Abgrenzung
schwierig

Eine diesbezügliche Entscheidung gestaltet sich aber als ausgesprochen schwierig, weil sowohl technische als auch rechtliche Aspekte eine Rolle spielen. So kann z.B. bautechnisch gesehen ein Mangel vorliegen, aus juristischer Sicht jedoch nicht (und umgekehrt). Auch existieren fließende Übergänge, die eine eindeutige Abgrenzung unmöglich machen. So kann z.B. aus juristischer Sicht ein Mangel gleichzeitig ein Schaden sein. Auch muß ein Mangel nicht zwangsläufig zu einem Schaden führen, genauso wenig wie ein Schaden immer auf einen Mangel zurückzuführen ist [WEKA-2].

Nachfolgend werden die Abweichungen vom Soll-Zustand je nach „Schwere“ in drei Gruppen (Klassen) eingeteilt. Die dabei getroffenen Definitionen haben eher erläuternden Charakter und mögen aus juristischer Sicht nicht immer korrekt sein.

Unregelmäßigkeit

Liegen die Abweichungen vom Soll-Zustand im Rahmen des allgemein Üblichen, so sind diese als unvermeidbar und „normal“ hinzunehmen. Solche nur unwesentlichen Abweichungen werden umgangssprachlich mit Unregelmäßigkeiten bezeichnet (im juristischen Sinne gibt es diesen Begriff nicht). Bei Unregelmäßigkeiten am Bau handelt es sich meist um optische Beeinträchtigungen, wie Risse, Unebenheiten, Farbunterschiede, Verschmutzungen u.ä.. Ein Anspruch auf Nachbesserung oder Minderwert besteht nicht.

Eine objektive Bewertung von optischen Unregelmäßigkeiten gestaltet sich aber nicht selten als schwierig, weil das optische Erscheinungsbild je nach subjektivem Empfinden des Beobachters unterschiedlich bewertet wird. Hinweise für die Beurteilung von optischen Unregelmäßigkeiten werden im nächsten Abschnitt gegeben.

Mangel

Gehen die Unregelmäßigkeiten über das Übliche hinaus (wesentliche Abweichungen vom Soll-Zustand), so liegt ein Mangel vor, der nicht mehr hingenommen werden muß: es besteht ein Anspruch auf Nachbesserung oder Minderwert. Im juristischen Sinne unterscheidet man folgende Mängel:

- Fehler, die den Wert oder die Tauglichkeit mindern,
- Verstöße gegen allgemein anerkannte Regeln der Technik,
- Fehlen vertraglich zugesicherter Eigenschaften.

Mängel werden im allgemeinen als von vergleichsweise geringer Bedeutung angesehen. Dies bedeutet jedoch nicht, daß Mängel im juristischen Sinne in irgendeiner Form begrenzt wären: die „Richterskala“ für Mängel bei Bauleistungen ist vielmehr „nach oben offen“.

Schaden

Als Bauschäden werden schwerwiegendere Fehler bezeichnet, die eine Veränderung der technischen oder physikalischen Eigenschaften eines Gebäudes nach sich ziehen, und/oder die Nutzbarkeit im Vergleich zu einer gewöhnlichen Beschaffenheit herabmindern und damit wirtschaftlich nachteilige Folgen haben. Nicht selten liegt dabei die Ursache für einen schwerwiegenden Schaden (z.B. Feuchteschaden mit Pilzbefall) in einem harmlos erscheinenden Mangel (z.B. undichte Fuge).

Entscheidend für die Beantwortung der Frage, ob eine hinzunehmende Unregelmäßigkeit, ein Mangel oder ein Schaden vorliegt, ist aber letztendlich die juristische Betrachtungsweise, die nicht immer mit der technischen Beurteilung übereinstimmt.

Ziel dieses Vorhabens war es, aufzuzeigen, mit welchen Maßnahmen Mängel und Schäden vermieden werden können. Eine Abgrenzung zwischen diesen beiden Begriffen war dabei ohne Belang. Daher wird im Rahmen dieses Berichtes meist der Doppelbegriff Mangel/Schaden verwendet.

1.2 Vertragliche Vereinbarungen, Hinweispflicht

Ein wesentlicher Aspekt bei der Frage, ob eine Bauleistung als mangelhaft empfunden wird oder nicht, besteht darin, mit welchen Vorstellungen/Erwartungen der Bauherr an das 'Abenteuer Bauen' herangegangen ist. Hier ist in jedem Fall eine eingehende Beratung im Vorfeld hilfreich, in dessen Verlauf falsche Vorstellungen oder überzogene Erwartungen richtiggestellt werden können. Hierbei sind dann auch besondere vertragliche Vereinbarungen zu treffen, die bei späteren Reklamationen als Bewertungsgrundlage herangezogen werden können.

Dabei besteht sowohl für die Planer als auch für die ausführenden Betriebe eine besondere Hinweispflicht in solchen Fällen, bei denen abzusehen ist, daß eine gewünschte Konstruktion/Ausführung nicht möglich oder tauglich ist (siehe z.B. VOB/B §4 Nr. 3). Wird wider besseres Wissen eine 'schlechte' Konstruktion ausgeführt ('der Kunde hat es ja selbst so gewollt'), so ist der Fachmann für den Schaden haftbar, sofern er nicht seine Bedenken schriftlich angemeldet hat (siehe z.B. VOB/B §13 Nr. 3).

Ablehnung einer
Konstruktion

Verstößt eine gewünschte Konstruktion gar gegen bauaufsichtlich eingeführte Normen, so ist diese abzulehnen. Ausdrückliche Wünsche des Bauherrn entbinden den Planer oder Ausführenden nicht von der Pflicht, sich an öffentliches Baurecht zu halten.

1.3 Diskussion über hinzunehmende Unregelmäßigkeiten

1.3.1 Wann liegt ein Mangel/Schaden vor?

Wird ein Bauwerk fachkundig und sorgfältig nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erstellt, so kann davon ausgegangen werden, daß die Funktionsfähigkeit bei sachgemäßer Nutzung und Unterhaltung während der üblichen Standzeit gewährleistet ist.

Daß sich dabei die Konstruktion mit der Zeit verändert, ist selbstverständlich und stellt nicht zwangsläufig einen Mangel dar. So ist z.B. eine völlige Rissefreiheit bei den meisten gebräuchlichen Baustoffen kaum zu erreichen. Auch eine Veränderung des Erscheinungsbildes von Außenbekleidungen unter Witterungseinflüssen ist nicht zu vermeiden.

Treten Veränderungen oder Unregelmäßigkeiten auf, so ist zunächst die Frage zu klären, ob diese 'normal' und somit als unvermeidbar anzusehen sind, oder ob diese durch eine bessere Planung oder Ausführung hätten vermindert oder vermieden werden können.

Leider finden sich in den meisten Regelwerken nur bedingt Angaben über zulässige Unregelmäßigkeiten. In vielen Fällen liegt ein Ermessensspielraum vor, so daß Streitigkeiten oftmals nur unter Hinzuziehung eines neutralen Sachverständigen oder gar erst vor Gericht beigelegt werden können.

Leitfaden zur
Beurteilung

Die Grundfrage dabei ist die, ob eine Unregelmäßigkeit einen Mangel darstellt oder als unvermeidbar und üblich hingenommen werden muß.

[OSWALD/ABEL] haben hierzu einen Leitfaden erstellt, in dem diese Frage diskutiert wird und Hilfestellung zu einer ganzen Reihe von Fällen gegeben wird. Die nachfolgende Diskussion über die Bewertung von Unregelmäßigkeiten basiert im wesentlichen auf den dort gemachten Ausführungen.

Unregelmäßigkeiten können grundsätzlich in zwei Gruppen eingeteilt werden:

- Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes (optische Unregelmäßigkeit), und
- Beeinträchtigung der technischen Funktion.

In beiden Bereichen reichen die Unregelmäßigkeiten von reinen Bagatellfällen bis hin zu schwerwiegenden Mängeln, die unverzüglich behoben werden müssen. Nachfolgend sind einige Grundsätze zur Beurteilung dieser Unregelmäßigkeiten angegeben.

1.3.2 Beeinträchtigung des Erscheinungsbildes

Gerade bei optischen Unregelmäßigkeiten ist es häufig schwierig eine neutrale Bewertung zu finden, da hier oftmals subjektive Empfindungen im Vordergrund stehen. Bei der Beurteilung solcher Fälle gilt der Grundsatz, daß die Beeinträchtigung unter gebrauchstüblichen Bedingungen zu beurteilen ist.

Dies bedeutet beispielsweise, daß Farbunterschiede auf Oberflächen oder Unebenheiten im Parkett bei üblicher Beleuchtung zu beurteilen sind und nicht mittels direktem Anstrahlen oder Streiflicht. Genauso sind Unregelmäßigkeiten von Fassaden im Giebelbereich von der Position eines Beobachters auf der Straße zu beurteilen, und nicht von einem Gerüst aus.

Zur Klärung der Frage, ob ein Bagatellfall vorliegt, ein Minderwert angesetzt werden muß oder eine Nachbesserung erforderlich wird, wird in **Tabelle 1.3-1** eine Matrix vorgeschlagen, in der es um die Bewertung der folgenden Punkte geht:

Kriterien

- wie hoch ist der Grad der optischen Beeinträchtigung, und
- wie wichtig ist diese für das optische Erscheinungsbild.

Der Grad der Beeinträchtigung wird dabei von 'kaum erkennbar' bis 'auffällig' skaliert, während das Gewicht des optischen Erscheinungsbildes von 'unwichtig' bis 'sehr wichtig' eingestuft werden kann.

So ist z.B. Farbunterschieden bei einer Bekleidung im Hobbyraum ein geringerer Stellenwert beizumessen als in einem repräsentativen Empfangsraum.

Tabelle 1.3-1 Matrix zur Bewertung optischer Mängel (nach [OSWALD/ABEL])

| | | Gewicht des optischen Erscheinungsbildes | | | |
|-------------------------------------|----------------|--|---------|------------------|-----------|
| | | sehr wichtig | wichtig | eher unbedeutend | unwichtig |
| Grad der optischen Beeinträchtigung | auffällig | | | | |
| | gut sichtbar | Nachbesserung | | | |
| | sichtbar | | | Minderwert | |
| | kaum erkennbar | | | | Bagatelle |

Die Bewertung der Wichtigkeit einer optischen Unregelmäßigkeit ist sicherlich nicht immer objektiv möglich, spielen doch meist subjektive Ansichten eine dominierende Rolle. Hier wird nochmals darauf hingewiesen, daß wenn ein bestimmtes Erscheinungsbild von besonderer Bedeutung für den Bauherrn ist, daß dann eine gesonderte vertragliche Vereinbarung zu empfehlen ist.

Risse als optischer Mangel

Häufig auftretende Streitfälle sind immer wieder trocknungsbedingte Risse in sichtbaren Holzbauteilen. Auch wenn die Tragfähigkeit durch solche Risse nicht beeinträchtigt wird, so kann man doch argumentieren, daß Holzbalken aus gestalterischen Gründen bewußt sichtbar angeordnet werden, so daß große Risse durchaus einen optischen Mangel darstellen. In diesem Zusammenhang ist den Themen *Einschnittart* und *Holzfeuchte zum Zeitpunkt des Einbaus* verstärkte Aufmerksamkeit zu widmen, wobei der Trend zum technisch getrockneten Holz gehen muß (vgl. Abschn. 2.1.4 und 2.1.5). Hier ist aber in vielen Kreisen noch ein Umdenken erforderlich.

1.3.3 Beeinträchtigung der technischen Funktion

Wichtig in diesem Zusammenhang ist allein die Frage, ob und inwieweit die technische Funktion beeinträchtigt wird. So beeinträchtigt z.B. das kurzfristige Auftreten von Tauwasser an besonders kalten Tagen nicht die technischen Eigenschaften von Außenwänden, sofern die Grenzwerte der DIN 4108 Teil 3 nicht überschritten werden.

Ebenso können bei Biegebalken trocknungsbedingte Risse durchaus bis zu einer Tiefe von etwa der halben Breite auftreten, ohne daß die Biegetragfähigkeit dadurch reduziert würde [FRECH]. Daß solche Risse jedoch bei sichtbaren Holzbauteilen durchaus einen optischen Mangel darstellen können, wurde bereits erwähnt.

Treten jedoch Risse und Verformungen in einem zusammengesetzten Bauteil mit hohen Anforderungen an die Formstabilität der Einzelteile auf (z.B. Außenwand in Tafelbauart), so können diese durchaus die Funktionsfähigkeit herabsetzen (z.B. Beeinträchtigung des Wärme-, Feuchte- und Schallschutzes durch auftretende Fugen).

Ähnlich wie bei der Beurteilung optischer Unregelmäßigkeiten geht es auch hier im wesentlichen um die Beantwortung folgender Fragen:

Kriterien

- wie hoch ist der Grad der Beeinträchtigung, und
- wie groß ist die Bedeutung dieser Beeinträchtigung für die Funktionsfähigkeit.

Eine Matrix zur Bewertung ist in **Tabelle 1.3-2** angegeben.

Tabelle 1.3-2 Matrix zur Bewertung der Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit (nach [OSWALD/ABEL])

| | | Bedeutung des Merkmals für die Gebrauchstauglichkeit | | | |
|---|-------------|---|---------|-----------------------|------------------|
| | | sehr wichtig | wichtig | eher unbedeu- tend | unwichtig |
| Grad der Beeinträchtigung der Funktion | sehr stark | | | | |
| | deutlich | Nachbesserung | | | |
| | mäßig | | | Minderwert | |
| | geringfügig | | | | Bagatelle |

1.4 Holzbauweisen

1.4.1 Allgemeines

Im Wohnungsbau kommen verschiedene Holzbauweisen zum Einsatz, die sich grundsätzlich voneinander unterscheiden. Jede dieser Bauweisen besitzt – bauartbedingt – ihre „kritischen“ Punkte, auf die im Hinblick auf die Schadensvermeidung besonders zu achten ist. Die jeweils wichtigsten werden nachfolgend stichwortartig angesprochen. Eine detailliertere Beschreibung der grundlegenden Zusammenhänge erfolgt bauartunabhängig in den weiteren Abschnitten dieses Berichtes.

Da sich die verschiedenen Bauweisen vorrangig in der Ausbildung der Wände unterscheiden, beschränken sich die nachfolgenden Ausführungen auf mögliche Schäden im Wandbereich.

1.4.2 Holzrahmenbau/Holztafelbau

Der Holzrahmenbau und der Holztafelbau sind vom Konstruktionsprinzip her identisch, sie unterscheiden sich lediglich im Grad der Vorfertigung [IFO - Holzrahmenbau].



Bild 1.4-1
Wohnhaus in Holzrahmen-/ Holztafelbauweise [IFO – Das Holzhaus]

Der Holzrahmenbau kann als der „zimmermannsmäßige Holztafelbau“ bezeichnet werden, bei dem die Wandelemente teilweise vorgefertigt auf die Baustelle geliefert und dort fertiggestellt, d.h. geschlossen werden (**Bild 1.4-2**).



Bild 1.4-2
Aufrichten teilweise vorgefertigter Wandelemente im Holzrahmenbau [IFO - Das Holzhaus]

Der Holztafelbau wird eher dem Fertighausbereich zugeordnet, bei dem die Wandelemente komplett im Werk vorgefertigt und an der Baustelle nur noch montiert werden (**Bild 1.4-3**).



Bild 1.4-3
Montage eines Wandelementes im Holztafelbau [IFO - Das Holzhaus]

Diese Bauweisen stellen den Löwenanteil an Holzhäusern: nach einer Umfrage der dt. Sägeindustrie [Anonymus] werden etwa 17% der gefertigten Holzhäuser in Rahmenbauweise und ca. 75% in Tafelbauweise errichtet. Somit ist es nicht verwunderlich, daß sich die Ausführungen in diesem Bericht auch schwerpunktmäßig mit diesen Bauweisen beschäftigen.

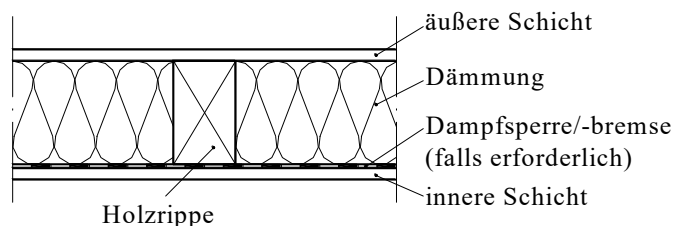
Bedingt durch die längeren Tätigkeiten auf der Baustelle kommt beim Holzrahmenbau dem Schutz des Holzes vor Feuchte und Nässe eine besondere Bedeutung zu:

Lagerung • Holzbauteile sind abzudecken und vor direkter Bewitterung zu schützen. Selbst bei kurzzeitiger Bewitterung kann es durch die oberflächennahe Feuchteaufnahme im Holz zu Schimmelpilzbildung kommen (vgl. *Abschn. 3.2.1 und 6.2.1*).

Baufeuchte • Bei hoher Baufeuchte (z.B. Estricharbeiten) ist gut zu lüften, damit die Feuchte entweichen kann. Dies gilt in besonderem Maße für HWSt-Platten, die bei unzuträglicher Feuchteaufnahme aufwölben können.

In **Bild 1.4-4** sind die wesentlichen Bestandteile eines Wandelementes in Holzrahmen-/ Holztafelbauweise dargestellt.

Bild 1.4-4
schematischer Wandaufbau in Holz-
rahmen-/Holztafelbauweise



Zusätzlich zu den dargestellten Teilen können sowohl außen als auch innen weitere Elemente angeordnet werden (z.B. Lattungen mit Bekleidungen, Schalungen).

Ein solches Element stellt ein mehrschichtiges Bauteil dar, bei dem jede Schicht eine oder mehrere wichtige Funktionen zu erfüllen hat. Die Schichten müssen dabei so aufeinander abgestimmt sein, daß die statischen und bauphysikalischen Anforderungen erfüllt werden.

Äußere Schicht

Aussteifung

- Die äußere Schicht (Abdeckung) wird oftmals als aussteifende Scheibe ausgeführt, die somit statische Aufgaben zu erfüllen hat.

Winddichtigkeit

- Darüber hinaus muß sie die Winddichtigkeit der Konstruktion sicherstellen. Besondere Aufmerksamkeit ist dabei der Abdichtung im Bereich der Anschlüsse (z.B. Türen, Fenster) und Durchdringungen (z.B. Pfetten, Sparren) zu widmen. Undichtigkeiten können hier zu erheblichen Wärmeverlusten und Feuchteschäden führen.

Schutz für weitere Arbeiten

Im Rahmen der Vorfertigung wird die äußere Beplankung meist mit den Holzrippen zu „Rohelementen“ zusammengefügt, die auf der Baustelle miteinander verbunden werden (vgl. *Bild 1.4-2*). Geschützt durch die äußere Schicht können die weiterführenden Arbeiten (Einbringen der Dämmung, Anbringen der inneren Schicht) dann im Trockenen durchgeführt werden.

In dem Bestreben, möglichst diffusionsoffen zu bauen (vgl. *Abschn. 5.6*), kommen als äußere Schicht zunehmend Baustoffe mit hoher Dampfdurchlässigkeit zum Einsatz (z.B. HWL-Platten, HF-Platten). Da diese für tragende/aussteifende Zwecke jedoch meist nicht zugelassen sind, wird die aussteifende Beplankung an der Innenseite angeordnet. Der Einsatz solcher Rohelemente hat aber den Nachteil, daß das Einbringen der Dämmung und das Anbringen der äußeren Schicht von außen durchgeführt werden muß und somit stark witterungsgefährdet ist. Hier besteht sicherlich weiterer Entwicklungsbedarf im Bereich von diffusionsoffenen Materialien, die auch als äußere Aussteifung herangezogen werden können.

Dämmung

Elastizität

Die Hohlräume zwischen äußerer und innerer Abdeckung werden mit Dämmstoffen gefüllt, wobei die unterschiedlichsten Materialien zum Einsatz kommen. Hier gilt es sicherzustellen, daß die Dämmung elastisch genug ist, um das Arbeiten der Holzrippen mitmachen zu können (vgl. *Abschn. 5.2.4*).

Setzungen

Darüber hinaus muß der Dämmstoff so beschaffen sein, daß unter den üblichen Stoßbelastungen (z.B. Türeinschlägen) keine unzuträglichen Setzungen auftreten, die ihrerseits zu Wärmeverlusten und Feuchteschäden führen können.

Dampfsperre/-bremse

Dampfsperre Werden HWSt-Platten als äußere Beplankung eingesetzt, so wird auf der Innenseite meist eine Dampfsperre (z.B. PE-Folie) erforderlich, um einen feuchtetechnisch einwandfreien Querschnittsaufbau zu erreichen.

Dampfbremse Bei diffusionsoffenen Querschnitten kann die dampfbremsende Wirkung der innenliegenden aussteifenden Beplankung bereits ausreichend sein, so daß auf eine zusätzliche Dampfbremse in Form einer Folie oder Pappe verzichtet werden kann (vgl. *Abschn. 5.6*).

Holzrippen

Trockenes Holz Die Holzrippen tragen die Lasten ab und dienen als „Abstandshalter“ und Befestigungsstellen für die Beplankungen/Bekleidungen. Hier ist darauf zu achten, daß trockenes Holz eingesetzt wird, weil das Schwind- und Quellverhalten und die damit verbundenen trocknungsbedingten Verformungen Ursache für Risse in den Bekleidungen und sogar für schwerwiegende bauphysikalische Schäden sein kann (vgl. *Abschn. 2.1.2*).

Verzicht auf chem. Holzschutz Die Verwendung von trockenem Holz ist darüber hinaus eine wesentliche Voraussetzung für den Verzicht auf chemischen Holzschutz (vgl. *Abschn. 6.2.1*).

Luftdichtheit Die wichtigste Funktion der inneren Schicht ist es, zu vermeiden, daß feuchtebeladene warme Innenluft ins Innere der Bauteilquerschnitte gelangt und dort an kalten Oberflächen (z.B. an der äußeren Beplanung/Bekleidung) als Tauwasser niederschlägt. Zur Vermeidung solcher Luftströmungen (Konvektion) ist die innere Schicht nicht nur in der Fläche, sondern auch und in besonderem Maße im Bereich der Anschlüsse (z.B. Wand – Decke, Wand – Fenster) und Durchdringungen (z.B. Installationsleitungen) luftdicht auszuführen (vgl. *Abschn. 5.4*).

Angesichts der Tatsache, daß die weitaus überwiegende Zahl der Feuchteschäden auf Konvektion zurückzuführen ist, kommt der Sicherstellung einer luftdichten Gebäudehülle eine vorrangige Bedeutung zu.

1.4.3 Blockhausbau

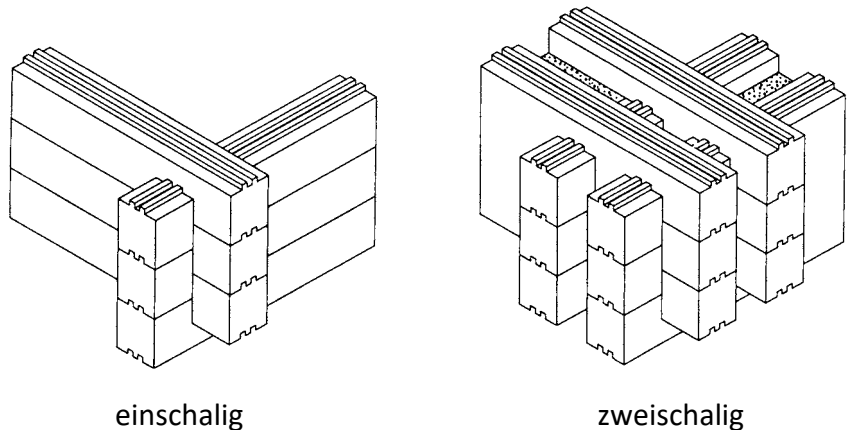
Für weite Teile der dt. Bevölkerung ist ein Holzhaus gleichbedeutend mit einem Blockhaus, auch wenn dies angesichts des geringen Marktanteiles von 4% an allen Holzhäusern [Anonymus] nicht gerechtfertigt ist.

Der Aufbau einer Blockhauswand ist vergleichsweise einfach: Blockbohlen werden meist horizontal übereinandergelegt und an den Enden überkreuzt (sog. Eckverkämmung). Die Blockbohlen werden dabei durch ein- oder mehrfache Nut und Feder – Anordnungen miteinander verbunden (**Bild 1.4-6**).

Bild 1.4-5
Wohnhaus in Blockbauweise [IFO
– Wohnblockhaus]



Bild 1.4-6
Aufbau einer Block-
hauswand mit Eckver-
kämmung



Die Blockbohlen übernehmen sowohl statische als auch bauphysikalische Aufgaben, wobei die nachfolgenden Punkte besonders zu beachten sind (siehe auch *Abschn. 4.2*):

Lagerung Dem Schutz der Holzbauteile auf der Baustelle vor Feuchte und Nässe kommt eine vorrangige Bedeutung zu.

Setzungen Bedingt durch die massive Bauweise und die „Anhäufung“ von Holz sind feuchtebedingte Verformungen (Setzungen von mehreren cm) nicht zu vermeiden. Diese sind bereits bei der Planung zu berücksichtigen und durch konstruktive Maßnahmen aufzunehmen (z.B. gleitende Anschlüsse an Türen, Fenstern und Innenwandschalen).

Trockenes Holz Für den Blockbau ist eine mittlere Holzfeuchte von 12 – 18% notwendig. Dies gilt nicht nur zur Einschränkung der feuchtebedingten Verformungen, sondern auch, weil sonst nach dem Einbau mit verstärkter Rißbildung zu rechnen ist.

Fugendichtigkeit In die Verbindungsfugen zwischen den Blockbohlen sollten zur Verbesserung der Fugendichtigkeit vorkomprimierte Dichtungsbänder eingelegt werden. Das Aufgehen von Fugen infolge Schwindens kann zusätzlich durch nachspannbare Gewindestangen oder vorgespannte Nylonseile reduziert werden.

Zusätzliche Wärmedämmung

Zur Erfüllung der Forderungen aus der Wärmeschutzverordnung sind zusätzliche Wärmedämmmaßnahmen erforderlich. Da außen angeordnete Zusatzdämmungen von vielen Bauherren abgelehnt werden, kommen meist zweischalige Blockwände mit zwischenliegender Dämmung oder innenliegende Dämmschichten mit Zusatzschalung zum Einsatz. Auch hier ist auf einen feuchtetechnisch einwandfreien Aufbau zu achten.

Eckverkämmungen

Die Abdichtungen im Bereich der Eckverkämmungen sind mit besonderer Sorgfalt auszuführen, da Undichtigkeiten zu einem Wassereintritt ins Gebäudeinnere führen können.

Bohlendicke

Auch bei Blockhäusern ist die Standsicherheit rechnerisch nachzuweisen, was leider allzuhäufig mißachtet wird. Neben der Dicke (Breite) der

Querwände

Blockbohlen kommt dabei den Eckverkämmungen eine besondere Bedeutung zu: diese verbinden die Wandelemente miteinander und steifen so das Gebäude aus. Hierbei ist auf eine ausreichende Anzahl von Querwänden (etwa alle 4 m) zu achten.

Die Gespräche mit den Sachverständigen und die Auswertung der gesammelten Gutachten haben gezeigt, daß Mängel/Schäden bei Blockhäusern überproportional vertreten sind. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die o.g. Punkte nicht ausreichend berücksichtigt wurden.

Hohe Qualitätsanforderungen

Unbestritten ist, daß die Besonderheiten dieser Bauweise hohe Anforderungen an die Sorgfalt und Qualität der Planung und Ausführung stellen.

Die Gütegemeinschaft Blockhausbau e.V. hat hierzu strenge Qualitätskriterien für die Materialgüten und die Herstellung aufgestellt.

Werden diese Qualitätsanforderungen nicht erfüllt, so ist beinahe zwangsläufig mit Mängeln und Schäden zu rechnen, die dann zudem noch gehäuft auftreten.

1.4.4 Holzskelettbau

Beim Holzskelettbau sind tragende und raumabschließende Teile meist voneinander getrennt: die Lasten werden vollständig über stabförmige Tragglieder (Holzskelett, **Bild 1.4-7**) abgetragen, die unabhängig von den raumabschließenden Elementen sichtbar bleiben können [IFO – Holzskelettbau].

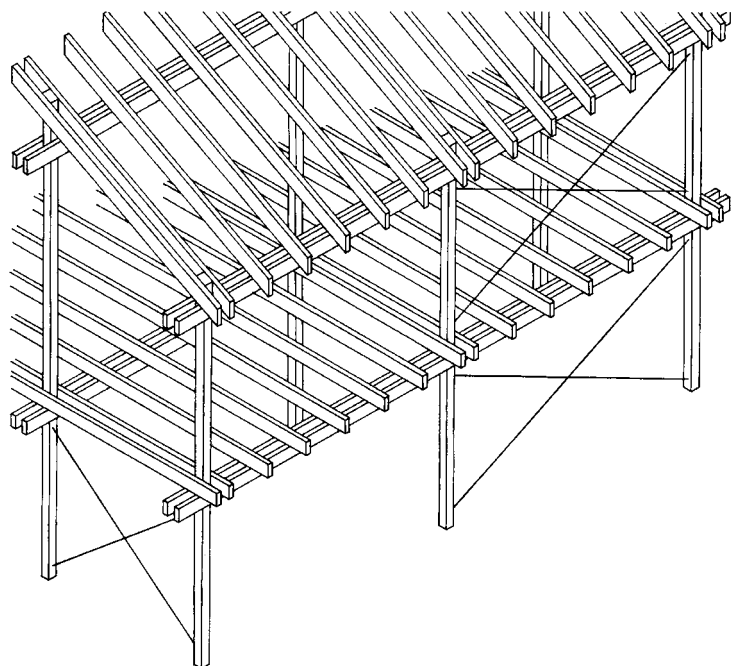


Bild 1.4-7 Holzskelett

Die raumabschließende Ebene kann dabei zwischen den Traggliedern (sog. Ausfachung) aber auch davor oder dahinter (**Bild 1.4-8**) angeordnet sein.

Bild 1.4-8Bürogebäude in Holzskelettbauweise mit außenliegenden Traghölzern [IFO – Holzskelettbau]



Der Holzskelettbau kommt vornehmlich bei öffentlichen Bauten und Bürogebäuden in Verbindung mit großflächigen Glaselementen zum Einsatz. Im Bereich der Einfamilienhäuser ist er eher von untergeordneter Bedeutung. Ausnahme bildet hier der Wintergartenbau, bei dem ausschließlich Skelettkonstruktionen eingesetzt werden.

Der Fachwerkbau als Sonderform des Skelettbaus ist heute bei Neubauten praktisch nicht mehr vertreten.

Beim Holzskelettbau sind folgende Punkte besonders zu beachten:

Lagerung

Schutz des Holzes vor Feuchte und Nässe auf der Baustelle.

Baulicher Holzschutz

Sind die Holzbauteile der Bewitterung direkt ausgesetzt, so ist das Holz durch bauliche und meist auch chemische Maßnahmen zu schützen. Die Ausbildung der Bauteile und Anschlüsse muß – auch bei vorbeugendem chemischen Holzschutz – vorrangig unter dem Aspekt des baulichen Holzschutzes erfolgen (vgl. *Abschn. 6.3*). Den besten konstruktiven Holzschutz erreicht man mit einem durchgehenden Wetterschutz vor der Tragkonstruktion.

Fugen

Die Fugen zwischen den Holzbauteilen und den Ausfachungen sind durch geeignete Maßnahmen sorgfältig abzudichten (Silikon ist hierfür ungeeignet, vgl. *Ab-schn. 3.3*). Zur Verringerung der Fugenbildung infolge von Schwindverformungen der Hölzer wird meist Brettschichtholz eingesetzt.

Durchdringungen

Durchdringen Träger, Sparren oder Pfetten die raumabschließende Ebene, so sind die Durchdringungen ebenfalls sorgfältig abzudichten.

1.5 Dritter Bauschadensbericht

Der dritte Bauschadensbericht der Bundesregierung (1996) befaßt sich mit allen negativen Entwicklungen am Hochbaubestand in Deutschland, die Nachbesserungs- bzw. Instandhaltungsmaßnahmen erforderlich machen. Diese Betrachtungsweise geht über diejenige der bisherigen Berichte hinaus, die sich auf „vermeidbare“ Schäden beschränkten. Bezugsjahr des Berichtes ist 1992.

Für den Wohnungsbau wurden 216,5 Mrd DM aufgewendet (Neubauvolumen: 186,8 Mrd. DM). Davon entfielen 49% auf Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen. In den Neuen Bundesländern betrug dieser Anteil gar 72%.

Neubauschäden:
3,4 Mrd. DM

Die durch Fehler bei Planung, Ausführung und Materialherstellung verursachten vermeidbaren Schadenskosten werden auf ca. 6,7 Mrd. DM geschätzt, wovon rd. die Hälfte (ca. 3,4 Mrd. DM) auf vermeidbare Neubauschäden entfallen. Die andere Hälfte (ca. 3,3 Mrd. DM) entsteht durch Fehlleistungen bei Instandsetzungen und Modernisierungen.

Zur Vermeidung dieser volkswirtschaftlich gesehen unproduktiver Kosten wird ein erheblicher Handlungsbedarf vor allem in folgenden Bereichen gesehen:

- Aus- und Fortbildung: „Die Grundkenntnisse der bautechnischen, bauphysikalischen und ökologischen Zusammenhänge sind bei der Ausbildung verstärkt zu vermitteln.“
- Qualitätssicherung und Qualitätsverbesserung in den Bereichen Planung und Bauleitung.
- Bauschadensforschung, wie z.B. Entwicklung von Diagnoseverfahren zur Ermittlung von Schadensursachen, Wärmeschutzmängeln und Energiesparmaßnahmen.

Etwa 2/3 aller Neubauschäden (ca. 65%) werden innerhalb der ersten beiden Jahre nach Baufertigstellung, d.h. innerhalb der Gewährleistungsfrist nach VOB/B beobachtet. Ca. 80% der Schadensfälle treten während der ersten 5 Jahre der Standzeit auf (Gewährleistungsfrist gemäß BGB). Hier bestehen jedoch z.T. erhebliche Abweichungen je nach Bauteil, Baustoff und Gewerk.

In **Bild 1.5-1** ist die Verteilung der Schadenshäufigkeit bei Neubauten in Abhängigkeit von den verschiedenen Bauteilgruppen dargestellt.

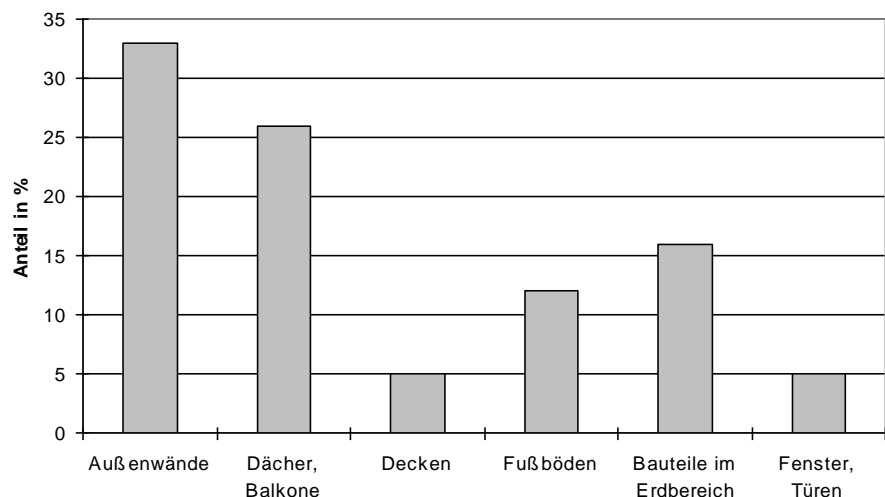


Bild 1.5-1

Prozentualer Anteil der Bauteilgruppen an der Gesamtheit aller Schäden bei Neubauarbeiten (Quelle: AlBau)

Zur Reduzierung von vermeidbaren Schäden bei Neubauten wird eine Qualitätsverbesserung in den Bereichen Planung und Bauleitung für notwendig erachtet. Folgende Maßnahmen sind anzustreben:

- Vereinfachung des Bauens,
- bessere Koordination des Bauablaufes und
- systematischere Kontrollen.

Planung,
Bauleitung

Durch den Abbau von behördlichen Auflagen und Vorschriften kommt dabei der Planung und Bauleitung eine noch größere Bedeutung zu, als diese ohnehin schon besitzt. Eine Vielzahl von Schäden könnten vermieden bzw. reduziert werden, wenn diese erhöhte Verantwortung entsprechend wahrgenommen würde (siehe hierzu auch *Abschn. 3*).

Luftdichtheit

Im Zusammenhang mit der Planung und Ausführung von Neubauten wird explizit auf die Notwendigkeit der Luftdichtheit und der systematischen Belüftung der Gebäude hingewiesen: *„Eine große Zahl von Schäden in Innenräumen entsteht durch das Zusammentreffen von unzureichender Belüftung und Wärmeschutzmängeln.“*

Kontrollierte
Lüftung

Angesichts der im Zuge der Energieeinsparung angestrebten Dichtheit der Gebäudehülle *„darf der hygienische Grundluftwechsel eines Gebäudes nicht allein vom Lüftungsverhalten eines einzelnen Nutzers abhängig gemacht werden. Regelbare Lüftungseinrichtungen sollten zur Grundausstattung jeder Neubauwohnung gehören!“*. Auch sollte die Aufklärung über richtiges Lüftungsverhalten intensiviert werden (siehe hierzu auch *Abschn. 8*).

1.6 Eigenleistung als Schadensrisiko

Sieht man von den zeitlichen und witterungsbedingten Veränderungen, die unvermeidbar und somit hinzunehmen sind, ab, so sind Mängel/Schäden immer auf eine oder mehrere der drei folgenden Ursachen zurückzuführen:

- Planungsfehler,
- Ausführungsfehler und
- Nutzerfehler.

Unter der letztgenannten Ursache ist nicht nur eine unsachgemäße Nutzung (z.B. falsche Beheizung oder Belüftung von Wohnräumen) zu verstehen, sondern ganz allgemein Fehler, die durch den Nutzer gemacht werden.

In diesem Zusammenhang ist besonders auf den zunehmenden Anteil an Eigenleistungen durch den Bauherrn hinzuweisen, der durch die Notwendigkeit, Kosten zu sparen entsteht. Diese Eigenleistungen stellen aber ein nicht zu unterschätzendes Schadenspotential dar.

So kann z.B. das nachträgliche Volldämmen eines belüfteten Dachquerschnittes über einem vorher nicht ausgebauten Dachgeschoß zu Tauwasserschäden führen, wenn den bauphysikalischen Besonderheiten des Daches (belüftet oder nicht belüftet) keine Rechnung getragen wird.

Ein weiteres Beispiel ist die nachträgliche Fertigstellung des Terrassenbereiches durch den Bauherrn, die im Wand- und Kellerdeckenbereich zu Schäden führen kann, wenn der Anschluß Terrasse - Haus nicht fachgerecht abgedichtet wird.

2 Baustoffeigenschaften, Baustoffverhalten

Die unzureichende Berücksichtigung der Eigenschaften der Baustoffe und deren Verhalten stellt die häufigste Ursache von Mängeln/Schäden dar.

Nachfolgend wird nur auf die Baustoffe eingegangen, die im Wohnungsbau derzeit vorwiegend eingesetzt werden. Dämmstoffe werden nicht behandelt.

Kennwerte, die zur Beurteilung für den Einsatz der verschiedenen Baustoffe von Bedeutung sein können, sind in jeweils einer Tabelle zusammengefaßt.

2.1 Vollholz (VH)

Tabelle 2.1-1 Eigenschaften von Vollholz (Anhaltswerte)

| | | |
|---|-------------------------------|---|
| Lieferfeuchte | u [Masse-%] | trocken: $u \leq 20$ halbtrocken: $20 < u < 30$ (35) frisch: 30 (35) $< u$ |
| feuchteabhängige Dimensionsänderung | α | längs zur Faser: 0,01 % je % Δu bzw. $2,5 \cdot 10^{-5}$ je % $\Delta \varphi$ ¹⁾ quer zur Faser: 0,24 % je % Δu bzw. $60 \cdot 10^{-5}$ je % $\Delta \varphi$ ^{1) 2)} |
| temperaturbedingte Dimensionsänderung | α_T [K ⁻¹] | $2,5 - 5 \cdot 10^{-6}$ ²⁾ |
| Wärmeleitfähigkeit | λ_R [W/mK] | 0,13 |
| Dampfdiffusionswiderstand | μ [-] | 40 |
| ¹⁾ φ = rel. Luftfeuchte ²⁾ i.d.R. nicht relevant | | |

Unter Vollholz wird nachfolgend das überwiegend eingesetzte Nadel- Bauschnittholz (im Gegensatz zum Baurundholz) verstanden. Nach DIN 4074-1 und DIN 68365 gehören zum Bauschnittholz:

- Kantholz (Balken),
- Bretter und Bohlen,
- Latten und Leisten.

Nachfolgend wird auf die wichtigsten Themen eingegangen, die immer wieder Gegenstand von Reklamationen sind und deren Nichtbeachtung häufig zu Mängeln/Schäden führt.

2.1.1 Holzqualität

[Schadensbeispiele: 2-01 / 2-02]

Tragende Bauteile
müssen nach DIN 4074
sortiert sein

Wird Vollholz für **tragende Zwecke** eingesetzt, so sind die betreffenden Bauteile nach statischen Gesichtspunkten auf der Grundlage der Normenreihe DIN 1052 zu dimensionieren. Die in DIN 1052 hierfür angegebenen Rechenwerte für die Materialeigenschaften (Elatizitätsmoduln, zulässige Spannungen) gelten dabei nur für Nadel-schnittholz, das nach DIN 4074-1 sortiert wird (DIN 1052-1, *Ab-schn. 5.1.1*).

DIN 4074-1 regelt die Sortiermerkmale, die Nadel-schnittholz erfüllen muß, das nach der Tragfähigkeit zu bemessen ist. Kriterien für die Qualität des Holzes sind u.a.:

- Baumkanten,
- Äste,
- Jahrringbreite,
- Faserneigung,
- Risse,
- Verfärbungen,
- Insektenfraß u.a.m..

Seit der Ausgabe von 1989 gibt es nach DIN 4074-1 keine 'Güteklassen' mehr, sondern nur noch Sortierklassen. Diese Namensänderung wurde bewußt u.a. deshalb vorgenommen, um den Unterschied zur Güte des Holzes deutlich zu machen, unter der oftmals nur die optische Qualität verstanden wird.

DIN 4074-1 unterscheidet bei visueller Sortierung folgende Sortierklassen:

- S 7 Schnittholz mit geringer Tragfähigkeit,
- S 10 Schnittholz mit üblicher Tragfähigkeit und
- S 13 Schnittholz mit überdurchschnittlicher Tragfähigkeit.

Nach DIN 1052, Abschn. 5.1.3 dürfen nur in Ausnahmefällen die zulässigen Spannungen der Sortierklasse S 13 (früher Güteklasse I) angesetzt werden. Dies wird damit begründet, daß bei den in üblichen Bauten eingesetzten Sparren, Pfetten und Deckenbalken eine zuverlässige Holzauswahl (Sortierung) nicht gewährleistet ist. Somit wird im Bauwesen üblicherweise Bauholz der Sortierklasse S 10 eingesetzt.

Maschinell sortiertes Holz (MS - Klassen nach DIN 4074) in Kantholz-Abmessungen sind derzeit kaum erhältlich: zum Zeitpunkt der Bearbeitung dieses Vorhabens gibt es nur eine zugelassene Sortiermaschine, die Vollholz in den benötigten Dimensionen sortieren kann. Dies stellt aber keine größere Einschränkung dar, denn in den meisten Fällen ist Bauholz der Sortierklasse S 10 ausreichend.

Leider wird in der Praxis oftmals Bauholz eingesetzt, das überhaupt nicht sortiert wurde. Es kann nicht oft genug und deutlich genug darauf hingewiesen werden, daß tragende Holzbau-teile nach DIN 4074-1 sortiert sein **müssen**, weil Bauholz, das nicht den gestellten statischen Anforderungen entspricht, ein Sicherheitsrisiko darstellen kann: große Äste und Schrägfaserigkeit beeinträchtigen nicht nur das optische Erscheinungsbild, sondern sie können auch der Ausgangspunkt für ein frühzeitiges Versagen sein (**Bild 2.1-1 und -2**).

Bild 2.1-1
Bruch eines Deckenbalkens wegen
Schrägfaserigkeit
[Foto: Schmidt]



Bild 2.1-2
Unzulässige Astansammlung in einer
Brettschichtholzlamelle
[Foto: Schmidt]



Überprüfung der
Holzqualität

Da der ausführende Betrieb für die Qualität des Holzes in der Gewährleistung steht, liegt es in seinem eigenen Interesse, die Qualität des von der Sägerei gelieferten Holzes zu überprüfen. Dies ist allein schon deshalb erforderlich, weil das gelieferte Holz oftmals nicht nach DIN 4074-1 sortiert ist, auch wenn es so bestellt wurde (siehe hierzu auch *Abschn. 3.4*).

Nichttragende Bauteile:
DIN 68365

Werden Hozbauteile zu **nichttragenden Zwecken** eingesetzt, so genügt es, die Bedingungen der DIN 68365 einzuhalten. In dieser Norm sind die optischen Mindestanforderungen an Bauschnitthölzer festgelegt.

Wesentliche Kriterien sind auch hier Äste, Risse, Insektenfraß, Krümmung, Drehwuchs und anderes mehr.

Bei Kanthölzern werden nur zwei Klassen unterschieden:

- eine Normalklasse, und
- eine Sonderklasse mit erhöhten Anforderungen an die optische Qualität.

Zusätzlich zu den o.g. Gütemerkmalen werden 4 Schnittklassen definiert, die festlegen, wie groß die Baumkanten sein dürfen. Im Bauwesen kommen fast ausnahmslos die folgenden drei Schnittklassen zum Einsatz:

- Schnittklasse S (scharfkantig),
- Schnittklasse A,
- Schnittklasse B.

Während bei der Schnittklasse S keine Baumkanten zulässig sind, dürfen bei Kanthölzern der Schnittklassen A und B Baumkanten vorhanden sein. Die Größenordnung dieser Baumkanten entspricht in etwa den in DIN 4074-1 für die Sortierklassen S 13 und S 10 angegebenen Grenzwerten.

Bei Ausschreibungen werden häufig die Anforderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit nach DIN 4074-1 und die Anforderungen hinsichtlich der optischen Qualität nach DIN 68365 miteinander vermischt bzw. kombiniert.

Mindestanforderung
tragende Bauteile:
Sortierklasse S 10 und
Schnittklasse B

So fordert z.B. DIN 18334, Abschn. 3.1.10, daß tragende Konstruktionen aus Bauschnittholz der Sortierklasse S 10 (alte Bezeichnung Güteklasse II) und mindestens der Schnittklasse B auszuführen sind.

Sonstige Bauteile:
Normalklasse und
Schnittklasse B

Sonstige Konstruktionen aus Bauschnittholz sind aus Holz nach DIN 68365 der Normalklasse und mindestens der Schnittklasse B herzustellen.

Diese Mindestanforderungen entsprechen aber meist nicht den Erwartungen, die der Bauherr an sichtbare Bauteile stellt. So werden z.B. Baumkanten und Ausfalläste als unschön empfunden und bemängelt.

Holzqualität in
Ausschreibung

Werden an das optische Erscheinungsbild von Bauschnittholz höhere Anforderungen gestellt, so sind diese gesondert zu vereinbaren und in der Ausschreibung entsprechend aufzuführen. Hier erspart eine Beratung des Bauherrn im Vorfeld manch späteren Ärger.

Wird in der Ausschreibung *Vollholz S 10 nach DIN 4074-1* und zusätzlich *Schnittklasse S und Sonderklasse nach DIN 68365* verlangt, so sind die in **Bild 2.1-3 und –4** dargestellten Baumkanten und Ausfalläste unzulässig.



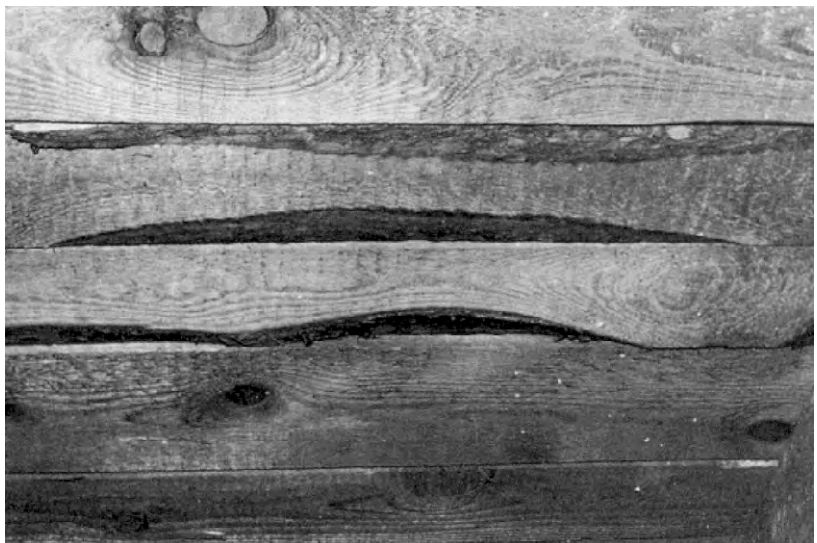
Bild 2.1-3
unzulässige Baumkante bei
Schnittklasse S
[Foto: Frech]

Bild 2.1-4
unzulässige Ausfalläste bei Sonderklasse [Foto: Frech]



Auch die Gütebedingungen für Dachschalungen, sowie Wand- und Deckenbekleidungen aus Brettern oder Bohlen werden in DIN 68365 geregelt. Die zugehörigen Mindestanforderungen werden wiederum in DIN 18334 angegeben. In **Bild 2.1-5 und –6a,b** sind Beispiele unzulässiger Qualitäten dargestellt.

Bild 2.1-5
unzulässige Baumkanten bei Dachschalung [Foto: WEKA-1]



Holz für Tischlerarbeiten: DIN 68360

Die strengsten Anforderungen hinsichtlich optischer Qualität werden in DIN 68360 gestellt. Diese gilt für Holz für Tischlerarbeiten, also z.B. für Fenster (vgl. **Bild 2.1-7 und 8**), Türen, Dielen u.ä., sowie Decken- und Wandbekleidungen. Aber auch im Blockhausbau kommt DIN 68360 zur Anwendung, da die Blockbohlen als sichtbarer Raumabschluß im Sinne einer Bekleidung anzusehen sind (vgl. **Bild 2.1-9 und –10**).

Bild 2.1-6a
unzulässige Risse bei Außenwandbe-
kleidungen [Foto: WEKA-1]



Bild 2.1-6b
unzulässige Risse bei Außenwandbe-
kleidungen [Foto: WEKA-1]



Bild 2.1-7
unzulässiger Ast bei Fensterholz
[Foto: WEKA-1]

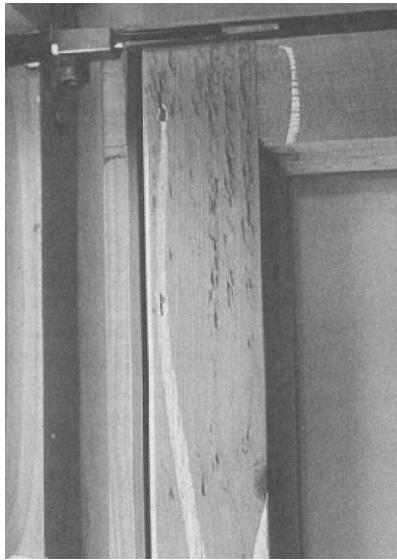


Bild 2.1-8
unzulässiger Hobelfehler bei Fensterholz
[Foto: WEKA-1]

Bild 2.1-9
unzulässige Ausfalläste bei Wand-
bohlen [Foto: Galiläa]

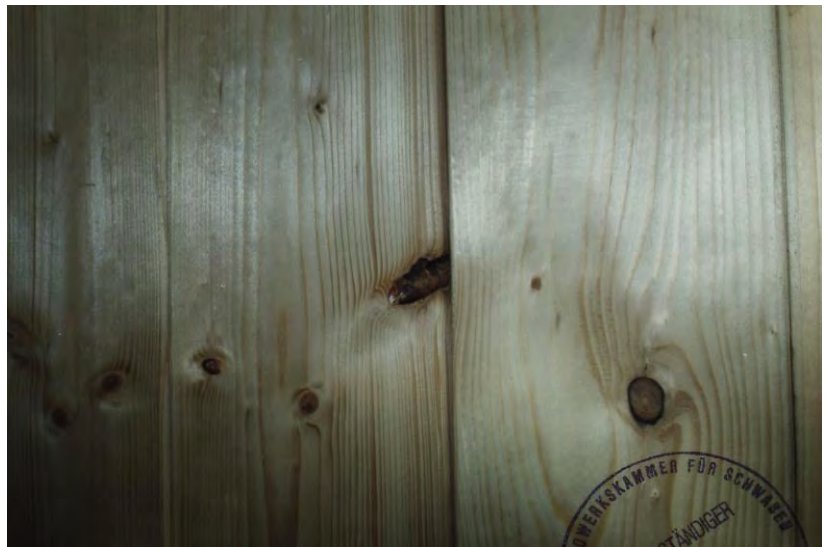


Bild 2.1-10
Hobelfehler: unzulässige Oberfläche bei
Wandbohlen [Foto: Galiläa]



2.1.2 Schwinden und Quellen

[Schadensbeispiele: 2-03 / 3-01 / 3-03 / 3-04 / 4-01 / 4-02 / 4-03 / 4-06 / 5-03 / 5-04 / 6-16]

Holz ist ein natürliches Material, das ein ausgeprägtes hygroskopisches Verhalten aufweist. Dies bedeutet, daß Holz je nach Umgebungsklima Wasser (Feuchte) aufnimmt oder abgibt.

Die Holzfeuchte ist definiert als Verhältnis der Masse des im Holz enthaltenen Wassers (G_{Wasser}) zur Trockenmasse des Holzes ($G_{\text{Holz, trocken}}$) :

$$u = \frac{G_{\text{Wasser}}}{G_{\text{Holz, trocken}}} \cdot 100 \quad \text{in \%}$$

Holz kann 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, 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).

Gleichgewichtsfeuchten nach DIN 1052

Als Gleichgewichtsfeuchte im Gebrauchszustand wird die Holzfeuchte bezeichnet, die sich einstellt, wenn das Holz über einen längeren Zeitraum in einem bestimmten Umgebungsklima gelagert wird und die Gelegenheit hat, sich diesem anzupassen. In DIN 1052-1, Abschn. 4.2.1 sind folgende 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.

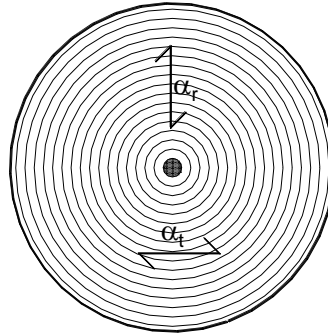
Diese Zahlen zeigen, daß sich bei üblichen Bauwerken in jedem Fall eine Holzfeuchte einstellen wird, die deutlich unterhalb des Fasersättigungspunktes liegt. Somit ist auch je nach Holzfeuchte zum Zeitpunkt des Einbaus mit z.T. beträchtlichen Schwindverformungen zu rechnen.

Schwind- und Quellmaß nach DIN 1052

DIN 1052-1, Tabelle 4 gibt als Rechenwert für das Schwind- und Quellmaß von gebräuchlichen Nadelhölzern folgenden Wert an (vgl. auch *Tabelle 2.1-1*):

$$\alpha_u = 0,24 \text{ \%/\%}$$

Dieser Wert gibt die prozentuale Änderung einer Abmessung bei einer Änderung der Holzfeuchte um 1 % an. Dieser Wert stellt einen Mittelwert zwischen dem tangentialen (α_t) =



$$\alpha_u = \frac{\alpha_r + \alpha_t}{2}$$

Bild 2.1-11
Schwind- und Quellmaße

Das Schwind- und Quellmaß längs zur Faser beträgt nur 0,01% je % Holzfeuchteänderung, so daß das Arbeiten des Holzes in Längsrichtung in den meisten Fällen vernachlässigt werden kann.

Es wird darauf hingewiesen, daß das „Arbeiten“ von Holzart zu Holzart unterschiedlich sein kann. So neigt z.B. Lärchenholz stärker zu Verdrehungen, Krümmungen, Schüsselung u.ä. als Fichtenholz.

Die Größenordnung von Querschnittsänderungen, die durch das Arbeiten des Holzes auftreten können, soll anhand des nachfolgenden Beispiels verdeutlicht werden.

Beispiel:

Kantholz b/h = 120/240 mm.

Feuchte beim Einbau: $u_0 = 30\%$

Gleichgewichtsfeuchte (beheizter Raum): $u_{GI} = 12\%$

Mittlere Änderung der Querschnittshöhe:

$$\Delta h = \frac{\alpha_u}{100} \cdot (u_0 - u_{GI}) \cdot h = \frac{0,24}{100} \cdot (30 - 12) \cdot 240 = 10,4 \text{ mm}$$

Mittlere Breitenänderung:

$$\Delta b = \frac{\alpha_u}{100} \cdot (u_0 - u_{GI}) \cdot b = \frac{0,24}{100} \cdot (30 - 12) \cdot 120 = 5,2 \text{ mm}$$

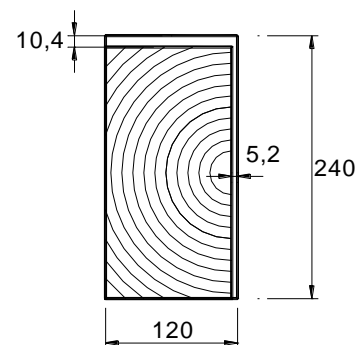


Bild 2.1-12
idealisierte, mittlere
Querschnittsänderungen

Nachfolgend sind einige Beispiele aufgeführt, bei denen Querschnittsänderungen infolge von Schwinden und Quellen zu Mängeln/Schäden führen können.

Ursprünglich auf Kontakt verlegte Bauteile „hängen in der Luft“, wenn das aufgelegte Bauteil die Verformung des unteren Teiles nicht mitmacht (**Bild 2.1-13a und -13b**).

Bild 2.1-13a
geöffnete Kontaktfuge
[Foto: Frech]



Bild 2.1-13b
geöffnete Kontaktfuge
[Foto: Galiläa]



Bei Dielenböden kommt es immer dann zu Reklamationen, wenn zu feuchte Dielen eingebaut werden (**Bild 2.1-14**).

Bild 2.1-14
Fugen bei Dielenboden
[Foto: Macha]



Die auftretenden Fugen können dabei so groß werden, daß Verletzungsgefahr besteht (**Bild 2.1-15**).



Bild 2.1-15

Verletzungsgefahr bei großer Fuge in Dielenboden
[Foto: Schmidt]

Auch bei Nut- und Feder-schalungen kann das Öffnen der Fugen zu unerwünschten Folgen führen (**Bild 2.1-16**)

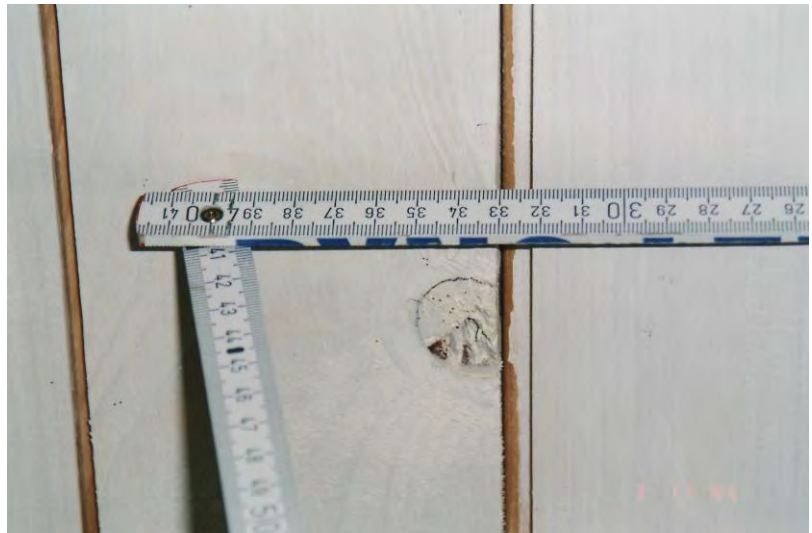


Bild 2.1-16

sichtbares Öffnen der Fugen von gestrichenen Nut- und Federbrettern [Foto: Schmidt]

Im Auflagerbereich von Balken führt das Schwinden zu unschönen Fugen (**Bild 2.1-17**).



Bild 2.1-17

Fugen zwischen Deckenbalken und Wandöffnungen
[Foto: Frech]

Bei Durchdringungen von Außenwänden führen solche Fugen zu Undichtigkeiten in der Gebäudehülle (siehe auch *Abschn. 5.4*). Beträchtliche Energieverluste (Heizenergie) und Tauwasserschäden sind die Folge (**Bild 2.1-18 und –19a, b**).

Bild 2.1-18

Fuge bei Durchdringung einer Außenwand [Foto: Macha]



Bild 2.1-19a

Fugen bei Durchdringung einer Außenwand [Foto: Frech]



Bild 2.1-19b
Fugen notdürftig ausgestopft
[Foto: Frech]



Bei Holzskelettkonstruktionen sind Fugen zwischen Holzbauteilen und Ausfachung meist auf das Schwinden der Hölzer zurückzuführen (**Bild 2.1-20a und 20-b**).

Bild 2.1-20a
Fugen zwischen Holz und Ausfachung
[Foto: FMFA]

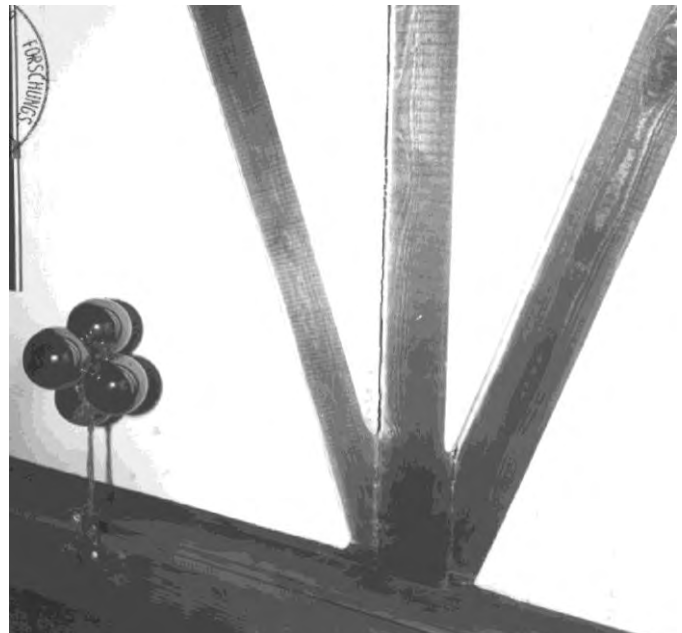


Bild 2.1-20b
Fugen zwischen Holz und
Ausfachung
[Foto: Schmidt]



Solche Fugen im Wandbereich stellen auch eine erhebliche Beeinträchtigung des Schallschutzes dar (**Bild 2.1-21**).



Bild 2.1-21

Beeinträchtigung des Schallschutzes durch Fugen zwischen Stützen

[Foto: Frech]

Das Schwinden des Holzes kann Setzungen bewirken, die zu Abrissen von Beschichtungen oder Anschlußfugen (Fliesen) führen können (**Bild 2.1-22**).



Bild 2.1-22

Abriß einer Anschlußfuge durch Fußbodenabsenkung

[Foto: Frech]

Bei durchgehenden Fassaden ohne Bewegungsfugen können Setzungen der Hölzer im Deckenbereich zu Rissen und Quetschfalten in der Fassade führen (**Bild 2.1-23 und -24**).



Bild 2.1-23

Riß in verputzter Fassade durch Setzung [Foto: Köhnke]

Bild 2.1-24

Quetschfalten in Fassade infolge von Setzungen
[Foto: Sto-AG]



Bei Blockhäusern ist das Schwind- und Quellverhalten des Holzes in besonderem Maße zu berücksichtigen.

So können bei Einbau von zu feuchtem Holz die zwischen den Bohlen auftretenden Fugen sogar so groß werden, daß die Nut- und Federverbindung unwirksam wird (**Bild 2.1-25**).

Bild 2.1-25

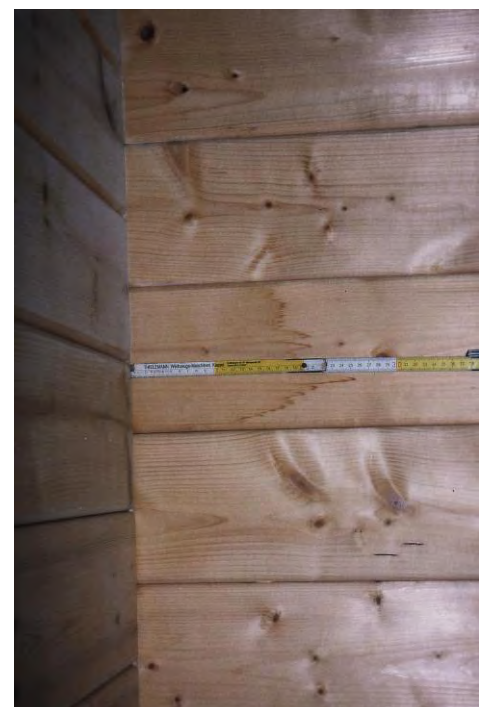
unwirksame Nut- und Federverbindung bei Blockbohlen
[Foto: Macha]



Im Bereich von Eckverkämmungen können durch das Trocknen der Blockbohlen Fugen entstehen, die zu Undichtigkeiten und damit zu Wassereintritt und Wärmeverlusten führen können (**Bild 2.1-26**). Auf weitere Punkte, die beim Blockhausbau besonders zu achten sind, wird in den *Abschn. 3.2 und 4.2* eingegangen.

Bild 2.1-26

Wasserflecken im Bereich einer undichten Eckverkämmung [Foto: Egle]



Aber nicht nur das Schwinden des Holzes kann zu Mängeln/Schäden führen, sondern auch das Quellen. In **Bild 2.1-27** ist dargestellt, wie das Quellen der zu trocken eingebauten Hölzer zu Abplatzungen im Verblendmauerstein führen kann.

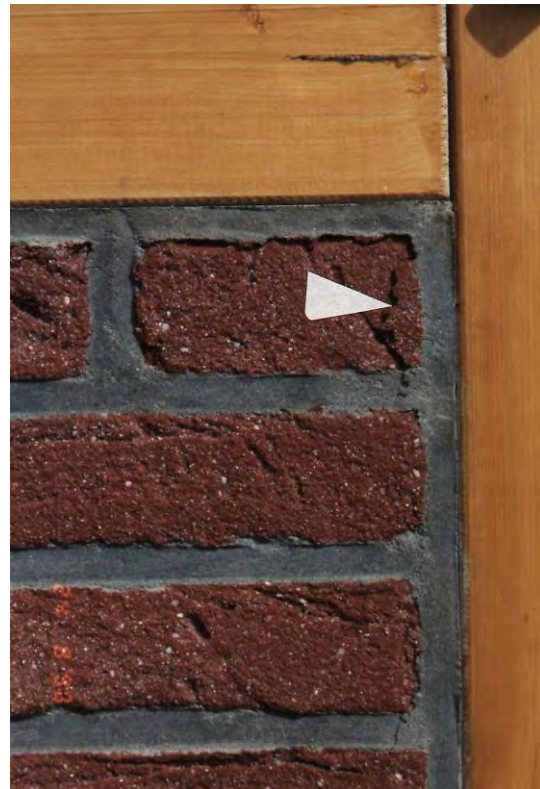


Bild 2.1-27

Abplatzung im Verblendmauerwerk durch Quellen des Holzes
[Foto: Schmidt]

Einbaufeuchte

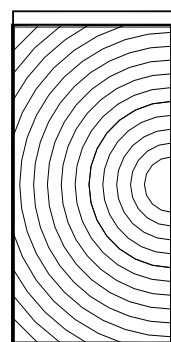
Im Zusammenhang mit der Vermeidung von Mängeln/Schäden infolge von Schwind- und Quellverformungen des Holzes kommt der **Einbaufeuchte** der Hölzer eine primäre Bedeutung zu. Hierauf wird in *Abschn. 2.1.5* detailliert eingegangen.

2.1.3 Risse, Verdrehungen

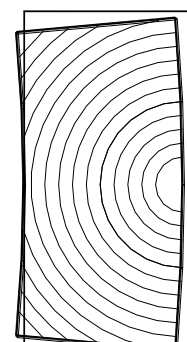
[Schadensbeispiele: 2-04 / 2-05 / 2-06 / 3-07 / 3-08 / 4-07]

Gefahr von Rissen

Die Tatsache, daß Holz tangential zu den Jahrringen stärker schwindet als radial, führt dazu, daß die Volumenänderung nicht gleichmäßig erfolgen kann. In **Bild 2.1-28** ist die idealisierte Querschnittsänderung aus *Bild 2.1-12* einem realistischen Verformungsbild gegenübergestellt.



idealisiert



realistischer

Bild 2.1-28

idealisierte und realistischere Querschnittsänderung infolge von Schwinden

Mit dieser ungleichmäßigen Verformung sind Zwängungsspannungen verbunden, die zu den bekannten Trocknungsrisse führen. Die Neigung zur Rißbildung ist dabei umso größer, je schneller (schärfer) das Holz heruntertrocknet. Der Einfluß der Einschnittart wird in *Abschn. 2.1.4* eingehend behandelt.

Die auftretenden Risse können dabei in der Größenordnung der Querschnittsänderung liegen, die sich unter Zugrundelegung des mittleren Schwindmaßes ergibt, wie das nachfolgende Beispiel zeigt.

Beispiel (vgl. Bild 2.1-29 und –30):

Kantholz $b/h = 120/240$ mm.

Feuchte beim Einbau: $u_o = 30\%$

Gleichgewichtsfeuchte (beheizter Raum): $u_{GI} = 12\%$

Für ein einstieliges Vollholz mit der Markröhre in Querschnittsmitte ist für den inneren Querschnittsbereich (mit radialem Schwinden) eine Höhenänderung von etwa 7 mm und einer Breitenänderung von etwa 3,5 mm zu erwarten:

$$\Delta b_{\text{innen}} \approx 0,0016 \cdot (30 - 12) \cdot 120 = 3,5 \text{ mm}$$

$$\Delta h_{\text{innen}} \approx 0,0016 \cdot (30 - 12) \cdot 240 = 6,9 \text{ mm}$$

Für den äußeren Querschnittsbereich mit überwiegendem tangentialen Schwinden ist eine Höhenänderung von etwa 14 mm und einer Breitenänderung von etwa 7 mm zu erwarten:

$$\Delta b_{\text{außen}} \approx 0,0032 \cdot (30 - 12) \cdot 120 = 6,9 \text{ mm} \approx 2 \cdot \Delta b_{\text{innen}}$$

$$\Delta h_{\text{außen}} \approx 0,0032 \cdot (30 - 12) \cdot 240 = 13,8 \text{ mm} \approx 2 \cdot \Delta h_{\text{innen}}$$

Die infolge der Zwängungsspannungen auftretenden Risse betragen somit etwa 7 mm ($\approx 13,8 - 6,9$) über die Höhe und etwa 3,5 mm ($\approx 6,9 - 3,5$) über die Breite gesehen.

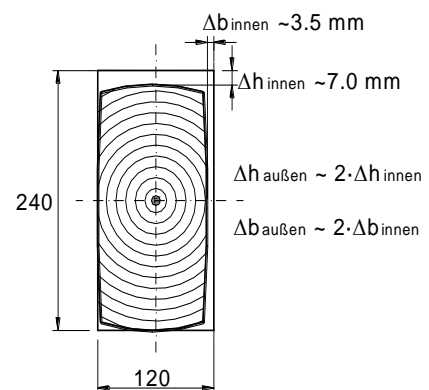


Bild 2.1-29
ungleichmäßige Querschnittsänderungen innen und außen
($u = 30\% \rightarrow 12\%$)

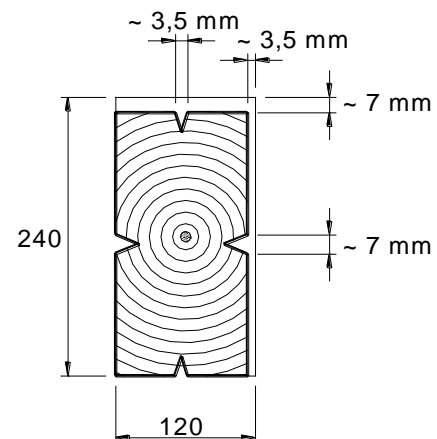


Bild 2.1-30
Querschnitt mit Rissen ($u = 30\% \rightarrow 12\%$)

Riß ≠ Einsturz

Nun ist das Vorhandensein von Rissen aber noch nicht gleichbedeutend mit einer unzulässigen Beeinträchtigung der Tragfähigkeit eines Balkens.

Vielmehr wurde bereits bei der Festlegung der zulässigen Spannungen nach DIN 1052-1 das Auftreten von Rissen berücksichtigt. [FRECH] gibt Grenzwerte für die maximal zulässige Rißtiefe in Abhängigkeit von der Beanspruchungsart (Schub, Biegung) an, bis zu denen die Tragfähigkeit nicht unzulässig herabgesetzt wird.

Das eigentliche Problem von Rissen liegt aber wohl weniger in der Angst vor einem möglichen Versagen der Holzbauteile, sondern vielmehr darin, daß sie der Auftraggeber aus optischen Gründen nicht wünscht. In **Bild 2.1-31 bis –33** sind einige Beispiele gezeigt, bei denen die Risse zwar keine Beeinträchtigung der Tragfähigkeit darstellen, aber durchaus als optischer Mangel angesehen werden können.

Bild 2.1-31

großer Riß in Mittelfette; besonders auffällig durch weißen Anstrich [Foto: Frech]



Bild 2.1-32

rissige Stütze [Foto: Galiläa]



Risse als optischer
Mangel

Bauherren sind nicht mehr bereit, größere Risse im Holz als materialbedingt und unvermeidbar anzusehen. Sichtbare Holzbauteile werden als gestalterisches Element eingesetzt, so daß Abweichungen vom „Idealzustand“ als optischer Mangel empfunden werden. Dieser Meinung schließt sich auch die Rechtsprechung in zunehmendem Maße an, zumal es - technisch gesehen - möglich ist, die hohen Ansprüche der Bauherren zu erfüllen: durch Einbau getrockneten Holzes oder Wahl einer geeigneten Einschnittart. Dies wird in den folgenden Abschnitten gezeigt.

Holzqualität in Aus-
schreibung

Diesbezügliche Anforderungen sind jedoch bereits bei der Ausschreibung zu berücksichtigen und auch vertraglich zu vereinbaren.

Bild 2.1-33

Deckenbalken mit unterseitigem Riß
[Foto: Schmidt]



Zimmereibetrieb:
Bedenken anmelden

In Anbetracht der immer wiederkehrenden Reklamationen sollten Risse auf keinen Fall verharmlost werden, und die Auftragnehmer (Zimmereibetriebe) tun gut daran, bei Beratungsgesprächen hierauf hinzuweisen und ihre Bedenken anzumelden, wenn in der Ausschreibung diesbezüglich nichts gefordert wird (siehe auch *Abschn. 3.1*).

Feuchteschäden durch
Risse

Bei Durchdringungen bilden Risse in den Holzbalken „Schlupflöcher“ für die Luft, so daß selbst bei guter Abdichtung um die Balken herum Zuglufterscheinungen, Wärmeverluste und Feuchteschäden infolge von Luftströmungen die Folge sein können (vgl. **Bild 2.1-34a und -34b**).

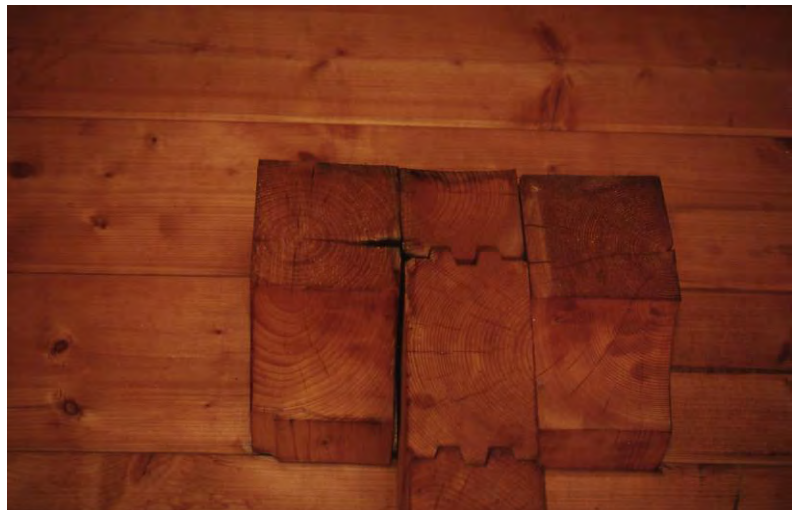


Bild 2.1-34a

seitliche Risse als „Schlupfloch“ für die Luft [Foto: Egle]



Bild 2.1-34b

seitliche Risse als „Schlupfloch“ für die Luft [Foto: Galiläa]

Verdrehungen

Neben Rissen sind Verdrehungen der Holzbauteile oftmals Ursache von optischen Beeinträchtigungen und Mängeln/Schäden. Verdrehungen treten beim Trocknen der Hölzer auf und sind darauf zurückzuführen, daß Holzfasern nie genau parallel zum Bauteil verlaufen. Diese Schrägfaserigkeit liegt in der konischen Form und im krummen Wuchs eines Baumstammes (Drehwuchs) begründet. In **Bild 2.1-35 bis –38** sind einige Beispiele von Rissen und Verdrehungen dargestellt, die auf die vorhandenen Schrägfaserigkeit zurückzuführen sind.



Bild 2.1-35

Eichenstütze mit Drehwuchs [Foto: Schmidt]



Bild 2.1-36
Verdrehte Fußpfette [Foto: Trübswetter]



Bild 2.1-37
Anschluß Deckenbalken: Fugen, Verdrehungen und Rißbildung durch Schwinden [Foto: Schmidt]

Bild 2.1-38

diagonaler Riß durch Schrägfaserigkeit [Foto: Schmidt]



Verdrehungen in Längsrichtung beeinträchtigen dabei nicht nur das optische Erscheinungsbild der Bauteile, sondern sie können auch zu Mängeln/Schäden führen, wenn die Konstruktion gegenüber solchen Verformungen empfindlich ist. So kann z.B. die Verdrehungen eines Wandstieles zu Rissen in der inneren, luftdichten Bekleidung/ Beplankung führen, die ihrerseits wiederum die Gefahr von Tauwasserschäden, bedingt durch Konvektion, nach sich ziehen (siehe hierzu auch *Abschn. 5.3.4 und 5.4*).

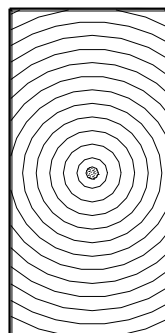
2.1.4 Einschnittart

[Schadensbeispiele: 2-04]

Trocknungsbedingte Verformungen (z.B. Risse und Verdrehungen) werden maßgeblich von der Einschnittart des Holzes beeinflusst. So sind z.B. sog. einstielig eingeschnittene Vollhölzer/Ganzhölzer (Markröhre innerhalb des Querschnittes) deutlich anfälliger gegenüber Rissen und Verdrehungen als Halbhölzer oder Viertelhölzer (vgl. **Bild 2.1-39**).

Bild 2.1-39

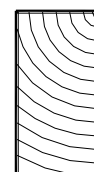
Einschnittart



Ganzholz



Halbholz

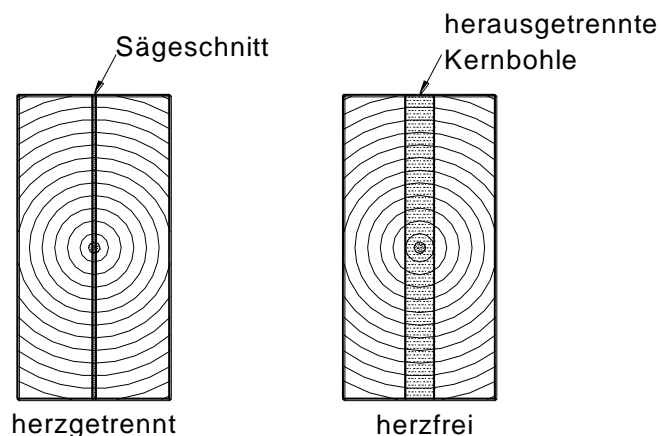


Viertelholz

Man kann trocknungsbedingte Verformungen auf ein tolerierbares Maß reduzieren, indem man herzetrennte, oder besser noch herzfrey eingeschnittene Hölzer verwendet (siehe **Bild 2.1-40**).

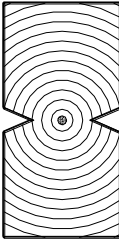
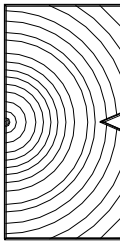
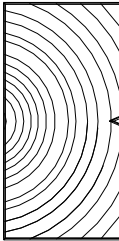
Bild 2.1-40

Unterschied herzetrennt und herzfrei



[GLOS] führte umfangreiche Untersuchungen über die Rißbildung bei Kanthölzern in Abhängigkeit von der Einschnittart und der Querschnittsgröße durch. Die in **Tabelle 2.1-2** zusammengefaßten Ergebnisse bestätigen eindrucksvoll die Bedeutung der Einschnittart.

Tabelle 2.1-2 Rißbildung bei Kanthölzern in Abhängigkeit von Einschnitt und Querschnitt [Glos]

| | Querschnitt |  |  |  |
|---|-------------|--|---|--|
| | | Ganzholz | Halbholz | herzfrei |
| Anzahl rißfreier ¹⁾ 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 |
| Mittlere maximale Rißtiefe [mm] | 80 x 180 | 12 | 17 | 11 |
| | 140 x 260 | 57 | 41 | 32 |
| | 160 x 160 | 66 | 42 | 26 |
| ¹⁾ Rißfrei = Rißbreite ≤ 1 mm | | | | |

Einschnittart in Ausschreibung

Herzetrennte und herzfrie Hölzer gehören aber ausdrücklich vereinbart und in der Ausschreibung entsprechend ausgewiesen.

2.1.5 Einbaufeuchte

[Schadensbeispiele: 2-04 / 2-06 / 3-02 / 4-01 / 6-02]

DIN 4074-1 und DIN 68365 teilen Holz hinsichtlich ihrer Feuchte übereinstimmend wie folgt ein:

Trocken: $u \leq 20\%$

- trockenes Holz mit einer Holzfeuchte von höchstens 20%,
- halbtrockenes Holz mit einer Holzfeuchte von über 20% und höchstens 30% (bei Querschnitten mit mehr als 200 cm² höchstens 35%), und
- frisches Holz mit einer Holzfeuchte von über 30% (bei Querschnitten mit mehr als 200 cm² über 35%).

Die in Abschn. 2.1.2 zum Schwinden und Quellen gemachten Ausführungen zeigen, daß, je nachdem welche Gleichgewichtsfeuchte sich einstellen wird, der Holzfeuchte zum Zeitpunkt des Einbaus (Einbaufeuchte) eine entscheidende Rolle zukommt. DIN 1052 und DIN 18334 haben diesbezüglich nahezu gleichlautende Regelungen.

DIN 1052-1, Abschn. 4.2.2:

Ist die Holzfeuchte beim Einbau höher als die in Abschnitt 4.2.1 angegebenen Werte (= Gleichgewichtsfeuchten, siehe Abschn. 2.1.2), so darf dieses Holz nur für Bauwerke verwendet werden, bei denen es nachtrocknen kann und deren Bauteile gegenüber den hierbei auftretenden Schwindverformungen nicht empfindlich sind.

DIN 18334, Abschn. 3.1.5:

Die Hölzer sind in trockenem Zustand einzubauen. Kanthölzer (Balken) ... dürfen jedoch beim Einbau halbtrocken sein, wenn sie auf den trockenen Zustand für dauernd zurückgehen können.

Holz muß nachtrocknen können

In beiden Fällen wird hervorgehoben, daß Holz im eingebauten Zustand die Gelegenheit haben muß, nachtrocknen zu können. Ein dampfdichtes oder nahezu dampfdichtes 'Einpacken' von nassen Holzbauteilen verhindert ein Nachtrocknen und führt zwangsläufig zu Pilz- und Schwebmbefall.

Im nachfolgenden Beispiel ist dargestellt, welche Mengen von Wasser beim Trocknen freigesetzt werden können, und die zum Schutze der Konstruktion abgeführt werden müssen.

Beispiel: Pfettendach

Holzvolumen in der Dachkonstruktion:

$$V \approx \frac{9 \cdot 12}{0,8 \cdot \cos 35^\circ} \cdot 0,10 \cdot 0,18 \approx 3 \text{ m}^3$$

Darrgewicht der Sparren (mittlere Darrohdichte $\rho_0 \approx 430 \text{ kg/m}^3$)

$$G_{0,\text{Holz}} \approx 3 \cdot 430 = 1290 \text{ kg}$$

Die Sparren werden halbtrocken mit einer Holzfeuchte von $u = 25\%$ eingebaut.

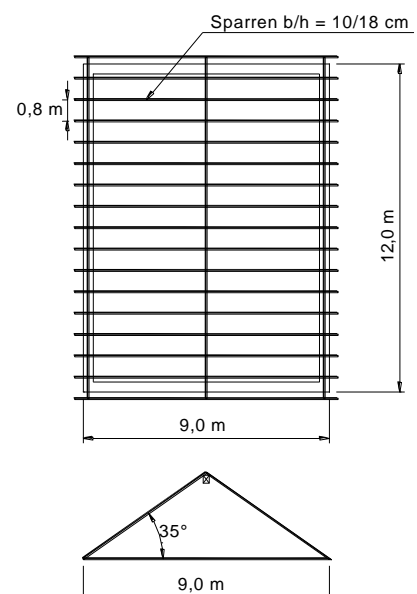
Der Wasseranteil in diesem Holz beträgt:

$$G_{\text{Wasser}} = u \cdot G_{0,\text{Holz}} = 0,25 \cdot 1290 = 322,5 \text{ kg (Liter)}$$

Im Bauwerk wird eine Gleichgewichtsfeuchte von etwa 12% erwartet. Die im Holz gebundene Wassermenge beträgt dann:

$$G_{\text{Wasser}} = 0,12 \cdot 1290 = 154,8 \text{ kg (Liter)}$$

Während des Nachtrochnungsprozesses gibt das Holz somit insgesamt etwa 168 Liter Wasser ($\approx 322,5 - 154,8$) ab. Dies entspricht dem Inhalt einer gut gefüllten Badewanne. Diese Menge muß über eine ausreichende Belüftung und/oder eine diffusionsoffene Bauweise abgeführt werden.



Unempfindlichkeit
gegenüber Schwind-
verformungen

Neben der Möglichkeit des Nachtrocknens ist die Unempfindlichkeit von Bauwerken/Bauteilen gegenüber Schwindverformungen eine wichtige Voraussetzung für die Verwendung von halbtrockenem Holz. Im Kommentar zur DIN 18334 [Franz/Strauß] werden hierzu folgende Beispiele genannt:

- zimmermannsmäßig hergestellte Dachkonstruktionen,
- Sparren von belüfteten Dachkonstruktionen,
- ausgebaute, später nicht sichtbare Dachkonstruktionen, deren Hölzer vor dem Ausbau oder innerhalb eines begrenzten Zeitraumes ungehindert austrocknen können.

Diese Beispiele beschränken sich auf nicht sichtbare Konstruktionen, von denen angenommen wird, daß sie gegenüber möglichen Schwindverformungen vergleichsweise unempfindlich sind. Diese Beispiele sind somit nicht als 'Freibrief' für den Einsatz von halbtrockenem Holz zu verstehen, denn die Empfindlichkeit einer Konstruktion gegenüber Schwindverformungen ist von vielen Faktoren abhängig und ist in jedem Einzelfall zu überprüfen. So können durch den Einbau zu feuchten Holzes außerplanmäßig große Verformungen, z.B. Durchbiegungen auftreten, die die Gebrauchstauglichkeit der Konstruktion stark einschränken können. Genauso können halbtrocken eingebaute Sparren durch die Schwindverformungen empfindliche Wärmebrücken verursachen.

Mit dem Ziel, Mängel/Schäden, die auf Schwindverformungen zurückzuführen sind, zu vermeiden, fordert DIN 1052-1, Holz mit der Feuchte einzubauen, die sich auf Dauer einstellen wird. In beheizten Innenräumen bedeutet dies, daß Holz mit einer Holzfeuchte von etwa 9% einzubauen wäre. Dies ist baupraktisch jedoch kaum zu erreichen.

In der Praxis hat sich eine Einbaufeuchte von $(15 \pm 3)\%$ bewährt. Zwar sind die dann noch auftretenden Schwindverformungen nach wie vor zu berücksichtigen, diese können aber erfahrungsgemäß von der Konstruktion schadlos aufgenommen werden.

Sichtbare Bauteile im
Innenbereich: trocke-
nes Holz einsetzen

Die Empfehlungen im Kommentar zur DIN 18334 zielen in die gleiche Richtung, auch wenn sie nicht ganz so weit gehen: hier wird für sichtbar bleibende gehobelte Dachkonstruktionen im Innenbereich eine Einbaufeuchte von maximal 20% (trockenes Holz) für zweckmäßig gehalten. Diese Empfehlung, die auch auf Holzbauteile in ähnlichen Einsatzbereichen übertragbar ist (z.B. sichtbare Deckenbalken), bestätigt, daß Holzbauteile, die im Innenbereich eingesetzt werden, grundsätzlich trocken einzubauen sind. Leider wird diese Empfehlung in der Praxis allzu häufig mißachtet.

DIN 18334 ist derzeit in Überarbeitung, wobei damit zu rechnen ist, daß die Forderung nach einem Einbau trockenen Holzes eindeutiger und „strenger“ gefaßt werden wird als bisher.

Schwindrisse können
einen optischen Man-
gel darstellen

Auch wenn Schwindrisse die Tragfähigkeit von Holzbauteilen nicht unzulässig herabsetzen und somit deren Funktion nicht beeinträchtigen, so können diese doch einen optischen Mangel darstellen. Insbesondere bei sichtbaren Bauteilen im Innenbereich, die bewußt aus gestalterischen Gründen eingesetzt werden, spielt das Aussehen eine wichtige Rolle. Hier sollte in jedem Fall trockenes Holz eingesetzt werden (siehe auch *Abschn. 2.1.3*).

Trockenes Holz:
Voraussetzung für
Verzicht auf chem.
Holzschutz

Die Verwendung von trockenem Holz hat darüber hinaus noch einen weiteren positiven Effekt, der in der heutigen Zeit nicht deutlich genug betont werden kann: Der Einbau von trockenem Holz ist nach DIN 68800-2 und -3 eine entscheidende Voraussetzung für die Einordnung einer Holzkonstruktion in die Gefährdungskategorie 0 und damit für den Verzicht auf den Einsatz chemischer Holzschutzmittel!

2.1.6 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 (**Bild 2.1-41**). Dieses neue Produkt ist als Antwort auf die gestiegenen Qualitätsansprüche der Kunden aber auch die zunehmende Komplexität der Konstruktionen zu verstehen.

Die wichtigsten Merkmale von Konstruktionsvollholz (KVH) sind:

- Erfüllung der Sortierkriterien für die Sortierklasse S 10 nach DIN 4074-1;
- (technisch) getrocknetes Holz (garantierte Holzfeuchte von $(15 \pm 3) \%$ und damit geringere Schwindverformungen durch Nachtrocknen im Bauwerk;
- herzfrey eingeschnittenes Holz bei KVH mit Dicken ≤ 100 mm im sichtbaren Bereich, herzfretrennt 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 (± 1 mm), die insbesondere beim Einsatz moderner Abbaumethoden 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).



Bild 2.1-41
Konstruktionsvollholz

KVH erfüllt die wesentlichen Voraussetzungen für ein schadensfreies Bauen

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.

Weitere Informationen zum KVH können [IFO-Konstruktionsvollholz] entnommen werden.

2.2 Brettschichtholz (BSH)

[Schadensbeispiele: 2-01]

Tabelle 2-2-1 Eigenschaften von Brettschichtholz

| | | |
|--|-------------------------------|--|
| Lieferfeuchte | u [Masse-%] | 10 - 15 |
| feuchteabhängige Dimensionsänderung | α | längs zur Faser: 0,01 % je % Δu bzw. $2,5 \cdot 10^{-5}$ je % $\Delta \varphi$ ¹⁾ ²⁾ quer zur Faser: 0,24 % je % Δu bzw. $60 \cdot 10^{-5}$ je % $\Delta \varphi$ ¹⁾ |
| temperaturbedingte Dimensionsänderung | α_T [K ⁻¹] | $2,5 - 5 \cdot 10^{-6}$ ²⁾ |
| Wärmeleitfähigkeit | λ_R [W/mK] | 0,13 |
| Dampfdiffusionswiderstand | μ [-] | 40 |
| ¹⁾ φ = rel. Luftfeuchte | | |
| ²⁾ i.d.R. nicht relevant | | |

Brettschichtholz besteht aus schichtweise miteinander verleimten Brettlagen (sog. Lamellen), die üblicherweise e bei mittels Keilzinkenverholz darf nur von Betrieb sind.

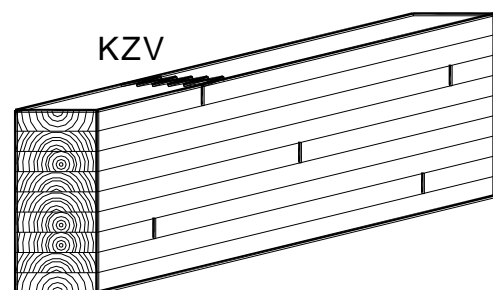


Bild 2.2-1
Aufbau von Brettschichtholz

Die Qualität von Keilzinkenverbindungen muß überwacht werden

Da die KZV ein wesentlicher festigkeitsbestimmender Faktor ist, unterliegt die Herstellung von Keilzinkenverbindungen für Brettschichtholz der Klassen BS 14, BS 16 und BS 18 seit Einführung der DIN 1052-1/A1 in den Jahren 1996/97 einer Eigen- und Fremdüberwachung. In **Bild 2.2-2** ist ein Brettschichtholzträger dargestellt, bei dem das Bruchbild den Keilzinkungen in den verschiedenen Lamellen folgt und auf eine unzureichende Qualität der KZV hindeutet.



Bild 2.2-2

Brettschichtholzträger mit Bruchbild, das den Keilzinkenverbindungen folgt [Foto: Schmidt]

Die Gütegemeinschaft BS-Holz verleiht das RAL-Gütezeichen an Holzleimbaubetriebe, die sich im Hinblick auf die Qualitätssicherung freiwillig einer ständigen Eigen- und Fremdüberwachung unterziehen.

Der Einsatz von Brettschichtholz im üblichen Wohnungsbau beschränkt sich auf einzelne Bauteile, bei denen die Vorteile von Brettschichtholz gegenüber herkömmlichem Vollholz besonders gefragt sind.

Vorteile von BSH:

- trocken
- große Querschnitte
- hohe statische Eigenschaften

Hauptgründe für den Einsatz von Brettschichtholz sind:

- Geringe trocknungsbedingte Verformungen:
Brettschichtholz stellt von Haus aus einen trockenen Baustoff dar, da die Bretter technisch auf eine Holzfeuchte von unter 15% getrocknet werden. Damit besitzt Brettschichtholz unabhängig von der Querschnittsgröße eine deutlich geringere Neigung zu Rissen und anderen trocknungsbedingten Formänderungen.
- Nahezu beliebige Querschnittsabmessungen:
Brettschichtholz wird aus einzelnen (auch nebeneinanderliegenden) Brettern hergestellt, so daß alle im üblichen Holzbau benötigten Querschnitte problemlos hergestellt werden können.
- Hohe statische Eigenschaften:
durch den bei der Herstellung erzielten Vergütungseffekt besitzt Brettschichtholz gegenüber Vollholz bessere statische Eigenschaften (zulässige Spannungen, Elastizitätsmodul).

Brettschichtholz wird somit immer dann eingesetzt, wenn Vollholz hinsichtlich Querschnittsgröße, statischen Anforderungen und/oder Riß- und Verformungsverhalten an seine Grenzen stößt. Als typisches Beispiel seien die Mittelpfette eines Daches und die tragende/aussteifende Konstruktion von sichtbar bleibenden Skelettbauten genannt.

Das Schwind- und Quellverhalten sowie die bauphysikalischen Eigenschaften unterscheiden sich nicht von denen für Vollholz (vgl. Tabelle 2.1-1 und 2.2-1).

2.3 Holzwerkstoffplatten (HWSt)

2.3.1 Allgemeines

[Schadensbeispiele: 2-07]

Holzwerkstoffplatten bestehen aus Furnieren, Spänen oder Fasern, die mit geeigneten Bindemitteln (meist Kleber) zu Platten verpreßt werden.

Bezüglich der Feuchtebeständigkeit der Verleimung unterscheidet DIN 68800-2 die in **Tabelle 2.3-1** angegebenen Holzwerkstoffklassen.

Tabelle 2.3-1 Holzwerkstoffklassen nach DIN 68800-2

| Holzwerkstoffklasse | zulässige Plattenfeuchte | Erläuterung |
|--|--------------------------|---|
| 20 | $u \leq 15\% ^1$ | Verleimung beständig in Räumen mit i.a. niedriger Luftfeuchte (z.B. $\varphi \leq 70\%$) |
| 100 | $u \leq 18\%$ | Verleimung beständig gegen hohe Luftfeuchte (z.B. $\varphi \leq 80\%$) |
| 100 G | $u \leq 21\%$ | Verleimung beständig gegen hohe Luftfeuchte (z.B. $\varphi \leq 80\%$) und Holz gegen holzerstörende Pilze geschützt |
| ¹⁾ für Holzfaserplatte: $u \leq 12\%$ | | |

Die Anwendungsbereiche von Platten der unterschiedlichen Holzwerkstoffklassen sind in DIN 68800-2 festgelegt (siehe auch *Abschn. 6.2.10*).

Beständigkeit der
Verleimung

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß Tabelle 2.3-1 lediglich Auskunft über die Beständigkeit der Verleimung gibt, und nicht über die Beständigkeit der Platten insgesamt. So hält zwar die Verleimung einer 100 - Platte einer hohen Feuchtebeanspruchung stand, die Platte selbst jedoch kann an Tragfähigkeit verlieren und durch zu große Formänderungen funktionsuntüchtig werden.

Keine Klasse 100 G in
Innenräumen

Gegen Pilzbefall geschützte Platten enthalten meist Biozide, so daß es aus Gründen des Umwelt- und Gesundheitsschutzes anzustreben ist, deren Einsatz auf ein Minimum zu reduzieren. Nach DIN 68800-2 ist es mit baulichen Maßnahmen möglich, in allen Bereichen, die mit der Raumluft in Kontakt stehen, auf die Verwendung von Holzwerkstoffplatten der Klasse 100 G zu verzichten.

2.3.2 Flachpreßplatten (FP)

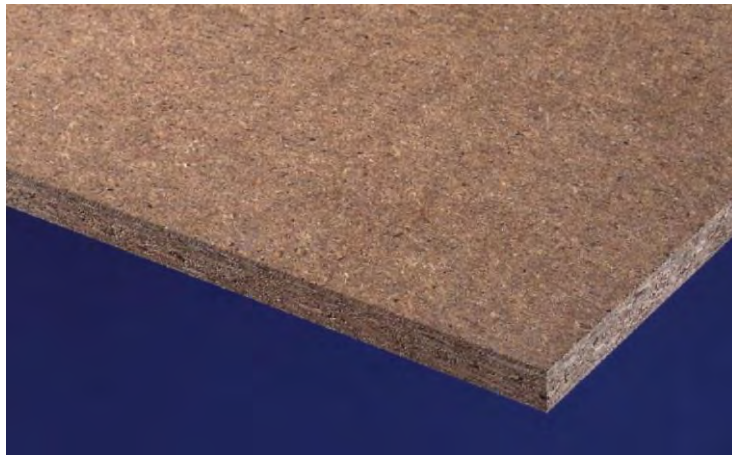


Bild 2.3-1

Flachpreßplatte [Foto: IFO - Konstruktive Holzwerkstoffe]

Üblicherweise werden Flachpreßplatten (Spanplatten) nach DIN 68763 verwendet. Diese können als Bekleidung, aber auch als aussteifende oder mittragende Beplankung für Wände und Decken eingesetzt werden.

Tabelle 2.3-2 Eigenschaften von Flachpreßplatten

| Lieferfeuchte | u [Masse-%] | 5 - 12 | | |
|--|-------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------------------|
| feuchteabhängige Dimensionsänderung | α | V 20: | 0,035 % | je % Δu |
| | | bzw. | $\sim 7 \cdot 10^{-5}$ | je % $\Delta \varphi$ ¹⁾ |
| | | V100: | 0,02 % | je % Δu |
| | | bzw. | $\sim 5 \cdot 10^{-5}$ | je % $\Delta \varphi$ ¹⁾ |
| temperaturbedingte Dimensionsänderung | α_T [K ⁻¹] | $12 \cdot 10^{-6}$ | | |
| Wärmeleitfähigkeit | λ_R [W/mK] | 0,13 | | |
| Dampfdiffusionswiderstand | μ [-] | 50/100 | | |
| ¹⁾ φ = rel. Luftfeuchte | | | | |

Bei FP-Platten unterscheidet man entsprechend ihrer Verleimungsart die Typen V20, V 100 und V 100 G, die in den entsprechenden Anwendungsbereichen der DIN 68800-2 eingesetzt werden können.

FP - Platten nicht
witterungsbeständig

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Eigenschaft 'witterungsbeständig' der Plattentypen V 100 und V 100 G sich lediglich auf die Verleimung, nicht jedoch auf die Platte als solche bezieht.

Das Sorptionsverhalten von FP-Platten - d.h. die Änderung der Plattenfeuchte in Abhängigkeit vom Umgebungs-klima - ist ähnlich dem von Vollholz.

Da die Lieferfeuchte von FP-Platten bei etwa 8% liegt, sind Formänderungen durch Nach-trocknen im Bauwerk somit nahezu ausgeschlossen.

Das Arbeitsverhalten von FP-Platten in Plattenrichtung bei wechselnden Umgebungsbedin-gungen (Schwinden und Quellen) ist deutlich geringer ausgeprägt als bei Vollholz (nur etwa

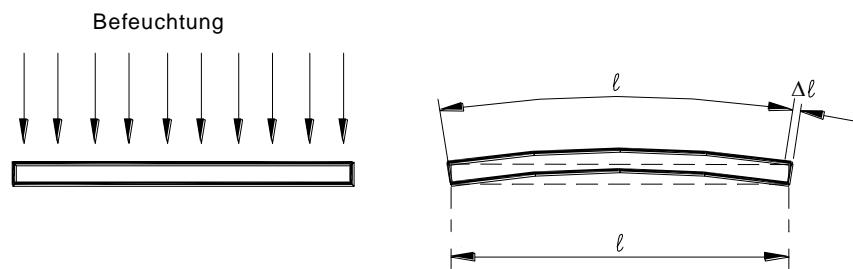
1/7). Bei großen Plattenabmessungen können jedoch die absoluten Längenänderungen durchaus beträchtlich werden.

Gefahr von Schäden durch Verformungen der Platten

Bei FP-Platten stellen aber weniger die gleichmäßigen Längenänderun-

dehnt sich die der h
Die der höheren Feu
Folge hiervon ist ein
der Platten erheblich

Bild 2.3-2
Aufwölbung von Platten bei einseitiger Befeuchtung



Tritt im bereits eingebauten Zustand eine unzuträgliche Feuchtebeanspruchung auf (Baufeuchte), so beulen die Platten aus, wobei die Aufwölbung nur selten wieder vollständig zurückgehen. Hier hilft oftmals nur ein Austausch der Platten

Naßbereiche: Abdichtung von Flächen und Fugen

Beim Einsatz von Holzwerkstoffplatten in Naßbereichen (Bad, Küche) ist der Abdichtung von Flächen und Fugen zur Verhinderung einer unzuträglichen Befeuchtung besondere Aufmerksamkeit zu widmen, weil

spröde Beläge (Fliesen) keine ausreichende Elastizität besitzen, um solche Verformungen zu verkraften. Bei großformatigen Fliesen kann dies zu Rissen oder gar zum Abplatzen der Fliesen führen (**Bild 2.3-3**).



Bild 2.3-3
Risse in Fliesen durch Aufwölben einer HWSt-Platte
[Foto: Macha]

| | |
|--|--|
| Seit 1980 nur noch E1-Platten in Innenräumen | Ein bekanntes Reizthema im Zusammenhang mit Spanplatten ist die Belastung der Raumluft durch Formaldehyd (FAH), insbesondere bei harnstoffharzverleimten Platten. Seit 1980 dürfen in Aufenthaltsräumen nur Spanplatten eingesetzt werden, die den vom Bundesgesundheitsamt empfohlenen hygienischen Richtwert von 0,1 ml FAH/m ³ Raumluft (0,1 ppm, Emissionsklasse E1) nicht überschreiten - eine übliche Nutzung der Räume vorausgesetzt. Dieser Wert wird jedoch von modernen Platten deutlich unterschritten: Messungen in Bauwerken ergeben Werte von im Mittel 0,03 ppm. |
| Nur gekennzeichnete Platten verwenden | Im Bauwesen dürfen in Innenräumen somit bereits seit langem nur noch E 1 -Platten verwendet werden. Diese sind entsprechend gekennzeichnet. Nicht gekennzeichnete Platten dürfen nicht verwendet werden. Das Thema Formaldehyd wird in <i>Abschnitt 8</i> eingehender behandelt. |

2.3.3 Bau-Furniersperrholzplatten (BFU)

[Schadensbeispiele: 2-07]

Platten aus Bau-Furniersperrholz nach DIN 68705-3 werden bei Dach-, Decken- und Wandbauteilen, sowie als Fassadenplatten eingesetzt. Dies erfolgt zum einen aus gestalterischen Gründen, und zum andern weil BFU-Platten im Vergleich zu FP-Platten weniger empfindlich gegenüber kurzfristiger Bewitterung und Feuchtebeanspruchung sind. Dies ist insbesondere im Rohbaustadium von Bedeutung.

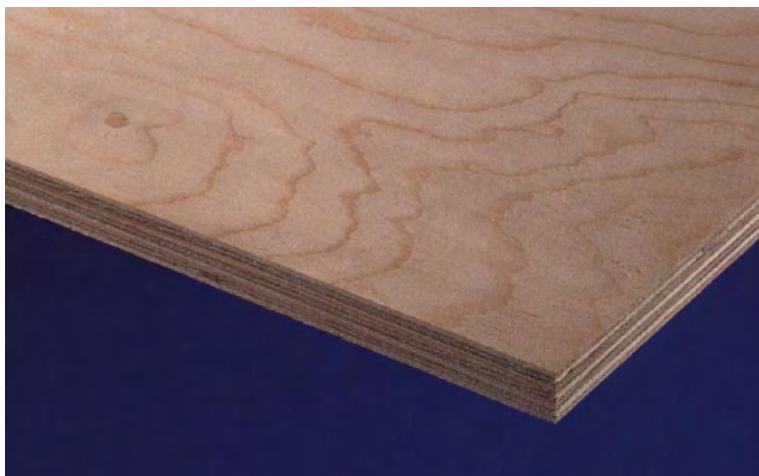


Bild 2.3-4
Bau-Furniersperrholzplatte [Foto: IFO – Konstruktive Holzwerkstoffe]

In **Tabelle 2.3-3** sind einige Eigenschaften von BFU-Platten angegeben.

Tabelle 2.3-3 Eigenschaften von Bau-Furniersperrholzplatten

| | | |
|--|-------------------------------|--|
| Lieferfeuchte | [Masse-%] | 5 - 15 |
| feuchteabhängige Dimensionsänderung | α | V 20: 0,015 % je % Δu bzw. $\sim 3\text{--}4 \cdot 10^{-5}$ je % $\Delta \varphi$ ¹⁾ |
| temperaturbedingte Dimensionsänderung | α_T [K ⁻¹] | $10 - 15 \cdot 10^{-6}$ |
| Wärmeleitfähigkeit | λ_R [W/mK] | 0,15 |
| Dampfdiffusionswiderstand | μ [-] | 50/400 |
| ¹⁾ φ = rel. Luftfeuchte | | |

Bezüglich der Verleimungsart unterscheidet man - wie bei den FP-Platten - ebenfalls drei Klassen (BFU 20, BFU 100 und BFU 100 G), die in den entsprechenden Anwendungsbereichen der DIN 68800-2 eingesetzt werden können. Auch hier gilt die Eigenschaft wetterbeständig für die Plattentypen 100 und 100 G nur für die Verleimung, nicht jedoch für die gesamte Platte. Auch wenn eine Platte des Typs BFU 100 G deutlich witterungsbeständiger als eine FP-Platte V 100 G ist, so müssen doch die in Tabelle 2.3-1 angegebenen Werte für die Grenzfeuchte eingehalten werden. Grund hierfür ist wiederum die Vermeidung von Schäden durch feuchtebedingte Formänderungen.

Die Lieferfeuchte von BFU-Platten liegt zwischen 5 und 15%, so daß Formänderungen infolge nachträglichen Austrocknens in der Konstruktion gering sind.

Schimmelpilzbefall

Angesichts der im Vergleich zu FP-Platten größeren Dimensionsstabilität (insbesondere im Bauzustand mit erhöhter Baufeuchte) werden BFU-Platten in verstärktem Maße eingesetzt. Mit dem vermehrten Einsatz von BFU-Platten häufen sich in jüngster Zeit aber auch Fälle, bei denen von Schimmelpilzbefall der Platten berichtet wird. Dies deutet darauf hin, daß BFU-Platten eine erhöhte „Empfindlichkeit“ gegenüber Schimmelpilzbefall besitzen. Als Ursache hierfür werden die Mikrorisse in den Furnieren vermutet, die beim Schälen und der anschließenden Trocknung entstehen. Diese ermöglichen es der Feuchte, leichter ins Platteninnere einzudringen, von wo sie nur schwer wieder heraus kann. Kann daher eine Feuchtebeanspruchung nicht ausgeschlossen werden, so sollten BFU-Platten zumindest mit einem wasserabweisenden Anstrich versehen werden.

Ähnlich wie bei FP-Platten ist bei der Verwendung von BFU-Platten in Feuchträumen der konstruktiven Durchbildung von Abdichtungen erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen.

Ausblühungen

Werden BFU-Platten als **Fassadenplatten** frei der Bewitterung ausgesetzt, so kommt es gelegentlich zu sog. „Ausblühungen“ an der Oberfläche. Die Ursache hierfür liegt darin, daß die meist verwendeten Phenolharzleime alkalisch sind. Bei Bewitterung dringen alkalische Bestandteile an die Oberfläche, wo nach Verdunsten des Wassers weiße Salzränder zurückbleiben. Ein solches Ausblühen des Phenolharzes kann durch Zusatzstoffe minimiert werden, die dem Kleber/Bindemittel beigemischt werden. Gänzlich verhindert werden können sie nur durch Verwendung alkalifreier Bindemittel (z.B. PU-Kleber).

Aufblättern im Kantenbereich

Horizontale Kanten - speziell die unteren Abtropfkanten - sind mit größter Sorgfalt wasserabweisend zu versiegeln, da sie in starkem Maße der Befechtung durch ablaufenden Regen ausgesetzt sind und zum Aufblättern der Furniere neigen (**Bild 2.3-5**).

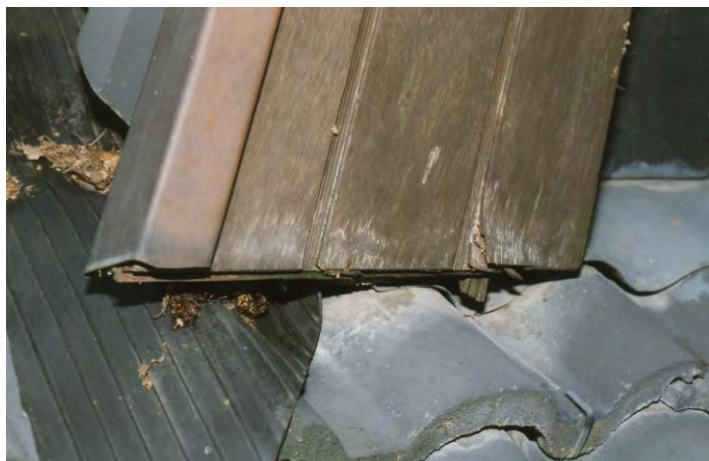


Bild 2.3-5

Aufblättern einer BFU-Platte durch unzureichenden Bodenabstand und mangelhaften Kantenschutz
[Foto: Macha]

Als Versiegelung werden Dickschichtlasuren und Farben und Lacke auf Acryl-Latex-Basis empfohlen, wobei vor offenporigen Systemen abgeraten wird. Insbesondere bei Zuschnitt der Platten auf der Baustelle ist ein besonderes Augenmerk auf die Versiegelung der entstehenden unbehandelten Kanten zu widmen.

Darüber hinaus sind folgende zusätzlichen Punkte zu beachten, die in *Abschn. 6* näher beschrieben werden:

- Anfasen oder leichtes Abrunden der Kanten (Radius ≥ 2 mm) zur besseren Haftung der Beschichtung/Versiegelung;
- ausreichender Bodenabstand zur Vermeidung von Spritzwasser;
- sind die Kanten sorgfältig versiegelt, so bringt die Ausbildung einer Tropfkante durch schräges Anschneiden der Platte kaum noch eine nachweisbare Verbesserung [GUSTAFSSON]. Auf einen Schrägschnitt kann dann verzichtet werden.

Werden diese Punkte beachtet, so dürfte das Risiko eines Aufblätterns der Furnierlagen im Kantenbereich minimiert sein.

2.3.4 Holzfaserplatten (HF)

Harte (HFH) und mittelharte (HFM) Holzfaserplatten nach DIN 68754-1 werden nur noch selten als mittragende Beplankung von Wänden eingesetzt. Der Einsatzbereich ist dabei auf die Holzwerkstoffklasse 20 begrenzt, wobei die Plattenfeuchte $u < 12\%$ betragen muß.

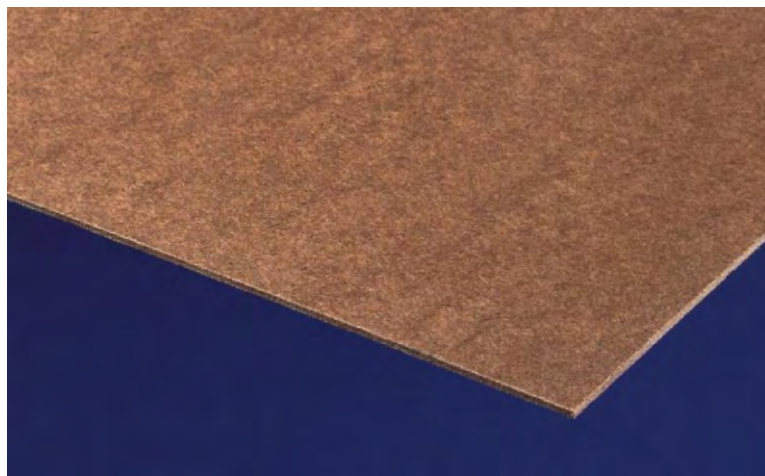


Bild 2.3-6a
Harte Holzfaserplatte [Foto: IFO –
Konstruktive Holzwerkstoffe]

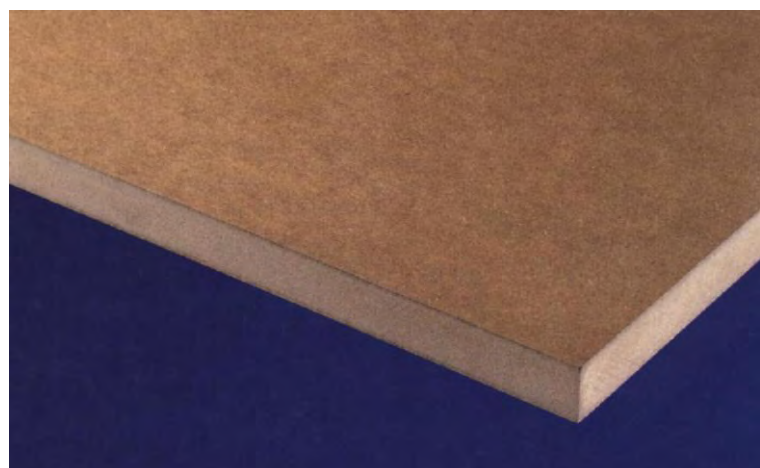


Bild 2.3-6b
Mittelharte Holzfaserplatte [Foto: IFO
Konstruktive Holzwerkstoffe]

Bei spezieller Vergütung von HFH-Platten können diese auch als diffusionsoffene Unterdeckplatten eingesetzt werden. Diese Einsatzmöglichkeit wird im Hinblick auf den möglichen Verzicht auf chemische Holzschutzmittel bei diffusionsoffener Bauweise sicherlich an Bedeutung gewinnen (siehe hierzu auch *Abschn. 6*).

Poröse HF-Platten nach DIN 68755 hingegen werden in zunehmendem Maße als Dämmplatten (HFD) in Dach- und Wandkonstruktionen eingesetzt (Hohlraumdämmung).

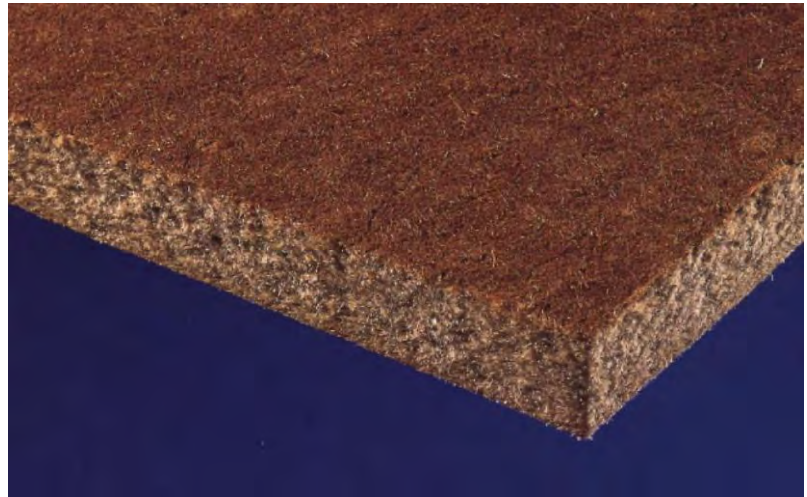


Bild 2.3-7

Poröse Holzfaserplatte [Foto: IFO – Konstruktive Holzwerkstoffe]

Bituminierte Holzfaserplatten (BPH) werden als obere Abdeckung von Dächern und als äußere Bekleidung von Wandkonstruktionen (zusätzliche wasserableitende Schicht) verwendet. Bei geeigneter Ausbildung/Abdichtung der Stoßfugen (z.B. Nut und Feder) können sie als Winddichtung herangezogen werden.

Poröse HF-Platten werden in zunehmendem Maße auch zur Trittschalldämmung herangezogen. Als alleinige Schalldämm-Maßnahme sind solche Platten jedoch nur bedingt geeignet. So können die an Wohnungstrenndecken gestellten Anforderungen nur unter Einsatz zusätzlicher Masse (z.B. Betonsteine) erfüllt werden.

DWD-Platten

Eine neuere Entwicklung stellen die sog. „Diffusionsoffenen Wand-Dachplatten“ der Fa. Glunz dar (DWD-Platten). Diese Platten sind mit einem umlaufenden Nut- und Federprofil versehen und können als winddichte und zweite wasserführende Schicht herangezogen werden. DWD-Platten dürfen als tragende und aussteifende Beplankung überall dort eingesetzt werden, wo die Holzwerkstoffklassen 20 und 100 nach DIN 68800-2 gefordert wird.

Durch die Diffusionsoffenheit dieser Platten sind Konstruktionen ohne vorbeugenden chemischen Holzschutz möglich (Gefährdungsklasse 0).

2.3.5 Weitere Holzwerkstoffplatten

Zementgebundene Spanplatten

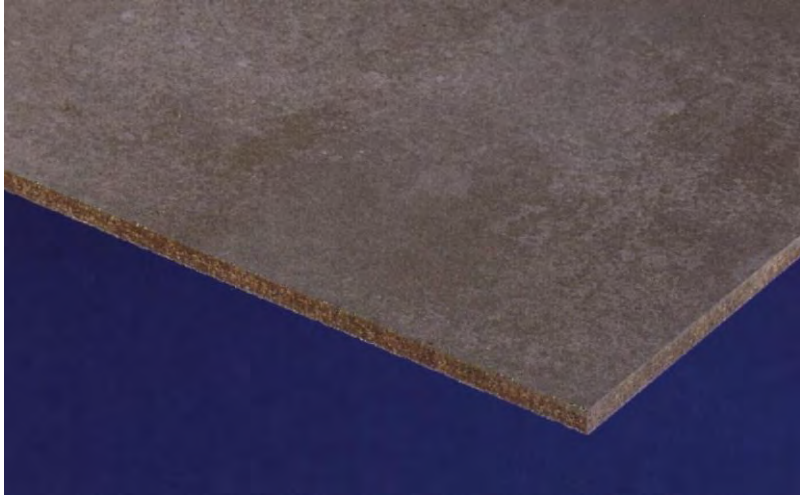


Bild 2.3-8

Zementgebundene Spanplatte [Foto: IFO – Konstruktive Holzwerkstoffe]

Zementgebundene Spanplatten nach DIN 68763 besitzen eine höhere Feuchtebeständigkeit und ein besseres Brandverhalten als 'normale' FP-Platten. Wegen des höheren Preises werden diese Platten nur in solchen Bereichen/Fällen eingesetzt, in denen hohe Anforderungen an diese Eigenschaften gestellt werden.

Zementgebundene Holzspanplatten können bei entsprechender Zulassung auch als tragende und aussteifende Beplankungen von Wandtafeln entsprechend DIN 1052-3 verwendet werden.

Furnierschichtholz



Bild 2.3-9

Furnierschichtholz-Platte [Foto: IFO – Konstruktive Holzwerkstoffe]

Furnierschichtholz wird wie Bau-Furniersperrholz aus Furnieren hergestellt, die jedoch vornehmlich faserparallel miteinander verleimt werden. Furnierschichtholz besitzt somit eine ausgeprägte Richtung für die Lastabtragung.

Rein parallel verleimtes Furnierschichtholz wird meist für stabförmige Konstruktionsteile eingesetzt.

Für großformatige Platten und Scheiben wird Furnierschichtholz mit zwischenliegenden Querlagen eingesetzt. Diese in Querrichtung angeordneten Furnierlagen bewirken eine 'Sperrwirkung', die das Schwinden und Quellen in Plattenebene reduziert.

Furnierschichtholz (mit Zulassung) wird derzeit vornehmlich in Bereichen des Ingenieurholzbaus eingesetzt, in denen hohe Anforderungen an die technische Eigenschaften gestellt werden.

OSB (Oriented Strand Board)

OSB-Platten bestehen aus langen, größeren Spänen (Strands), die gerichtet (längs und/oder quer) miteinander verleimt werden. Eingesetzt werden sie als Wand- und Deckenbekleidung. Tragende und/oder aussteifende OSB-Platten bedürfen einer entsprechenden Zulassung.



Bild 2.3-10

OSB-Platte [Foto: IFO – Konstruktive Holzwerkstoffe]

OSB-Platten erweisen sich verhältnismäßig robust gegenüber kurzfristigen Feuchtebeanspruchungen (z.B. während des Rohbaus) und stellen auch preislich eine interessante Alternative dar, so daß sie die bisher üblichen FP-Platten und BFU-Platten in zunehmendem Maße verdrängen.

2.4 Gips-Bauplatten (GB)

2.4.1 Allgemeines

[Schadensbeispiele: 4-02]

Gips-Bauplatten finden aufgrund ihrer einfachen Verarbeitbarkeit und ihrer günstigen Eigenschaften zunehmend Anwendung im Holz-Trockenbau. Typische Einsatzgebiete sind Bekleidungen und Beplankungen von Wänden, Decken und Böden.

Geringe feuchtebedingte Formänderungen

Gips-Bauplatten weisen sehr geringe Formänderungen infolge Feuchteeinwirkung auf (Schwind- und Quellverhalten etwa 1/8 bis 1/6 von FP-Platten), so daß größere Wand- und Deckenflächen fugenlos (d.h.

durch Verkleben, Verspachteln oder dgl.) ausgebildet werden können. Hinsichtlich der Verfugung der Platten sind die Herstellerrichtlinien und Verarbeitungshinweise zu beachten.

Kurze Befeuchtung
problemlos

Eine vorübergehende - auch stärkere - Befeuchtung kann schadlos aufgenommen werden, solange die Platten Gelegenheit haben, wieder auszutrocknen. Länger anhaltende oder dauerhafte Durchfeuchtungen müssen jedoch vermieden werden, weil sonst das Plattengefüge zerstört oder zumindest beeinträchtigt wird, was zu Schäden führt. Gipsbauteile in Feuchträumen sind daher sorgfältig zu planen und auch auszuführen.

2.4.2 Gipskartonplatten



Bild 2.4-1

Gipskartonplatte [Foto: IFO – Konstruktive Holzwerkstoffe]

Gipskartonplatten nach DIN 18 180 bestehen aus einem Gipskern und zwei Decklagen aus Karton, der als 'Zugbewehrung' für den Gips wirkt. Die Wirkung dieser Bewehrung ist dabei von der Richtung der Kartonfasern abhängig.

In **Tabelle 2.4-1** sind einige Eigenschaften von Gipskartonplatten zusammengestellt.

Tabelle 2.4-1 Eigenschaften von Gipskartonplatten

| | | |
|--|-------------------------------|--|
| Lieferfeuchte | [Masse-%] | ca. 0,5 |
| feuchteabhängige Dimensionsänderung | α | $5 - 8 \cdot 10^{-6}$ je % $\Delta\varphi$ ¹⁾ |
| temperaturbedingte Dimensionsänderung | α_T [K ⁻¹] | $1,3 - 2 \cdot 10^{-5}$ |
| Wärmeleitfähigkeit | λ_R [W/mK] | 0,21 |
| Dampfdiffusionswiderstand | μ [-] | 6 - 10 |
| ¹⁾ φ = rel. Luftfeuchte | | |

Folgende Gipskartonplatten werden vornehmlich verwendet:

- Gipskarton - Bauplatten (GKB),
- Gipskarton - Feuerschutzplatten (GKF): mit Glasfasern armierte Platten zur Erhöhung der Feuerwiderstandsdauer,

- imprägnierte Gipskarton - Bauplatten (GKBI) zur Verzögerung der Wasseraufnahme: Einsatz in Feuchträumen und als Untergrund für Verfließungen. Es ist zu beachten, daß die Imprägnierung die Wasseraufnahme zwar verzögert, jedoch nicht verhindert.
- imprägnierte Gipskarton - Feuerschutzplatten (GKFI): wie GKF-Platten, jedoch mit verzögerter Wasseraufnahme.

GKB - Platten nach DIN 18180 werden seit vielen Jahren als Bekleidung im Ausbau und als tragende oder aussteifende Beplankung von Wänden verwendet. Bezüglich der statischen Eigenschaften dieser Platten sind die bauaufsichtlichen Zulassungen zu beachten.

GKB - Platten dürfen zu statischen Zwecken dort eingesetzt werden, wo die Verwendung von Platten der Holzwerkstoffklasse 20 nach DIN 68800-2 erlaubt ist (z.B. als raumseitige Beplankung mit einer relativen Luftfeuchte \leq ca. 70%). Imprägnierte GKB-Platten (GKBI) dürfen auch als äußere Beplankung von Außenwandtafeln eingesetzt werden, wenn ein dauerhaft wirksamer Wetterschutz sichergestellt ist (siehe hierzu Bestimmungen der Zulassung).

Werden GKBI-Platten als Untergrund von Fliesen eingesetzt, so ist im Hinblick auf die Vermeidung von unzuträglichen Formänderungen der Platten und damit auch von Rissen in den Fliesen zu empfehlen, die Platten zweilagig zu verlegen und/oder den Rippenabstand der Tragkonstruktion zu reduzieren.

2.4.3 Gipsfaserplatten (GF)

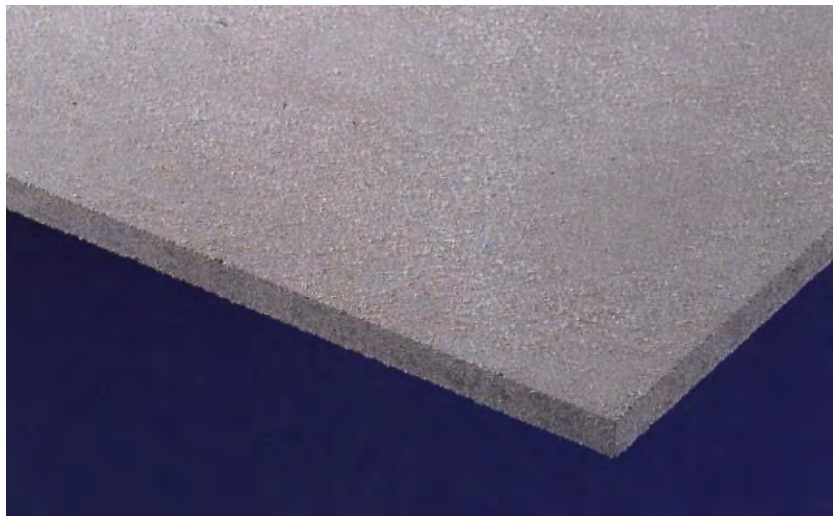


Bild 2.4-2
Gipsfaserplatte [Foto: IFO – Konstruktive Holzwerkstoffe]

GF - Platten werden aus einem Gemisch aus Gips und Zellulosefasern (meist aus Altpapier) hergestellt. Durch diese Armierung besitzen GF - Platten ein nahezu isotropes Tragverhalten und höhere statische Eigenschaften als GKB - Platten.

GF - Platten sind derzeit nicht genormt, die Anforderungen und Ausführungsregeln sind der bauaufsichtlichen Zulassung zu entnehmen.

Verwendung wie bei
GKB-Platten

Die Anwendungsmöglichkeiten von GF - Platten in statischen Bereichen entsprechen denen von GKB - Platten.

Tabelle 2.4-2 Eigenschaften von Gipsfaserplatten

| | | |
|--|-------------------------------|---|
| Lieferfeuchte | [Masse-%] | ca. 1,0 |
| feuchteabhängige Dimensionsänderung | α | $10 \cdot 10^{-6}$ je % $\Delta\varphi$ ¹⁾ |
| temperaturbedingte Dimensionsänderung | α_T [K ⁻¹] | ? |
| Wärmeleitfähigkeit | λ_R [W/mK] | 0,36 |
| Dampfdiffusionswiderstand | μ [-] | 11 |
| ¹⁾ φ = rel. Luftfeuchte | | |

2.5 Kennzeichnung von Bauprodukten

Nach MBO § 2(9) gehören zu den Bauprodukten

- Baustoffe, wie z.B. Holz;
- Bauteile, die aus Baustoffen hergestellt sind, wie z.B. Wände, Decken, Treppen, Türen, Fenster;
- Anlagen, wie z.B. Heizungsanlagen.

In den LBO werden verschiedenste Anforderungen an die Bauprodukte gestellt (z.B. Standsicherheit, Brand-, Wärme-, Schallschutz), die bei der Verwendung zu berücksichtigen sind.

In der Bauregelliste A sind technische Regeln (z.B. DIN-Normen, allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen) angegeben, die der Erfüllung der Anforderungen aus den LBO dienen. Aus dem Bereich Holzbau gehören folgende Bauprodukte zur Bauregelliste A:

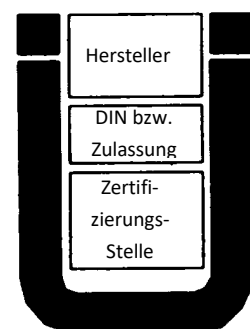
- Bauholz,
- Holzwerkstoffe und andere Plattenwerkstoffe,
- vorgefertigte Bauteile (z.B. Holztafeln),
- mechanische Verbindungsmittel.

Kennzeichnungspflicht

Nach MBO § 24 **müssen** diese Bauprodukte ihre Übereinstimmung mit den technischen Regeln mit dem Ü-Zeichen (Übereinstimmungszeichen) belegen. Es dürfen somit nur Baustoffe und Bauteile verwendet werden, die ein Ü-Zeichen besitzen.

In dieser Kennzeichnung sind anzugeben:

- der Hersteller,
- die technische Regel, mit der Übereinstimmung besteht (z.B. DIN-Norm, bauaufsichtliche Zulassung),
- ggf. die fremdüberwachende Stelle (Zertifizierungsstelle).



CE

Bauprodukte, die mit europäischen technischen Regeln übereinstimmen, müssen mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet sein. Die zugehörigen technischen Regeln werden in der Bauregelliste B bekannt gemacht. Derzeit gibt es jedoch noch keine Bauprodukte in dieser Bauregelliste.

3 Ausführung

3.1 Allgemeines

Der ausführende Betrieb ist meist die erste Anlaufstelle, wenn ein Mangel/Schaden entdeckt oder vermutet wird. Auch wenn die tatsächlichen Verantwortlichkeiten nicht immer eindeutig sind, so werden Fehler zunächst oft mit einer unzulänglichen Ausführung in Verbindung gebracht.

Prüfungspflicht

Es liegt somit im ureigensten Interesse des Ausführenden, zu überprüfen, ob die Vorleistungen anderer Unternehmer, für die er verantwortlich gemacht werden kann, vollständig und mängelfrei sind. Hierzu ist er sogar verpflichtet.

Bedenken schriftlich anmelden

Ebenso muß er prüfen, ob geeignete Bedingungen zur Ausführung seiner Arbeiten vorliegen (z.B. Ausführungspläne). Ist dies nicht der Fall oder hat er diesbezügliche Bedenken, so muß er dies dem Auftraggeber, sprich dem Bauherrn (nicht nur dem Architekten), schriftlich mitteilen (VOB/B, §4 Nr. 3). Tut er dies nicht, so steht er in der Gewährleistung, wenn er den Mangel hätte erkennen können oder müssen (VOB/B, §13 Nr. 3).

Dies gilt auch und in besonderem Maße, wenn der Bauherr oder Architekt auf eine bestimmte Ausführung bestanden hat: das Argument „der hat es ja so gewollt“ besitzt vor Gericht keine Gültigkeit: Bedenken sind in jedem Fall schriftlich anzumelden.

größere Verantwort- ung durch Wegfall von behördlichen Auflagen

Dieser Prüfungspflicht seitens des Auftragnehmers kommt durch den Wegfall einiger behördlicher Auflagen (z.B. Prüfung der statischen Berechnung) eine zunehmende Bedeutung zu. Hier steht nicht nur der Planer, sondern auch der Ausführende in einer größeren Verantwortung.

Dies wird auch im 3. Bauschadensbericht hervorgehoben (siehe *Anhang 1*).

Beratung durch die Planer

In Abschn. 4.1 wird darauf hingewiesen, daß eine eingehende fachliche Beratung des Bauherrn durch die Planer notwendig ist. Daß trocknungsbedingte Risse und Verformungen entstehen, liegt am Verhalten des natürlichen Baustoffes Holz und ist meist auch bekannt. Weit weniger bekannt ist hingegen, in welchem Ausmaß diese auftreten können, und mit welchen Maßnahmen diese eingeschränkt werden können. Wird der Bauherr über mögliche Konsequenzen aufgeklärt, so weiß er, was auf ihn zukommt, und spätere Unzufriedenheiten und Reklamationen, die auf mangelnde Aufklärung/Beratung zurückzuführen sind, können vermieden werden.

Beratung durch den Ausführenden

Findet eine solche eingehende Beratung durch die Planer nicht statt, z.B. weil diese nicht über die nötige Erfahrung verfügen, so ist der ausführende Betrieb aufgefordert, nicht nur dem Bauherrn, sondern auch den Planern beratend zur Seite zu stehen. Leider wird dies allzu oft unterlassen. Die Gründe hierfür sind vielfältig:

- so verfügt der Ausführende selbst nicht immer über ausreichendes Hintergrundwissen über bauphysikalische oder konstruktive Zusammenhänge, um Aufklärungsarbeit leisten zu können;
- die Angst davor, den Auftrag zu verlieren, hält manche davon ab, eine bessere (und teurere) Lösung vorzuschlagen (nach dem Motto „der will ja bloß seinen höheren Preis schönreden“);
- eine Kommunikation kommt nicht zustande, weil der Architekt keine Beratung annimmt (Animosität bedingt durch Unsicherheit oder Überheblichkeit);

- der Ausführende ist nur für Teilarbeiten verantwortlich und besitzt nur unzureichende Informationen über die Gesamtkonstruktion.

Qualität bleibt auf der Strecke

Werden die Aufträge ausschließlich nach dem Prinzip „der billigste Anbieter erhält den Zuschlag“ vergeben, so bleibt leider allzu oft die Qualität auf der Strecke (siehe *Abschn. 3.2 bis 3.4*). Die Folgen hiervon sind nicht nur Unzufriedenheiten der Bauherrn, sondern z.T. auch gravierende Mängel und Schäden.

Größeres Selbstvertrauen

Daß Qualität ihren Preis hat, wird in vielen anderen Bereichen des täglichen Lebens akzeptiert. Daß dies auch am Bau gilt, ist dem Bauherrn allerdings nur schwer zu vermitteln, weil dieser bestrebt ist, die Kosten so niedrig wie möglich zu halten. So findet aus fraglichen Wettbewerbsgründen oftmals gar keine Beratung statt, und die Angebote richten sich ausschließlich nach den (oft unzureichenden) Vorgaben des Bauherrn bzw. der Ausschreibung (siehe auch *Abschn. 4.3*). Dabei wird übersehen, daß sich eine gute Beratung auch „auszahlen“ kann: so wird ein Planer auch künftig gerne mit einem ausführenden Betrieb zusammenarbeiten, von dem er weiß, daß er „Ahnung“ hat. Hier ist ein größeres Selbstvertrauen in die eigene Fachkenntnis durchaus angebracht.

Weiterbildung erforderlich

An diese Fachkenntnis werden in zunehmendem Maße hohe Anforderungen gestellt, die im Rahmen der üblichen Ausbildung kaum vermittelt werden können. Hier ist eine ständige Fort-/Weiterbildung erforderlich (*Abschn. 3.5*).

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 (nicht jedes Detail ist darstellbar, wie z.B. komplizierte dreidimensionale Anschlüsse). Eingehende Fachkenntnisse werden auch im 3. Bauschadensbericht angemahnt.

Aussagen wie „das hebt schon“ oder „das haben wir schon immer so gemacht“ zeugen eher von Bequemlichkeit als von Fachkompetenz. Auch wird damit übersehen, daß die heutigen modernen Holzkonstruktionen „sensibler“ sind als die zimmermannsmäßigen Konstruktionen der Vergangenheit.

Eigenverantwortliche Planung

Auf die Hinweispflicht des Ausführenden bei fehlenden oder unzureichenden Unterlagen/Vorleistungen wurde bereits hingewiesen. Die Erfahrung zeigt aber, daß dieser Hinweispflicht nur selten nachgekommen wird, und die Ausführenden die „Sache selbst in die Hand nehmen“. In diesem Fall wird der Auftragnehmer selbst „schöpferisch“ tätig und muß dafür auch die Verantwortung, sprich Haftung, übernehmen (*Abschn. 3.6*).

Gleiches gilt natürlich auch und in besonderem Maße, wenn bewußt von Planungsvorgaben abgewichen wird. Hier geht ein Ausführender ein großes Risiko ein, wenn er - aus welchen Gründen auch immer - Vorgaben eines Architekten oder Tragwerksplaners mißachtet (*Abschn. 3.7*).

3.2 Handwerkliche Qualität

Aus der im Anhang beschriebenen statistischen Auswertung der Mängel/Schäden geht hervor, daß eine mangelhafte und unfachgerechte Ausführung die häufigste Ursache für Beanstandungen darstellt. Dies ist wiederum unter dem Aspekt des Wettbewerbsdruckes zu sehen, der sich - wie bereits beschrieben - nachteilig auf die Qualität der Arbeiten auswirkt.

Dabei handelt es sich – wie in den folgenden Abschnitten gezeigt - nicht nur um rein optische Mängel, sondern eine „schlampige“ Arbeit kann auch die Funktionalität und die Standsicherheit einer Konstruktion gefährden.

3.2.1 Lagerung

[Schadensbeispiele: 3-01 / 3-02]

Eine nicht materialgerechte Lagerung von Holzbau-
teilen auf der Baustelle
hat z.B. Verschmutzungen
und Beschädigungen
(Eindrückungen, Absplit-
terungen) zur Folge, die
das optische Erschei-
nungsbild beeinträchtigen
(Bild 3.2-1 bis -3).



Bild 3.2-1

Verschmutzung eines Deckenbalkens [Foto: Frech]



Bild 3.2-2

Fußabdrücke auf Wandbohlen [Foto: Galiläa]



Bild 3.2-3

Beschädigung Holzbalken [Foto: Frech]

Abdeckung der
Holzteile

Weitaus gravierender sind jedoch die Auswirkungen, wenn die Holzbauteile nicht vor der Witterung geschützt werden (**Bild 3.2-4 und -5**).



Bild 3.2-4

nicht abgedecktes Wandelement:
Pfützenbildung in den Dämmplatten



Bild 3.2-5

nicht abgedeckte Kellerdecke aus
OSB-Platten

Werden die Hölzer nicht abgedeckt, so können sie bei Regen insbesondere über das Hirnholz ungehindert Wasser aufnehmen. Die erhöhte Holzfeuchte kann zu erheblichen Mängeln/ Schäden führen, z.B. zu (Schimmel-) Pilzbefall, wenn die Feuchte im eingebauten Zustand nicht schnell genug entweichen kann (**Bild 3.2-6 bis –8**).



Bild 3.2-6
starker Schimmelpilzbefall an Sparren [Foto: Frech]



Bild 3.2-7
Schimmelpilzbefall bei Dachschalung
[Foto: Egle]

Bild 3.2-8

Sparren mit hellem Streifen und fleckiger Verfärbung durch mangelhafte Lagerung
[Foto: Galiläa]



3.2.2 Verarbeitung des Holzes

Hobeln, Kanten
brechen

Neben der objektbezogenen Materialwahl, auf die in *Abschn. 3.4* eingegangen wird, spielt natürlich auch die objektbezogene Verarbeitung der Hölzer eine wichtige Rolle. Wie in *Abschn. 2.1.1* bereits beschrieben, entsprechen die Mindestanforderungen der VOB (z.B. DIN 18334) an die Beschaffenheit der Hölzer nicht immer den Erwartungen der Bauherren. Scharfkantig, sauber gehobelte Balken gehören nicht zum „Standard“ der VOB, sondern diese müssen gesondert vertraglich vereinbart werden. Für sichtbare Holzbauteile sollte dies allerdings zur Selbstverständlichkeit werden. In **Bild 3.2-9 bis –14** sind einige Ausführungen gezeigt, die beanstandet wurden.



Bild 3.2-9

sichtbarer Balken mit Hobelschlägen
[Foto: Steinmetz]

Bild 3.2-10
Sparren mit rauher Oberfläche
[Foto: Egle]



Bild 3.2-11
sägerauher Deckenbalken [Foto: Frech]





Bild 3.2-12
mit der Kettensäge abgelängter Sparren [Foto: Galiläa]



Bild 3.2-13
Hobelfehler bei gestrichener Stütze [Foto: Galiläa]



Bild 3.2-14
nicht vollständig geschliffener
Deckenbalken
[Foto: Galiläa]

3.2.3 Mangelhafter Abbund

[Schadensbeispiele: 3-03 / 3-05 / 3-06 / 5-06 / 5-07]

Ein mangelhafter Abbund hat vielfältige Erscheinungsformen, die - je nach Schwere des Mangels – in folgende drei „Klassen“ eingeteilt werden können:

- fehlerhafte Ausführung, die zu Beeinträchtigungen der bauphysikalischen und/oder statischen Funktionalität führen kann;
- ungenaue Ausführung (mangelnde Paßgenauigkeit), bei der es sich im wesentlichen um optische Mängel handelt, die aber durchaus auch schwerwiegende Schäden nach sich ziehen können;
- nachlässige (schlampige) Ausführung, bei der gegen grundlegende handwerkliche regeln verstoßen wird.

Die Grenzen zwischen diesen „Klassen“ sind fließend und eine eindeutige Zuordnung nicht immer möglich. Nachfolgend sind eine ganze Reihe von Beispielen aufgeführt, bei denen ein mangelhafter Abbund zu beklagen ist (**Bild 3.2-15 bis –35**).



Bild 3.2-15
Fehlerhafte Ausführung: Fuge-
öffnungen und Verformungen
bei Blockbohlenwand; Block-
bohlen nicht wechselseitig
verlegt
[Foto: Galiläa, Macha]

Bild 3.2-16
Fehlerhafte Ausführung: schiefstehende Giebelwand
[Foto: Galiläa]



Bild 3.2-17
Fehlerhafte Ausführung: Unterzug mit einer Auflagertiefe von nur 15 mm
[Foto: Macha]



Bild 3.2-18
Fehlerhafte Ausführung: Blockbohlen ohne Verkämmung (durchscheinendes Licht)
[Foto: Macha]



Bild 3.2-19

Fehlerhafte Ausführung: beim Einbringen der Dämmung wurde der Belüftungshohlraum verschlossen und durch eingesteckte Latten notdürftig geöffnet, Pilzbefall erkennbar [Foto: Egle]



Bild 3.2-20

Fehlerhafte/ungenau Ausführung: exzentrischer Stützenanschluß [Foto: Macha]



Bild 3.2-21

Fehlerhafte/ungenau Ausführung: unterlegtes Sparrenaufleger [Foto: Galiläa]



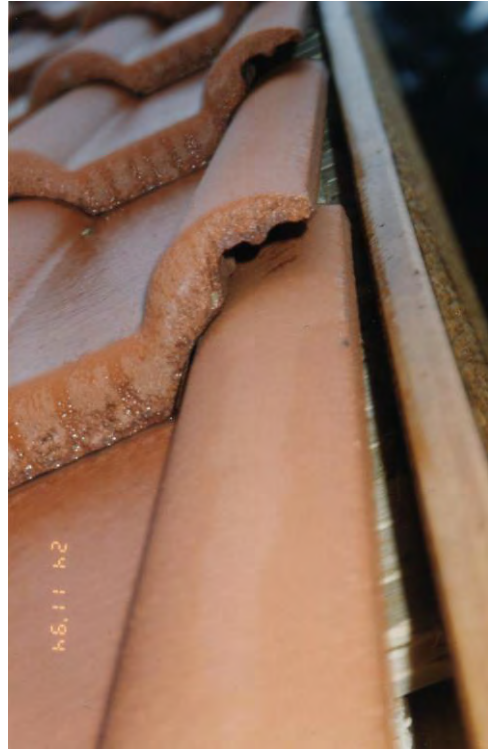


Bild 3.2-22

Fehlerhafte/ungenau Ausführung: Dacheindeckung hört vor Giebel-Gesimsstirnbrett auf [Foto: Schmidt]



Bild 3.2-23

Fehlerhafte Ausführung: fehlender Abschluß der Dacheindeckung [Foto: Macha]



Bild 3.2-24

Fehlerhafte Ausführung: nicht fachgerechter Stützenanschluß (in Gartenstein einbetoniert) [Foto: Macha]

Bild 3.2-25

Ungenaue/nachlässige Ausführung: ausgeflickte Eckverkämmung [Foto: Egle]

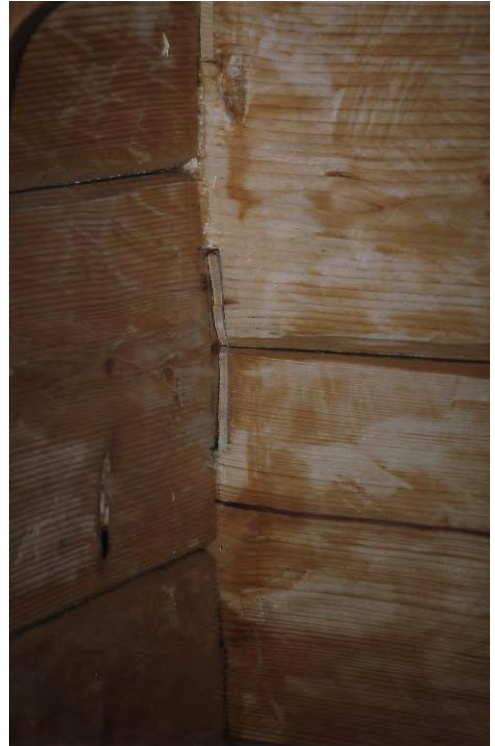


Bild 3.2-26

Ungenaue/nachlässige Ausführung: unschöne Blockbohlen im Treppenbereich [Foto: Frech]



Bild 3.2-27

Ungenaue Ausführung: ausgeschnittener Sparren mit ungleicher Schalung [Foto: Galiläa]





Bild 3.2-28

Ungenaue Ausführung: übergroße Firstfuge
[Foto: Galiläa]

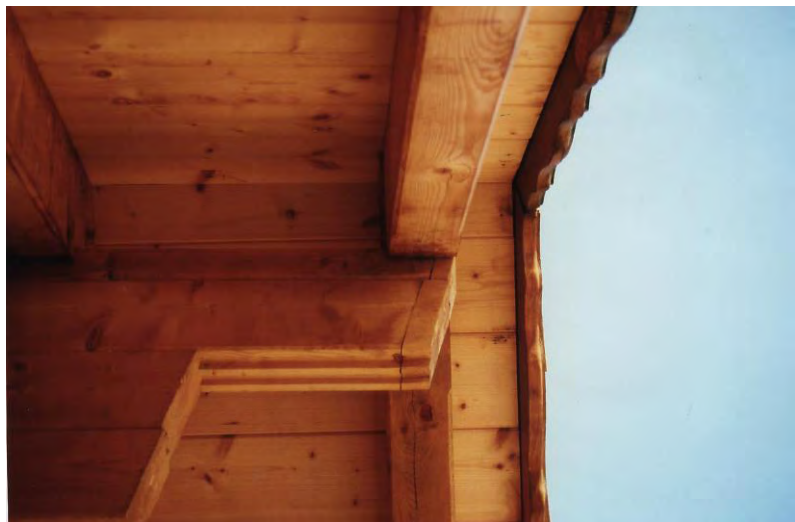


Bild 3.2-29

Ungenaue Ausführung: angestückelte Firstpfette [Foto:Egle]



Bild 3.2-30

Ungenaue Ausführung: Fuge zwischen Deckenschalung und Wand [Foto: Galiläa]

Bild 3.2-31

Nachlässige/fehlerhafte Ausführung:
kein Abschluß zum Nachbarzimmer
durch fehlende Stellbretter
[Foto: Galiläa]



Bild 3.2-32

Nachlässige/ungenau Ausführung:
Fuge bei Plattenstoß [Foto: Galiläa]

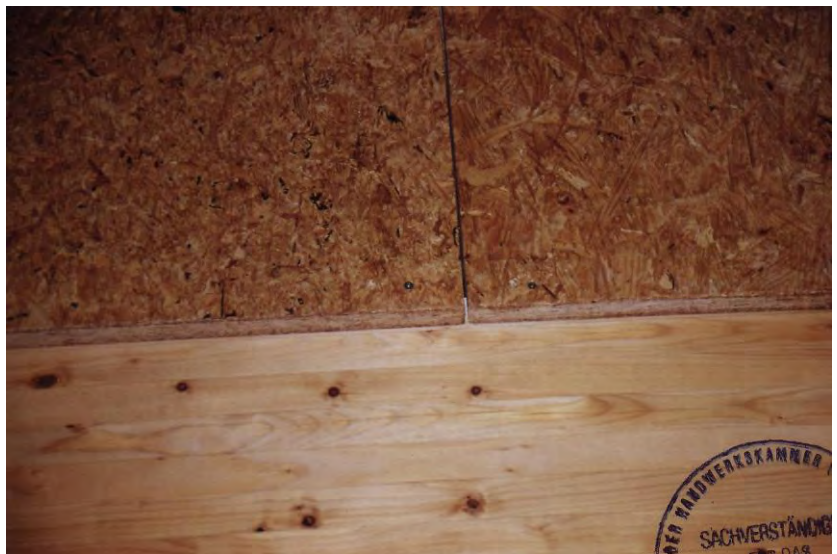


Bild 3.2-33

Nachlässige Ausführung: fehlende Eckleiste
[Foto: Galiläa]

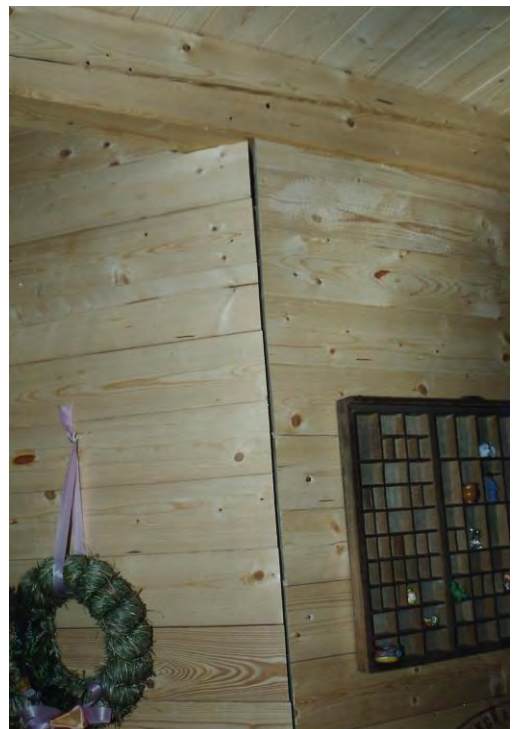


Bild 3.2-34

Nachlässige Ausführung: Firstpfette mit überflüssigem Zapfenloch
[Foto: Galiläa]



Bild 3.2-35

Nachlässige Ausführung: vergessene Latte [Foto: Galiläa]



3.2.4 Verbindungen

[Schadensbeispiele: 3-07 / 3-08 / 3-09 / 3-10]

Tragende Verbindungen haben eine statische Funktion (Übertragung von Kräften), so daß Mängel in der Ausführung gravierende Konsequenzen haben können. Nachfolgend sind einige Beispiele von Mängeln/ Schäden bei Verbindungen dargestellt (**Bild 3.2-36 bis -42**).

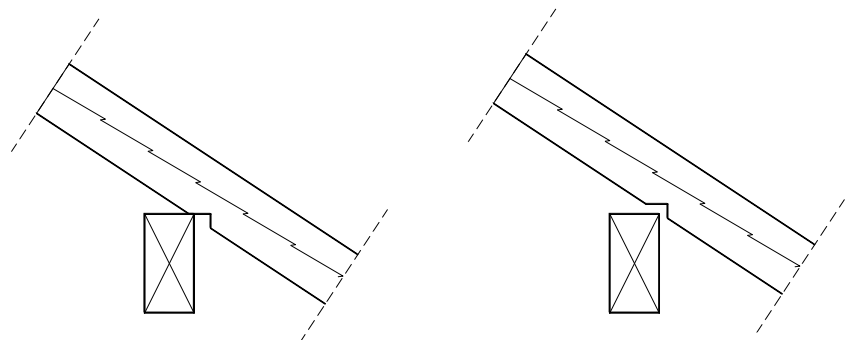


Bild 3.2-36

Sicherheitsrisiko durch ungenauen Abbund (siehe auch Bild 3.2-21)

Bild 3.2-37
Nicht fachgerechter Nagelanschluß
[Foto: Frech]



Bild 3.2-38
Nicht eingehaltene Mindestabstände
[Foto: Steinmetz]



Bild 3.2-39
Nicht fachgerechter Stützenanschluß
[Foto: Macha]



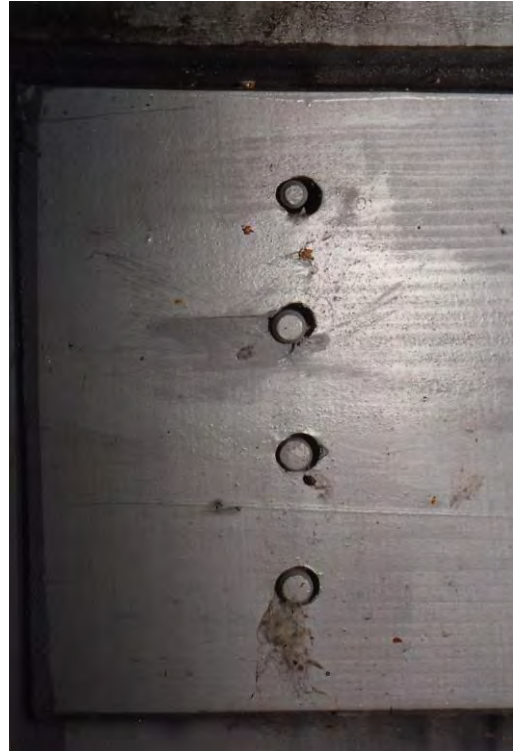


Bild 3.2-40

Nicht fachgerechter Stabdübelanschluß: ungenaue Bohrungen und unterschiedliche Stabdübeldurchmesser
[Foto: Galiläa]



Bild 3.2-41

Nicht passende Verbindung, zu schmaler und nicht voll ausgegelter Balkenschuh
[Foto: Galiläa]

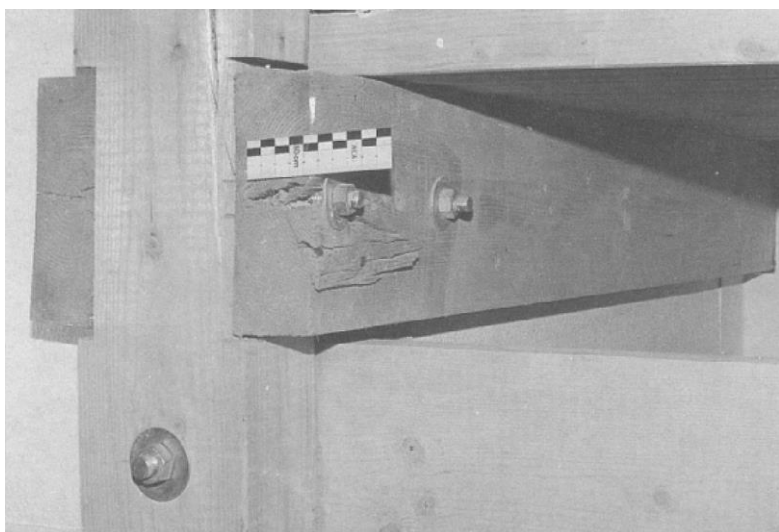
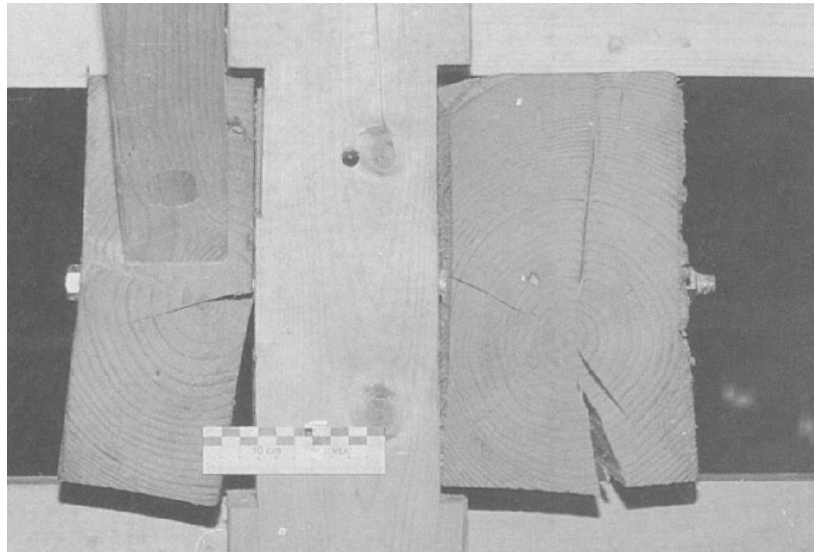


Bild 3.2-42

Zerschlagenes Zangenende durch gewaltsames Einschlagen eines Bolzen (ungenaue Bohrung)
[Foto: WEKA-2]

Bei dem in **Bild 3.2-43** dargestellten sichtbaren Anschluß in einem Wohnraum sind sowohl Mängel hinsichtlich der Materialwahl (Einschnittart) als auch hinsichtlich der Verarbeitung festzustellen. So wurden für die Zange Hölzer mit unterschiedlichen Querschnittsabmessungen gewählt. Weder sind die Kanten gebrochen, noch ist das Stirnholz angefast. Der rechte Balken weist größere Risse auf, während beim linken Balken die trocknungsbedingten Verformungen eine Aufklaffung im Auflagerbereich verursacht haben, die durch Anordnung der Kernseite nach außen hätten vermieden werden können.

Bild 3.2-43
Mangelhafte Materialwahl und
Verarbeitung [Foto: WEKA-2]



In **Bild 3.2-44 und –45** sind optische Mängel bei Verbindungen dargestellt.

Bild 3.2-44
überstehende Stabdübel
[Foto: Galiläa]

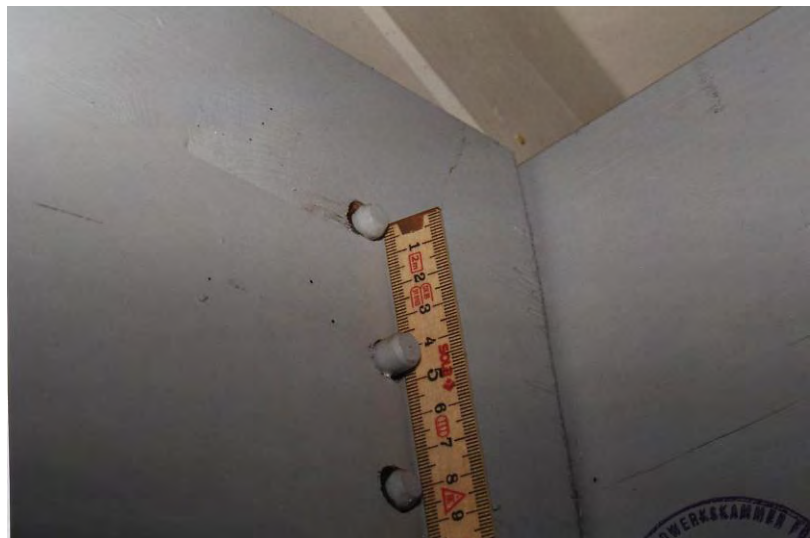


Bild 3.2-45
Ansammlung von „Flickdübeln“ bei
Pfostenanschluß [Foto: Galiläa]



3.3 Fugen

[Schadensbeispiele: 3-03 / 3-04 / 4-01 / 5-01 / 5-02 / -5-03]

3.3.1 Anforderungen

Fugen sind Zwischenräume zwischen angrenzenden Bauteilen, die beim Zusammenfügen der Bauteile entstehen. Im Holzbau treten Fugen meist „automatisch“ auf (z.B. Plattenstöße), während in anderen Bereichen Bewegungsfugen planmäßig angeordnet werden (z.B. Straßenbau, Stahlbetonbau).

Fugen haben vornehmlich folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Aufnahme von Maßtoleranzen,
- zwängungsfreie Aufnahme von Bauteilbewegungen, z.B. infolge von feuchtebedingten Verformungen der Bauteile,
- Abdichtung gegenüber Zuglufterscheinungen (Winddichtigkeit), Wassereintritt (Witterungsschutz, Regendichtigkeit) und Konvektion/Luftströmung (Luftdichtigkeit).

In **Bild 3.3-1 bis –3** sind einige Beispiele von mangelhaften Fugenausbildungen dargestellt.



Bild 3.3-1
gänzlich ungeschützte Fuge [Foto: FMFA]



Bild 3.3-2
Fuge im Anschluß Fenster – Riegel
bei Holzskelett-konstruktion [Foto:
Schmidt]

Bild 3.3-3

Fugen zwischen Ständer und Rähm bei Holzskelett-Konstruktion
[Foto: Schmidt]



Fugen planen

In *Abschn. 4.2* wird auf die Notwendigkeit einer Detailplanung hingewiesen. Dies gilt in besonderem Maße für Fugen im Bereich von Anschlüssen und Durchdringungen, die frühzeitig und sorgfältig zu planen sind. Leider wird dies allzu häufig unterlassen, so daß die Ausbildung der Fugen dem ausführenden Betrieb überlassen bleibt.

Übernimmt der Ausführende diese Aufgabe ohne ausreichende Vorgaben des Planers, so übernimmt er auch die Verantwortung dafür, daß die Fugen nach dem Stand der Technik ausgeführt werden. Hierbei ist er aber häufig überfordert, so daß die Fugen oftmals als „Flickschusterei“ zu bewerten sind und die ihr zugedachte Funktion nicht erfüllen können.

Da die Bedeutung der Luftdichtheit der Gebäude - und damit auch der Ausbildung der Fugen - erst in jüngerer Zeit erkannt wurde, besteht hier der dringende Bedarf an Weiterbildung der Ausführenden (siehe *Abschn. 3.5*).

Nachfolgend werden die derzeit gebräuchlichsten Abdichtungsmaterialien vorgestellt und hinsichtlich ihrer Eigenschaften besprochen.

3.3.2 „Kompribänder“

[Schadensbeispiele: 6-11]“

„Kompribänder“ bestehen aus PU-Weichschaumstoff, die werksseitig auf die jeweiligen Einsatzbereiche vorkomprimiert sind (**Bild 3.3-4**).

Bild 3.3-4

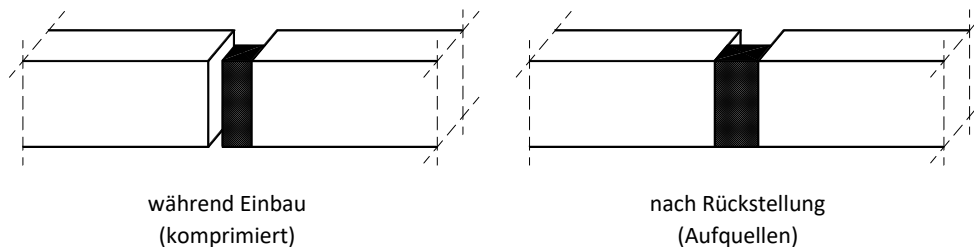
Vorkomprimiertes PU-Schaumstoffband („Kompriband“)
[Foto: illbruck]



Die Fugendichtbänder sind meist mit Imprägnaten auf Bitumen-, Wachs- oder Kunstharzbasis behandelt.

Die Dichtbänder werden in komprimierter Form in die Fuge eingebracht. Durch die Rückstellkraft des Materials preßt sich das expandierende Band an die Fugenflanken und stellt somit die Haftung sicher (**Bild 3.3-5**).

Bild 3.3-5
Rückstellung und
Anlegen eines
„Kompribandes“



Der Vorteil von vorkomprimierten Dichtbändern besteht dabei darin, daß eine Vorbehandlung der Fugenflanken nicht erforderlich und eine Montage witterungsunabhängig ist. Die einseitig angebrachte selbstklebende Bandoberfläche dient lediglich als Montagehilfe.

Die abdichtende Wirkung eines „Kompribandes“ wird maßgeblich vom Grad der Komprimierung bestimmt. So werden Winddichtigkeit und Witterungsschutz nur mit einer Kompression von mindestens 1:3 erreicht [IFO: Fugen in Außenwänden]. Zur Sicherstellung der Luftdichtigkeit ist sogar eine Komprimierung von 1:4 erforderlich (siehe auch *Abschn. 5.4.5*).

Die geforderte Komprimierung gilt dabei für den Zustand **nach** Rückstellung des eingebauten Bandes und für die größte auftretende Fugenöffnung. In **Bild 3.3-6** ist eine unwirksame Abdichtung wegen unzureichender Kompression dargestellt.



Bild 3.3-6
Unwirksame Abdichtung durch unzureichende Komprimierung [Foto: Trübswetter]

Einbau mit Komprimierung 1:5

Die Fugenbänder sind daher mit etwa 20% ihrer Ausgangsdicke (Komprimierung 1:5) einzubauen, damit etwaige Bewegungen aufgenommen werden können. Hierbei können Veränderungen der Fugenbreite bis max. 25% der komprimierten Banddicke aufgenommen werden.

Beispiel: Ein Fugenband 50/30 mm wird auf 10/30 mm eingebaut (Komprimierung: 1:5). Das zulässige Maß für Rückstellung und Fugenbewegung beträgt dann etwa 2,5 mm ($= 0,25 \cdot 10 \text{ mm}$).

Dimensionierung der Fuge

Voraussetzung für die dauerhafte Funktionsfähigkeit einer Fugenabdichtung ist somit eine richtige Dimensionierung der Fuge. Hierzu gehört die realistische Abschätzung der zu erwartenden Fugengröße und die darauf abgestimmte Wahl des Dichtungsbandes.

Schwindverformungen berücksichtigen

Werden Holzbauteile mit einer Holzfeuchte eingebaut, die höher ist als die sich einstellende Ausgleichsfeuchte, so läßt die Komprimierung der Fugenbänder infolge der auftretenden Schwindverformungen oftmals so nach, daß die abdichtende Funktion unwirksam wird. Auf die Themen Schwindverformungen und Einbaufeuchte wurde bereits in *Abschn. 2.1* eingegangen.

Typische Einsatzgebiete von „Komprimbändern“ im Holzbau sind:

- Wandanschlüsse im Bereich von Fenstern und Türen;
- im Holzskelettbau zur Abdichtung der Fugen zwischen Holzbauteilen und Ausfachung;
- im Blockhausbau zwischen den Blockbohlen, wobei auf eine sorgfältige Verlegung der Bänder - insbesondere im Bereich der Eckverkämmungen - zu achten ist (**Bild 3.3-7 und -8**);
- in zunehmendem Maße im Innenbereich zur Sicherstellung der Luftdichtheit der Gebäudehülle (siehe auch *Abschn. 5.4.4 bis 5.4.6*). Hier ist die Komprimierung ggfls. über Anpreßplatten sicherzustellen.



Bild 3.3-7

Eckverkämmung mit z.T. herausquillendem Dichtungsband [Foto: Galiläa]

Bild 3.3-8

Wassereintritt durch undichte Eckverkämmung
[Foto: Steinmetz]



3.3.3 Adhärierende Dichtungsmassen

[Schadensbeispiele: 6-11]

Der Einsatz von adhärierenden Dichtungsmassen (z.B. auf Silikon- oder Acrylatbasis) ist weit verbreitet, jedoch äußerst problematisch. Immer wieder werden grundlegende Dinge mißachtet, die dazu führen, daß die Fugen aufgehen und ihre abdichtende Funktion verlieren.

Silikon meist
ungeeignet

Fugen, die mit elastisch/plastischen Dichtmassen ausgeführt werden, müssen in regelmäßigen Abständen (spätestens alle 5 Jahre) gewartet und erforderlichenfalls erneuert werden. Daher ist im allgemeinen davon abzuraten, Fugen zwischen Holzbauteilen mit adhärierenden Dichtstoffen auszuführen.

Nachfolgend sind die drei wichtigsten Grundprinzipien zur fachgerechten Ausbildung von Abdichtungen beschrieben. Die Verträglichkeit des Dichtmaterials mit den Flankenmaterialien und evtl. erforderliche Vorbehandlungen der Haftungsflächen werden dabei als selbstverständlich und gegeben vorausgesetzt.

Dimensionierung der Fugen

Fugenbreite

Die meisten Dichtstoffe (einschl. Silikon) besitzen eine Dehnfähigkeit von

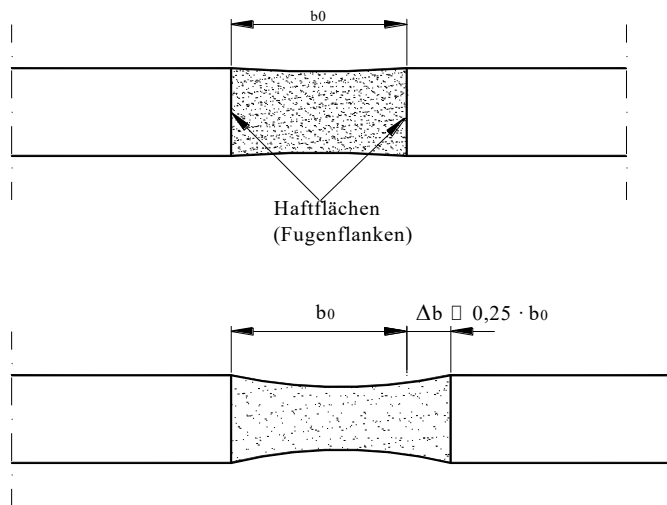


Bild 3.3-9

Dehnfähigkeit eines Dichtstoffes auf Silikonbasis

Dies bedeutet, daß eine Fuge so zu dimensionieren ist, daß sie die zu erwartenden Bewegungen (Fugenänderungen) auch schadlos aufnehmen kann. Für die Dimensionierung der Fugenbreite b_0 gilt dabei folgender Grundsatz:

$$\text{Fugenbreite} \geq 4 \times \text{Fugenänderung}$$

Beispiel: Bei einer erwarteten Fugenänderung von 2 mm ist die Fuge mit einer Breite von mindestens 8 mm auszubilden.

Dieser Grundsatz wird leider allzuoft mißachtet, weil Fugen aus optischen Gründen meist möglichst klein gehalten werden. Damit ist aber eine dauerhafte Abdichtung nicht zu erreichen (**Bild 3.3-10 und –11**).



Bild 3.3-10

Abriß der Dichtungsmasse durch Setzung des Fußbodens
[Foto: Egle]

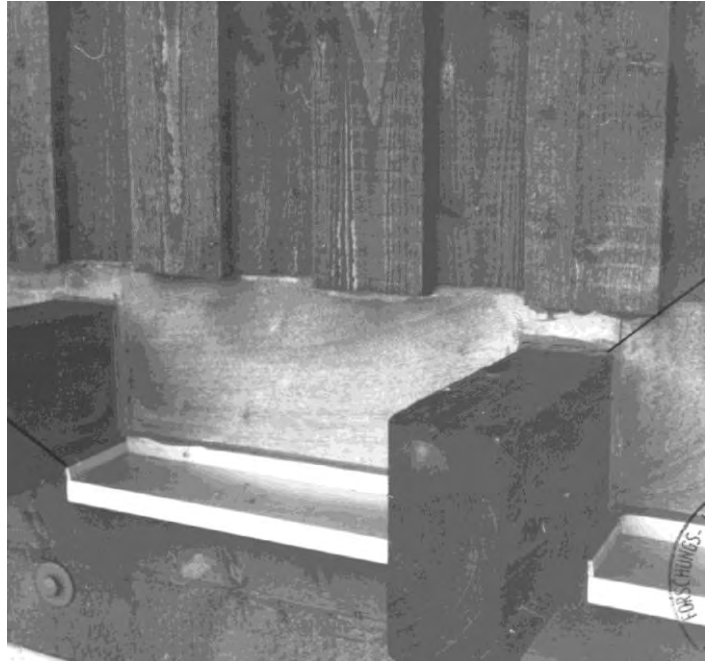


Bild 3.3-11

Abriß der Dichtungsmasse durch Schwindverformungen des durchdringenden Balkens [Foto: FMFA]

Adhärierende Dichtungsmassen eignen sich somit nur für Fugen, bei denen keine oder nur sehr geringe Bewegungen zu erwarten sind. Als typische Einsatzgebiete im Holzbau sind maßhaltige Bauteile, wie z.B. Fenster zu nennen. Aber auch hier treten immer wieder Mängel/Schäden auf, weil die nachfolgend beschriebenen Verarbeitungsgrundsätze hinsichtlich Dreiflächenhaftung und Dreieckfugen mißachtet werden (**Bild 3.3-12 und –13**).



Bild 3.3-12

Abriß Dichtungsmasse bei Fensteranschluß [Foto: FMFA]

Bild 3.3-13

Abriß Dichtungsmasse bei Fenster-
anschluß [Foto: Frech]



Dreiflächen-Haftung

Vermeidung der
Dreiflächen-Haftung

Damit der Dichtstoff die Bewegungen zwischen angrenzenden Bauteilen mitmachen kann, muß er eine feste Verbindung mit den sog. Fugenflanken (Haftflächen) eingehen. Um seine abdichtende Funktion erfüllen zu können, muß er weiterhin den Zug- und Druckbeanspruchungen ungehindert nachgeben können. Dies ist dann der Fall, wenn der Dichtstoff nur zu den Seitenflächen der beiden zu verbindenden Bauteile eine feste Verbindung besitzt.

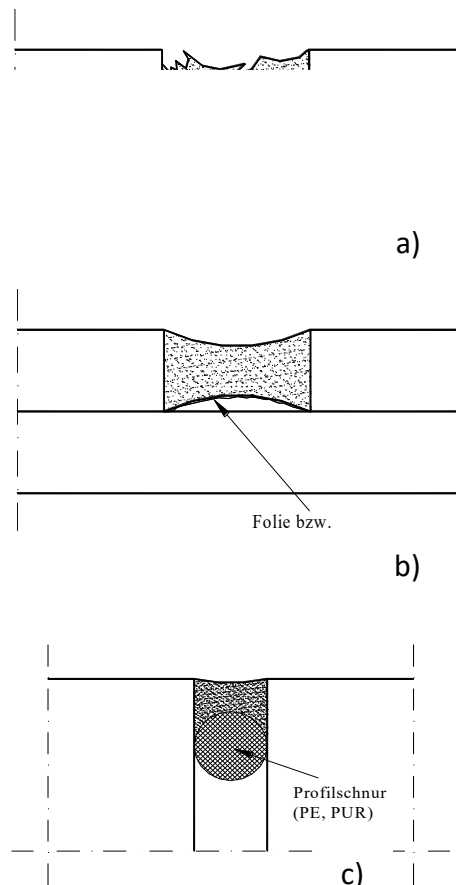
Besteht jedoch mit der hinteren Fläche der Fuge ebenfalls eine feste Verbindung, so wird das Dichtungsmaterial örtlich überfordert, wodurch Keirisse im Dichtstoff entstehen, die bis zum vollständigen Durchreißen führen können (**Bild 3.3-14a**).

Zur Vermeidung dieser Dreiflächen-Haftung muß an der „dritten“ Fläche Materialien eingesetzt werden, mit denen der Dichtstoff keine feste Verbindung eingehen kann. Hierzu eignen sich z.B.

- PE-Folien oder Trennlack bei „flachen“ Fuge (**Bild 3.3-14b**), und
- Profilschnüre aus Polyethylen (PE) oder Polyurethan (PU) als Hinterfüllmaterial bei tiefen (**Bild 3.3-14c**).

Bild 3.3-14

Dreiflächen-Haftung und ihre Vermeidung



Dreieck-Fuge

Dreieck-Fuge

Bei der Dreieck-Fuge treffen sich die beiden Haftflächen in einem Punkt (Spitze des Dreieckes), in dem die meist zu schmal dimensionierte Fuge liegt. Der Dichtstoff wird hier örtlich überfordert, weil seine Dehnfähigkeit in diesem kurzen Bereich stark eingeschränkt ist. Die Folge hiervon sind Risse, die an der Rückseite beginnen und nach vorne verlaufen (**Bild 3.3-15a**).

Um der Fuge einen ausreichenden Bewegungsspielraum zu ermöglichen, sollte die Spitze des Dreieckes z.B. mit einer 6 mm PE-Rundschnur hinterfüllt werden (**Bild 3.3-15b**).

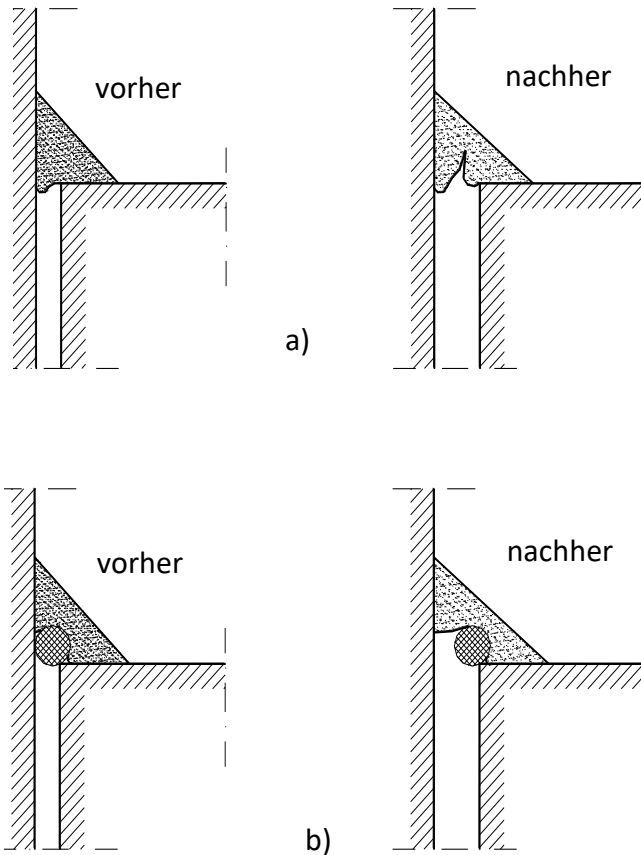


Bild 3.3-15

Dreieck-Fuge

a) falsche Ausführung

b) richtige Ausführung

3.3.4 Ungeeignete Fugenmaterialien

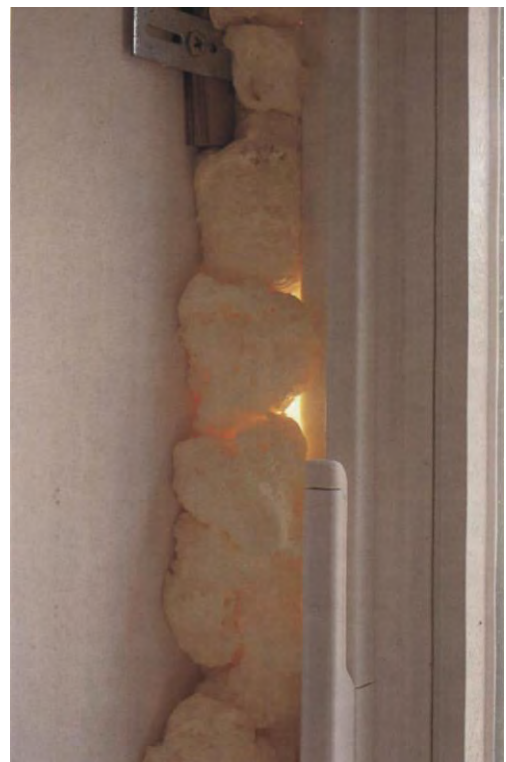
PU-Ortschaum

PU-Montageschäume werden vornehmlich zum Fixieren von Tür- und Fensterzargen sowie zum Füllen von Hohlräumen (als Dämmung) eingesetzt. Sie besitzen im aufgequollenen Zustand nur eine geringe Elastizität, die mit der Zeit noch abnimmt (Versprödung). Daher sind solche Ortschäume nur sehr bedingt dazu in der Lage, auftretende Bewegungen aufzunehmen.

Darüber hinaus sind Schäume nicht vollständig geschlossensorig und werden für nachfolgende Montagearbeiten häufig angeschnitten, so daß die Luft- und Winddichtigkeit nicht gewährleistet ist (**Bild 3.3-16 und -17**).

Bild 3.3-16

undichte ausgeschäumte Fuge [Foto: Pohl]



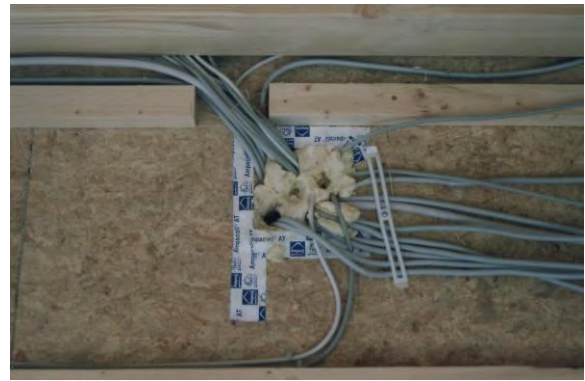


Bild 3.3-17 Ausgeschäumte Kabeldurchdringung:
links:dicht, unmittelbar nach dem Ausschäumen
rechts:undicht nach zurechtschneiden

Mineralfaser

Fugen mit Mineralfaserstoffen können nur bei sehr hoher Kompression und geringen Fugenbreiten eine ausreichende Winddichtigkeit erreichen.

Die Kräfte zur Aufbringung der erforderlichen Kompression sind beachtlich und können zu Verformungen in biegeweichen Holzbauteilen (z.B. Fensterrahmen) führen. Bei der folglich meist unzureichenden Komprimierung ist die Abdichtung unwirksam, so daß ein Einsatz von Mineralfaserstoffen zur Fugenabdichtung im Holzbau zumindest als problematisch anzusehen ist.

Ihr Einsatz sollte auf die Verbesserung des wärme- und brandschutztechnischen Verhaltens von Fugen beschränkt werden.

Textilien, Filze u.ä.

Textilien, Filze u.ä. sind zur Abdichtung von Fugen wegen ihrer mangelnden Elastizität ungeeignet. Unterschiede in den Fugenbreiten können genauso wenig ausgeglichen werden, wie feuchte- oder temperaturbedingte Bewegungen.

3.4 Materialwahl

Bedingt durch den Wettbewerbsdruck und den damit unmittelbar zusammenhängenden Zeitdruck leidet oftmals die Sorgfalt bei der Auswahl des Materials. Nachfolgend sind einige typische Beispiele aufgeführt, bei denen die nachlässige Materialwahl zu beklagen ist.

Überprüfung der
Sortierklasse

- Daß Sägewerksbetriebe einer Festigkeitssortierung oftmals ablehnend gegenüberstehen, und Zimmereibetriebe nicht über das für die Sortierung notwendige Personal verfügen, ist seit langem bekannt. Dies ändert aber nichts an der Tatsache, daß Holzbauteile, die zu tragenden Zwecken eingesetzt werden, nach der Festigkeit sortiert werden müssen (siehe auch *Abschn. 2.1.1*).

Wird also vom Sägewerk Holz geliefert, das nicht nach DIN 4074-1 sortiert wurde (was leider meist der Fall ist), so bleiben dem Zimmereibetrieb nur zwei Möglichkeiten: entweder er sucht sich einen anderen Säger, der ihm die gewünschte Holzqualität liefern kann, oder er sortiert ungeeignete Hölzer selbst aus. Denn letztendlich ist der ausführende Betrieb für die Holzqualität verantwortlich. Hier besteht sicherlich Bedarf an einer Schulung/ Weiterbildung des Personals auf dem Gebiet der Festigkeitssortierung (siehe auch *Abschn. 3.4*).

objektbezogene Holz-
auswahl

- Wird die Qualität von Holzbauteilen bemängelt, so liegt dies meist am optischen Erscheinungsbild, wie z.B. große Äste, Harzgallen oder Baumkanten (Beispiele siehe *Abschn. 2.1.1*). Insbesondere bei sichtbaren Bauteilen ist nicht selten eine lieblose und nicht objektbezogene Holzauswahl zu bemängeln (**Bild 3.4-1 bis -4**).



Bild 3.4-1

Nicht objektbezogene Holzauswahl:
Schimmelpilz und Holzaustriss bei
sichtbarem Deckenbalken
[Foto: Frech]



Bild 3.4-2

Nicht objektbezogene Holzauswahl:
Beschädigung und Ausrisse bei
sichtbarem Deckenbalken [Foto:
Frech]

Bild 3.4-3
Nicht objektbezogene Holzauswahl: rissige Stütze zwischen zwei Fenstern, nicht fachgerechte Abdichtung
[Foto: Frech]



Bild 3.4-1
Nicht objektbezogene Holz-
auswahl: Harzaustritt bei
Balkongeländer
[Foto: Steinmetz]



Einschnittart

- Zu einer objektbezogenen Holzauswahl zählt auch die Einschnittart der Hölzer (siehe auch *Abschn. 2.1.4*). Insbesondere bei sichtbaren Holzbauteilen sollte ein herzgetrennter oder - besser noch - ein herzfreier Einschnitt erfolgen, um die trocknungsbedingten Verformungen und Risse zu beschränken.

Bei Stützen sollten keine einstielig eingeschnittenen Vollhölzer (Markröhre in der Mitte) eingesetzt werden, weil diese sehr stark zu Rißbildung und Verdrehungen neigen (**Bild 3.3-5**).

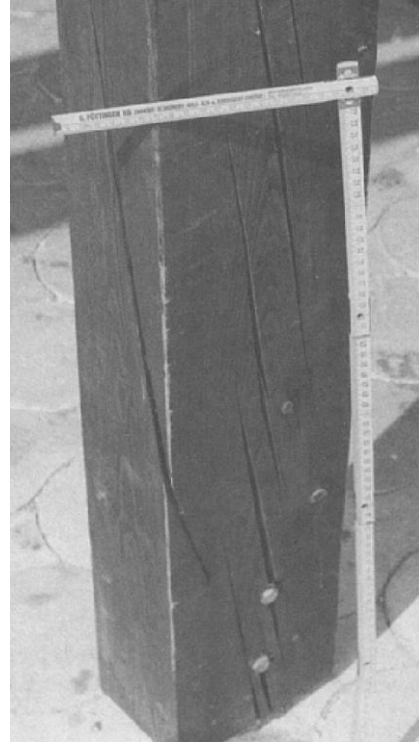


Bild 3.3-5
Drehwüchsige Stütze [Foto: WEKA-2]

Einbaufeuchte

- Die Verwendung von trockenem Holz wird immer wieder als Grundlage und Voraussetzung für einen mangelfreien Holzbau genannt (siehe auch *Abschn. 2.1.5 und 5.6*). Obwohl dies Fachleuten seit langem bekannt ist, wird dies in der Praxis leider allzuoft mißachtet: meist werden die Hölzer frisch eingeschnitten und die Zeit zum Heruntertrocknen ist viel zu kurz. Die Folge hiervon sind die bekannten Schwindverformungen und Risse.

Beratung

- Diese werden aber – wie bereits erwähnt – immer weniger als rustikal, sondern immer mehr als störend empfunden. Werden seitens des Bauherrn oder des Planers keine diesbezüglichen Anforderungen gestellt, so sollte der Ausführende selbst hierauf aufmerksam machen. Er sollte auf die vorhandenen Möglichkeiten zur Reduzierung der Rißbildung hinweisen und notfalls seine Bedenken anmelden.

Standardquerschnitte

- Als problematisch für die fachgerechte Materialwahl erweist sich weiterhin die Tatsache, daß sich im Holzbau bislang noch keine Standardquerschnitte durchgesetzt haben. Somit ist es einem Sägewerk nur bedingt möglich, sich auf den Einschnitt von bevorzugten Querschnitten zu beschränken, und diese „Vorzugshölzer“ auf Vorrat zu lagern.

KVH als Lösung der Probleme

Die Entwicklung des in *Abschn. 2.1.6* beschriebenen „Konstruktionsvollholzes“ stellt einen bedeutenden Schritt zur Lösung der beschriebenen Probleme dar. Weitere sind jedoch erforderlich, um auch im Bereich des herkömmlichen Vollholzes Verbesserungen zu erreichen.

Gespräche mit Sachverständigen und die Durchsicht von Gutachten haben bestätigt, daß dem optischen Erscheinungsbild des Holzes ein hoher Stellenwert beigemessen wird. Insbesondere die Vielzahl von Bagatellfällen, die im Rahmen dieses Vorhabens nicht weiter behandelt werden, verdeutlichen, daß der Materialwahl eine vorrangige Bedeutung zukommt. Vom ausführenden Betrieb kann erwartet werden, daß er über ausreichend Erfahrungen und detaillierte Kenntnisse über den Baustoff Holz verfügt, um mögliche Auswirkungen einer mangelhaften Materialwahl abschätzen zu können. Leider wird diese Fachkompetenz zu selten im Sinne einer Qualitätssteigerung genutzt.

3.5 Fachwissen, Weiterbildung

An den Ausführenden werden immer höhere Anforderungen an sein Fachwissen gestellt. Eine ganze Reihe von Mängeln/Schäden könnten vermieden werden, wenn ausreichende Kenntnisse über Hintergründe und Zusammenhänge vorhanden wären. Nachfolgend sind einige typische Beispiele hierzu aufgeführt.

| | |
|---------------|--|
| Luftdichtheit | <ul style="list-style-type: none"> • Das Thema Luftdichtheit wurde bereits mehrfach angesprochen. Hier besteht eine dringende Notwendigkeit, neben den Planern auch die Ausführenden für diese Problematik zu sensibilisieren und weiterzubilden. |
|---------------|--|

| | |
|--------------|--|
| Schallschutz | <ul style="list-style-type: none"> • Wie in <i>Abschn. 7.1</i> ausgeführt, müssen Decken einen gewissen Mindest-Trittschallschutz aufweisen, auch wenn es für EFH keine diesbezügliche bauaufsichtlichen Regelungen gibt. Die Unkenntnis über diesen Sachverhalt kann weitreichende und kostspielige Folgen haben, wenn unzureichende Deckenkonstruktionen nachgebessert werden müssen. |
|--------------|--|

| | |
|-----------|--|
| Belüftung | <ul style="list-style-type: none"> • Bei Dächern erfolgt das Einbringen der Dämmung meist von unten durch Eindringen/Einpressen. Bei belüfteten Dächern (sog. Kaltdächer) besteht dabei die Gefahr, daß die Dämmung zu weit reingestopft wird, so daß der für die Belüftung vorgesehene Hohlraum verschlossen wird. Die Umwandlung eines belüfteten Daches in ein (meist nicht funktionierendes) nicht belüftetes Dach kann zu schwerwiegenden Feuchteschäden führen (siehe auch <i>Abschn. 5.5.2</i>). Dies wird meist nicht erkannt oder unterschätzt, weil nur unzureichende Kenntnisse über die bauphysikalische Funktion einer Belüftung vorhanden sind. |
|-----------|--|

Ähnliches gilt für das Einbringen von Dämmung mit Unterbreite. Die seitlichen Fugen/Lücken bilden Wärmebrücken, die zu Tauwasserschäden führen können. Auch hier kann ein besseres Verständnis der bauphysikalischen Zusammenhänge zu einer sorgfältigeren Ausführung führen.

| | |
|-------|---|
| Umbau | <ul style="list-style-type: none"> • Bei nachträglichen Umbauten, bei denen aus Kostengründen meist kein Planer hinzugezogen wird, werden aus Unkenntnis über das statische Tragverhalten tragende/aussteifende Teile „großzügig“ entfernt. Typische Beispiele hierfür sind Kopfbänder, die beim nachträglichen Dachgeschoßausbau stören und herausgenommen werden. Die Folge hiervon sind größere Durchbiegungen der Pfetten, die durch die Wegnahme der Kopfbänder eine größere Stützweite zu überbrücken haben (siehe Bild 3.5-1). |
|-------|---|

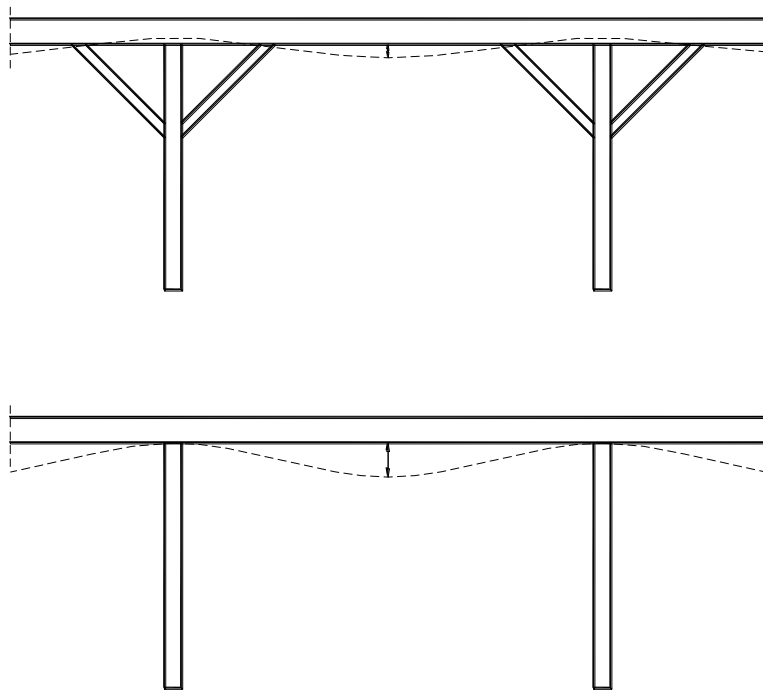


Bild 3.5-1

Größere Durchbiegungen von Pfetten durch Wegnahme von Kopfbändern

Dachflächenfenster

- Der nachträgliche Einbau von größeren Dachflächenfenstern ist bei Pfettendächern i.d.R. meist problemlos zu bewerkstelligen. Bei Sparrendächern hingegen besteht die Gefahr, daß die Standsicherheit, oder zumindest die Gebrauchstauglichkeit durch das Durchtrennen von Sparren gefährdet wird. Falls der Ausführende die Auswirkungen nicht ausreichend abschätzen kann, sollte ein Tragwerksplaner hinzugezogen werden.

Darüber hinaus ist auf einen luftdichten Anschluß der Dachflächenfenster an die luftdichte Schicht des Daches zu achten. Die Herstellerfirmen von Dachflächenfenstern haben hierzu Lösungen entwickelt, die sie in Form von Verarbeitungshinweisen an die Ausführenden weitergeben. Leider werden diese allzuoft mißachtet und die gewohnten „Baustellenlösungen“ bevorzugt.

untergehängte Decken

- Die Befestigung von untergehängten Decken mittels glattschaftigen Nägeln führte in der Vergangenheit des öfteren zu Schadensfällen (**Bild 3.5-2**). Die Erkenntnis, daß glattschaftige Nägel nicht durch ständig wirkende Lasten auf Herausziehen beansprucht werden dürfen, hat dazu geführt, daß heute meist profilierte Sondernägel oder Schrauben eingesetzt werden.

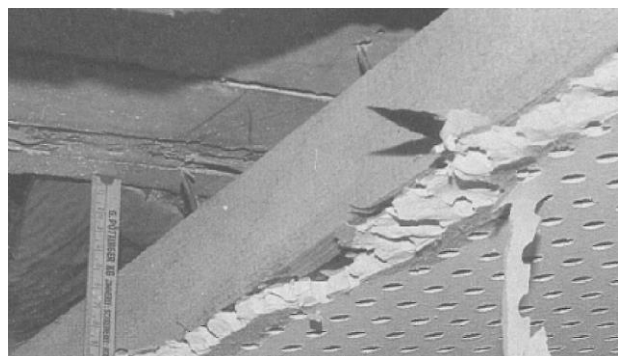


Bild 3.5-2

Untergehängte Decke mit bereits herausgezogenen glattschaftigen Nägeln [WEKA-2]

- Die Überprüfung der Sortierklasse von Bauholz durch den ausführenden Betrieb findet häufig nicht statt, weil hierüber nur unzureichende Kenntnisse vorhanden sind oder das Personal fehlt. Da der ausführende Betrieb aber letztendlich die Verantwortung für die ordnungsgemäße Holzqualität trägt, liegt es in seinem eigenen Interesse, sich auf diesem Gebiet weiterzubilden (siehe auch *Abschn. 2.1.1 und 3.4*).

3.6 **Eigenverantwortliche Planung und Ausführung**

[Schadensbeispiele: 3-09 / 3-10]

In nicht wenigen Fällen muß der Ausführende Arbeiten erledigen, zu denen keine Vorgaben seitens der Planer oder Bauherren gemacht werden. In diesen Fällen handelt er in eigener Verantwortung und unterliegt somit auch der Gewährleistungspflicht.

Typische Beispiele eigenverantwortlicher Planung sind kleinere Umbaumaßnahmen, wie z.B. der nachträgliche Einbau von Dachgauben oder Dachflächenfenstern, bei denen meist keine Planer hinzugezogen werden. Hier wird vorausgesetzt, daß der ausführende Betrieb über ausreichende Erfahrung besitzt, um diese Arbeiten nach dem Stand der Technik ausführen zu können.

Leider gibt es eine ganze Reihe von Fällen, in denen dieser Erfahrungsschatz nicht ausreicht, und mangelnde Kenntnis von theoretischen Hintergründen zu Mängeln/Schäden führt.

Nachfolgend sind einige Beispiele genannt:

- Die Gefahr von Durchbrüchen und Ausklinkungen wird unterschätzt, so daß diese oft zu „großzügig“ ausgeführt werden. Die Folgen hiervon sind Querschnittsverluste, die die Standsicherheit gefährden (**Bild 3.6-1**). Auf das Thema Ausklinkungen wird auch in *Abschn. 4.4* eingegangen.



Bild 3.6-1

Zu groß ausgeschnittene Ausklindung mit Querzugriß
[Foto: Schmidt]

- Bei nachträglichen Umbaumaßnahmen werden tragende oder aussteifende Teile entfernt oder durchtrennt (Kopfbänder, Windrispen).

- Bei Dachgauben wird der Kraftfluß falsch eingeschätzt, mit dem Ergebnis, daß wichtige Abstützungen fehlen, und die Gaube „in der Luft hängt“ (**Bild 3.6-2**).



Bild 3.6-2
Dachgaube ohne Firstpfette und Auflager [Foto: Galiläa]

- Die Windsogverankerung von Dachsparren wird in „bewährter Manier“ mit einem Sparrennagel ausgeführt. Bei größeren Dachüberständen und ungünstigen Windverhältnissen kann dies zu einem Abheben der Dachkonstruktion führen (siehe auch *Abschn. 4.4*).
- Bei Treppen und Wintergärten kommen oftmals Verbindungen und Verbindungsmittel zum Einsatz, die nicht den Anforderungen der DIN 1052-2 genügen. Hier werden insbesondere unzulässige Hirnholzanschlüsse ausgeführt und etwaige Mindestabstände nicht eingehalten. Hier reicht die Erfahrung des Ausführenden nicht immer aus, um das Tragverhalten größerer Treppen- und Wintergartenkonstruktionen zuverlässig abschätzen zu können.
- Die Bedeutung der Luftdichtheit und der Ausbildung von Fugen wurden erst in den letzten Jahren erkannt. Fugenausbildungen, die bis dahin als „ausreichend dicht“ beurteilt wurden, entsprechen heute nicht mehr dem Stand der Technik. Hier sind z.T. aufwendige und wohldurchdachte Ausbildungen erforderlich, um die geforderte Luftdichtheit zu erreichen (siehe auch *Abschn. 5.4*).

Grenzen erkennen

In all diesen Fällen trägt der Ausführende das Risiko, wenn er die Arbeiten eigenverantwortlich geplant und ausgeführt hat. Überschreiten diese Arbeiten seine Kompetenzen bzw. seinen Erfahrungsschatz, so tut er gut daran, beim Bauherrn schriftlich die Vorleistung eines Planers anzufordern. Hierbei ist es wichtig, daß der Ausführende seine Grenzen kennt und diese auch zugibt. 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.

3.7 Abweichung von Planungsvorgaben

[Schadensbeispiele: 3-07 / 3-11 / 3-12 / 4-05]

Die Risiken einer eigenverantwortlichen Planung und Ausführung bestehen umso mehr, wenn der Ausführende eigenmächtig (oder muß man sagen: selbstherrlich?) von Planungsvorgaben abweicht.

Nachfolgend sind einige Beispiele aufgeführt.

- Nichteinhalten von Rand- und Mindestabständen bei Anschlüssen, wie z.B. Änderung des Nagelbildes (siehe auch *Abschn. 3.2.4*).
- Weglassen von Verbindungsmitteln (**Bild 3.7-1 und -2**).

Bild 3.7-1a

Verschiebungen bei Stabdübelanschluß [Foto: Frech]



Bild 3.7-1b

Ursache: wegen ungenauer Bohrungen paßten Stabdübel nicht rein [Foto: Frech]



Bild 3.7-2

Zweiteilige Mittelpfette, die ohne die vorgesehenen Verbindungsmittel ausgeführt wurde [Foto: Macha]



- Änderung der Lage von Gerbergelenken.
- Verwendung anderer Materialien als vorgegeben, wie z.B. GKB-Platten anstelle von HWSt-Platten (und umgekehrt), PE-Folien anstelle einer diffusionsoffenen Pappe, oder glattschaftige Nägel anstelle von Sondernägeln oder Schrauben (**Bild 3.7-3**).

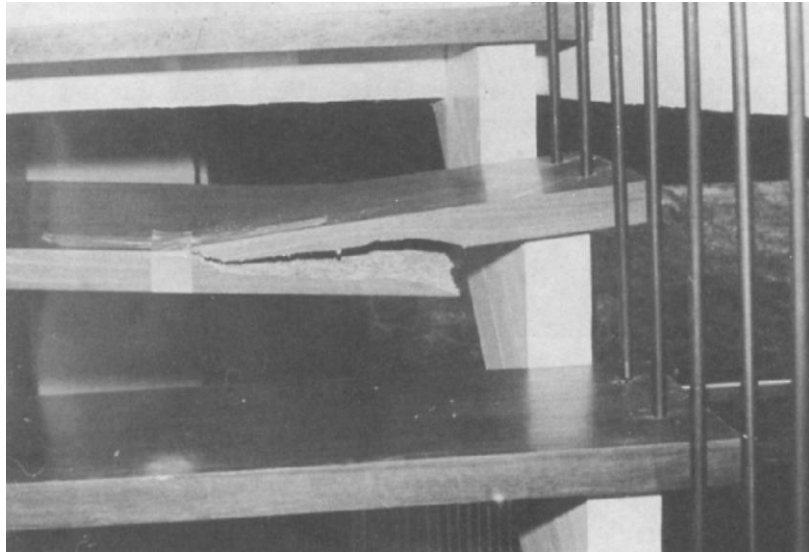


Bild 3.7-3

Gebrochene Treppenstufe: anstelle von massiven Mahagonistufen wurden furnierte Spanplattenstufen eingesetzt [Foto: WEKA-2]

- Ausführung eines geplanten Pfettendaches als Sparrendach (**Bild 3.7-4**). Hierauf wird auch in *Abschn. 4.4* eingegangen.



Bild 3.7-4

Mangelhafter Abbund: Pfettendach wird zum Sparrendach [Foto: Macha]

- Bei vermeintlich kleineren Um- oder Anbauten (Dachgauben, Balkone) werden Pläne oder statische Berechnungen mißachtet und „bewährte“ Eigenkonstruktionen ausgeführt.
- Windrispen und Verankerungen werden entweder weggelassen oder nicht kraftschlüssig angeschlossen (**Bild 3.7-5**, siehe auch *Abschn. 4.4*).

Bild 3.7-5

Nicht kraftschlüssiger Anschluß der Giebelwand an Aussteifungsverband: schlaaffe Windrispen und „Zugfalten“ in Dachfolie
[Foto: Steinmetz]



Wie die statistische Auswertung im *Anhang* zeigt, kann die Abweichung von Planungsvorgaben zu erheblichen Mängeln und Schäden führen, für die der ausführende Betrieb zumindest eine Mitverantwortung trägt.

4 Planung und Ausschreibung

4.1 Allgemeines

sorgfältige Planung

Es ist unbestritten, daß Wohnhäuser in Holzbauweise einen größeren Planungsaufwand erfordern als die traditionellen Massivhäuser. Die Planung muß dabei nicht nur mit großer Sorgfalt, sondern auch sehr detailliert erfolgen, weil kleine Fehler und Unachtsamkeiten große Auswirkungen haben können, insbesondere im Bereich des Feuchteschutzes (vgl. *Abschn. 5*).

Detailplanung

Die Detailplanung im Sinne einer Ausführungsplanung ist dabei Voraussetzung für ein schadenfreies Bauen. Leider wird diese allzuhäufig nicht erbracht, so daß „Baustellenlösungen“ zum Einsatz kommen, die immer wieder Ursache von Mängeln/Schäden sind.

Beratung und Aufklärung des Bauherrn

Die wenigsten Bauherren haben eingehende Kenntnisse auf dem Gebiet des Holzbaus, so daß zur Vermeidung späterer Unzufriedenheiten und unberechtigter Reklamationen eine ausführliche Beratung und Aufklärung unbedingt erforderlich ist. Hier sind allerdings erhebliche Defizite zu beklagen. So gibt es immer wieder Reklamationen über auftretende Risse und Verformungen, weil das „Arbeiten“ des Holzes gar nicht angesprochen oder aber bagatellisiert wurde. Oder es ist nicht gelungen, den Bauherrn davon zu überzeugen, daß die vergleichsweise geringen Mehrkosten für getrocknetes Holz und/oder herzfrei eingeschnittenen Holz viel Ärger und auch Kosten einsparen können. Diesbezügliche Anforderungen gehören jedoch vertraglich vereinbart und ausgeschrieben.

Über die finanzielle Frage hinaus geht es dabei natürlich auch um die Zufriedenheit des Bauherren. Qualität hat ihren Preis, und hier ist eine eingehende Beratung z.B. über die Vorteile einer getrennten Installationsebene oder die Notwendigkeit einer luftdichten Gebäudehülle erforderlich.

Qualität hat ihren Preis

Der Holzbau erlebt zur Zeit einen regelrechten Boom, der im wesentlichen darauf zurückzuführen ist, daß das Bauen mit dem natürlichen und nachwachsenden Rohstoff Holz aus ökologischen Gründen bevorzugt wird. Ein weiterer Grund liegt aber darin, daß viele Bauherren der Meinung sind, daß Holzhäuser billiger sind als Massivhäuser. Dieser Glaube wird durch vielfältige Billigangebote verschiedener Hersteller auch noch unterstützt. Die Aufklärung darüber, daß die billigsten Häuser auf Dauer gesehen nicht immer die preiswertesten sind, gehört mit zu den vorrangigen Aufgaben des Planers. Nachträgliche Aufwendungen für Ausbesserungs- und Reparaturarbeiten tragen zur Erhöhung der Baukosten bei. Gesamtwirtschaftlich gesehen ist es dabei egal, ob die Kosten hierfür vom Bauherren oder vom Auftragnehmer im Rahmen der Gewährleistung getragen werden.

Der im Zuge der Novellierung der LBO bewirkte Abbau von Vorschriften und Auflagen verfolgt vorrangig das Ziel, den Verwaltungsaufwand zu reduzieren und damit das Bauen zu beschleunigen. Durch den Wegfall der Prüfpflicht in vielen Bereichen entfällt auch die erste Kontrollinstanz (Wegfall des „4-Augen-Prinzips“), so daß die Verantwortung für die am Bau Beteiligten wächst. Damit wächst auch die Bedeutung der Qualität der Planung und Bauleitung (siehe auch Aussagen des 3. Bauschadensberichtes im *Abschn.1.5*).

30 Jahre
Gewährleistung ?

Die Bedeutung einer sorgfältigen Bau- und Qualitätsüberwachung wird auch in der Rechtsprechung immer höher bewertet. In bereits einer ganzen Reihe von Gerichtsurteilen [JAGENBURG] wurden sowohl Werkunternehmer als auch Architekten zur Gewährleistung herangezogen, obwohl die Gewährleistungsfristen nach VOB und BGB bereits seit langem überschritten waren.

Als Begründung hierfür wird angeführt, daß „die organisatorischen Voraussetzungen, ... um sachgerecht beurteilen zu können, ob das Bauwerk ... mangelfrei ist“ vom Planer bzw. vom Auftragnehmer zu schaffen sind. Wird dies nicht erfüllt, so verjähren die Gewährleistungsansprüche des Bestellers derzeit erst nach 30 (!) Jahren¹⁾.

Organisations-
verschulden

Dies bedeutet, daß wenn ein Mangel bei richtiger Organisation der Eigen- oder Bauüberwachung bereits während der Bauzeit hätte entdeckt und verhindert werden können, daß dann ein sog. Organisationsverschulden vorliegt, bei dem derzeit noch die o.g. 30-jährige Gewährleistung gilt. Und da eigentlich jeder Mangel/Schaden auf ein irgendwie geartetes Organisationsverschulden zurückgeführt werden kann, wird die jüngste Rechtsprechung weitreichende Auswirkungen auf die Planung und Ausführung haben.

Koordination des
Bauablaufes

Ein wesentlicher, oftmals unterschätzter Bestandteil der Planung liegt darin, den Bauablauf so zu koordinieren, daß Mängel/Schäden vermieden werden. Leider sind viele Schäden darauf zurückzuführen, daß die verschiedenen Bauphasen zeitlich nicht oder nur unzureichend aufeinander abgestimmt sind, und/oder wichtige Maßnahmen zur Verhinderung von Schäden nicht ergriffen werden. Nachfolgend sind einige typische Beispiele einer mangelhaften Koordination bzw. Abstimmung aufgeführt:

- Holzteile werden angeliefert und bis zur Weiterverarbeitung nicht abgedeckt bzw. vor der Witterung geschützt.
Mögliche Folgen: Verschmutzung, Feuchtaufnahme mit späteren Rißbildungen und Verformungen, Schimmelpilzbefall.
- Nach Einbringen eines Estrichs werden Bekleidungen/ Beplankungen aus Holzwerkstoffen zu früh eingebaut.
Mögliche Folgen: Aufwölben der Platten durch Feuchtaufnahme.
- In Gebäuden mit hoher Baufeuchte (Estrich, Beton) wird unzureichend gelüftet.
Mögliche Folgen: Feuchtaufnahme durch die Holzbauteile mit nachfolgenden Rißbildungen und Verformungen, Pilzbefall.
- Bauteile (Wände, Decken, Dächer), in denen Holzteile mit zu hoher Einbaufeuchte eingebaut werden, werden zu früh verschlossen, so daß die eingeschlossene Feuchte nur sehr langsam oder gar nicht entweichen kann.
Mögliche Folgen: Tauwasseranfall, Pilzbefall.

4.2 Konstruktive Durchbildung

[Schadensbeispiele: 3-03 / 3-04 / 4-01 / 4-02 / 4-03]

Wie bereits erwähnt, erfordern Wohnhäuser in Holzbauweise einen größeren Planungsaufwand als Häuser in Massivbauweise. Die materialspezifischen und konstruktiven Besonderheiten der verschiedenen Holzbauweisen erfordern vertiefte Fachkenntnisse und Erfahrungen im Umgang mit dem natürlichen Baustoff Holz. Diese sind aber oftmals (noch) nicht in

¹⁾ Europaweit ist eine generelle 10-jährige Gewährleistung im Gespräch, die auch die Gewährleistungsfristen nach VOB und BGB ablösen würden.

ausreichendem Maße vorhanden, weil der Holzhausbau in der Vergangenheit eher die Ausnahme darstellte und nur wenigen „Spezialisten“ vorbehalten war.

spezielle Holzbau-
kenntnisse

Durch die steigende Nachfrage nach Holzhäusern wagen sich immer mehr Planer und Betriebe auf das (noch) ungewohnte Gebiet. Dies beinhaltet jedoch die Gefahr, daß wichtige Problemzonen aufgrund mangelnder Erfahrung nicht erkannt werden, was beinahe zwangsläufig Mängel/Schäden nach sich zieht. Hier besteht die Gefahr, daß der Boom im Holzhausbau aufgrund unzureichender Fachkenntnisse zum Boomerang wird.

Detailplanung

Das größte Problem im Zusammenhang mit den Planungsarbeiten liegt in der meist unzureichenden Detailplanung, insbesondere in den folgenden Bereichen:

- Anschlüsse aller Art: z.B. Fenster-Wand, Wand-Decke, Wand-Dach usw..
- Durchdringungen von Bauteilen, wie z.B. Sparren durch Außenwand, Pfette durch Giebelwand, Abluftrohr und Kamin durch Dach usw..
- Luftdichtheit und Winddichtigkeit: luftdichter Anschluß von Folien/Pappen (Überlappung, Verklebung), Durchdringung der luftdichten Außenhülle, z.B. durch Elektro-/Installationsleitungen.

In *Abschn. 5* wird beschrieben, daß eine fachgerechte Durchbildung dieser Details entscheidend ist für die Luftdichtheit eines Gebäudes, und somit auch für den angestrebten Feuchteschutz.

Werden diese Punkte nicht geplant, so bleibt es meist dem ausführenden Betrieb überlassen, diese Detailpunkte zu konstruieren und auszuführen. Da dieser aber kaum über das nötige Hintergrundwissen über bauphysikalische und konstruktive Zusammenhänge verfügt, endet dies leider allzuoft in einer „Flickschusterei“, die den Ausgangspunkt für Mängel/Schäden bildet (*Abschn. 3*).

Fugen planen

Fugen müssen geplant werden, damit sie ihre abdichtende Funktion auch langfristig erfüllen können. Werden Fugen zu klein ausgeführt, so erweist sich das Einbringen von Dichtungsmaterialien oftmals als unmöglich. Bei zu großen Fugen ist es schwierig, ein geeignetes Dichtungsmaterial zu finden (PU-Ortschäume sind hierfür ungeeignet). Elastisch/plastische Dichtungsmaterialien (z.B. Silikon) sind nur bei Wartungsfugen mit geringen Bewegungen geeignet. Dauerhaft dichte Fugen sind meist nur mit sog. „Komprimändern“ und überlappenden Folien/Pappen möglich (siehe auch *Abschn. 3.3 und 5.4.4 bis 5.4.6*).

Detailpläne

Zur richtigen Ausbildung von Fugen gehören Angaben über die Ausführung (z.B. vorkomprimiertes Dichtungsband mit Anpreßlatte) und die zu verwendeten Materialien. Hierbei ist auf die Verträglichkeit der verschiedenen Materialien zu achten (z.B. Verträglichkeit zwischen Kleband und Dampfbremse). Hier sind Detailpläne die Voraussetzung/Grundlage für eine mängelfreie Ausführung.

Mehraufwand gering

Erfahrungsgemäß ist der Mehraufwand zur Erreichung der Dichtheit eines Gebäudes vergleichsweise gering, sofern diesbezügliche Maßnahmen vorab geplant werden. Große Mängel/Schäden können so meist mit kleineren Maßnahmen vermieden werden.

Schwind-
verformungen

Bei der Planung von Fugen im Bereich von Anschlüssen und Durchdringungen ist es unbedingt erforderlich, das „Arbeiten“ des Holzes zu berücksichtigen. So können z.B. durch Schwindverformungen von durchdringenden Bauteilen

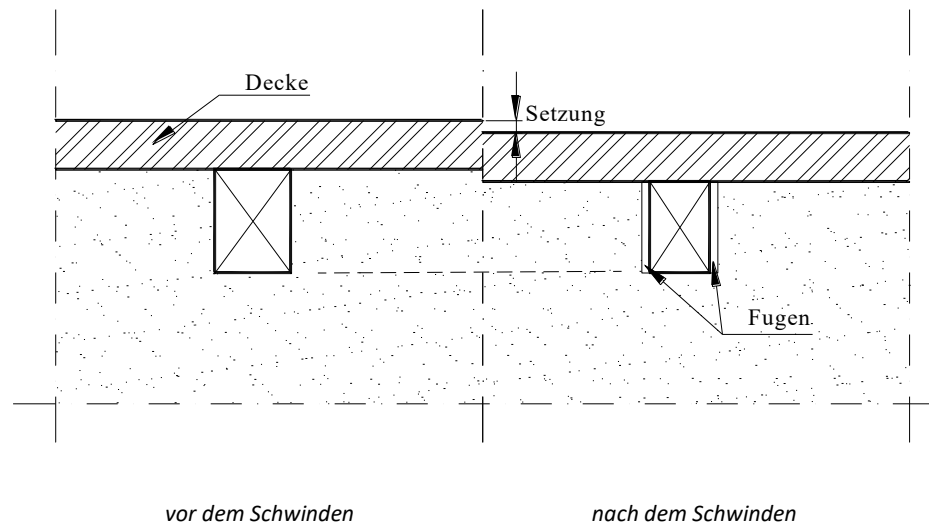


Bild 4.2-1

Fugenbildung bei Durchdringungen durch Schwinden des Holzes

Einbaufeuchte

Insbesondere bei verformungsempfindlichen Konstruktionen sind Holzbauteile mit einer Holzfeuchte einzubauen, die annähernd der späteren

Ausgleichsfeuchte entspricht, weil sonst die mit dem Schwinden verbundene Verformungen zu Mängeln und Schäden führen

Prinzipiell sind alle Bereiche, in denen häufig Holzteile eingesetzt werden, besonderer Sorgfalt zu planen. Ein Beispiel hierfür ist der Fußpunktanschlusses an eine Decke zu **Bild 4.2-2**).

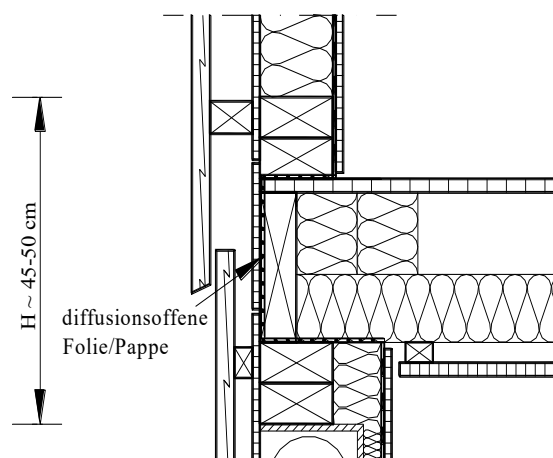


Bild 4.2-2

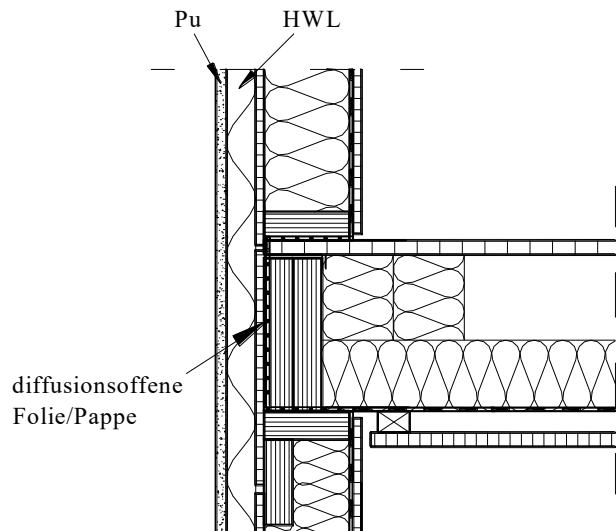
Verformungsempfindlicher Anschluß. Die Verformung muß von der Fassade aufgenommen werden

Selbst wenn an dieser Stelle Holzbauteile eingesetzt werden, entstehen beim Heruntertrocknen auf eine Holzfeuchte von 5% Setzungen in der Größenordnung von 1 cm. Diese Verformungen müssen von der Fassade aufgenommen werden können. Hier sind geeignete Bewegungsstöße vorzusehen. Bei Wärmedämm-Verbundsystemen und Putzfassaden jedoch können Risse und Stauchungen auftreten (siehe auch *Bild 2.1-23 und -24*).

In **Bild 4.2-3** ist eine Ausführung dargestellt, die bei verformungsempfindlichen Fassaden und im mehrgeschossigen Wohnungsbau eingesetzt werden kann. Durch den Einsatz von trockenem Furnierschichtholz (Holzfeuchte etwa 10%) mit kleineren Querschnittsabmessungen und z.T. stehenden Furnierlagen (Absperrwirkung) werden die Schwindverformungen stark eingeschränkt und das Risiko von setzungsbedingten Mängeln/Schäden minimiert.

Bild 4.2-3

Anschlußpunkt für verformungsempfindliche Fassaden
[HOLZRAHMENBAU - mehrgeschossig]



Baulicher Holzschutz

Ein weiterer Problembereich, der durch die Überarbeitung der DIN 68800-2 an Bedeutung drastisch zugenommen hat, ist der bauliche Holzschutz (vgl. *Abschn. 6*). Während diesbezügliche Probleme in der Vergangenheit oftmals mit einem lapidaren Satz in der Ausschreibung „Holzschutz nach DIN 68 800“ verdrängt wurden, werden sie künftig zu einem zentralen Thema der Planung werden. Nach DIN 68 800-2 ist der Planer dazu angehalten, bauliche Maßnahmen, mit denen auf einen vorbeugenden chemischen Holzschutz verzichtet werden kann, zu bevorzugen.

Chemischer Holzschutz als Mangel

Dies bedeutet, daß Bauteile, die mit chemischen Holzschutzmitteln behandelt sind, künftig als mangelhaft gelten können, wenn bei entsprechender Planung auf den chemischen Holzschutz hätte verzichtet werden können. Die Planer – wie auch die Unternehmer - werden sich somit intensiver als bisher mit den Fragen des baulichen Holzschutzes befassen müssen.

Schallschutz

Wie in *Abschn. 3.5 und 7.1* beschrieben, schuldet ein Auftragnehmer (Planer und/oder Ausführer) auch bei EFH einen Schallschutz, der den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht. Die Auffassung, nach der keine Mindestanforderungen zu erfüllen sind, weil es hierzu keine normativen Bestimmungen gibt, ist somit hinfällig. Hier besteht sicherlich noch ein Informationsdefizit, das es zu beheben gilt.

Blockhausbau

Bei der statistischen Auswertung der aufgenommenen Schadensfälle zeigten Blockhäuser eine überdurchschnittliche Schadensanfälligkeit. Dies liegt darin begründet, daß im Blockhausbau das Schwinden und Quellen des Holzes oftmals nicht ausreichend berücksichtigt wird. Bedingt durch die horizontale (liegende) Ausrichtung der Fasern und die witterungsbedingte schwankende Holzfeuchte treten nicht zu vernachlässigende Verformungen auf (Setzungen).

So verändert sich z.B. die Höhe einer 3 m hohen Außenwand im Laufe eines Jahres durchschnittlich um ca. 5 cm. Mit diesen Formänderungen sind selbstverständlich eine ganze Reihe von Detailproblemen zu lösen. Auf folgende Punkte ist besonders zu achten:

- Übergänge zu feststehenden Bauteilen, wie z.B. Fenster, Türen, Kamine, Stützen (**Bild 4.2-4 und -5**). Hier sind gleitende Anschlüsse vorzusehen, um die auftretenden Bewegungen schadlos aufnehmen zu können (vgl. **Bild 4.2-6**).

Bild 4.2-4

Hochgedrückte Deckenbekleidung durch
Setzungen der Bohlenwand
[Foto: Macha]



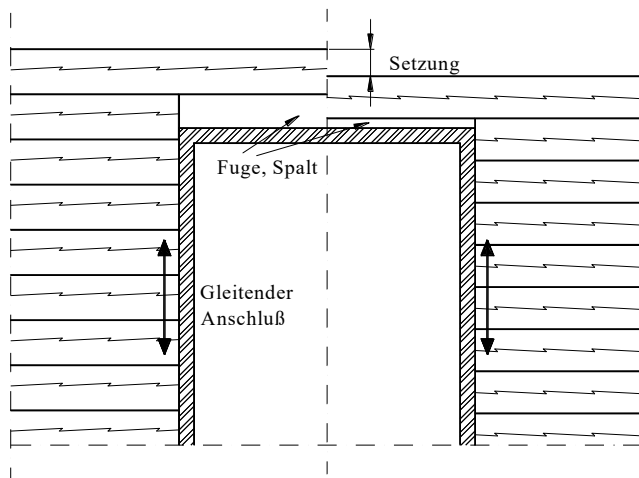
Bild 4.2-5

Setzung in Blockwand: Fenstersturz liegt
auf Fenster auf, Fuge zu unteren Block-
bohlen [Foto: Trübswetter]



Bild 4.2-6

Gleitanschluß bei Türen



- Gleitende Ausbildung von Installationsleitungen (Gas, Wasser).

- Getrennte, vorgesetzte Unterkonstruktion zur Anbringung von Fliesenbelägen (vgl. **Bild 4.2-7**) und Wandbekleidungen (**Bild 4.2-8**).

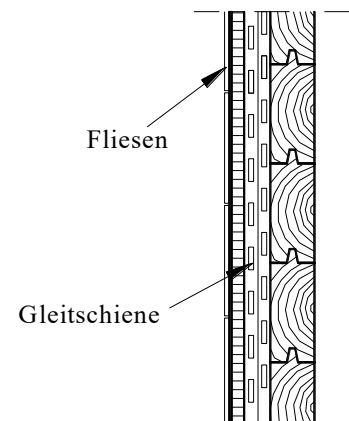


Bild 4.2-7
Gleitende Unterkonstruktion für Fliesenbeläge

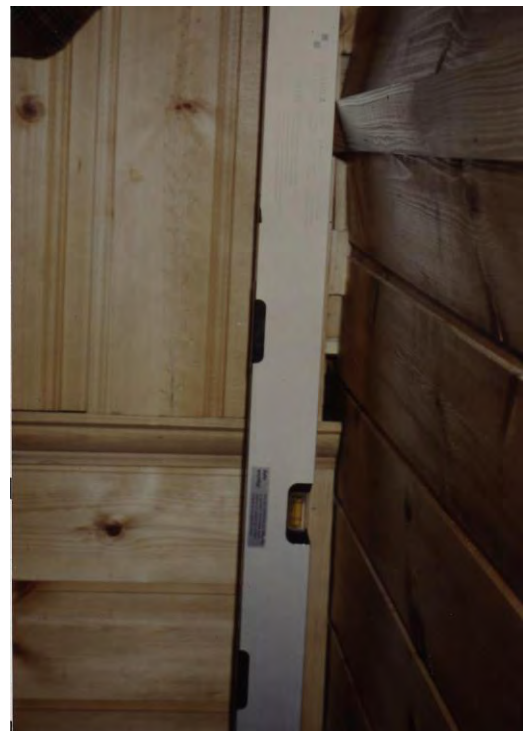
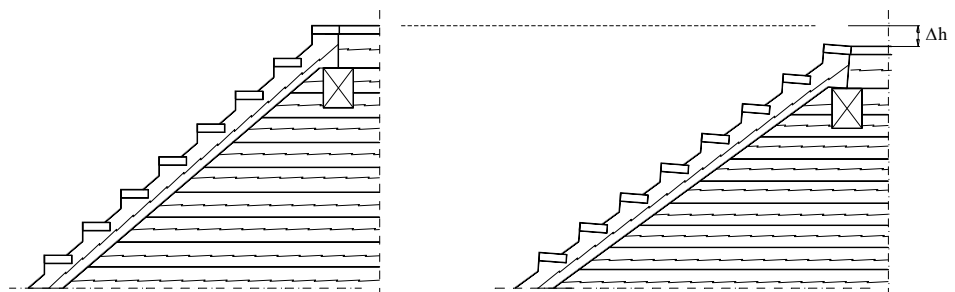


Bild 4.2-8
Ausgebeulte Bekleidung wegen unzureichend berücksichtigten Setzungen [Foto: Schmidt]

- Berücksichtig sicherheitsge

Bild 4.2-9
Auswirkung der Setzung einer Wand auf Treppen



- Beim Zusammenwirken von stehenden und liegenden Hölzern ist zu berücksichtigen, daß die stehenden Holzbauteile im Vergleich zu den liegenden so gut wie keine Setzungen erfahren. Dies führt zu ungleichen Verformungen (**Bild 4.2-10 und -11**).



Bild 4.2-10
Schiefstehende Treppenstufen
durch ungleiche Setzungen [Foto:
Macha]

Dies kann aber auch ungewollten
Kraftumlenkungen führen, was bei der
statischen Durchbildung zu berücksich-
tigen ist.

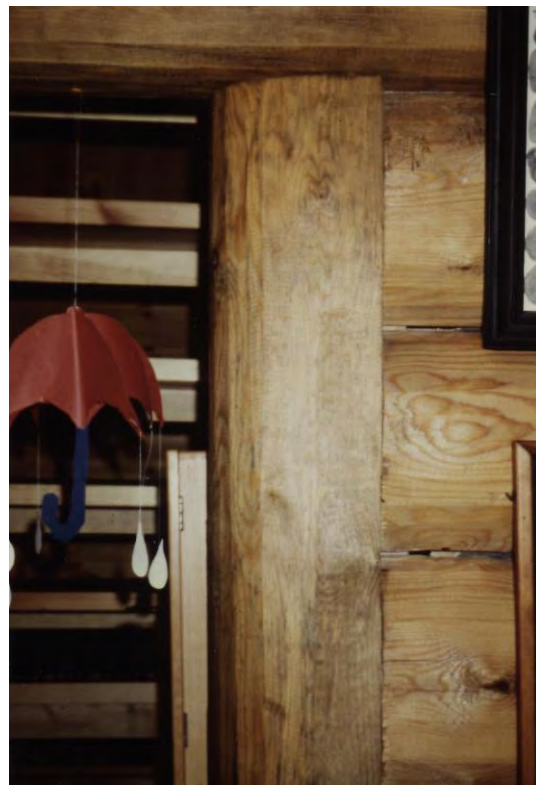


Bild 4.2-11
Aufliegen des Türsturzes auf Stütze, Fugen in den
darunter liegenden Blickbohlen
[Foto: Schmidt]

- Ausbildung von Gleitlagern an den Sparrenauflagern an der Traufe. Durch die unterschiedlichen Setzungen im First- und Traufbereich kommt es zu Horizontalverschiebungen am Fußpunkt, die bei fester Ausbildung zu Schiefstellungen der Außenwand führen (**Bild 4.2-12**).

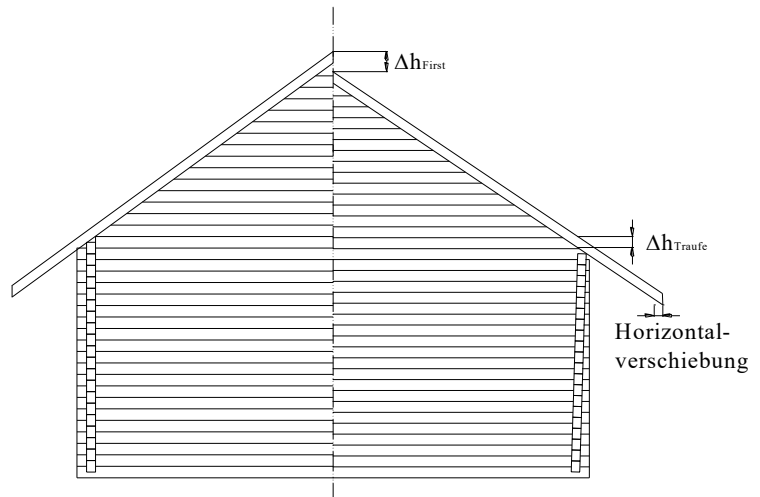


Bild 4.2-12

Schiefstellung der Außenwände bei festen Sparrenauflegern

- Eckverkämmungen sind mit besonderer Sorgfalt auszuführen und abzudichten (siehe auch *Abschn. 3.3*). Bei auftretenden Fugen (**Bild 4.2-13**) und bei fehlenden oder unzureichenden Abdichtungen (z.B. „verwurschtelte“ Dichtungsbänder) kann Regenwasser eindringen und bis in die Innenräume durchdringen. Darüber hinaus besteht die Gefahr von Pilzbefall und Fäulnis.



Bild 4.2-13

Fugen bei Eckverkämmungen [Foto: Macha]

Nachfolgend sind weitere typische Beispiele für Mängel/Schäden zusammengestellt, deren Ursache meist in einer unzureichenden Planung liegen.

Flachdächer

Bei Flachdächern bilden

- zu geringes Gefälle,
- Wassersackbildungen infolge von Durchbiegungen
- zu hoch liegende Wasserabläufe, und
- undichte Abdichtungen

die häufigsten Ursachen für Mängel/Schäden.

| | |
|------------------|--|
| Belüftete Dächer | Feuchteschäden bei belüfteten Dächern (sog. 'Kaltdächer') sind meist auf |
|------------------|--|

- 'zugestopfte' Belüftungshohlräume,
- unzureichend dimensionierte Lüftungsquerschnitte, und
- unzureichend dimensionierte Lüftungsöffnungen

zurückzuführen (siehe auch *Abschn. 5.5*). Hier ist der Einsatz von nicht belüfteten, diffusionsoffenen Dachaufbauten zu empfehlen, die durch die Entwicklungen im Bereich der Folien/Pappen ermöglicht wurden.

| | |
|-----------------------------|--|
| Balkenaufleger in Mauerwerk | Die Ursache von verfaulten Balkenköpfen in Mauerwerk liegt meist darin, daß die Schlagregensicherheit durch Putz und Mauerwerk nicht mehr gegeben ist. Die Feuchte kann dann über die ungeschützte Stirnfläche ins Holz eindringen, von wo es nicht schnell genug wieder entweichen kann. Zur Vermeidung solcher Schäden ist somit vorrangig auf eine schlagregensichere Ausbildung der Fassade zu achten. Die Anordnung einer Sperrschicht zwischen Holz und Mauerwerk verhindert zusätzlich eine Feuchteübertragung durch Kapillarwirkung. |
|-----------------------------|--|

| | |
|-------|---|
| Umbau | Bei nachträglichen Veränderungen ist die Funktionalität der bestehenden Konstruktion zu überprüfen und zu berücksichtigen. Dies gilt selbstverständlich auch für kleinere Umbaumaßnahmen, bei denen kein Architekt oder Tragwerksplaner hinzugezogen wird, und die Planung in der Hand des Ausführenden liegt. So ist z.B. darauf zu achten, daß ein belüftetes Dach nicht unbewußt zu einem (nicht funktionierenden) unbelüfteten umgewandelt wird, was beinahe zwangsläufig Feuchteschäden nach sich zieht. Auch die statische Funktion mancher Bauteile wird vielfach unterschätzt und störende Teile ohne Rücksprache mit einem Tragwerksplaner 'großzügig' entfernt. |
|-------|---|

| | |
|-----------------------|--|
| Abweichung von Statik | Ähnliches gilt für Veränderungen, die auf der Baustelle kurzfristig und ohne Rücksprache mit dem Tragwerksplaner vorgenommen werden, wie z.B., das Verschieben von tragenden Wänden oder Stützen (siehe auch <i>Abschn. 4.4, Bild 4.4-4</i>). |
|-----------------------|--|

4.3 Ausschreibung

Eine Vielzahl von Beanstandungen, Mängeln und z.T. auch Schäden lassen sich auf eine irreführende, unzureichend detaillierte oder gar falsche Ausschreibung zurückführen. Nachfolgend sind einige Beispiele aufgeführt.

- Leistungsbeschreibung: „Holzschutz nach DIN 68 800“

| | |
|--------------------------|---|
| ungenauere Ausschreibung | Bei einem solchen Ausschreibungstext muß davon ausgegangen werden, daß der Verfasser keine fundierten Kenntnisse über den Holzschutz verfügt. So ist z.B. nicht ersichtlich, ob ein baulicher Holzschutz nach Teil 2 dieser Norm, oder ein vorbeugend chemischer Holzschutz nach Teil 3 gemeint ist. Der Anbieter wird 'sicherheitshalber' eine Imprägnierung vorsehen, da bauliche Maßnahmen zum Verzicht auf einen chemischen Holzschutz in den Zuständigkeitsbereich des Planers fallen, und solche nicht ausgeschrieben sind. |
|--------------------------|---|

Da aber - wie bereits beschrieben - ein unnötiger chemischer Holzschutz als Mangel ausgelegt werden kann (und wohl auch wird), ist zu hoffen, daß das komplexe Feld des Holzschutzes künftig nicht mehr nur in einem lapidaren Satz abgehandelt wird.

- Leistungsbeschreibung: „Sichtbare Deckenbalken, Güteklasse I nach DIN 4074“

falsche
Ausschreibung

Wie in *Abschn. 2* beschrieben, müssen tragende Holzbauteile entsprechend ihrer Tragfähigkeit sortiert werden. Hierfür zuständig ist

DIN 4074-1, in der verschiedene Sortierklassen (nicht Güteklassen) vorgesehen sind. Darüber hinaus wird in DIN 1052-1 davor gewarnt, Bauholz der höchsten visuellen Sortierklasse (S 13, ehemals Gkl. I) einzuplanen, da eine zuverlässige Sortierung nicht gewährleistet werden kann.

Der Verweis auf eine Klasse I bezieht sich hier aber vermutlich weniger auf die statische Tragfähigkeit, sondern vielmehr auf eine gewünschte optische Qualität, da sichtbare Deckenbalken ausgeschrieben sind. Hierfür ist aber DIN 4074 nicht zuständig. Hier ist ein Bezug auf DIN 68 365 notwendig.

Beispiel: Balken 10/20 cm, S 10 nach DIN 4074-1,
Schnittklasse S und Sonderklasse nach DIN 68365

optische Qualität,
Einschnittart,
Holzfeuchte

Von einer mangelhaften Ausschreibung ist auch zu sprechen, wenn Angaben zu wichtigen Punkten fehlen. So gehören zu einer objektbezogenen Materialwahl neben den Angaben bzgl. optischer Qualitätsanforderungen auch Angaben über die Einschnittart und die Holzfeuchte als fester Bestandteil in jede Ausschreibung. So sollte z.B. bei Vollholzquerschnitten mit Abmessungen über 10/20 cm ein herzgetrennter Einschnitt verlangt werden. Auch sollte der Einbau trockenen Holzes forciert werden, der für viele Einsatzbereiche ohnehin vorgeschrieben ist (siehe hierzu auch *Abschn. 2.1.4 und 2.1.5*).

Qualitätssteigerung

Darüber hinaus leistet eine detaillierte Ausschreibung einen wesentlichen Beitrag zur Qualitätssicherung bzw. -steigerung am Bau. Leider erhält der billigste Anbieter in den meisten Fällen den Auftrag, so daß derjenige bestraft wird, der eine bessere Qualität zu einem höheren Preis anbietet. Daß der teurere Anbieter auf lange Sicht gesehen vielleicht doch der preiswertere gewesen wäre, wird vielen Bauherren erst im nachhinein bewußt.

bessere
Vergleichbarkeit

Erst eine detaillierte Ausschreibung schafft die Grundlage für einen realistischen Preisvergleich, weil nur dann gewährleistet ist, daß alle Anbieter ihre Kalkulation auf denselben Randbedingungen (sprich Qualitäten) aufgebaut haben.

4.4 Statische Durchbildung

[Schadensbeispiele: 3-09 / 3-10 / 3-11 / 4-01 / 4-04 / 4-05 / 4-06 / 4-07]

Die bisherigen Ausführungen betrafen im wesentlichen den Planer im Sinne eines Architekten, der meist die Gesamtplanung und die Bauüberwachung zu erledigen hat. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf Bereiche, bei denen Fehler des Tragwerksplaners (Ingenieur, Statiker) zu Mängeln/Schäden führen können.

Statische Fehler bleiben - im Gegensatz zu den augenfälligen optischen Mängeln - von 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 katastrophalen Folgen bilden im Wohnungsbau jedoch (noch?) die Ausnahme.

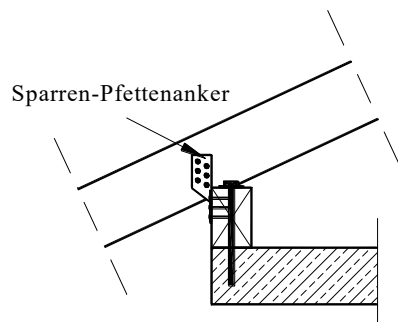
Wegfall der Prüfpflicht
als Sicherheitsrisiko?

Viele Fachleute befürchten nämlich, daß die Überarbeitung der Landes-Bauordnungen und der einhergehende Abbau behördlicher Auflagen eine Erhöhung des Sicherheitsrisikos nach sich zieht. Zwar ist nach wie vor für jedes Bauwerk eine statische Berechnung erforderlich, im Bereich des Einfamilienhausbaus entfällt jedoch die bisher übliche Prüfpflicht und die damit verbundene Überwachung auf der Baustelle (Wegfall des „4-Augen-Prinzips“). Dies bedeutet, daß die Übereinstimmung zwischen statischen Vorgaben und tatsächlicher Ausführung nur mehr von der Bauleitung überprüft wird, die damit aber oftmals überfordert ist. Ein diesbezügliches Risiko wird auch im 3. Bauschadensbericht befürchtet.

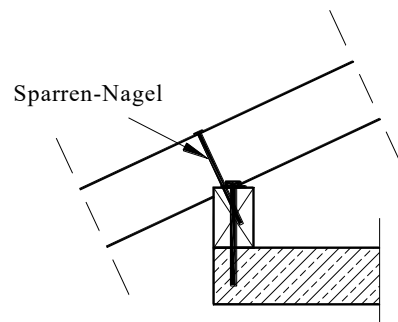
Typische Beispiele, bei denen ein Anstieg von Schadensfällen nicht auszuschließen ist, sind:

Windsogverankerung

- Die erhöhten Windsoglasten, die nach DIN 1055 in den Rand- und Eckbereichen von Dächern anzusetzen sind, sind auf zahlreiche Schadensfälle in den 50er und 60er Jahren zurückzuführen. Der erhöhte Aufwand zur Ausbildung ausreichender Windsogverankerung einfach weggelassen, nicht immer ausreichend, hier vermehrt n



geplante, berechnete Variante



ausgeführte, unzureichende Variante

Bild 4.4-1

Windsogverankerungen

Windrispen

Die Aussteifung eines Daches in Längsrichtung (parallel zum First) ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen. Hierzu gehört die Ausbildung einer Dachscheibe (was jedoch eher die Ausnahme darstellt) oder einer fachwerkartigen Konstruktion mittels Windrispen aus Holz oder Stahl. Da Windrispen aus Holz beim Ausbau häufig stören, werden Windrispen aus Stahl bevorzugt. Leider wird das Anbringen der Rispenbänder nicht selten 'vergessen' oder unsachgemäß ausgeführt (Bild 4.4-2).



Bild 4.4-2

Durchhängendes Windrispenband

[Foto: Steinmetz]

Bei D
nach
 $\leq 30^\circ$
aufge
die A
steifu
verzie
Bild 4

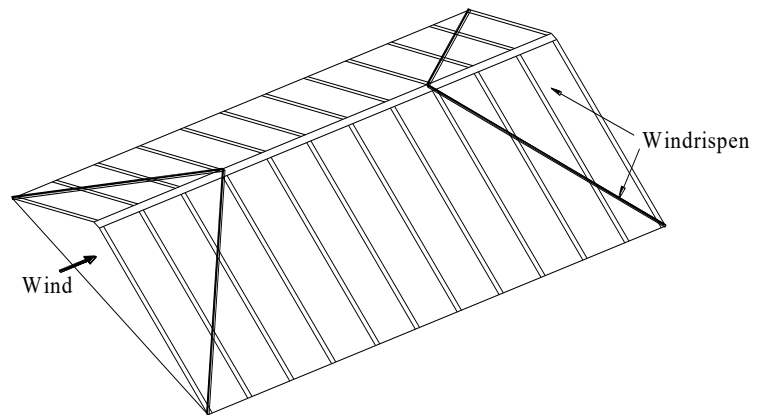


Bild 4.4
Längsa
Windri:

Durchbiegu

einer
weite
Unterdimensionierung
falsche statische Bere
durch eine Abweichun
grundegelegten Verha
sacht sein, wie z.B. da
tragenden Wand ode
he **Bild 4.4-4**).

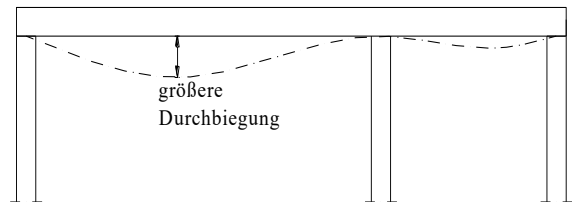
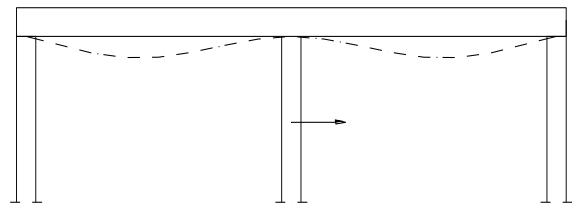


Bild 4.4-4
Größere Durchbiegungen durch
den Wind

Abweichung von Stan-
dardausführungen

Ir
„Standardausführungen“ verwendet werden, ist die Veränderung groß,
eine bereits vorliegende statische Berechnung heranzuziehen und auf einen Nachweis der
als geringfügig eingeschätzten Veränderungen zu verzichten.

Umbau

• Als besonders kritisch erweisen sich auch nachträgliche Veränderungen an einer Konstruktion im Zuge von Umbaumaßnahmen. So können nachträglich eingebrachte Durchbrüche und Ausschnitte, oder die Wegnahme tragender oder aussteifender Bauteile z.T. erhebliche Schäden verursachen. Hier ist ein Tragwerksplaner zu Rate zu ziehen, was allerdings bei kleineren Umbaumaßnahmen aus Kostengründen meist entfällt.

Dächer: falsches
statisches System

• In vielen Fällen entfällt auch die Bemessung des Dachtragwerkes. Mit dem Hinweis 'zimmermannsmäßiger Dachstuhl' bleibt es nicht selten dem Zimmermann überlassen, das Dach aufgrund seiner Erfahrung zu errichten.

Falls doch eine statische Berechnung durchgeführt wird, so wird meist ein Pfettendach zugrundegelegt, welches aus statischen Gesichtspunkten das einfachste System darstellt. Ausgeführt wird das Dach jedoch meist mit Kehltriegeln (Zangen), die als Balken in die Decke zum Dachspitz integriert werden. Je nach Anordnung der Pfetten und Kehltriegel kann dabei das zugrundegelegte statische System verändert werden, wobei durch die statische Wirkung der Kehltriegel ein Mischsystem Pfetten-/ Sparrendach entsteht und Horizontalkräfte an den /
(siehe **Bild 4.4**
führendem Be

Bild 4.4-5a
Zugrundegelegtes Pfettendach: nur
Vertikalkräfte V aus Vertikallasten

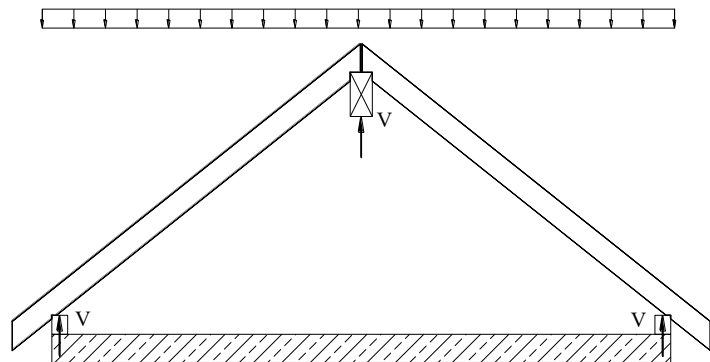
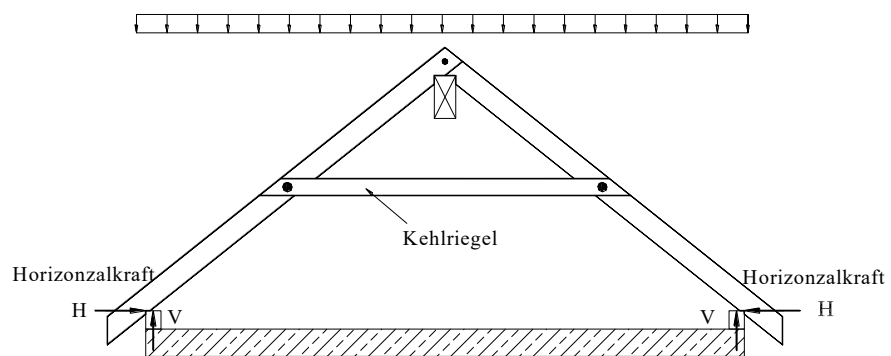


Bild 4.4-5b
Unplanmäßige Horizontalkräfte H durch
Anordnung eines
Kehltriegels



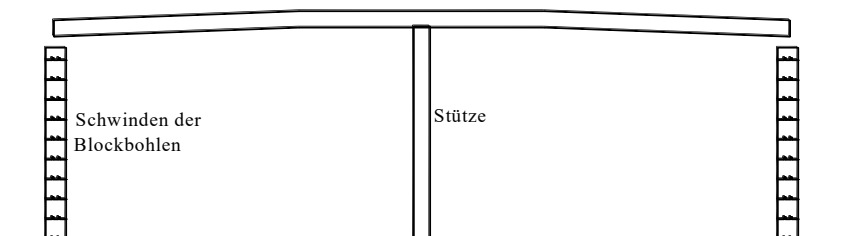
Mischsystem Pfetten-/Sparrendach

Unterschiedliches
Setzungsverhalten

Das Verformungsverhalten der eingesetzten Bauteile und Materialien sind nicht nur aus konstruktiver Sicht, sondern auch aus statischer Sicht zu berücksichtigen. So können z.B. Unterschiede im Setzungsverhalten zu gravierenden Abweichungen vom zugrundegelegten statischen System führen. In **Bild 4.4-6** sind mögliche Folgen von Unverträglichkeiten am Beispiel eines Blockhauses dargestellt.

Bild 4.4-6

Mögliche Folgen bei unterschiedlichem Setzungsverhalten der Bauteile/Baustoffe



Situation nach Schwinden der Blockbohlen

Fehler in der Bemessung

Dem zugrundelegten Sicherheitsniveau und der „Intelligenz“ des Materials bzw. der Konstruktion (z.B. Umverteilung von Kräften) ist es zu verdanken, daß kleinere Fehler in der statischen Berechnung oftmals gar nicht bemerkt werden. Gravierende Folgen können jedoch auftreten, wenn die materialbedingten Besonderheiten des Baustoffes Holz nicht oder nur unzureichend berücksichtigt werden. Als kritische Punkte seien beispielhaft genannt:

Ausklinkungen

- Ausklinkungen sind rechnerisch zu überprüfen, weil die auftretende Spannungscombination in der einspringenden Ecke zum Versagen des Trägers führen kann (**Bild 4.4-7**).

Bild 4.4-7

Ausklüpfung mit Riß
[Foto: Schmidt]



Notfalls sind Verstärkungsmaßnahmen, wie z.B. das Aufleimen von BFU-Platten vorzusehen (**Bild 4.4-8**).

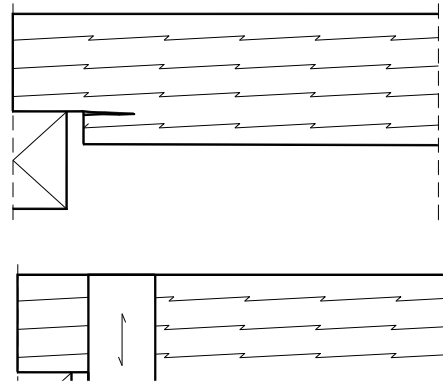
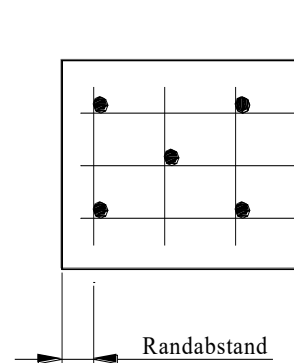


Bild 4.4-8
Querzugriß bei Ausklinkungen
mögliche Verstärkung

Randabstände

- Unzureichende Randabstände (siehe **Bild 4.4-9**);

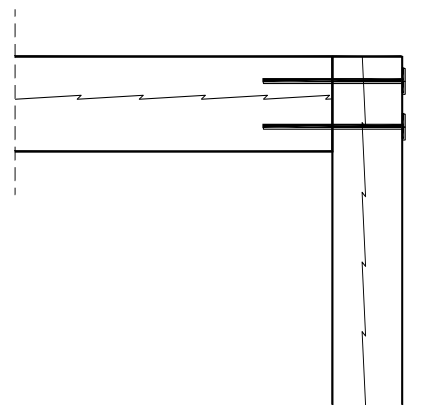
Bild 4.4-9
Zu geringere Randabstände b



Hirnholzanschlüsse

- Unzulässige Ausführung von Hi z.B. mit Nägeln (siehe **Bild 4.4-10**);

Bild 4.4-10
Unzulässige Hirnholz-Nagelung



Kriechen

- Nicht-Berücksichtigung des Kriechens, das z.B. zu einer Wassersackbildung bei Flachdächern führen kann.

Untergehängte Decken

- Bei untergehängten Decken ist darauf zu achten, daß nach DIN 1052-2 glattschaftige Nägel nicht planmäßig dauerhaft auf Herausziehen beansprucht werden dürfen. Eine Vielzahl von Schadensfällen in der Vergangenheit ist auf eine Mißachtung dieser Regelung zurückzuführen (siehe auch *Abschn. 3.5, Bild 3.5-2*). Hier sind Sondernägel oder Schrauben vorzusehen. Auch wenn ein Tragwerksplaner nur selten in Fragen des Ausbaus mit einbezogen wird, so könnte allein schon ein diesbezüglicher Hinweis an den planenden Architekten oder den ausführenden Betrieb dazu beitragen, einen solchen Schaden zu vermeiden.

Bei größeren Bauwerken, wie z.B. im mehrgeschossigen Wohnungsbau oder bei Schul- und Bürogebäuden, bei denen größere Kräfte auftreten und somit auch größere Bauteilquerschnitte zum Einsatz kommen, sind zusätzlich folgende Punkte zu beachten:

Querkzugverstärkung
bei gekrümmten BSH-
Trägern

- Bei gekrümmten Brettschichtholzbauteilen sind Querkzugverstärkungen (z.B. eingeklebte Gewindestangen) anzuordnen, auch wenn DIN 1052 dies nicht verbindlich vorschreibt (**Bild 4.4-11**).

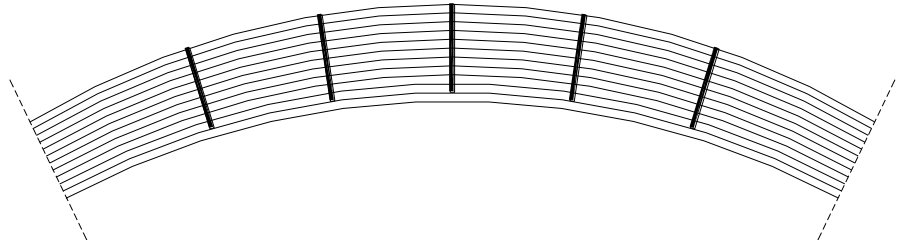


Bild 4.4-11
Querkzugverstärkung bei
gekrümmten BSH-
Trägern

Großflächige
Anschlüsse mit
Stahlteilen

- Großflächige Anschlüsse mit Stahlteilen sind zu vermeiden, da es infolge der Behinderung von Schwindverformungen zu Querkzugrissen kommen kann (siehe **Bild 4.4-12 und -13**).



Bild 4.4-12
Querkzugrisse bei großflächigen Anschlüssen
mit Stahlteilen [Foto: Steinmetz]



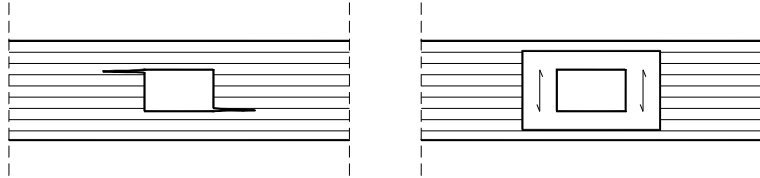
Bild 4.4-13
Querkzugrisse bei großflächigen Anschlüssen mit Stahlteilen
[Foto: Steinmetz]

Durchbrüche

- Durchbrüche für Installations- und Abluftrohre sind rechnerisch zu überprüfen, weil - ähnlich wie bei Ausklinkungen - die vorhandene Spannungscombination in den Eckbereichen zum Versagen der Träger führen kann. Auch hier sind ggf. Verstärkungsmaßnahmen vorzusehen (siehe **Bild 4.4-14**).

Bild 4.4-14

Querzugriß bei Durchbrüchen und mögliche Verstärkungsmaßnahme (aufgeklebte BFU-Platten)



Montage-Lastfall

Die Beanspruchungen während der Bauzeit sind zu berücksichtigen (Lastfall „Montage“). Besonders wichtig ist dabei die Aussteifung der Konstruktion im Bauzustand.

Standardquerschnitte

In diesem Bericht wird mehrfach darauf hingewiesen, daß eine zu hohe Einbaufeuchte eine der Hauptursachen für Mängel/Schäden darstellt. Die Ursache hierfür liegt wiederum darin, daß sich im Holzbau - anders als z.B. im Stahlbau - noch keine Standardquerschnitte durchgesetzt haben. Zwar wird empfohlen, bei der Dimensionierung der Querschnitte ein 2 cm - Raster einzuhalten (z.B. Breite = 8, 10, 12 cm ...), aber selbst unter Einhaltung dieser Empfehlung ergibt sich noch eine Palette möglicher Querschnittsabmessungen, die zu groß ist, als daß man die Hölzer auf Vorrat einschneiden könnte. So werden diese meist für jedes Bauvorhaben extra eingeschnitten, was dazu führt, daß die Holzfeuchte zum Zeitpunkt des Einbaus deutlich über der erwarteten Ausgleichsfeuchte liegt. Hier besteht ein dringender Bedarf an einer Vereinheitlichung (Standardisierung) der Querschnitte.

Engere Zusammenarbeit

Während bei größeren Projekten eine enge Zusammenarbeit aller beteiligten Parteien üblich und unumgänglich ist, findet eine solche im Bereich des Wohnungsbaus kaum statt. Eine statische Berechnung wird nicht selten als „lästige Notwendigkeit“ angesehen, die nur Geld kostet, und die man eigentlich gar nicht bräuchte (nach dem Motto „*was kann denn schon groß passieren?*“). Die Erfahrung zeigt aber, daß mit einer engeren Abstimmung zwischen Planer, Tragwerksplaner und ausführendem Betrieb eine Vielzahl von Mängeln/Schäden vermieden werden kann.

Blockhausbau

Dies bestätigt sich auch und in besonderem Maße beim Blockhausbau.

Auf dieses „Sondergebiet“ wagen sich nur wenige Tragwerksplaner, und in nicht wenigen Fällen liegt überhaupt keine statische Berechnung vor. Dies kann dazu führen, daß z.T. eklatante Sicherheitsmängel vorhanden sind, die sich z.B. in einem Schiefstellen oder Ausknicken von Wänden äußern, und sogar einen Abriß des Hauses nach sich ziehen können. Als Beispiele für eine gefährdete Standsicherheit seien tragende Außenwände mit nur 7 cm Dicke, unterdimensionierte Pfette oder eine fehlende Gebäudeaussteifung mangels Querwänden genannt (**Bild 4.4-15 und -16**).

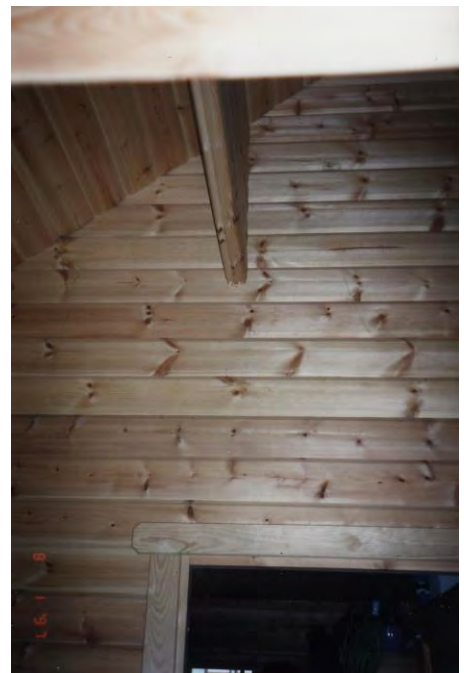
Bild 4.4-16

Ausgebeulte Innenwand Blockbohlen mit zu geringer Breite
[Foto: Schmidt]



Bild 4.4-15

Unterdimensionierte Pfette: lose aufeinandergelegte Blockbohlen mit zu geringer Breite [Foto: Schmidt]



Höhere Kosten durch
deutsche Normen?

Vielfach wird beklagt, daß deutsche Bauten im internationalen Vergleich zu teuer sind, und daß ein maßgeblicher Grund hierfür in den umfangreichen Regelungen deutscher Normen liegt. Hierzu ist anzumerken, daß ein Vergleich, der sich nur an der Kostenfrage orientiert, nur wenig Aussagekraft besitzt. Ein korrekter Vergleich muß auch die Fragen der Sicherheit (Standicherheit, Brandschutz), der bauphysikalischen Eigenschaften (insbesondere des Schallschutzes) und des Ausbaustandards (z.B. versteckt oder sichtbar verlegte Leitungen und Rohre) beleuchten. Hierzu gibt es in den verschiedenen Ländern durchaus unterschiedliche Auffassungen, wobei sich geringere Anforderungen naturgemäß auch in einem niedrigeren Preis niederschlagen.

Hinsichtlich der Anforderungen an die Standsicherheit von Gebäuden ist zu berücksichtigen, daß diesbezügliche Vorschriften nur den Rohbau betreffen, der seinerseits nur einen vergleichsweise geringen Teil der Gesamtkosten (ca. 20 - 30%) einnimmt.

5 Wärme- und Feuchteschutz

5.1 Allgemeines

Wärme- und Feuchte-
schutz voneinander
abhängig

Ein guter Wärmeschutz und ein guter Feuchteschutz stehen in einer direkten Abhängigkeit zueinander:

- so kann eine mangelhafte Wärmedämmung die Ursache für einen Tauwasseranfall sein,
- genauso wie Tauwasseranfall zu einer Befeuchtung der Bau- und Dämmstoffe führen kann, was seinerseits eine Reduzierung der Dämmeigenschaften nach sich zieht.

Darüber hinaus haben Mängel/Schäden in den Bereichen Wärme- und Feuchteschutz oftmals dieselben Ursachen, so daß eine vollständige Trennung dieser beiden Themen nicht möglich ist.

Häufigste Ursache von
Schäden:
Fugen

Die weitaus am **häufigsten** zu beobachtenden **Ursache** für Schäden im Bereich des Wärme- und Feuchteschutzes ist eine **unzureichende Dichtigkeit** der Gebäudehülle. Hierbei sind an erster Stelle undichte Fugen und Anschlußbereiche zu nennen, die zu beträchtlichen Wärmeverlusten und Tauwasserschäden infolge von Dampf-Konvektion führen können (siehe *Abschn. 5.3.4*).

In Anbetracht der Bedeutung dieses Themas wird der Dichtheit der Gebäudehülle ein eigener Abschnitt gewidmet (*Abschn. 5.4*).

Wichtig: Lüften und
Heizen

Ebenfalls von großer Bedeutung und Voraussetzung für eine schadensfreie Konstruktion ist eine übliche Nutzung der Räume, sprich eine ausreichende Belüftung und normale Beheizung (siehe hierzu auch *Abschn. 8*).

5.2 Wärmeschutz

5.2.1 Allgemeines

Ziel der Wärmeschutzverordnung 1995 ist es, den Energieverbrauch im Gebäudebereich und damit die CO₂ - Belastung der Umwelt um 30% gegenüber dem vorherigen Stand zu verringern. Zur Jahrtausendwende steht zur Verbesserung des Wärmeschutzes sogar noch eine weitere Verschärfung der Anforderungen an.

Bauteile aus Holz besitzen 'von Haus aus' gute Wärmedämmeigenschaften, so daß die gestellten Anforderungen an die Transmissionswärmeverluste (Wärmeverluste durch die Bauteile hindurch) problemlos zu erfüllen sind.

Erhöhte Aufmerksamkeit wird künftig den Lüftungswärmeverlusten und damit der Dichtheit der Gebäudehülle zu widmen sein. Diese war zwar bisher auch schon gefordert, sie wird aber in der Vornorm DIN V 4108-7 erstmals zahlenmäßig definiert.

5.2.2 Mindestwärmeschutz

In DIN 4108-2 wird der Nachweis des Mindestwärmeschutzes gefordert, mit dem im wesentlichen sichergestellt werden soll, daß die Temperaturen an raumseitigen Oberflächen ausreichend hoch sind. Hiermit werden folgende Ziele verfolgt:

- Schaffung eines behaglichen Raumklimas,
- Vermeidung von Feuchteschäden,
- Vermeidung von gesundheitlichen Beeinträchtigungen (z.B. infolge Schimmelpilzbefall).

Um diese Ziele zu erreichen werden gewisse Mindestanforderungen an die Bauteile gestellt, und zwar sowohl an die Bauteile selbst (mittlerer Wärmeschutz) als auch an die Bereiche mit Wärmebrücken.

| |
|--|
| Mindestwärmeschutz bei Holzbauten automatisch erfüllt. |
|--|

Nach [SCHULZE 1996] reicht bei Außenwänden in Holztafelbauart im Gefachbereich ein Wärmedurchlaßwiderstand $1/\Lambda = 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ (dies entspricht einem k-Wert von $0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$) aus, um die Anforderung des Mindestwärmeschutzes zu erfüllen. Dies ist bereits mit einer 7 cm dicken Dämmschicht der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 040 (vgl. **Bild 5.2-3**) oder einer etwa 22 cm dicken einschaligen Blockhauswand zu erreichen.

Moderne Ausführungen in Holztafelbauart jedoch übertreffen die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz bei weitem: üblich sind derzeit Außenwandkonstruktionen mit k-Werten von 0,18 - 0,25, mit denen man in den Bereich der Niedrigenergiebauweise kommt (**Bild 5.2-1**).

Auch die Gefahr von Tauwasseranfall und Wärmeverlusten im Bereich von Wärmebrücken ist bei üblichen Holzkonstruktionen deutlich geringer als bei anderen Baustoffen. Das Thema Wärmebrücken wird in *Abschn. 5.2.4* gesondert behandelt.

5.2.3 Energiesparender Wärmeschutz

Die 3. Wärmeschutzverordnung (WSchVo) vom 1.1.1995 hat als primäres Ziel, die durch Heizen der Gebäude verursachte CO_2 - Belastung der Luft (Treibhauseffekt) zu reduzieren. Es handelt sich hierbei somit um einen energiesparenden Wärmeschutz.

Beim entsprechenden Nachweis wird der Jahres-Heizwärmebedarf eines Gebäudes in Abhängigkeit von den nachfolgenden Einflußfaktoren berechnet:

- Transmissionswärmeverluste (infolge Wärmedurchgang durch die Bauteile),
- Lüftungswärmeverluste (infolge von Aufheizen kalter Luft nach Luftaustausch),
- Wärmegewinne (infolge von Sonneneinstrahlung), und
- interne Wärmequellen (z.B. Haushaltsgeräte).

Der berechnete Heizwärmebedarf darf einen angegebenen Grenzwert, der von der Geometrie des Gebäudes abhängig ist, nicht überschreiten.

Für kleinere Wohngebäude mit ≤ 2 Vollgeschossen kann auch ein vereinfachter Nachweis geführt werden. Dieser Nachweis gilt als erfüllt, wenn die Außenbauteile bestimmte k-Werte nicht überschreiten. Für Außenwände wird z.B. ein k-Wert von $\leq 0,5$ gefordert, der von heutigen Konstruktionen ausnahmslos weit unterschritten wird (**Bild 5.2-1**).

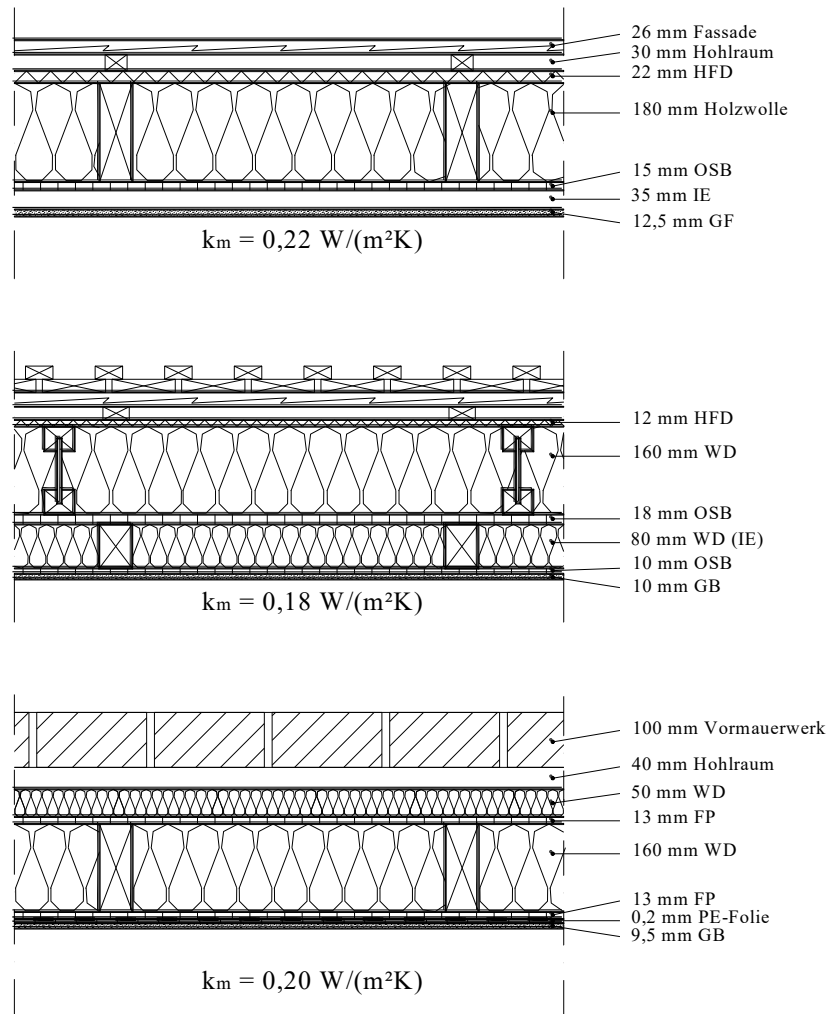


Bild 5.2-1
Beispiele von Wandkonstruktionen

Holzhäuser sind häufig NE-Häuser

Für Holzhäuser in Holztafelbauart bzw. in der handwerklicheren Holzrahmenbauart lohnt sich dagegen der genauere Nachweis nach der WSchVo, weil man ohne größere Probleme in den Bereich der Niedrigenergie (NE-) -Häuser kommt. Nach derzeitigem Stand liegt ein NE-Haus dann vor, wenn 25% weniger Heizenergie als vorgeschrieben verbraucht werden. Für NE-Häuser gibt es in vielen Bundesländern besondere Förderprogramme und Eigenheimzulagegesetze.

Lüftungswärmeverluste überwiegen
→ Dichtheit der Gebäude

Führt man einen genaueren Nachweis nach der WSchVo, so wird schnell deutlich, daß bei gut gedämmten Häusern der Jahres-Heizwärmebedarf zum überwiegenden Teil von Lüftungsverlusten, und weniger von den Wärmeverlusten durch die Bauteile hindurch bestimmt wird. Dies bestätigt die Bedeutung der Dichtheit der Gebäudehülle, von der in DIN 4108-1, in der WSchVo und in DIN 4108-7 (Vornorm) gefordert wird, daß sowohl die Außenbauteile selbst als auch die Fugen in wärmeübertragenden Umfassungsflächen luftdicht ausgebildet sein müssen.

5.2.4 Wärmebrücken

Bei Wärmebrücken kann man drei verschiedene Arten unterscheiden:

- stoffbedingte Wärmebrücken,
- geometrische Wärmebrücken, und
- konvektive Wärmebrücken.

Stoffbedingte Wärmebrücken

Liegen Stoffe mit einem Wärmestrom gegenüber, spricht man von einer erhöhten Wärmebrücke, was wiederum d

Typisches Beispiel für eine stoffbedingte Wärmebrücke ist der Rippenbereich einer Holzständerwand (vgl. **Bild 5.2-2**).

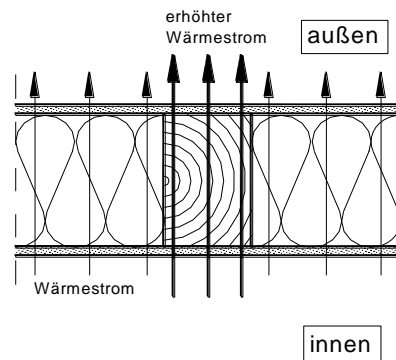


Bild 5.2-2

Erhöhter Wärmestrom bei stoffbedingter Wärmebrücke

Stoffbedingte Wärmebrücken in der Fläche kein Problem

Bei Außenwänden wird gefordert, daß der k-Wert an jeder Stelle - d.h. auch im Bereich der Ständer - kleiner als 1,32 sein muß. Diese Anforderung stellt an Wände in Holzbauart kein Problem dar, wie die nachfol-

gende Minimal-Lösung (Bild 5.2-3).

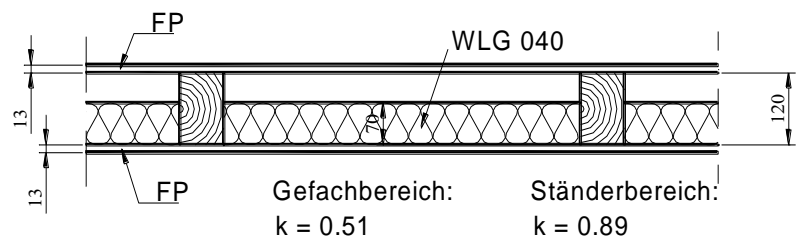


Bild 5.2-3

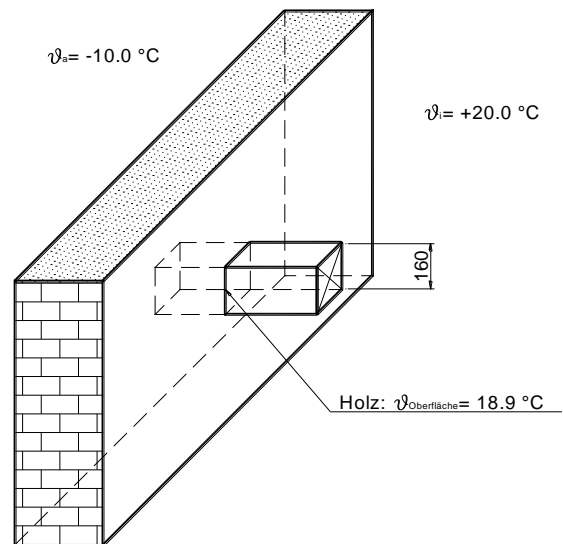
k-Werte im Gefach- und Ständerbereich bei der „Minimal“-Lösung zur Erfüllung des Mindest-Wärmeschutzes

Anders sieht es bei Durchdringungen der Fläche aus, wie sie z.B. bei auskragenden Bauteilen für Balkone u. dgl. vorkommen. Sieht man von Wärmeverlusten durch undichte Anschlußfugen (konvektive Wärmebrücken, siehe später) ab, so hängt die Wärmebrückenwirkung primär von der Wärmeleitfähigkeit des durchdringenden Bauteiles ab.

Bei Durchdringungen mit Holzbalken werden die raumseitigen Oberflächentemperaturen selbst bei relativ großen Querschnitten (z.B. 200x240 mm) nur sehr wenig abgesenkt (**Bild 5.2-4a**). Die punktuellen Wärmeverluste sind dabei vernachlässigbar [IFO – Wärmebrücken].

Bild 5.2-4a

Oberflächentemperaturen bei Durchdringung mit einem Holzträger (nach [IFO – Wärmebrücken])



Achtung bei Durchdringungen mit Stahlteilen

Bei Durchdringungen mit Stahlträgern treten sehr tiefe Oberflächentemperaturen auf, die i.a. zu Tauwasserbildung führen (**Bild 5.2-4b**). Die

Durchdringungen r

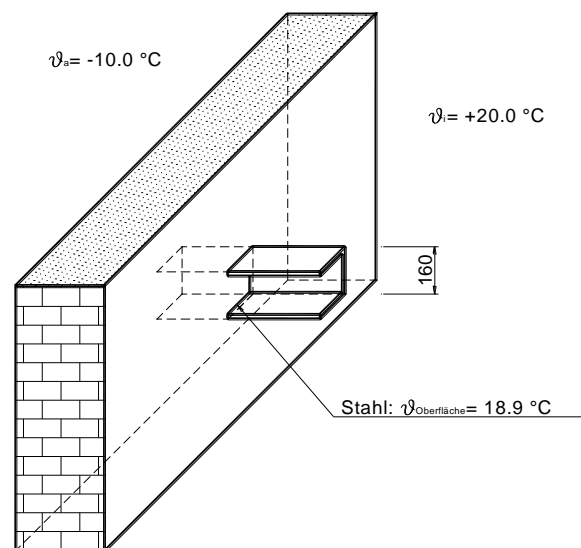


Bild 5.2-4b

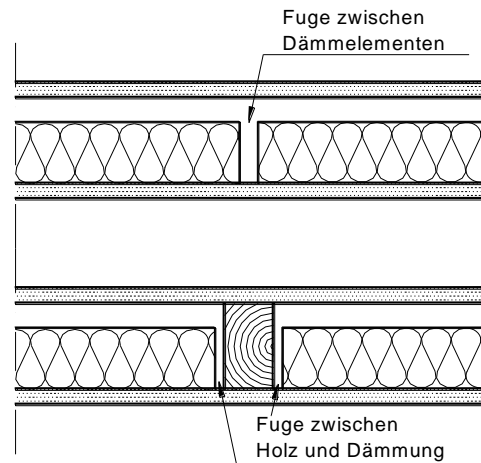
Oberflächentemperaturen bei Durchdringung mit einem Stahlträger (nach [IFO – Wärmebrücken])

Lücken in Dämmschicht

Stoffbedingte Wärmebrücken liegen auch vor, wenn z.B. die Gebäudehülle unplanmäßig **interne Lücken** aufweist, z.B. zwischen Dämmelementen oder im Anschlußbereich Dämmelemente - Holz (**Bild 5.2-5**).

Bild 5.2-5

Fugen im Bereich der Dämmung



Sorgfalt bei Ausführung

Solche Fugen, die nicht nur Wärmeverluste bewirken, sondern auch zu Tauwasserschäden führen können, haben im wesentlichen ausführungsbedingte Ursachen, wie z.B.

- Ständerabstand zu groß oder Ständer nicht lotrecht;
- Dämmstoff zu klein geschnitten;
- Ständer/Balken zu feucht eingebaut, so daß beim nachträglichen Schwinden größere Fugen entstehen (insbesondere bei Dämmplatten mit geringer Elastizität, wie z.B. Hartschaumplatten).

Vermeidung durch gute Planung

Die Vermeidung von Mängeln/Schäden, die auf solche Wärmebrücken zurückzuführen sind, beginnt bereits bei der Planung:

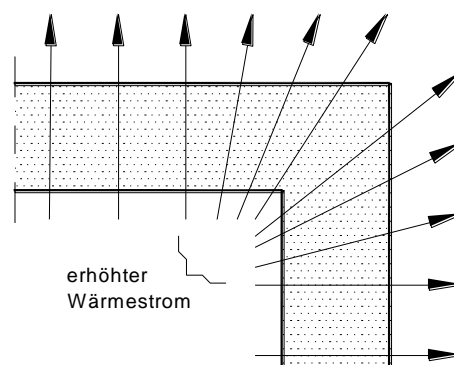
- durch Wahl eines geeigneten Dämm-Materials: ungeeignet sind z.B. Dämmplatten (z.B. aus Hartschaum), die aufgrund ihrer geringen Elastizität nicht dazu in der Lage sind, Toleranzen beim Einbau sowie das Arbeiten des Holzes aufzunehmen;
- durch Wahl eines auf die Dämmung abgestimmten Ständerabstandes;
- durch Ausschreibung von trockenem Holz (z.B. Konstruktions-Vollholz nach Abschn. 2.1.6).

Geometrische Wär

Geometrische Wärmebrücken treten auf, wenn die wärmeaufnehmende Fläche (i.d.R. die Außenseite) größer ist als die wärmeabgebende Fläche (i.d.R. die Innenseite). Hier führen die geometrisch bedingten Engpässe zu einer erhöhten Wärmestromdichte und somit zu Wärmebrückenverlusten (**Bild 5.2-6**).

Bild 5.2-6

Erhöhter Wärmestrom bei geometrischen Wärmebrücken



Linienförmige Wärmebrücken liegen z.B. im Bereich von Wandkanten vor, während punktförmige Wärmebrückenverluste in den Eckpunkten auftreten (**Bild 5.2-7**).

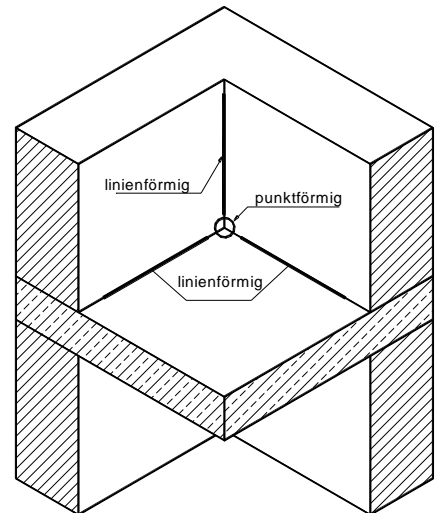


Bild 5.2-7

Linien- und punktförmige Wärmebrücken

Wärmebrückenverluste können nur mittels leistungsfähiger Computerprogramme berechnet werden. Für eine ganze Reihe von üblichen Konstruktionen wurden die Wärmebrückenverluste berechnet und in [IFO – Wärmebrücken] und [HAUSER/STIEGEL] zusammengestellt.

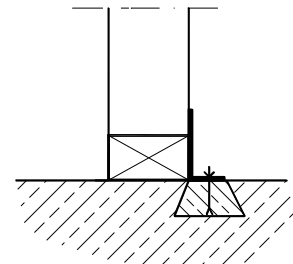
Tauwasserschutz i.a. auch bei geometrischen Wärmebrücken erfüllt

Als wesentlichste Schlußfolgerung aus diesen Berechnungen ist zu erwähnen, daß bei üblichen Konstruktionen in Holztafelbauweise bzw. in Holzrahmenbauweise der Tauwasserschutz an Bauteiloberflächen i.a. auch in Bereichen geometrisch bedingter Wärmebrücken erfüllt ist.

Achtung bei Sockelanschlüssen mit Stahlteilen

Lediglich bei Einsatz von Stahlteilen in den 'kalten Bereichen' einer Konstruktion, wie z.B. Sockelanschlüsse unter Verwendung von

Stahlwinkeln (siehe nebenstehende Skizze), ist der konstruktiven Durchbildung erhöhte Sorgfalt zu widmen. Bei unzureichend gedämmter Anordnung der Stahlteile kann es zu einer erheblichen Absenkung der Oberflächentemperaturen kommen, die ihrerseits die Gefahr von Schimmelpilzbefall beinhaltet. Die Wärmeverluste solcher punktueller Wärmebrücken sind jedoch ohne praktische Bedeutung.



Zusammenfassend ist festzustellen, daß geometrische Wärmebrücken im Holzbau ein deutlich geringeres Problem darstellen als bei anderen Baustoffen.

Wichtig:
Heizen und Lüften

Voraussetzung ist aber in jedem Fall - egal welcher Baustoff eingesetzt wird - eine übliche Nutzung der Räume, bei der durch Beheizen und Belüften ein zu hoher Anstieg der relativen Luftfeuchte vermieden wird (siehe hierzu auch Abschn. 8).

Konvektive Wärmebrücken

Wärmeverluste durch
Luftbewegungen

Konvektive Wärmebrücken liegen dann vor, wenn unkontrollierte Wär-

I
\
:
(

Fugen in Anschlüssen
und Durchdringungen

I

In **Bild 5.2-8** sind die Ergebnisse von Untersuchungen [WAGNER, H.] dargestellt, bei denen die zusätzlichen Wärmeverluste, die durch Luftströmung bei Fugen auftreten können, gemessen wurden.

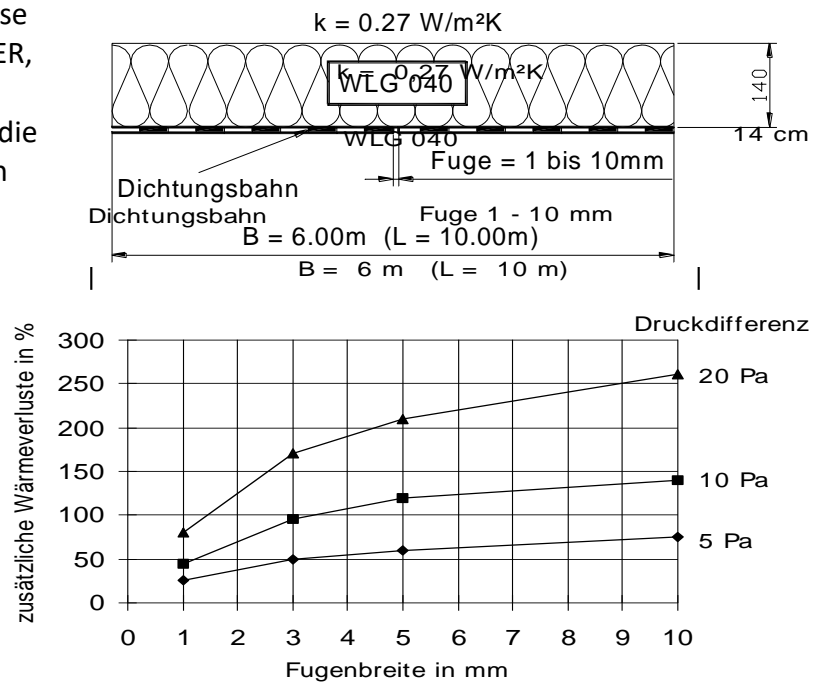


Bild 5.2-8

Zusätzliche Wärmeverluste durch
Luftströmung bei Fugen
5 Pa ~ Windstärke 1 - 2
(~ Jahresmittel)
10 Pa ~ Windstärke 2 - 3
20 Pa ~ Windstärke 3 - 4
(leicht windiges Wetter)

Aus diesem Bild ist zu erkennen, daß bereits bei kleinen Fugenbreiten beträchtliche Wärmeverluste auftreten, die durchaus in der Größenordnung der 'normalen' Wärmeverluste durch das gesamte Bauteil und darüber liegen können. Dies verdeutlicht, daß der Dichtheit der Konstruktion besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist.

5.3 Feuchteschutz

5.3.1 Allgemeines

Bei den gravierenden Bauschäden im Holzbau handelt es sich in 95% aller Fälle um Feuchteschäden oder Schäden, die auf zu hohe Feuchte zurückzuführen sind. Nachfolgend werden die Grundlagen des Feuchteschutzes erläutert, wobei auf mögliche Mängel/Schäden infolge zu hoher Material- und Baufeuchte nicht mehr eingegangen wird, da diese bereits in *Abschn. 2* behandelt wurden.

Luft enthält Wasserdampf, wobei die Wassermenge, die von der Luft aufgenommen werden kann, von der Temperatur abhängig ist: warme Luft kann absolut gesehen mehr Wasser aufnehmen als kalte Luft.

Ist die Aufnahmekapazität der Luft erschöpft, so spricht man von gesättigter Luft, die relative Luftfeuchte beträgt 100%. Ist weniger Wasser in der Luft enthalten als diese aufnehmen könnte, so ist diese nicht gesättigt und die relative Luftfeuchte liegt unter 100%.

Relative Luftfeuchte Die relative Luftfeuchte entspricht dabei dem Verhältnis der in der Luft enthaltenen Wassermenge zur Sättigungsmenge:

$$\varphi = \frac{\text{vorhandene Wasserdampfmenge in g / m}^3}{\text{Sättigungsmenge in g / m}^3} \cdot 100 \quad [\%]$$

In **Tabelle 5.3-1** sind einige Beispiele zur relativen Luftfeuchte angegeben. Aus dieser Tabelle ist zu erkennen, daß die gleiche absolute Wasserdampfmenge (z.B. 9,4 g/m³) unterschiedliche relative Luftfeuchtigkeiten bewirkt, je nachdem wie hoch die Lufttemperatur ist.

Tabelle 5.3-1 Beispiele zur relativen Luftfeuchtigkeit

| Temperatur [°C] | Sättigungs- menge [g/m ³] | vorhandene Wasserdampf- Menge [g/m ³] | relative Luftfeuchte [%] |
|--------------------|---|---|-----------------------------|
| 10 | 9,4 | 9,4 / 6 / 3 | 100 / 64 / 32 |
| 20 | 17,3 | 17,3 / 9,4 / 6 | 100 / 54 / 35 |

Anhand des folgenden Beispiels soll der Anfall von Tauwasser erläutert werden:

Luft mit 20°C und einer relativen Luftfeuchte von 54% enthält 9,4 g/m³ Wasserdampf. Wird diese Luft abgekühlt auf 10°C, so bewirkt der vorhandene Wasserdampf einen Anstieg der relativen Luftfeuchte auf 100%: die Aufnahmekapazität der Luft ist erschöpft. Wird diese Luft noch weiter abgekühlt, so kann sie den vorhandenen Wasserdampf nicht mehr vollständig speichern, das überschüssige Wasser fällt in Form von Tauwasser (Kondenswasser) an. Anders ausgedrückt: die ursprünglich betrachtete Luft (20°C, $\varphi = 54\%$) besitzt eine Taupunkt-Temperatur von 10°C.

Ziel des Feuchteschutzes ist es, die Bauteile möglichst so zu gestalten, daß bei üblichen Raumluftfeuchten an keiner Stelle die Taupunkt-Temperatur unterschritten wird.

5.3.2 Tauwasseranfall an der Oberfläche

Tauwasseranfall an der Oberfläche von Bauteilen ist meist auf eine der folgenden Ursachen zurückzuführen:

20°C und $\varphi = 90\%$
→ Tauwasseranfall bei
einer Oberflächentempe-
ratur von 18,3°C

- Unübliche Nutzung der Räume: bei ungenügender Beheizung und Belüftung kann die relative Luftfeuchte durchaus auf Werte von $\varphi = 90\%$ und darüber ansteigen. Dies kann auch bei korrekter Planung und Ausführung der Bauteile zu Tauwasserbildung führen. So

reicht z.B. bei einer Luft mit 20°C und $\varphi = 90\%$ eine Oberflächentemperatur von 18,3°C aus, um Tauwasseranfall zu bewirken.

- Hohe Baufeuchte, insbesondere während der anfänglichen Nutzungsphase durch Austrocknen von Beton, Estrich, Putzen und dgl.. Diese Feuchte muß durch häufigeres Entlüften abgeführt werden.

Vermeidung von
Wärmebrücken

- Unzureichende Dämmeigenschaft der Bauteile, insbesondere im Bereich von Wärmebrücken. Während stofflich und geometrisch bedingte Wärmebrücken im Holzbau kein größeres Problem darstellen (hier gelten ja die An-

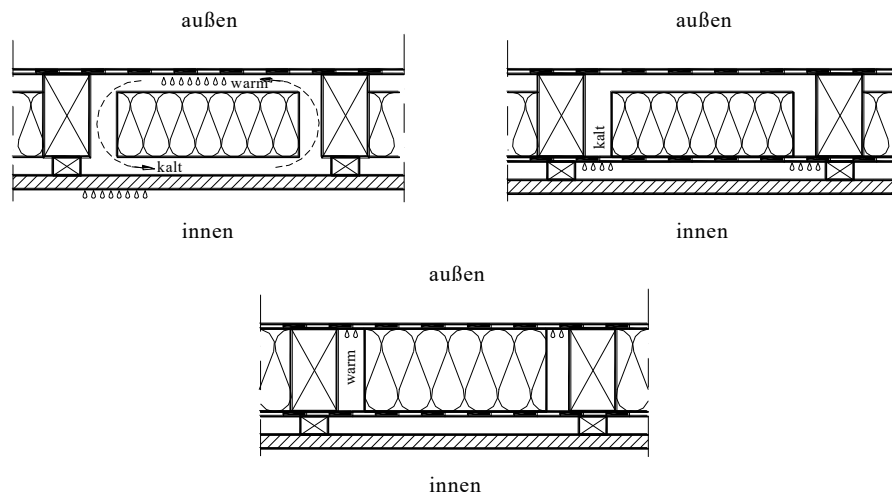


Bild 5.3-1
Beispiele konvektiver
Wärmebrücken nach
[SCHULZE 1996]

Die Möglichkeit solcher Feuchteschäden ist bei der Planung und Ausführung besonders zu berücksichtigen.

5.3.3 Tauwasseranfall im Bauteil durch Dampf-Diffusion

[Schadensbeispiele: 5-11 / 5-18]

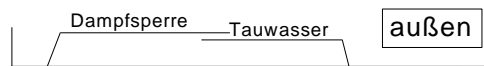
Diffusion = Feuchte-
transport durch die
Bauteile

Der in der Luft enthaltene Wasserdampf erzeugt (wie alle Gase) einen Druck, den sog. Wasserdampfdruck. Dieser Dampfdruck ist bei hohen Temperaturen größer als bei niedrigen Temperaturen, bei gleicher relativer Luftfeuchte. Im Winter herrscht somit in beheizten Innenräumen ein höherer Dampfdruck als im Freien. Bedingt durch dieses Druckgefälle "wandert" Wasserdampf von innen durch das Bauteil nach außen. Dieser Vorgang wird mit Dampf-Diffusion bezeichnet.

Das Ausmaß dieser Dampf-Diffusion ist dabei abhängig von der Dichtheit der eingesetzten Materialien: während z.B. eine poröse Holzfaserplatte einen Feuchtetransport nahezu ungehindert zulässt, schließt eine PE-Folie eine Dampf-Diffusion weitgehend aus: sie wirkt als Dampfbremse bzw. Dampfsperre.

Die Gefahr von Tauwasseranfall im Bauteilquerschnitt ist dabei sehr stark von der Anordnung von dampfbremsenden/dampfsperrenden Schichten im Bauteil abhängig. In **Bild 5.3-2** sind zwei Varianten einer Außenwand prinzipiell dargestellt.

Tauwasseranfall an der diffusionsdichten äußeren Schicht



Kein Tauwasseranfall

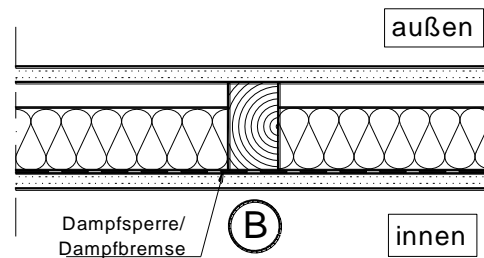


Bild 5.3-2 Tauwasseranfall bei unterschiedlicher Lage der Dampfbremse

Bei Variante A liegt eine **diffusionsdichte Schicht im kalten Bereich:**

die außenliegende Beplankung stellt keine wirksame Wärmedämmung dar. Der diffundierende Wasserdampf, der durch die innenliegende Beplankung und die Dämmung kaum aufgehalten wird, trifft auf die kalte Folie und schlägt sich als Tauwasser nieder.

Bei Variante B liegt eine **Dampfsperre/-bremse auf der warmen Seite:**

dank der außenliegenden Dämmung ist die Temperatur auf der Folie annähernd so hoch wie die im Innenbereich. Der diffundierende Wasserdampf trifft auf die Folie, deren Temperatur diesmal über der Taupunkttemperatur der Luft liegt. Somit fällt kein Tauwasser an.

Beim Entwurf von Holzbauteilen sind daher stets folgende Grundsätze zu berücksichtigen:

- **dampfbremsende Schichten innen anordnen,**
- **Bauteile nach außen hin zunehmend diffusionsoffen gestalten.**

Nachweis der Tauwasserbildung:
DIN 4108-3

Der Nachweis der Tauwasserbildung im Innern von Bauteilen ist in DIN 4108-3 geregelt. In den nachfolgenden Fällen gilt die Konstruktion als sicher, so daß auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden

kann:

Konstruktionen ohne rechnerischen Nachweis

- Bei Wänden in Holzbauart mit innenseitiger dampfbremsender Schicht mit einer diffusionsäquivalenten Luftschichtdicke $s_{di} \geq 10 \text{ m}$, äußerer Beplankung aus Holz oder Holzwerkstoffen (mit $s_{da} \leq 10 \text{ m}$) und hinterlüftetem Wetterschutz.

Nach [SCHULZE 1996] ist eine solche Konstruktion jedoch nicht empfehlenswert, weil die Austrocknungskapazität des Bauteiles bei unplanmäßigem Feuchteintritt durch den relativ dichten äußeren Abschluß ($s_d = 10 \text{ m}$ entspricht einer 0,1 mm dicken PE-Folie) als gering einzustufen ist.

- Bei belüfteten und nicht belüfteten Dächern mit einer inneren Dampfsperrschicht ($s_d \geq 100 \text{ m}$) unter oder in der Dämmschicht, wobei die Sperrschicht innerhalb der ersten (inneren) 20% des Gesamt-Wärmedurchlaßwiderstandes angeordnet werden muß.
Die Bedingung $s_d \geq 100 \text{ m}$ ist für den Fall des Flachdaches mit Dachabdichtung gedacht und bei geneigten Dächern weder erforderlich noch zu realisieren. Diese Konstruktion wird daher bei geneigten Dächern nicht eingesetzt.
- Bei belüfteten Dächern mit Neigungen $\geq 10^\circ$ mit einem belüfteten Raum oberhalb der Wärmedämmung, sofern bestimmte Anforderungen hinsichtlich Lüftungsöffnungen und -querschnitten erfüllt sind. Darüber hinaus werden Anforderungen an die Dampfdichtheit des Querschnittes in Abhängigkeit von der Größe der Dachfläche gestellt, wobei das Dach mit zunehmender Größe dichter werden muß.

Rechnerischer Nachweis oftmals erforderlich und sinnvoll

Diese Anforderungen legen lediglich die Randbedingungen für einen Verzicht auf den rechnerischen Nachweis fest. Sie stellen keine Mindestanforderungen dar, die eine Konstruktion zu erfüllen hat. Im Gegenteil, es gibt eine Vielzahl von Konstruktionen, die diesen Anforderungen nicht genügen und trotzdem als sicher angesehen werden können. Diese Konstruktionen können jedoch nicht mehr intuitiv, sondern nur noch über den rechnerischen Nachweis beurteilt werden. Das Rechenverfahren der DIN 4108-3 kann somit als wichtiges Instrument zur Wahrung der Konstruktions-Gestaltungsfreiheit angesehen werden.

Der Vermeidung von Tauwasserschäden wird durch Anordnung einer Dampfbremse/-sperre eine große Bedeutung beigemessen. Dabei wird nach DIN 4108-3 sogar ein Anfall von Tauwasser zugelassen, sofern der Wärmeschutz und die Standsicherheit durch die Erhöhung des Feuchtegehaltes der Bau- und Dämmstoffe nicht beeinträchtigt wird.

Diese Bedingungen gelten als erfüllt, wenn folgendes gewährleistet ist:

- Das während der Heizperiode anfallende Wasser muß während der Verdunstungsperiode im Sommer wieder abgegeben werden können (Verdunstungsmenge $W_v >$ Tauwassermenge W_τ).
- Die Baustoffe, die mit dem Tauwasser in Berührung kommen, dürfen nicht geschädigt werden (z.B. durch Pilzbefall).
- Bei Tauwasseranfall an oder in kapillar nicht wasseraufnahmefähigen Schichten (z.B. Dampfsperren, Holzwerkstoffplatten) darf die Tauwassermasse 500 g/m^2 nicht überschreiten (Berechnung nach Glaser). Hiermit soll ein Abtropfen oder Abfließen des Tauwassers vermieden werden.
- Die Erhöhung des Feuchtegehaltes darf bei Holz 5% und bei Holzwerkstoffen 3% nicht überschreiten.

Sind bei einem rechnerischen Nachweis diese Bedingungen erfüllt, so ist die gewählte Konstruktion im Sinne des Tauwasserschutzes in Ordnung.

Berechnung ohne Fugen

Hierbei muß aber ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß der Berechnung geschlossene Schichten ohne Fugen zugrundegelegt werden.

Kann warme Luft unplanmäßig über Fugen und Undichtigkeiten in Bereiche mit niedriger Temperatur eindringen (konvektive Wärmebrücken, siehe *Abschn. 5.2.4*), so besteht die Gefahr von Tauwasseranfall. Die hierbei anfallenden Wassermengen können ein Vielfaches (Faktor 1000 !) derjenigen Mengen betragen, die durch Dampfdiffusion auftreten (siehe nächsten Abschnitt).

Fugen können eine rechnerisch einwandfreie Konstruktion zum Schadensfall machen

Eine unzureichende Planung und Ausführung kann somit eine Konstruktion, die diffusionstechnisch theoretisch und rechnerisch in Ordnung ist, zum Schadensfall machen. Dieses Thema wird in den nachfolgenden Abschnitten 5.3.4 und 5.4 eingehender behandelt.

5.3.4 Tauwasser im Bauteil durch Dampfkonvektion

[Schadensbeispiele: 5-11]

Infolge des bestehenden Dampfdruckgefälles ist die warme Innenraumluft bestrebt, nach außen zu gelangen. Dieses Bestreben wird bei Windbeanspruchung durch den auftretenden Winddruck und Windsog sogar noch erheblich verstärkt.

Bei unsachgemäßer Planung und Ausführung treten Fugen auf, die der warmen Luft als willkommene 'Schlupflöcher' dienen und ihr ermöglichen, den beschwerlichen Weg der Diffusion durch die Bauteile hindurch zu umgehen. Über den leichteren Weg der Fugen kann eine deutlich größere Menge an Wasserdampf transportiert werden als über Diffusion.

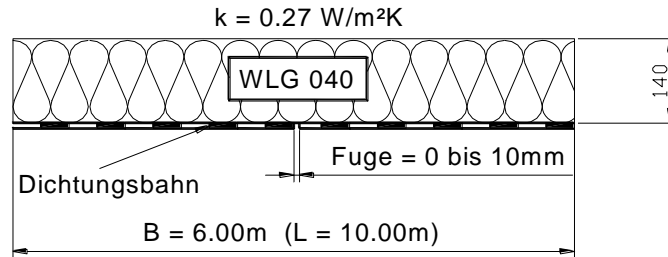
In **Bild 5.3-3** sind die Ergebnisse von Untersuchungen [WAGNER, H.] dargestellt, bei denen der Wassertransport infolge von Diffusion und Konvektion gemessen wurde.

Diffusion: geringe Wassermengen

Aus diesem Bild ist zu erkennen, daß bei einem diffusionsbremsenden Aufbau ($s_d = 10 \text{ m}$) und mittlerer Diffusion etwa alle 10 h der Inhalt eines Schnapsglases durch das Bauteil diffundiert, und zwar gleichmäßig über die Fläche von 60 m^2 verteilt.

Konvektion: große Wassermengen

Weiterhin ist zu erkennen, daß bei gleichem Aufbau und mittlerer Konvektion die 100-fache Menge anfällt (Fugenbreite 3 mm). Bei ungünstigeren Verhältnissen steigt dieser Faktor sogar auf über 1000! Hierbei kommt erschwerend hinzu, daß dieses Wasser nicht gleichmäßig über die Fläche verteilt anfällt, sondern örtlich begrenzt im Bereich der Fugen. Diese örtlich konzentriert anfallende Menge kann nicht schnell genug abgeführt werden, so daß sich zwangsläufig Tauwasser in der Konstruktion ansammelt.



| | Diffusion | | Konvektion | | Fugenbreite |
|--|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| | mittel ¹⁾ | stark ¹⁾ | mittel ²⁾ | stark ²⁾ | |
| 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 5.3-3

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

Im Holzbau sind auftretende Tauwasserschäden nahezu ausschließlich auf Konvektion, und weniger auf Diffusion zurückzuführen. Ein solcher Tauwasseranfall kann nur verhindert werden, wenn eine Luftströmung in das Bauteil hinein dauerhaft verhindert wird. Nach den vorliegenden Erfahrungen über Tauwasserschäden ist dieser Aufgabe mit die größte Bedeutung überhaupt beizumessen.

In *Abschn. 5.4.3* werden typische Leakagestellen, die Ausgangspunkt für Konvektion und Ursache von Feuchteschäden und Wärmeverlusten sein können, beschrieben.

In *Abschn. 5.4.4 bis 5.4.6* werden konstruktive Hinweise zu luftdichten Ausführungen gegeben.

5.4 Dichtigkeit der Gebäudehülle

5.4.1 Allgemeines

[Schadensbeispiele: 3-06 / 5-01 / 5-02 / 5-03 / 5-04 / 5-05 / 5-06 / 5-07]

Die Gebäudehülle hat neben gestalterischen vornehmlich schützende Aufgaben zu erfüllen, wie z.B.

- Schutz vor Witterungseinflüssen,
- Vermeidung von Wärmeverlusten durch Zuglufterscheinungen und Wärmebrücken und
- Vermeidung von Feuchteschäden durch unzureichende Luftdichtheit.

Die wichtigsten Aufgaben im Zusammenhang mit der Dichtheit der Gebäudehülle werden nachfolgend kurz beschrieben.

Witterungsschutz

Der Wetterschutz wird meist durch eine durchgehende Schale (Hülle) erreicht, die vorhandene Bauteilfugen überdeckt. Hierbei kommen überwiegend folgend Ausführungen zum Einsatz:

- Holzwolle-Leichtbauplatten mit mineralischem Putz,
- Wärmedämm-Verbundsysteme, i.d.R. mit Dämmschichten aus Hartschaumplatten,
- hinterlüftete Vorhangschalen aus Brettern oder Plattenwerkstoffen,
- hinterlüftete Mauerwerk-Vorsatzschalen (Sichtmauerwerk).

Da die meisten Außenwandbekleidungen nicht schlagregensicher sind, wird bei den hinterlüfteten Fassadenkonstruktionen die Anordnung einer diffusionsoffenen, wasserabweisenden Bahn (Folie/Pappe) als zweite wasserführende Schicht empfohlen. Die Folien/Pappen müssen dabei überlappend ausgeführt werden (**Bild 5.4-1**).

Eingedrungene Feuchte/Nässe kann dann auf dieser Bahn ablaufen bzw. über den Luftstrom der Hinterlüftung abgeführt werden. Für die Hinterlüftung muß dabei ein Hohlraum von mindestens 4 cm Dicke vorhanden sein, ansonsten ist mit Feuchteschäden zu rechnen (**Bild 5.4-2**).



Bild 5.4-1

Außenbahnen nicht überlappt und über Eck geführt:
weder schlagregensicher noch winddicht [Foto: Galiläa]

Bild 5.4-2
Nicht gewährleistete Hinterlüftung
durch fehlenden Hohlraum [Foto:
Schmidt]



Wandanschlüsse an Türen und Fenster erweisen sich dabei immer wieder als schadens-
trächtig (**Bild 5.4-3 und -4**).
Diese Anschlüsse sind frühzei-
tig zu planen und sorgfältig
auszuführen.

Bild 5.4-3
Wassereintritt (sichtbare Wasserflecken)
durch undichten Fensteranschluß [Foto:
Macha]



Bild 5.4-4
Ablösung der Tapete durch Wassereintritt bei
Fenster [Foto: VHT]



Gleiches gilt selbstverständlich auch für Durchdringungen jeder Art (**Bild 5.4-5**).

Bild 5.4-5

Wassereintritt durch undichte Durchdringung [Foto: Galiläa]



Ist aus gestalterischen Gründen eine äußere Schale unerwünscht, wie z.B. bei Skelettbauten oder Blockbauten, so muß der Witterungsschutz durch die Außenwandmaterialien selbst sichergestellt werden. Vorrangiges Augenmerk ist dabei der schlagregensicheren Ausbildung der Fugen zu widmen (**Bild 5.4-6 und -7**).

Bild 5.4-6

Holzskelett mit Fugen [Foto: Schmidt]



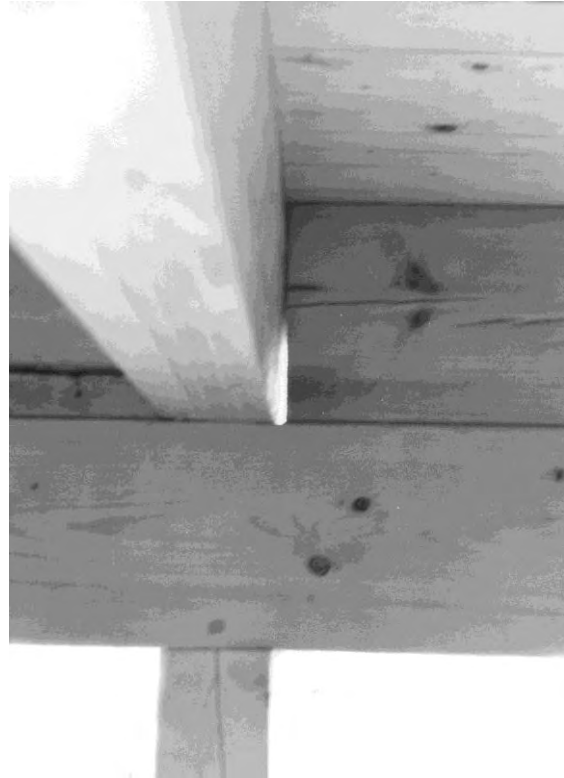


Bild 5.4-7

Undichte Durchdringung [Foto: Schmidt]

Für weitere Beispiele von undichten Fugen (z.B. Eckverkämmungen bei Blockhäusern) und Hinweise zur korrekten Ausführung wird auf *Abschn. 3.3* verwiesen.

Winddichtigkeit

Bei Putzfassaden wird die Winddichtigkeit vom Wetterschutz (Putz) übernommen. Bei hinterlüfteten Fassaden hingegen, kann die winddichtende Funktion nicht mehr von der Fassade wahrgenommen werden, sondern hier muß hinter der Hinterlüftung eine zusätzliche winddichte Schicht angeordnet werden. Diese stellt die äußere Abdeckung der Konstruktion dar und kann z.B. aus Folien, Baupappen, Unterdeckplatten (Holzfaserdämmplatten, Hart-schaumplatten) oder der meist ohnehin vorhandenen äußeren Beplankung bestehen.

Auch hier ist der Abdichtung von Anschlüssen und Durchdringungen besondere Sorgfalt entgegen zu bringen, weil bei Undichtigkeiten kalte Luft (Wind) ins Innere der Bauteile gelangen und die dortige Dämmschicht „durchblasen“ (hinterströmen) kann. Dadurch wird die Dämmeigenschaft deutlich beeinträchtigt (keine stehende Luft mehr).

Darüber hinaus kann es im Bereich von Fugen im Anschlußbereich von Bauteilen (z.B. Plattenstöße, Fenster - Wand) und Durchdringungen zu Zuglufterscheinungen kommen, die nicht nur die Behaglichkeit beeinträchtigen, sondern auch zu unkontrollierten Wärmeverlusten führen, sowie die Gefahr von Tauwasserschäden beinhalten.

Luftdichtheit

Bei Windbeanspruchung entsteht an der windzugewandten Seite eines Gebäudes ein Überdruck, und an der windabgewandten Seite ein Unterdruck. Bei Undichtigkeiten der Gebäudehülle bewirken diese Druckunterschiede Luftströmungen (Konvektion), die umso stärker sind, je kräftiger der Wind weht.

Bei Undichtigkeiten des inneren Raumabschlusses kann dabei warme, feuchtebeladene Luft ins Innere der Bauteilquerschnitte gelangen, wo sie an kalten Oberflächen kondensiert. Tauwasserschäden und Pilzbefall sind die Folge.

Gelangt die Innenluft über Undichtigkeiten direkt ins Freie, so kann sie auch dort zu Tauwasserschäden führen. In **Bild 5.4-8** ist dargestellt, wie die Innenraumluft über Undichtigkeiten nach außen gelangt, dort von der Hinterlüftung nach oben abgeführt wird und an der unteren (kalten) Sparrenschalung kondensiert. An kalten Winter- tagen ist an diesen Stellen eine Reifbildung zu beobach- ten.

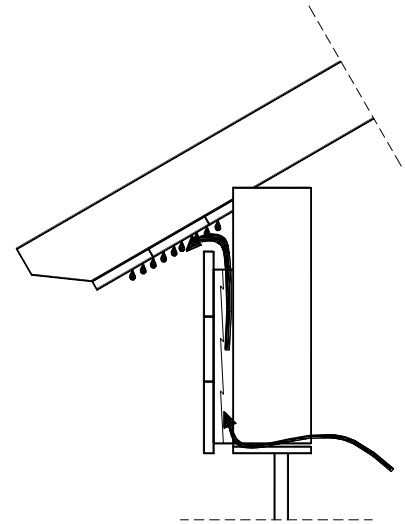


Bild 5.4-8

Tauwasser an unterer Sparrenschalung, verursacht durch Undichtigkeit im Fensteranschluß (Prinzipiskizze)

In **Bild 5.4-9 und –10** sind weitere Beispiele von Un- dichtigkeiten dargestellt.

Bild 5.4-9

Undichter Anschluß Giebelwand – Dachfläche: Tauwasseranfall (Was- serflecken) durch Konvektion [Foto: Egle]

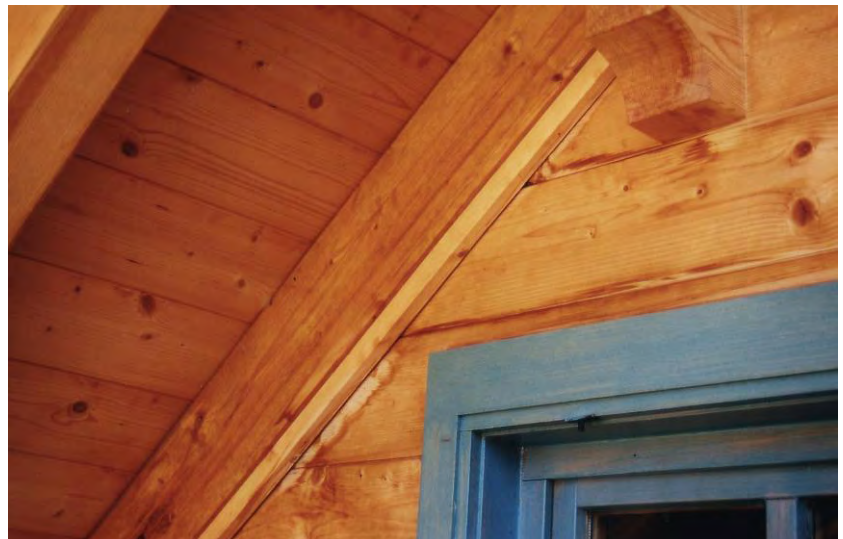


Bild 5.4-10

Undichter Fensteran- schluß: durchwachsender Efeu [Foto: Frech]



Im Hinblick auf die Vermeidung von Mängeln und Schäden sind somit folgende Eigenschaften der Gebäudehülle unerlässlich:

- schlagregensichere und winddichte äußere Schicht
- luftdichte innere Schicht.

Die luftdichte innere Schicht ist dabei nicht mit einer dampfdichten oder dampfbremsenden Schicht zu verwechseln, da deren Funktionen bzw. Aufgaben unterschiedlich sind. Bei geeigneter Ausbildung der Folienstöße kann die luftdichtende Funktion zwar von der Dampfsperre/-bremse übernommen werden, sie kann aber auch auf andere Art und Weise sichergestellt werden (siehe *Abschn. 5.4.4*).

Als zunehmend problematisch erweisen sich die sog. Ausbauhäuser, bei denen wesentliche Baumaßnahmen durch den Bauherrn selbst durchgeführt werden. Hier besteht ein erhöhtes Schadensrisiko, da die Bauherren nur selten über das nötige Fachwissen verfügen. So sind z.B. Schäden dann festzustellen, wenn vor Eintritt des Winters zwar die Dämmung eingebracht wird, die Verlegung der Dampfsperre/-bremse bzw. der luftdichten Schicht jedoch auf das Frühjahr verschoben wird. In diesem Fall kann feuchte Luft ungehindert in das Bauteil dringen, wobei der Wasserdampf an der kalten außenseitigen Abdeckung als Tauwasser niederschlägt.

5.4.2 Anforderungen an die Luftdichtheit

[Schadensbeispiele: 5-09]

Die Forderung nach Luftdichtheit ist nicht neu. Bereits in DIN 4108-2 aus dem Jahre 1981 wurde diese Forderung erhoben, allerdings in einer eher unverbindlich und allgemein gefaßten Formulierung: „Die Fugen müssen entsprechend dem Stand der Technik dauerhaft und luftundurchlässig abgedichtet sein“.

Mit der WSchVo (1995) hat sich dies grundlegend geändert. Hier wird der „Einbau einer luftundurchlässigen Schicht über die gesamte Fläche“ gefordert, die einer Überprüfung standhalten muß. Als Grundlage einer solchen Überprüfung wurden in DIN V 4108-7 die Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle erstmals zahlenmäßig formuliert.

Als Kenngröße wird das bei einer Druckdifferenz von 50 Pa zwischen Gebäudeinneren und der Umgebung pro Stunde ausgetauschte Luftvolumen herangezogen. Dieses Luftvolumen kann entweder auf das Gebäudevolumen (n_{50} - Wert) oder die Netto-Grundfläche (NBV - Wert) des Gebäudes bezogen werden:

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

$$\text{NBV} = \frac{\text{ausgetauschtes Luftvolumen}}{\text{Netto - Grundfläche}} \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot h} \right]$$

Anforderungen nach
DIN V 4108-7

Bei Gebäuden mit natürlicher Lüftung dürfen folgende Werte nicht überschritten werden:

$$n_{50} \leq 3 \quad 1/h$$

$$NBV \leq 7,5 \quad m^3/(m^2 \cdot h)$$

Bei Gebäuden mit raumluftechnischen Anlagen (auch einfache Abluftanlagen) gelten folgende Werte:

$$^1) \quad n_{50} \leq 1,5 \quad 1/h \quad ^1)$$

$$NBV \leq 2,5 \quad m^3/(m^2 \cdot h)$$

Diese strengere Anforderung wurde im Hinblick auf die Funktionsfähigkeit der raumluftechnischen Anlagen festgelegt. Während dieser Wert für Be- und Entlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung unstrittig ist, wird er für mechanische Abluftanlagen von manchen als zu streng angesehen. In der internationalen Literatur wird hierfür am häufigsten ein Wert von $n_{50} \leq 3,0 \text{ 1/h}$ angegeben.

In [BORSCH-LAAKS] wird jedoch darauf hingewiesen, daß bei Gebäuden mit n_{50} - Werten zwischen 2 und 3 (1/h) festgestellt wurde, daß die vorhandenen Einzelleckagen so groß sein können, daß die angestrebte Raumluchtströmung verhindert wird. Daher erscheinen die erhöhten Anforderungen auch bei mechanischen Abluftanlagen gerechtfertigt.

Blower-door

Gemessen werden kann der Luftvolumenstrom mit der sog. *Blower-door*-Prüfung, die in ISO 9972 beschrieben ist. Bei dieser Prüfung wird mit einem Ventilator (**Bild 5.4-11**) ein Über- bzw. Unterdruck von 50 Pa aufgebracht, wobei der Luftstrom über die Leistungsaufnahme des Ventilators gemessen wird. Bei bekanntem Gebäudevolumen bzw. Netto-Grundfläche können dann die Kennwerte n_{50} und NBV berechnet werden.



Bild 5.4-11

Blower-door-Prüfung: in Türrahmen eingepaßter Ventilator

¹⁾ In der Bekanntmachung vom BMBau wurde der ursprünglich vorgesehene Wert von 1,0 1/h auf 1,5 1/h erhöht

Mit Hilfe von „Räucherstäbchen“ (**Bild 5.4-12**) können Luftströmungen sichtbar gemacht werden (**Bild 5.4-13**).



Bild 5.4-12
„Räucherstäbchen“ [Foto: Pohl]



Bild 5.4-13
Sichtbare Luftströmung durch
„Räucherstäbchen“
[Foto: Pohl]

Die Strömungsgeschwindigkeit kann weiterhin mit einem Anemometer gemessen werden (**Bild 5.4-14**).



Bild 5.4-14
Anemometer: Messung der Luftgeschwindigkeit in m/s

Durch den Einsatz von Nebelgeräten (**Bild 5.4-15**) werden Luftaustritte von außen sichtbar (**Bild 5.4-16**).

Bild 5.4-15
Nebelgerät



Bild 5.4-16
Austritt von Rauch (Nebel) aus Türanschluß



Die Luftdichtheit von Gebäuden wird seit Beginn der 90er Jahre zunehmend gemessen. In [GEIßLER/HAUSER] wird über Messungen an insgesamt 87 Gebäuden in Holzbauweise berichtet. Einige Ergebnisse sind in **Tabelle 5.4-1** zusammengestellt.

Die in DIN V 4108-7 geforderten Werte für Gebäude mit natürlicher Lüftung wurden nur von etwa 30% der gemessenen Gebäude eingehalten. Der Grenzwert für Gebäude mit lüftungstechnischen Anlagen mit Wärmerückgewinnung wurde gar nur von 5% aller Fälle erreicht.

Hierbei ist jedoch zu beachten, daß sich das Bewußtsein für die Bedeutung der Luftdichtheit erst seit wenigen Jahren entwickelt hat, und daß bei neueren Gebäuden deutlich größere

Anstrengungen zur Erreichung der Luftdichtheit unternommen werden, als noch vor einigen Jahren.

Tabelle 5.4-1 Mittlere n_{50} - und NBV - Werte in Abhängigkeit von der Bauweise [GEIßLER/HAUSER]

| | Mittelwert n_{50} [1/h] | Mittelwert NBV [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$] |
|-------------------------------------|------------------------------|--|
| Fertighäuser, Holzrahmenbauten | ~ 4,3 | ~ 10 |
| Holzständerbauten, Blockhäuser | ~ 5,4 | ~ 16,5 |
| Fachwerkhäuser | ~ 12,5 | ~ 28 |
| Neuere Häuser: ≤ 1 Jahr alt | ~ 3,2 | ~ 8 |

Dies wird auch von [BORSCH-LAAKS] bestätigt, der über insgesamt 143 Messungen an Neubauten (1989 – 1996) aus NEH-Demonstrations- und Förderprogrammen verschiedener Bundesländer berichtet (**Bild 5.4-17**).

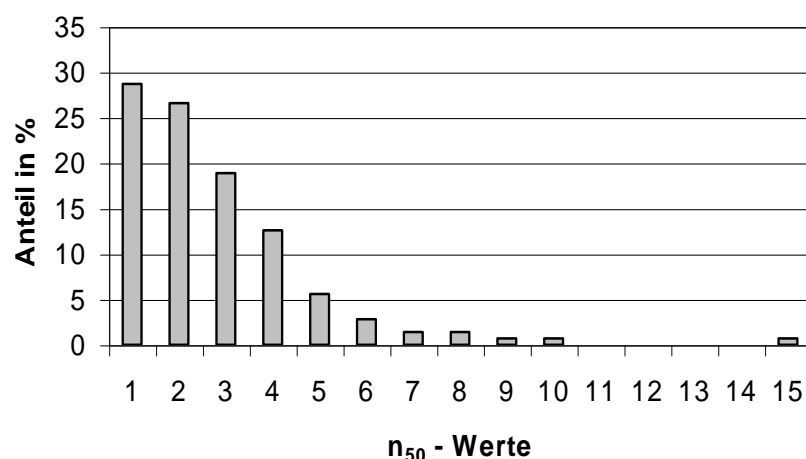


Bild 5.4-17
Ergebnisse von 143 Luftdichtheitsmessungen [BORSCH-LAAKS]

Aus diesem Bild ist zu erkennen, daß sich diese Ergebnisse z.T. erheblich von denen aus *Tabelle 5.4-1* unterscheiden. Die Luftdichtheit der hier geprüften Gebäude betrug im Mittel etwa 2,2 [1/h] (n_{50} – Wert). Den Zielwert für Gebäude mit natürlicher Lüftung erreichten etwa 75% der Häuser, und knapp 30% erfüllten die Dichtheit, die von Gebäuden mit mechanischer Lüftung gefordert wird.

Beide Untersuchungen zeigen jedoch, daß die Anstrengungen im Bereich der Luftdichtheit noch verstärkt werden müssen, wenn die neue Technik der Wohnungslüftung zum Standard werden soll.

Messungen frühzeitig durchführen.

Messungen zur Luftdichtheit sollten in jedem Fall frühzeitig, d.h. noch vor Fertigstellung des Gebäudes, durchgeführt werden, damit etwa vorhandene Leckagen mit relativ geringem Aufwand noch beseitigt bzw. ausgebessert werden können.

5.4.3 Ursachen von Undichtigkeiten (Leckagen)

[Schadensbeispiele: 5-04 / 5-10 / 5-11 / 5-12 / 5-13 / 5-14 / 5-15 / 5-16 / 5-17 / 5-19]

Ursachen von Undichtheiten sind stets Fugen, die bei Anschlüssen und Durchdringungen, die beheizte Räume mit unbeheizten Räumen verbinden, auftreten. Man kann dabei zwei Arten von Leckagen unterscheiden:

- primäre Leckagen, wie z.B. vollständige Durchdringungen, die so offenkundig sind, daß entsprechende Abdichtungsmaßnahmen automatisch ergriffen werden (müßten), und
- sekundäre Leckagen, bei denen Luft über Umwege eindringen bzw. entweichen kann, und die somit auf den ersten Blick nur schwer zu erkennen sind.

Undichtigkeiten können dabei

- in der Fläche,
- im Bereich von Anschlüssen und
- im Bereich von Durchdringungen

auftreten.

Undichtigkeiten in der Fläche

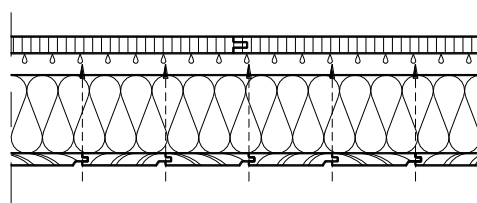
Nachfolgend werden typische Undichtigkeiten in der Fläche beschrieben. In *Abschn. 5.4.4* werden konstruktive Hinweise zur luftdichten Flächenausbildung gegeben.

Profilbrett-schalungen

- Profilbrettschalungen als innere Wand- und Deckenbekleidungen sind nicht luftdicht (**Bild 5.4-18**), so daß hier eine zusätzliche Schicht zur Sicherstellung der Luftdichtheit erforderlich ist.

Bild 5.4-18

Konvektion und Feuchteschaden durch undichte Profilbrettschalung



- Faserdämmstoffe sind ebenfalls nicht luftdicht.

Randleistenmatten

- Einseitig kaschierte Faserdämmmatten mit verstärkten Randbereichen (sog. Randleistenmatten) sind zwar in der Fläche luftdicht, die seitlichen Anschlüsse an die Holzbauteile und die Querstöße untereinander weisen jedoch meist erhebliche Undichtigkeiten auf (**Bild 5.4-19**). Randleistenmatten können somit nicht zur Abdichtung von Profilbrettschalungen herangezogen werden.

Bild 5.4-19a

Konvektion und Feuchteschaden durch undichte raumseitige Luftsperrschicht

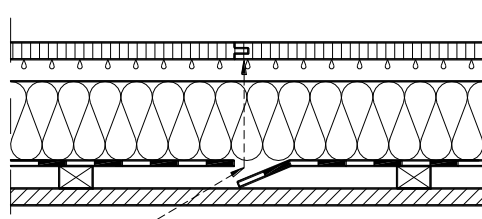




Bild 5.4-19b

Nicht luftdichte Überlappung bei
Alu-kaschierten Randleistenmatten
[Foto: Pohl]

- Örtliche Zerstörungen der luftdichten Bahnen sind ebenfalls Ausgangspunkt für Feuchteschäden infolge von Konvektion (**Bild 5.4-20**).



Bild 5.4-20

Örtliche Zerstörung der luftdichten Schicht [Foto: Pohl]

Undichtigkeiten bei Anschlüssen

Die Luftdichtheit in der Fläche ist mit vergleichsweise einfachen Maßnahmen zu erreichen. Die Sicherstellung der Luftdichtheit im Bereich von Bauteilanschlüssen und –stößen gestaltet sich weitaus schwieriger. Nachfolgend werden typische Problembereiche beschrieben, konstruktive Hinweise zur luftdichten Ausbildung werden in *Abschn. 5.4.5* gegeben.

- Alu-kaschierte Matten können nur dann als luftdichte Ebene herangezogen werden, wenn alle Längs- und Querstöße der Bahnen z.B. mit Alu-Klebeband überklebt, und die Anschlüsse zum Bauwerk luftdicht ausgeführt werden. Darüber hinaus dürfen die Folien beim Verlegen oder durch nachfolgende Arbeiten nicht verletzt werden. Diese Anforderungen sind baupraktisch kaum zu erfüllen, so daß Randleistenmatten – wie bereits erwähnt – meist nicht luftdicht sind. Selbst kleinste Undichtigkeiten in den Randbereichen, die für die Dampfdiffusion nur eine untergeordnete Rolle spielen, sind für Konvektionsvorgänge von entscheidender Bedeutung.

nicht ausgebautes DG

Insbesondere bei Decken unter nicht ausgebauten Dachgeschossen kommt es immer wieder zu Feuchteschäden an der oberseitigen kalten Schalung (**Bild 5.4-21 und –22**), wenn Randleistenmatten eingesetzt werden, die nicht luftdicht ausgebildet sind (siehe auch *Abschn. 6.2.6*).



Bild 5.4-21

Feuchteschaden an oberseitiger Deckenschalung (FP-Platte) bei nicht ausgebautem Dachgeschoß infolge unzureichender Luftdichtheit
[Foto: Egle]



Bild 5.4-22

Feuchteschaden an oberseitiger Deckenschalung (FP-Platte) bei nicht ausgebautem Dachgeschoß infolge unzureichender Luftdichtheit
[Foto: Gröger]

Überlappung

- Werden Folien/Pappen als luftdichte Schicht herangezogen (was meist der Fall ist), so sind deren Stöße ebenfalls luftdicht auszuführen. Hierzu sind die Bahnen über Eck zu führen und Überlappungen vorzusehen. In **Bild 5.4-23** ist schematisch dargestellt, wie die Luft an der nicht luftdicht angeschlossenen Folie vorbei strömen kann.

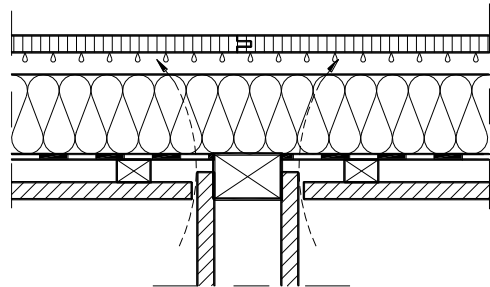


Bild 5.4-23

Konvektion und Tauwasseranfall durch nicht luftdichten Anschluß

In **Bild 5.4-24 bis –28** sind einige Beispiele von nicht luftdichten Anschlußausbildungen dargestellt.



Bild 5.4-24

Nicht luftdichter Anschluß Dach – Wand: Folie nicht über Eck geführt
[Foto: Galiläa]

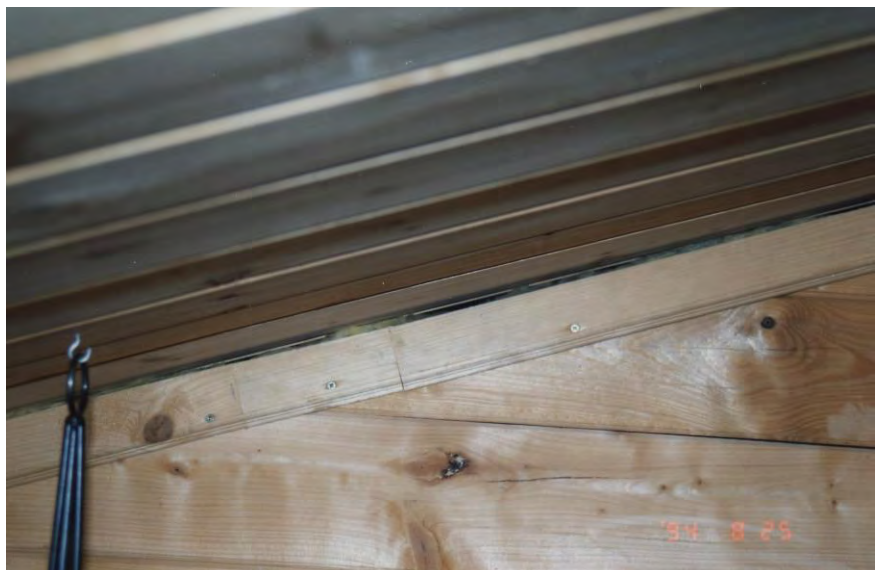


Bild 5.4-25

Kein luftdichter Anschluß Giebelwand – Dach: Dämmung ist sichtbar
[Foto: Macha]

Bild 5.4-26

Nicht luftdichte Anschlußausbildung: Dampfbremse nicht überlappt und über Eck geführt [Foto: Köhnke]



Bild 5.4-27

Nicht luftdichter Fensteranschluß: Tapete als luftdichte Schicht!!
[Foto: Pohl]

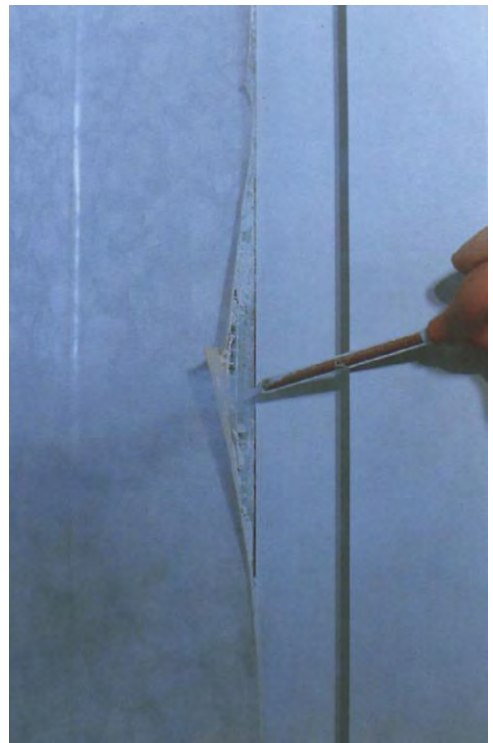


Bild 5.4-28

Kein luftdichter Anschluß an planmäßig unverputzte Massivwand [Foto: Pohl]



Klammern
ungeeignet

- Eine Verbindung der überlappenden Bahnen mittels Klammern (Tacker) reicht als luftdichte Abdichtung nicht aus, hier ist der Einsatz von geeigneten Klebern und „Kompribändern“ mit Anpreßleisten erforderlich. Unverträglichkeiten zwischen Klebern und Folienmaterialien können dabei die Luftdichtheit zunichte machen (**Bild 5.4-29 und –30**).

Bild 5.4-29

PE-Folie mit falschem Klebeband
[Foto: Borsch-Laaks]



Bild 5.4-30

Nicht luftdichter Stoß: zu steife Folie
[Foto: Borsch-Laaks]



- Weiterhin ist darauf zu achten, daß überstehende Folien/Pappen nicht von fachfremden Handwerkern „zurechtgeschnitten“ werden, so daß eine Überlappung nicht mehr möglich ist.

Verspachtelte
Fugen

- Die Ausbildung der luftdichten Schicht allein mit Gips-Bauplatten und elastischen/bewehrten Fugenausbildungen wird von vielen Fachleuten als kritisch angesehen. Begründet wird dies damit, daß Bewegungen des Bauwerkes und damit auch Rißbildungen in den Anschlußbereichen nie ganz ausgeschlossen werden können, so daß dann fehlender zusätzlicher Folie oder Pappe die Gefahr von Tauwasseranfall besteht.

Skelettbauten

- Während beim Holzrahmenbau/Holztafelbau die Luftdichtheit von einer durchgehenden, vollflächigen inneren Bekleidung oder Folie/Pappe sichergestellt werden kann, ist bei Holzskelettbauten das Hauptaugenmerk auf die luftdichte Ausbil-

dung der Fugen zwischen Ausfachung und Holzbauteilen zu legen. Hier führen Schwindverformungen der Hölzer und Setzungen immer wieder zu Undichtigkeiten (**Bild 5.4-31**). Hierauf wurde bereits in den *Abschn. 2.1.2 und 3.3* eingegangen.



Bild 5.4-31

Nicht luftdichter Anschluß: Fuge zwischen Holzbalken und Ausfachung infolge von Setzungen [Foto: Schmidt]

- Auf Undichtigkeiten infolge von aufgegangenen Silikonfugen wurde bereits in *Abschn. 3.3* hingewiesen.

Undichtigkeiten bei Durchdringungen

Neben den Anschlüssen stellen Durchdringungen die Haupt-Leckagestellen dar. Durchdringungen können bereits vor Aufbringung der luftdichten Ebene vorhanden sein (z.B. Sparren-, Pfettendurchdringungen), sie können aber auch erst nachträglich eingebracht werden (z.B. Installationsdurchführungen).

Nachfolgend werden wiederum typische Problembereiche beschrieben. Konstruktive Hinweise zur luftdichten Ausbildung werden in *Abschn. 5.4.6* gegeben.

- Durchdringungen von Sparren, Pfetten, Kehlbalcken u.ä. sind immer wieder Ausgangspunkt von Tauwasserschäden, weil die Anschlüsse an die luftdichte Schicht nicht dicht ausgeführt werden (**Bild 5.4-32 bis –34**).



Bild 5.4-32

Nicht luftdichte Durchdringung Deckenbalken – Außenwand [Foto: Schmidt]

Bild 5.4-33

Undichte Durchdringung Sparren
- Abseitenwand

[Foto: Macha]

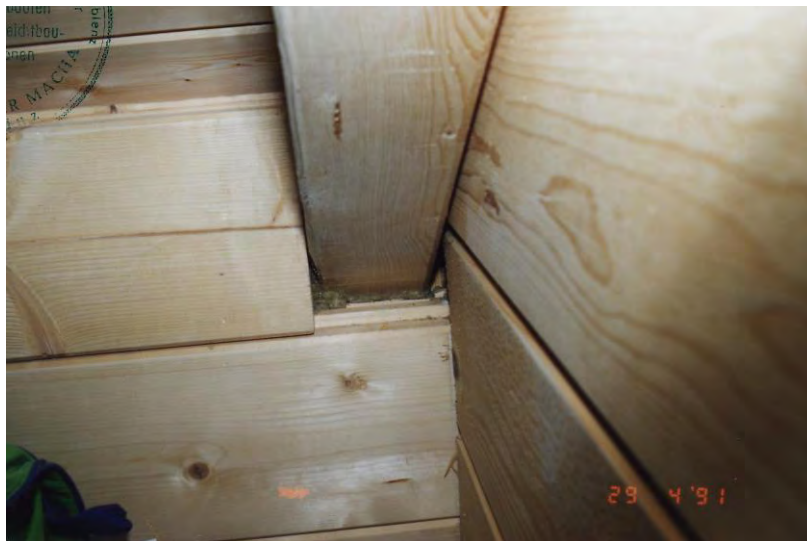


Bild 5.4-34

Kehlbalkenanschluß durchstößt
Folie: kein luftdichter Anschluß

[Foto: Pohl]

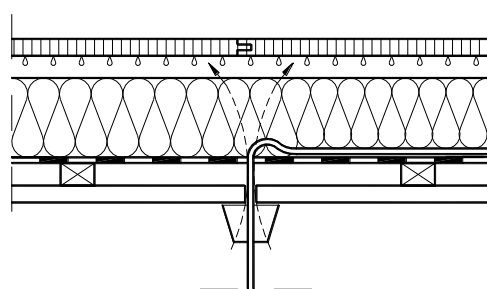


Installations-
leitungen

- Installationsleitungen stellen weitere Problembereiche hinsichtlich Luftdichtheit dar (**Bild 5.4-35 und -36**).

Bild 5.4-35

Konvektion und Tauwasseranfall infolge undichter Kabeldurchführung



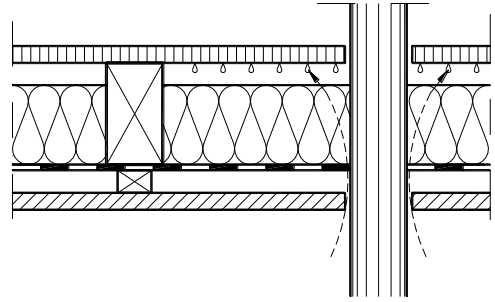


Bild 5.4-36

Konvektion und Tauwasseranfall infolge undichter Rohrdurchführung

Kabel- und Rohrdurchführungen werden meist von fachfremden Handwerkern verlegt, die nur unzureichend über die Notwendigkeit einer sorgfältigen Abdichtung Bescheid wissen. Dies kann zu schwerwiegenden Folgen führen, z.B. wenn Folien großzügig ausgeschnitten oder gar zerstört werden (**Bild 5.4-37**).



Bild 5.4-37

Rohrdurchführung durch Dach: zerschnittene Folie
[Foto: Pohl]

Schwinden

- Schwindverformungen der Holzbauteile können zu einem Öffnen ursprünglich geschlossener Fugen führen und die Luftdichtheit zunichte machen (**Bild 5.4-38**). Weitere Beispiele hierzu sind in *Abschn. 2.1.2* angegeben.



Bild 5.4-38

Ausgestopfte Fuge bei Durchdringung: Fugenbildung infolge von Schwindverformungen [Foto: Frech]

Risse

- Auf die Tatsache, daß bei Durchdringungen Schwindrisse als „Schlupflöcher“ für die Luft dienen können, wurde bereits in *Abschn. 2.1.3* hingewiesen (siehe auch *Bild 2.1-34*).

Sekundäre Leckagen

Sekundäre Leckagestellen sind deshalb so problematisch, weil die verursachende Undichtigkeit und die Folgeerscheinung (Zugluft) nicht an der gleichen Stelle liegen. So sind Zuglufterscheinungen durch eingebaute Deckenleuchten und Steckdosen in Innenwänden (!) auf Leckagen an anderer Stelle zurückzuführen (**Bild 5.4-39 und -40**).

Bild 5.4-39

Luftströmung aus eingebauter Deckenleuchte
[Foto: Pohl]



Bild 5.4-40

Luftströmung aus Steckdose in Innenwand
[Foto: Borsch-Laaks]



Das Rückverfolgen von Strömungswegen gestaltet sich oftmals als knifflige Angelegenheit, bei der detaillierte Kenntnisse der Konstruktion erforderlich sind.

Nachfolgend werden einige typische Beispiele sekundärer Leckagen gezeigt, die sinngemäß auch auf andere Fälle übertragen werden können.

Drempelbereich

In **Bild 5.4-41** und **-42** sind mögliche Leckagewege im Abseiten-/ Drempelbereich dargestellt.

Bild 5.4-41

Leckagewege im Abseiten-/ Drempelbereich: die Luftdichtheitsebene ist im Dach, in der Abseitenwand und in der Geschoßdecke angeordnet. Außenluft kann durch die Dachziegel und die Bretterschalung in den Drempelbereich eindringen [Geißler/Hauser]

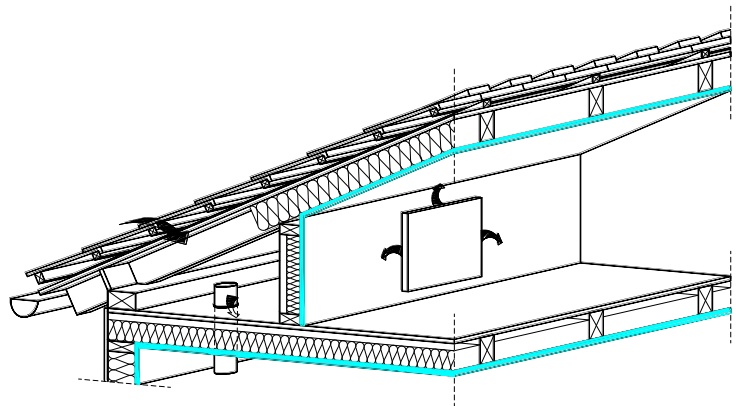
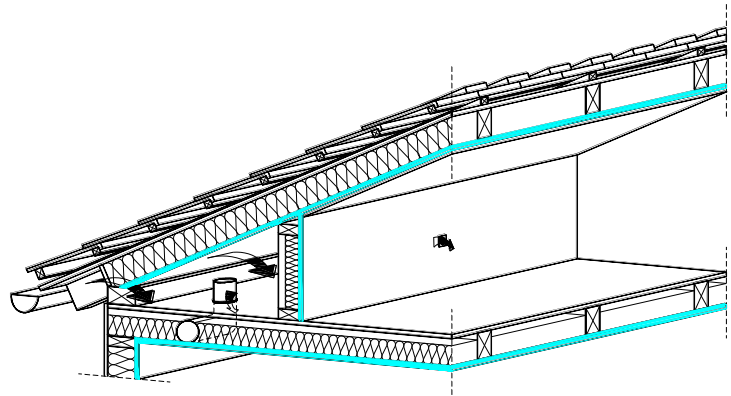


Bild 5.4-42

Leckagewege im Abseiten-/ Drempelbereich: die Luftdichtheitsebene ist im Dach bis zur Fußpfette durchgezogen. Außenluft kann hier nur über die meist undichten Anschlüsse der Fußpfetten und der Giebelwände eindringen [Geißler/Hauser]



Folgende Leckagen bestehen:

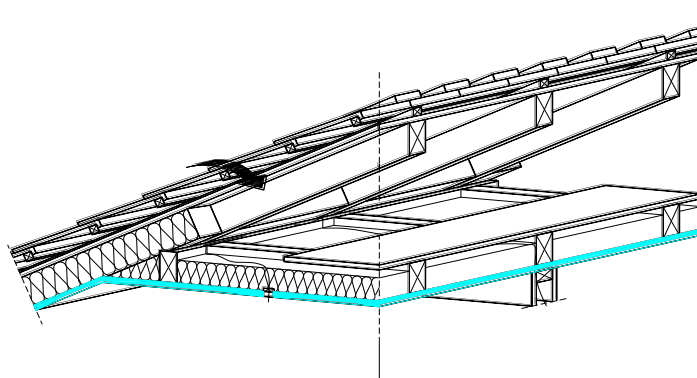
- Primäre, und damit leicht erkennbare Leckagewege, bestehen in der Öffnungsklappe zum Drempelbereich und in Steckdosen in der Abseitenwand. Diese Leckagewege können mit geeigneten Abdichtungsmaßnahmen beseitigt werden (siehe z.B. nächsten Abschnitt).
- Ein weiterer Leckageweg besteht im Bereich der Deckendurchdringung durch etwaige Versorgungsleitungen oder Abluftrohre. Sind diese Durchdringungen nicht abgedichtet, so kann Luft in den Deckenhohlraum und von dort über Elektroanschlüsse, Spülkästen o.ä. in die Innenräume gelangen. Dieser sekundäre Leckageweg, der oftmals nicht als solcher erkannt wird, kann einen erheblichen Anteil an der Gesamtleckage eines Gebäudes ausmachen.

Spitzboden

Bild 5.4-43 zeigt eine typische Ausbildung eines Spitzbodenanschlusses.

Bild 5.4-43

Anschluß Spitzboden - beheizter Raum:
Die Luftdichtheitsebene ist in der Kehl-
balkenlage verlegt. Außenluft kann
erneut durch die Dachziegel in den
Spitzbodenbereich gelangen [Geiß-
ler/Hauser]



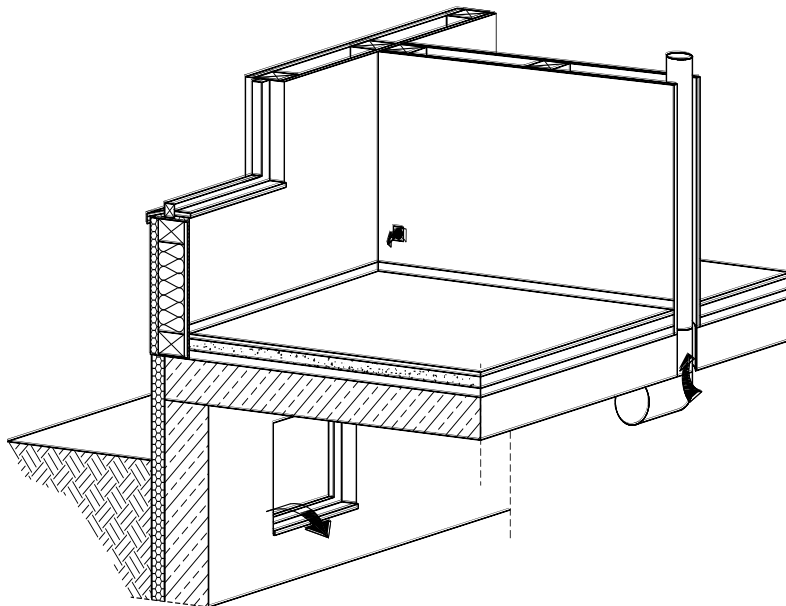
Die Durchdringung der Luftdichtheitsschicht durch Kabel oder andere Installationsleitungen verursacht Leckagen, die auch in die Innenwände des Gebäudes führen können.

Kellerdecke

Ein weiteres typisches Beispiel für sekundäre Leckagen ist in **Bild 5.4-44** dargestellt.

Bild 5.4-44

Durchdringung der Kellerdecke:
Außenluft kann über undichte Keller-
fenster oder Durchbrüche von Ver-
sorgungsleitungen in den Kellerraum
gelangen.
[Geißler/Hauser]



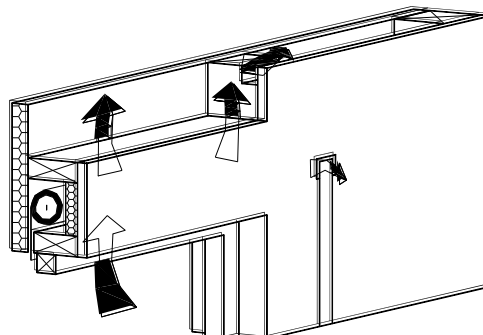
Vom Keller aus werden Installationsleitungen und -rohre durch die Kellerdecke nach oben geführt. Dies erfolgt meist über die Wände. Sind die Durchdringungen der Kellerdecke undicht, so gelangt die Luft über die Wände und die Installationsanschlüsse in die beheizten Räume.

Rolladenkasten

Ein weiterer kritischer Bereich ist die Ausbildung von Rolladenkästen (**Bild 5.4-45**).

Bild 5.4-45

Fenstersturz mit integriertem Rolladenkasten
[Geißler/Hauser]



Hier ist zunächst darauf zu achten, daß der Rolladenkasten so in die Wand eingebaut wird, daß keine direkten Leckagen im Randbereich entstehen. Darüber hinaus muß der Kasten selbst so konzipiert sein, daß durch ihn keine sekundären Leckagen entstehen. Bei guter Ausführung ist die Undichtheit, die durch den Rolladenantrieb verursacht wird, vernachlässigbar klein.

Selbst ausgebautes
Dachgeschoß

Die Untersuchungen von [GEIßLER/HAUSER] zeigten weiterhin, daß bei Dachgeschossen, die in Eigenleistung ausgebaut werden, die Gefahr von Undichtheiten besonders groß ist. Durch die Unkenntnis des privaten Bauherrn über die Bedeutung von Abdichtungsmaßnahmen ("dieser kleine Spalt macht doch nichts") werden dem Luftstrom „Tür und Tor“ geöffnet.

Dichtheitsebene vom
Hersteller
verlegen

Hier ist dringend anzuraten daß die Dichtheitsebene vom Hersteller des Gebäudes verlegt wird, und zwar in der gesamten Außenhülle. Nur so können mögliche negative Auswirkungen eines nicht fachgerecht ausgebauten Dachgeschosses auf die Luftdichtheit auf ein Minimum reduziert werden.

5.4.4 *Luftdichte Flächenausbildung*

[Schadensbeispiele: 5-11 / 5-15]

Die Sicherstellung einer luftdichten Flächenausbildung kann mit den nachfolgenden Maßnahmen erreicht werden.

Wahl einer luftdichten Bekleidung

Luftdichte Bekleidung

Luftdichte Bekleidungen sind z.B. HWSt-Platten oder Gips-Bauplatten (GB-Platten). Die Plattenstöße über den Ständern sind ebenfalls luftdicht auszuführen. Bei GKB-Platten kann dies z.B. durch Verspachteln erfolgen, bei GF-Platten auch durch Kleben. HWSt-Platten können gespundet, mit geeigneten Klebebändern oder mit Streifen aus armerter Baupappe mit zugehörigen Klebern abgedeckt werden (siehe **Bild 5.4-46**).



Bild 5.4-46
Luftdicht ausgeführte Stöße von
HWSt-Platten mittels Klebebändern

Profilbrettschalungen stellen – wie bereits erwähnt – für sich alleine keine luftdichte Schicht dar.

Wichtig ist dabei die Maßhaltigkeit der Unterkonstruktion. So können z.B. bei zu feucht eingetrockneter Unterlage

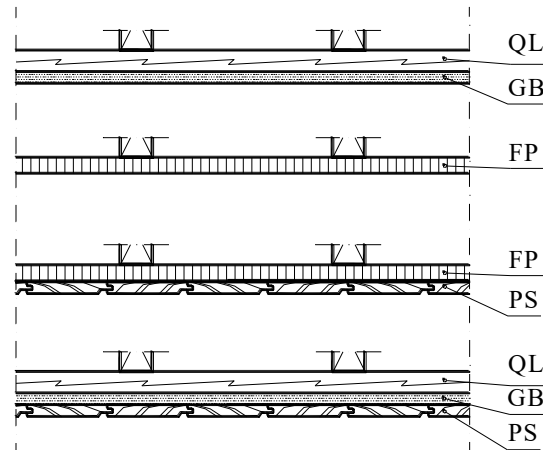


Bild 5.4-47

Beispiele von luftdichten Bekleidungen
(nach [SCHULZE 1996])

Luftdichtheitsschicht nur mit Bekleidung: separate Installationsebene erforderlich

Werden plattenförmige Werkstoffe als alleinige Luftdichtheitsschicht herangezogen, so stellen Durchbrüche für Steckdosen, Einbauleuchten und sonstige Installationen ein kaum beherrschbares Problem dar. In diesem Fall fordert DIN V 4108-7 zwingend den Einbau einer getrennten Installationsebene vor.

Wahl einer zusätzlichen luftdichten Schicht

Ist die Innenbekleidung nicht luftdicht (wie z.B. eine Profilbrettschalung oder eine Bekleidung mit Durchdringungen), so ist eine zusätzliche luftdichte Schicht vorzusehen. Hierzu gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten:

- entweder eine untergeordnete weitere Lage luftdichter Bekleidung, wie z.B. einer HWS-Platte, die als Installationsebene dienen kann;
- oder eine durch Folie als zusätzliche luftdichte Schicht

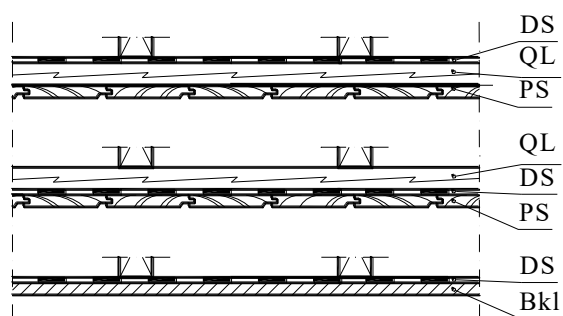


Bild 5.4-48

Folie als zusätzliche luftdichte Schicht
(nach [SCHULZE 1996])

Dampfbremse als
luftdichte Schicht

Zur Sicherstellung der Luftdichtheit ist besonders auf eine luftdichte Stoßausbildung (Überlappung) zu achten. Dies kann z.B. durch folgende Maßnahmen sichergestellt werden:

- mit vorkomprimierten Dichtbändern unter Verwendung einer Anpreßplatte;
- mit beidseitig selbstklebenden Butyl-Kautschukbändern, die auf die jeweilige Folie abgestimmt sein müssen; auch hier sollten die Stöße möglichst unter einem durchlaufenden Holz oder einer HWSt-Platte (als 'Montageschicht') angeordnet werden, damit der erforderliche Anpreßdruck für das Klebeband aufgebracht werden kann;
- bei armierten Baupappen können auch lösungsmittelfreie pastöse Kleber (Naturlatex, Acrylat) aus der Kartusche verwendet werden; hier ist ein erhöhter Anpreßdruck nicht erforderlich, so daß auch 'schwebende' Stöße ausgeführt werden können;

Bild 5.4-49

Beispiele von luftdichten Stoßausbildungen
Anpreßdruck möglich
(nach [SCHULZE 1996])

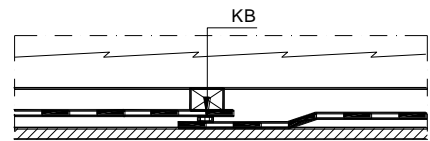
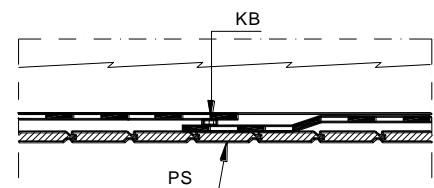


Bild 5.4-50

Beispiele von luftdichten Stoßausbildungen:
Anpreßdruck nicht möglich
(nach [SCHULZE 1996])



Es wird nochmals daran erinnert, daß sog. Randleistenmatten nicht luftdicht sind und eine zusätzliche luftdichte Schicht an der Innenseite benötigen.

5.4.5 Luftdichte Anschlußausbildungen

[Schadensbeispiele: 5-13 / 5-14]

Neben der luftdichten Flächenausbildung ist die luftdichte Ausbildung von Bauteilanschlüssen zu beachten bzw. sicherzustellen.

Dampfbremse über
Eck ziehen und über-
lappen

Hierbei kommen verschiedenste Dichtungsstreifen, Fugenfüller, vorkomprimierte Dichtungsbänder, armierte Klebefolien u.a.m. zum Einsatz. Hierbei ist es möglich, die ohnehin meist vorhandene Dampfbremse zur Ausbildung luftdichter Anschlüsse heranzuziehen.

„Kompribänder“

Vorkomprimierte Dichtungsbänder sind dabei nur dann luftdicht, wenn sie auf ca. 25% ihrer Ausgangsdicke zusammengepreßt sind. Kompribänder, die nach Wegnahme des Anpreßdruckes wieder 'aufquellen', vermitteln zwar einen optisch dichten Eindruck, sie sind jedoch nicht mehr luftdicht (siehe auch *Abschn. 3.3.2*). Zur Aufbringung der Komprimierung sind Anpreßlatten/Klemmleisten einzusetzen.

Silikon meist
ungeeignet

Lösemittelfreie Acrylat- und Silikondichtmassen sind nur für Anschlüsse an maßhaltige Bauteile geeignet (z.B. Fenster). Für Abdichtungen mit größeren Fugen jedoch ist die Flankenhaftung oftmals nicht ausreichend und die Bewegungen in der Konstruktion meist zu groß, um eine dauerhafte Abdichtung zu gewährleisten (siehe auch *Abschn. 3.3.3*).

PU-Montageschäume sind zur luftdichten Ausbildung ungeeignet (siehe auch *Abschn. 3.3.4*). Auf die Möglichkeit, die Stöße HWSt-Platten mit armierten Baupappen zu überkleben, wurde bereits hingewiesen.

pastöse Kleber

Mit den bei Stoßausbildungen von Bahnen eingesetzten pastösen Klebern können auch dichte Anschlüsse an Konstruktionshölzer und sogar Massivbauteile hergestellt werden (Skizzen in **Bild 5.4-51**).

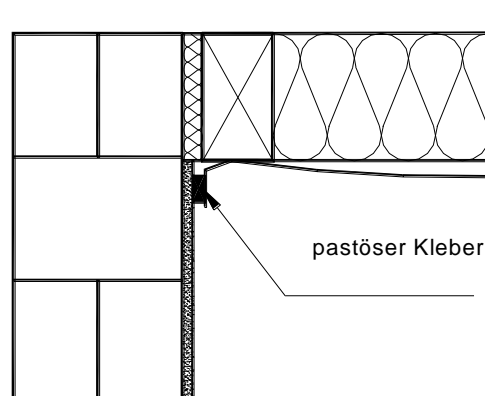
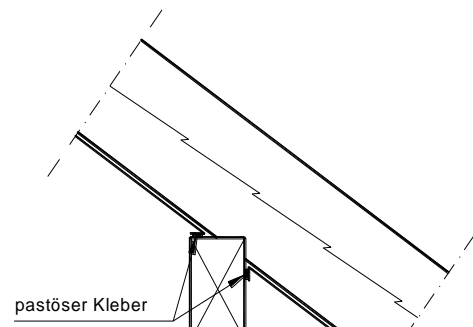


Bild 5.4-51
Anschluß einer арми
Massivbauteile (nac

Verkleben,
Verspachteln

Anschluß an
Massivwände

Bild 5.4-52
Anschluß Dachfläche an Massivwand
[DIN V 4108-7]

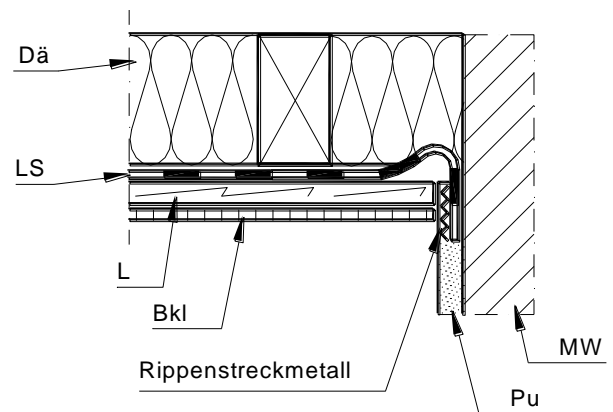
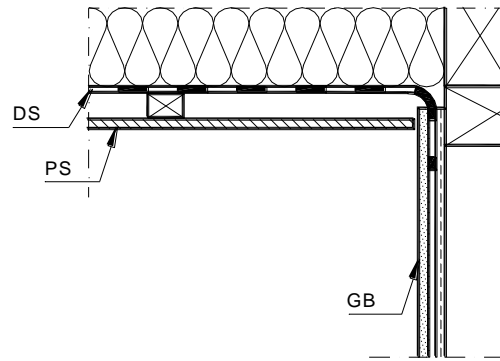


Bild 5.4-53
Anschluß an Massivwand mit
Putzträger [Foto: Pohl]

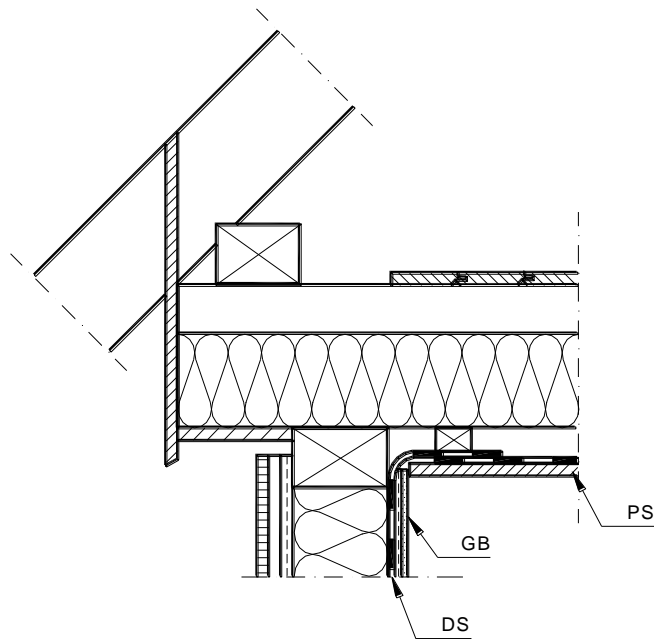


In **Bild 5.4-54** sind Beispiele für die Anschlußausbildung an Wände in Holzbauart dargestellt.



a) GB als luftdichte Schicht

b) Dampfbremse/-sperre DS
als luftdichte Schicht



c) Dampfbremse/-sperre DS
als luftdichte Schicht

Bild 5.4-54
Anschluß Dachfläche an Holzbauwand
(nach [SCHULZE 1996])

Die Bauteilanschlüsse nach DIN V 4108-7 (**Bild 5.4-55**) sind in der Herstellung sehr aufwendig, so daß es fraglich ist, ob sich diese Ausführungen in der Praxis durchsetzen werden.

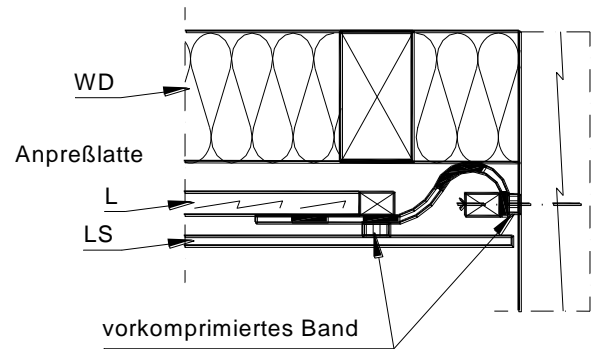


Bild 5.4-55 Anschluß Dachfläche an Holzbauwand [DIN V 4108-7]

Fensteranschluß

Besonderes Augenmerk ist auf den Anschluß Fenster - Wand bzw. Fenster - Dach zu richten. Hier muß die innenliegende Luftdichtheitsschicht in die Leibung hineingezogen werden und an dem Blendrahmen bzw. dem Falz für die Bekleidung angeschlossen werden (siehe Prinzipskizzen in **Bild 5.4-56 und -57**).

Bild 5.4-56
Anschluß Luftdichtheitsschicht (Folie, Baupappe)
an Blendrahmen bzw. Falz
[Quelle: pro clima]

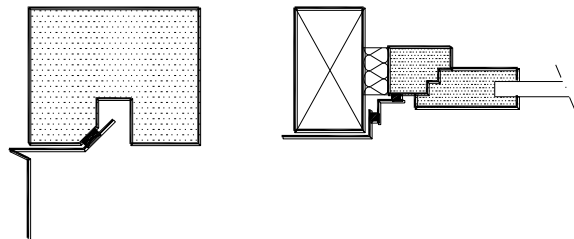


Bild 5.4-57
Abgeklebter Fensteranschluß

Nachfolgend sind weitere Details zur Ausführung luftdichter Anschlüsse angegeben. Grundprinzip ist dabei immer eine ausreichende Überlappung der Folien/Pappen und ein dauerhaft dichter Anschluß mit geeigneten Klebern/Fugenbändern.

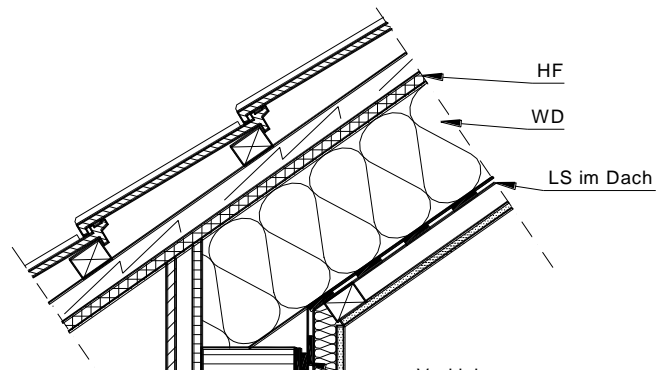


Bild 5.4-58
Anschluß an Fußpfette
[WEKA-1]

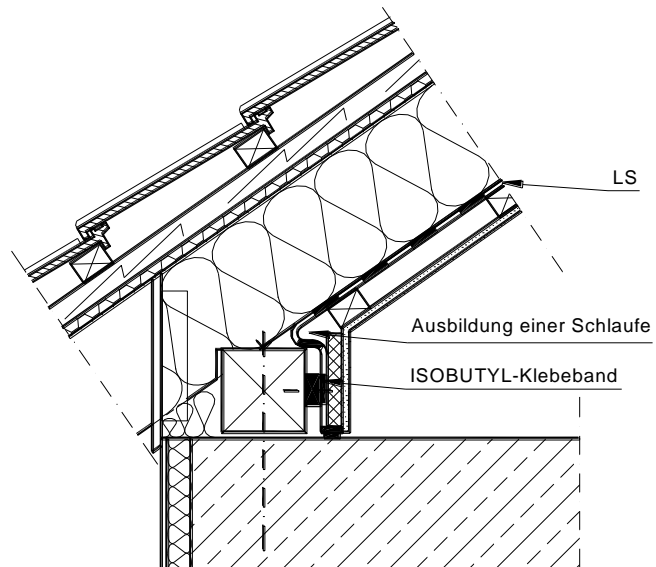


Bild 5.4-59
Anschluß an Fußpfette
[WEKA-1]

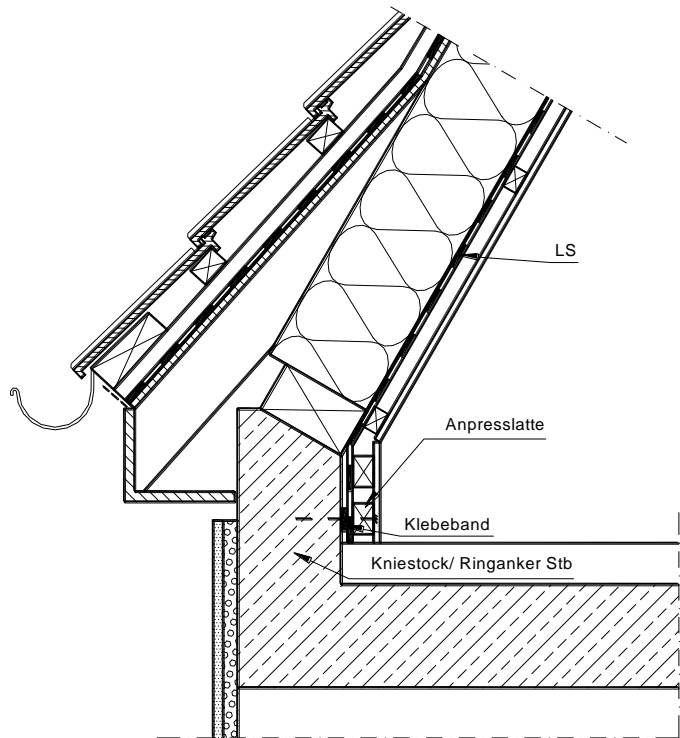


Bild 5.4-60
Anschluß an einen betonierten
Kniestock
[WEKA-1]

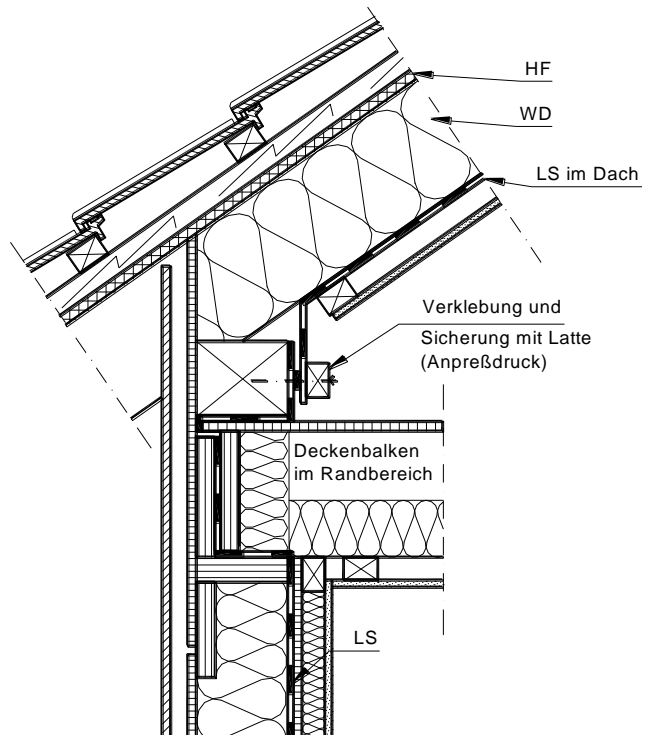


Bild 5.4-61
Anschluß Decke - Außenwand – Traufe
[WEKA-1]

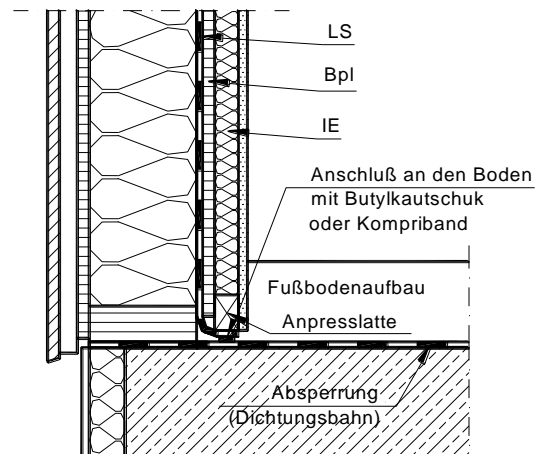


Bild 5.4-62

Anschluß Außenwand - betonierte Decke [WEKA-1]

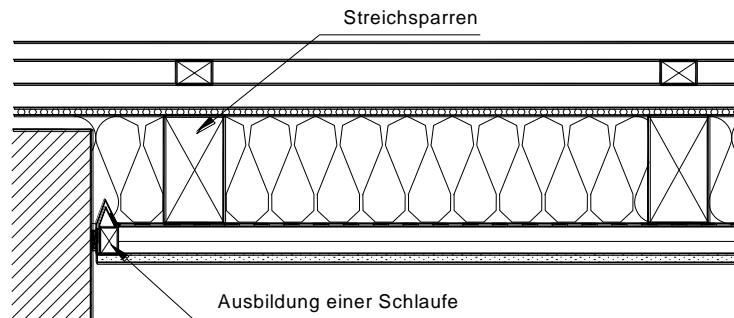


Bild 5.4-63

Ortganganschluß [WEKA-1]

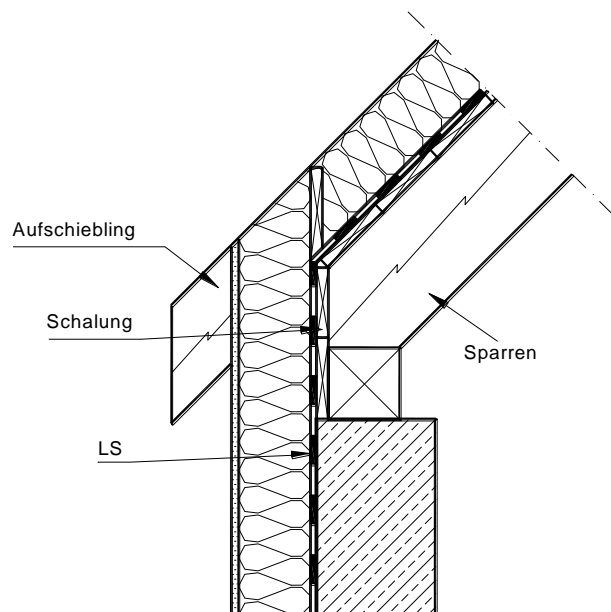


Bild 5.4-64

Umlaufende Luftdichtheitsschicht bei Aufsparrendämmung [DIN V 4108-7]

5.4.6 Luftdichte Durchdringungen

[Schadensbeispiele: 5-10]

planerische Aufgabe

Durchdringungen von Bauteilen durch Installationsleitungen (Elektro, Wasser, Heizung) stellen die kritischsten Punkte im Hinblick auf die Luftdichtheit einer Konstruktion, und damit auch auf den Wärme- und Feuchteschutz dar. Da die Dichtungsmaßnahmen von Durchdringungen sehr aufwendig und handwerklich schwierig sind, gilt es, Durchbrüche möglichst zu vermeiden oder zumindest deren Anzahl auf ein Minimum zu reduzieren. Durchdringungen stellen somit vorrangig ein planerisches Problem dar.

Auf Durchdringungen von Außenwänden durch Balken kann z.B. mit folgenden Maßnahmen verzichtet werden:

- bei Balkonen, Loggien u.ä. durch vorgesetzte, an der Außenwand befestigte Konstruktionen,
- bei Sparren durch aufgesetzte 'Aufschieblinge', die als Dachüberstand dienen, während die Tragsparren die luftdichte Schicht nicht durchdringen.

Bei Durchdringungen infolge von Versorgungsleitungen gibt es folgende Möglichkeiten:

Installation:

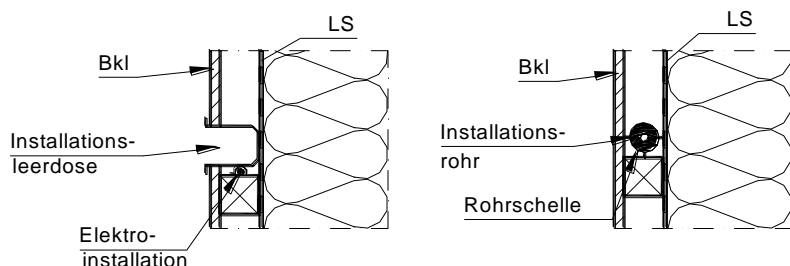
- in Innenwände,
- vor luftdichter Schicht,
- in vorgesetzter Installationsebene

- Anordnung der Durchdringungen in den Innenwänden, bei denen keine luftdichte Schicht erforderlich ist. Diese Möglichkeit schränkt zwar die Gestaltungsfreiheit ein, sie trägt aber dazu bei, die Anzahl der Durchdringungen zu reduzieren.
- Verlegung der Versorgungsleitungen in einer eigenen Installationsebene vor der Dämmung und der luftdichten Schicht (**Bild 5.4-65**). Diese Variante ist zu

IE nicht als Alibi

Bild 5.4-65

Beispiele für Vorgesetzte Installationsebene
[DIN V 4108-7]



Sind beide Möglichkeiten nicht gewünscht oder möglich, so gilt es, die Durchdringungen luftdicht auszubilden. Bei GB-Platten können dabei Fugenmörtel oder Spachtelmassen verwendet werden (vgl. **Bild 5.4-66**).

Bild 5.4-66

Luftdichte Durchdringungen bei GB-Platten unter Verwendung von Fugenmörtel
(nach [SCHULZE 1996])

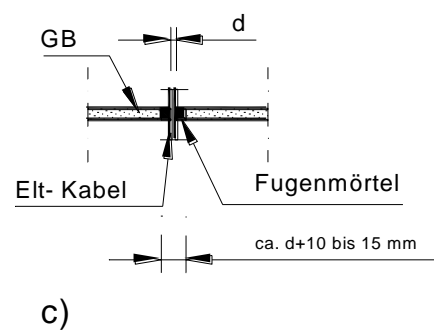
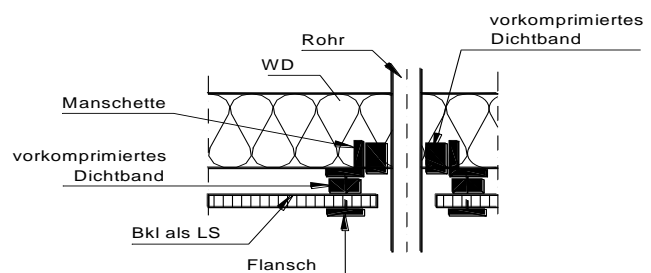


Bild 5.4-67

Luftdichte Rohrdurchdringungen unter Verwendung von Manschetten [DIN V 4108-7]



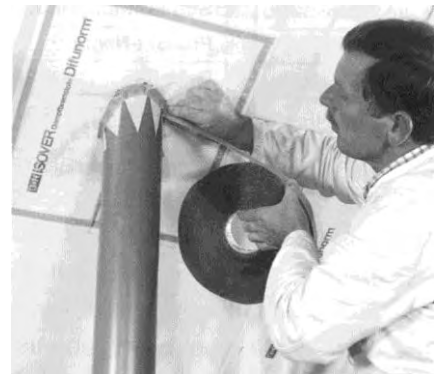
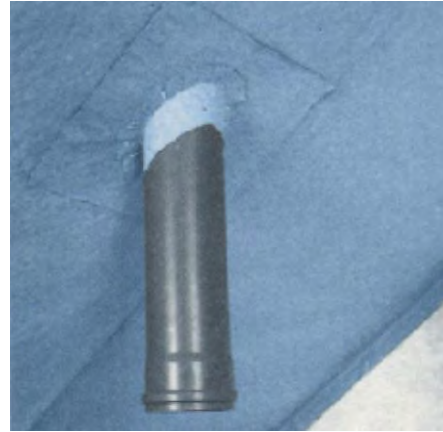


Bild 5.4-68

Luftdichte Rohrdurchdringungen unter Verwendung von Manschetten [Fotos: oben pro clima, unten G+H])

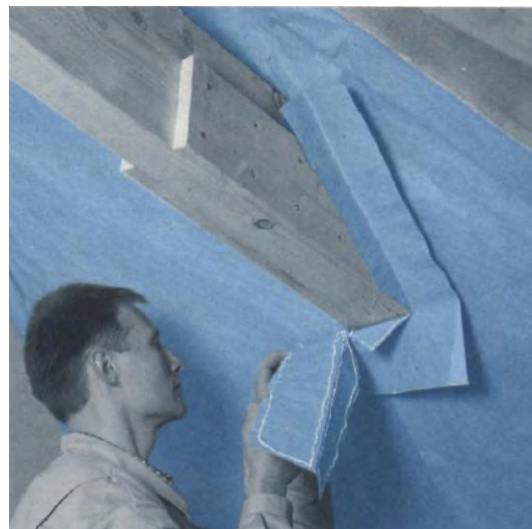


Bild 5.4-69

Luftdichte Balkendurchdringung unter Verwendung von Manschetten [Fotos: pro clima]

Auch mit einer direkten Verklebung der Ränder und Fugen mit einem geeigneten Dichtungsband sind luftdichte Durchdringungen möglich (**Bild 5.4-70 bis 72**).

Bild 5.4-70

Abdichtung einer Rohr-Durchdringung mit einem Butylkautschuk-Dichtungsband
[Foto: Ampack]



Bild 5.4-71

Abdichtung einer Kamindurchführung mit einem Butylkautschukband



Bild 5.4-72

Abgeklebte Pfetten-Durchdringung



Die gezeigten Beispiele verdeutlichen, daß zum einen die Ausbildung luftdichter Durchdringungen einen erheblichen Aufwand darstellt, und zum anderen, daß die derzeitigen Lösungen noch nicht als perfekt angesehen werden können. Anzustreben sind hier Entwicklungen vorgefertigter Formteile mit tellerartigem Flansch, der an beliebige Dachneigungen angepaßt und an dem die Luftdichtung flächig angeschlossen werden kann. Als Basis für derzeitige Entwicklungen dienen Lösungen, die sich bereits bei Flachdächern bewährt haben (vgl. **Bild 5.4-73**).



Bild 5.4-73

Formteil mit tellerartigem Flansch [Foto: Klöber]

Für Elektroinstallationen werden neuerdings auch Hohlwand-Schalter-Abzweigdosen in winddichter Ausführung angeboten (siehe **Bild 5.4-74**), die sich in der Praxis allerdings noch bewähren müssen.

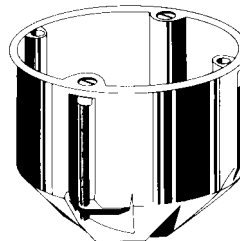


Bild 5.4-74

Winddichte Hohlwand-Abzweigdose [Quelle: Kaiser]

5.5 **Belüftet oder nicht belüftet?**

[Schadensbeispiele: 5-08 / 5-12 / 5-13 / 5-18 / 5-19]

5.5.1 **Allgemeines**

Der kritische Punkt einer Konstruktion im Hinblick auf einen möglichen Tauwasseranfall im Gefachbereich liegt meist in der Ebene, die das Bauteil zur Außenseite hin abdeckt. Diese Schicht besitzt eine geringere Oberflächentemperatur, so daß der Wasserdampf als Kondensat niederschlagen kann. Lange Zeit wurde empfohlen, diese Schicht zu hinterlüften, damit angefallenes Kondenswasser über Luftströmung abgeführt werden kann.

Argumente gegen
Hinterlüftung

In jüngerer Zeit wird immer häufiger empfohlen auf eine Hinterlüftung zu verzichten, wobei folgende Argumente angeführt werden:

- Sobald die Hinterlüftung nicht mehr funktioniert, kann es zu Tauwasserschäden kommen.
- Der Hohlraum, der für die Belüftung erforderlich ist (2 - 5 cm), wird zur zusätzlichen Dämmung herangezogen. Hierdurch kann z.B. die Dämmeigenschaft eines Daches ohne bauliche Veränderung um etwa 25% verbessert werden.
- Durch die rasanten Entwicklungen im Bereich der diffusionsoffenen Folien, Pappen und Papieren ist es möglich geworden, tauwasserfreie Konstruktionen zu bauen, so daß auf eine Hinterlüftung verzichtet werden kann.

- Nach DIN 68800-3 ist eine Zuordnung von Bauteilen in die Gefährdungsklasse 0 u.a. nur dann möglich, wenn ein unkontrollierter Zutritt von Insekten verhindert wird. Da dies selbst bei engmaschigsten Insektengittern nicht gewährleistet werden kann, ist ein Verzicht auf den Einsatz von Holzschutzmitteln nur dann möglich, wenn die Konstruktion allseitig geschlossen, d.h. nicht belüftet ist (siehe hierzu auch *Abschn. 6*).

Angesichts des zunehmenden Umweltbewußtseins in der Bevölkerung wird das letztgenannte Argument immer 'schlagkräftiger', so daß sich - insbesondere bei Dächern - die nicht belüfteten Konstruktionen immer mehr durchsetzen werden.

5.5.2 Schäden und Ursachen

Belüftete Konstruktionen

Belüftete bzw. hinterlüftete Konstruktionen haben sich in der Vergangenheit vieltausendfach bewährt. Trotzdem ist es zu einer ganzen Reihe von Schäden gekommen, weil Fehler in der

Nicht genau eingebau-
te Dämmung

Bild 5.5-1

Tauwasseranfall wegen nicht paßgenau eingebauter Dämmung [SCHULZE 1996]

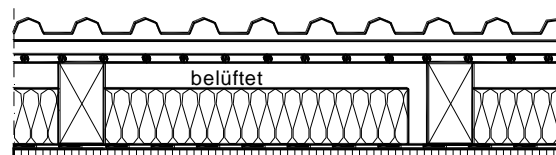
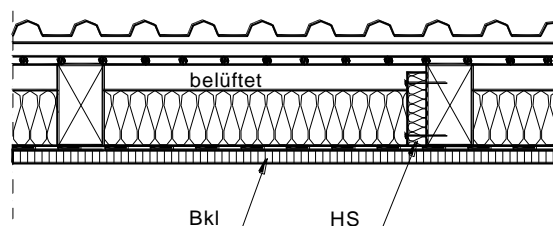


Bild 5.5-2

Abhilfe zum Schließen der Fugen bei Dämmschicht-Unterbreite [SCHULZE 1996]



Das gleiche Schadensbild kann auftreten, wenn z.B. Dämmplatten eingesetzt werden, die nicht paßgenau verlegt werden oder bei denen es durch das nachträgliche Schwinden der Sparren zu Fugen kommt.

Wird die Breite der Dämmschicht zu groß gewählt bzw. ist der Sparrenabstand zu gering, so kann es ebenfalls zu Tauwasserschäden kommen. In **Bild 5.5-3** ist dargestellt, daß das Aufwölben der Dämmschicht zwei potentielle Gefahren beinhaltet:

- der belüftete Hohlraum wird verschlossen, so daß keine Belüftung mehr stattfindet,

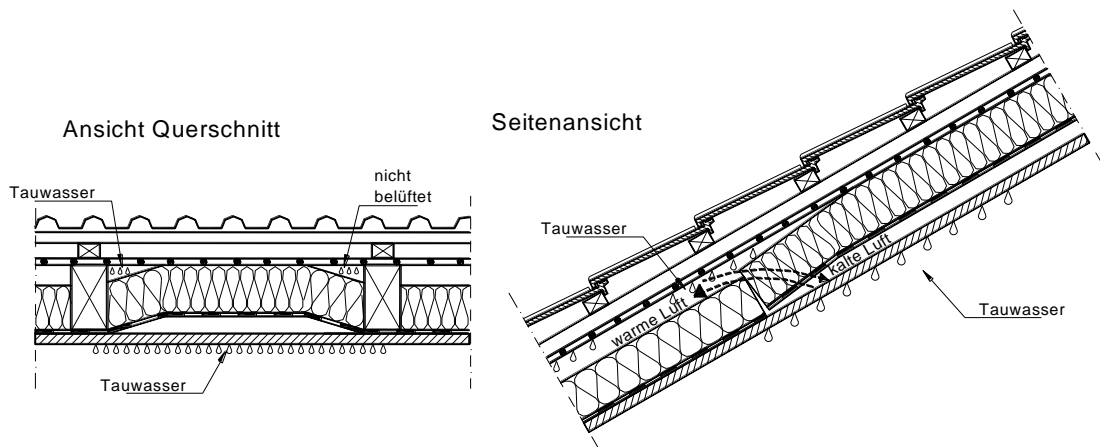


Bild 5.5-3 Tauwasseranfall bei aufgewölbter Dämmung [SCHULZE 1996]

Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß Dämmstoffe 'aufgehen' (quellen) können und oftmals Überdicke haben. Sind die Belüftungshohlräume zu klein bemessen, so kann hierdurch die Belüftung beeinträchtigt werden.

Den gleichen negativen Effekt haben verschmutzte Insektengitter.

Verschlossene Lüftungsöffnungen

Eine weitere häufige Schadensursache liegt darin, daß die Hinterlüftung, in Unkenntnis über deren bauphysikalischen Bewandtnis, nachträglich ausgeschaltet wird (meist durch den Bauherrn). So werden z.B. die Lüftungsöffnungen durch aufgerollte oder nachträglich eingestopfte Dämmung verschlossen (siehe **Bild 5.5-4**). Dies erfolgt in dem guten Glauben, etwas für den Wärmeschutz getan zu haben, weil es dann nicht mehr so zieht. Daß damit das belüftete Bauteil zu einem nicht belüfteten Bauteil wird und die anfallende Feuchte nicht mehr abgeführt werden kann, wird nicht erkannt.

Ausgestopfte Hohlräume

Der gleiche Effekt stellt sich ein, wenn im Zuge von nachträglichen Umbaumaßnahmen der Lüftungsquerschnitt zur Reduzierung der Heizkosten mit zusätzlicher Dämmung ausgestopft wird.

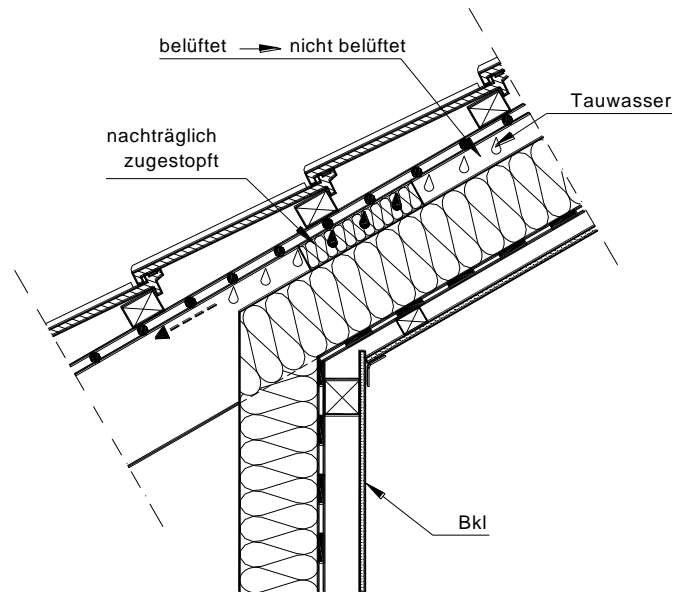


Bild 5.5-4

Tauwasseranfall infolge verschlossener Lüftungsöffnung [SCHULZE 1996]

Tauwasseranfall an der äußeren Schalung führt zu Pilzbefall, zu feuchtebedingten Aufwölbungen der Bretter, die ihrerseits zu Aufwölbungen der Dacheindeckung führen können (**Bild 5.5-5 und -6**).



Bild 5.5-5

Pilzbefall und Aufwölbungen der Bretterschalung infolge von Tauwasseranfall [Foto: Egle]

Bild 5.5-6

Aufwölbung der Dacheindeckung durch Aufwölbung der Bretterschallung [Foto: Egle]



Verhinderung der Belüftung durch Wechsel

Tauwasserschäden können auch im Bereich von Dachflächenfenstern und Kamindurchbrüchen auftreten, weil hier die Belüftung durch die erforderlichen Auswechslungen unterbrochen wird (Bild 5.5-7)

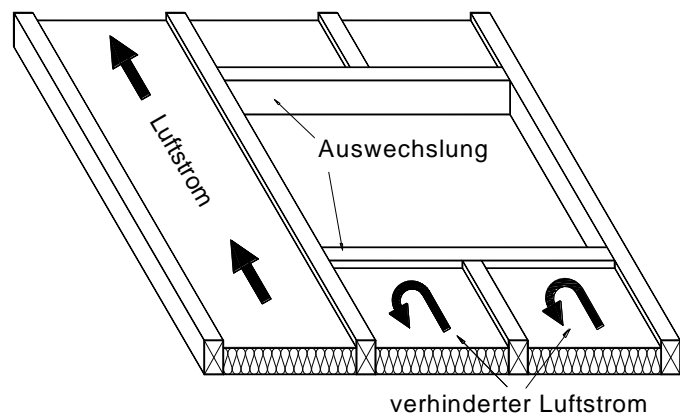


Bild 5.5-7

Verhinderung der Belüftung durch Anordnung einer Auswechslung

In diesen Fällen sind Entlüftungsöffnungen im Bereich der Wechsel oder Querverbindungen (Öffnungen) zu den benachbarten Feldern vorzusehen, z.B. durch eine Aufdopplung der Sparren. Dies wäre aber bereits während der Planungsphase zu berücksichtigen und wird leider regelmäßig vergessen.

Nicht belüftete Konstruktionen

Unabhängig davon, ob eine belüftete oder nicht belüftete Ausführung zum Einsatz kommt, gilt als oberstes Prinzip zur Vermeidung von Tauwasserschäden der Grundsatz, daß der Eintritt von warmer, feuchter Luft in die Konstruktion (über Konvektion) in jedem Fall zu verhindern ist.

luftdicht und diffusionsoffen

Bei belüfteten Konstruktionen kann Tauwasser über den Luftstrom abgeführt werden, wobei allerdings die 'abführbaren' Wassermengen beschränkt sind. Bei nicht belüfteten Konstruktionen kann etwa anfallendes Tauwasser nicht mehr entlüftet werden, sondern der Wasserdampf muß ausdiffundieren. Daher kommen bei nicht belüfteten Konstruktionen der Luftdichtheit und dem diffusionsoffenen Aufbau eine verstärkte Bedeutung zu. Auf mögliche Schäden bei nicht ausreichender Luftdichtheit wurde bereits in *Abschn. 5.4* eingegangen.

5.6 Möglichst dicht oder diffusionsoffen?

5.6.1 Allgemeines

Die Bedeutung einer luftdichten Ausbildung wurde bereits in *Abschn. 5.4* eingehend behandelt. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Diffusionsdichtheit und nicht die Luftdichtheit von Bauteilen.

Bei einschaligen Bauteilen (z.B. Mauerwerk) tritt im Innern des Querschnittes keine Tauwasserbildung auf, solange die Innenoberfläche trocken bleibt. Bei mehrschichtigen Leichtbauteilen (z.B. in Holztafelbauweise) ist die Ableitung einer solch einfachen Regel nicht möglich. Sehr allgemein gehaltene und pauschale Faustregeln, wie z.B. "*innen dichter als außen*" oder "*nach außen hin diffusionsoffener*" deuten zwar an, daß nicht nur die innere Sperrschicht eine Rolle spielt, sondern auch die äußere Abdeckung des Bauteiles, sie lassen den Planer aber sehr schnell im Stich, wenn es um die konkrete Durchbildung geht.

Äußere Abdeckung
dicht → Hinterlüftung
erforderlich

In der Vergangenheit war man stets bemüht, möglichst dichte Konstruktionen zu schaffen. Das lag darin begründet, daß die konventionellen äußeren Abdeckungen (z.B. Unterspannbahnen, bituminierte Pappen auf Schalung) verhältnismäßig diffusionsdicht waren, so daß man die innere Sperrschicht noch dichter ausführen mußte. Trotzdem war in vielen Fällen Tauwasser nicht zu vermeiden, so daß eine Hinterlüftung/Belüftung erforderlich wurde, um das angefallene Kondenswasser über Luftströmung abzuführen.

Tauwasserfreie Bauteile
künftig Stand der
Technik

Wie in *Abschn. 5.5* beschrieben, setzen sich nicht belüftete Konstruktionen aus verschiedenen Gründen immer mehr durch, so daß tauwasserfreie Konstruktionen bereits zum Stand der Technik gehören. Solche Konstruktionen wurden erst durch die Entwicklung diffusionsoffener Folien, Pappen und Papieren ermöglicht (siehe hierzu *Abschn. 5.6.2*).

Ein weiterer Vorteil diffusionsoffener Konstruktionen liegt in der 'Robustheit' gegenüber möglichen Tauwasserschäden. Tritt in allseitig dampfdicht ausgebildeten Bauteilen unplanmäßig Wasser/Feuchte ins Innere des Querschnittes, so kann diese Feuchte nur sehr langsam ausdiffundieren, was zu Fäulnis und Pilzbefall führen kann. Dies tritt bereits ein, wenn zu feuchtes Holz eingebaut wird, und dessen Wasser, welches beim Nachtrocknen freigesetzt wird, nicht schnell genug abgeführt werden kann.

Diffusionsoffene Bauteile
weniger schadensanfällig

Bei diffusionsoffenen Konstruktionen hingegen, kann Feuchte schneller ausdiffundieren, so daß solche Bauteile weniger schadensanfällig sind (siehe hierzu *Abschn. 5.6.3*). Daher erlaubt DIN 68800-2 bei Holzbauteilen, die mit einer Holzfeuchte $u > 20\%$ eingebaut werden, den Verzicht auf chemischen Holzschutz (Einstufung in Gefährdungsklasse 0), wenn die Abdeckung an mindestens einer Bauteiloberfläche eine diffusionsäquivalente Luftschichtdicke von $s_d \leq 0,2$ m aufweist.

Vereiste
Unterspannbahnen

In *Abschn. 5.3.4* wurde gezeigt, daß die Wassermengen, die mittels Diffusion durch die Bauteile wandern, sehr gering sind. Selbst bei sehr diffusionsoffener Bauweise (z.B. $s_{d,innen} \approx 2$ m) reicht die unter normalen Nutzungsbedingungen diffundierende Wassermenge nicht aus, um an einer (diffusionsoffenen) Unterspannbahn eine geschlossene Eisschicht zu bilden, die ihrerseits wiederum als dampfdichte Schicht die Diffusionsoffenheit der Konstruktion wieder zunichte machen kann. Feuchteschäden im Zusammenhang mit vereisten Unterspannbahnen sind daher meist auf mangelnde Luftdichtheit der inneren Gebäudehülle, und damit auf Konvektion zurückzuführen. Weitere Ursachen sind unübliche Nutzungsbedingungen und anfängliche hohe Baufeuchten.

5.6.2 Tauwasserfreie Konstruktionen

Die Produktpalette von Folien, Pappen und Papieren, die dicht gegen flüssiges Wasser (in Form von Tropfen), aber offen für Wasserdampf sind, wächst stetig an, wobei die Produkte immer diffusionsoffener und gleichzeitig immer robuster werden.

Für heute übliche Konstruktionen liegt die potentielle Tauwasserebene immer im Grenzbe-
reich zwischen der Dämmung und der Schicht, die den Querschnitt zur Außenluft abgrenzt.

Je diffusionsoffener diese äußere Schicht ist, umso weniger dicht muß die Sperrwirkung der Schichten sein, die innen, d.h. vor der möglichen Tauwasserebene liegen. In **Tabelle 5.6-1** ist anhand einiger Beispiele angegeben, wie groß der innere s_d - Wert ($= \sum \mu_i d_i$) sein muß, damit rechnerisch kein Tauwasser anfällt.

Tabelle 5.6-1 Erforderlicher innerer s_d - Wert für tauwasserfreie Konstruktionen;
Randbedingung: $k = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [BORSCH-LAAKS]

| Material Außenseite | $s_{d,a}$ [m] | erf $s_{d,i}$ [m] | erreichbar mit | $s_{d,i} / s_{d,a}$ |
|------------------------------------|------------------|----------------------|--|---------------------|
| Bitumenbahn, z.B. V13 | 40 | 560 | mit üblichen Dampfsperren nicht möglich | 14 |
| Unterspannbahn, konventionell | 3,0 | 42 | PE-Folie, 0,4 mm | 14 |
| Unterspannbahn, diffusionsoffen | 0,1 | 1,4 | Dampfbremspappe, HWSt-Platte | 14 |
| Hartfaserplatte (6 mm) | 0,4 | 5,5 | Dampfbremspappe | 13 |
| Spanplatte (16 mm) | 1,6 | 18 | PE-Folie, 0,2 mm | 11 |
| Holzschalung (24 mm) | 1,0 | 9 | PE-Folie, 0,1 mm | 9 |
| Holzfaserdämmplatte (22 mm) | 0,11 | 0,8 | HWSt-Platte oder Konvektionsschutzpappe | 7 |

Aus dieser Tabelle ist zu erkennen, daß z.B. mit bisher üblichen konventionellen Unter-
spannbahnen eine Tauwasserfreiheit nur mit etwa 0,4 mm dicken PE-Folien zu erreichen ist.
Da PE-Folien in dieser Dicke üblicherweise nicht eingesetzt werden, wird deutlich, daß tau-
wasserfreie Konstruktionen in der Vergangenheit eher die Ausnahme waren.

Verzicht auf PE-Folien
möglich

Wird hingegen außenseitig eine diffusionsoffene Unterspannbahn oder
eine bituminierte Holzfaserplatte (BPH) angeordnet, so ist Tauwasser-
freiheit gänzlich ohne PE-Folie möglich. Hier reicht z.B. eine HWSt-Platte oder eine Dampf-
bremse mit $s_d \leq 10 \text{ m}$ als innere Sperrschicht aus. Dies kommt dem Wunsch vieler Bauher-
ren, "nicht in Plastik eingepackt zu werden", sehr entgegen.

Tauwasserfrei:
 $s_{d,i}/s_{d,a} = 7 - 14$

Aus **Tabelle 5.6-1** ist weiterhin ersichtlich, daß zur Erreichung der Tau-
wasserfreiheit die Sperrwirkung der inneren Schichten etwa 7 - 14 mal
so groß sein muß wie die der äußeren Schicht (erf $s_{d,i}/s_{d,a} = 7 - 14$). Hierbei leuchtet ein, daß
Tauwasserfreiheit bei gleichem $s_{d,i}/s_{d,a}$ - Verhältnis umso leichter zu erreichen ist, je diffusi-
onsoffener die äußere Schicht ist.

Zusätzlich gilt, daß mit steigender Wärmedämmwirkung der äußeren Schicht das Verhältnis $s_{d,i}/s_{d,a}$ kleiner wird. So beträgt dieser Faktor bei Holzfaserdämmplatten als äußere Abdeckung nur 7, während er bei einer Unterspannbahn ohne Dämmeigenschaften bei 14 liegt.

5.6.3 Robustheit einer Konstruktion

Verdunstungs-
potential

Unter der Robustheit einer Konstruktion wird nachfolgend die Fähigkeit eines Bauteilquerschnittes verstanden, planmäßig oder unplanmäßig angefallenes Tauwasser zu 'verarbeiten'. Da die Abgabe von Wasser bei luftdicht ausgeführten Konstruktionen nur über Diffusion erfolgen kann, ist hier das Verdunstungspotential des Bauteiles gemeint.

Das Verdunstungspotential bezieht sich hierbei nicht auf das Vermögen, die anfallende Raumluftfeuchtigkeit abzuführen. Die Menge Wasser, die in einem Einfamilienhaus mit etwa 300 m² diffusionsoffener Außenfläche ($s_{d,ges} \approx 3$ m) pro Tag über Diffusion abgeführt werden kann, liegt bei etwa 1 ℓ. Vergleicht man diese Menge mit der durchschnittlichen Feuchteproduktion einer 4-köpfigen Familie (Kochen, Waschen, Körperwärme usw.) von etwa 10 ℓ/Tag, so wird deutlich, daß die Diffusion zur Abfuhr von Raumluftfeuchtigkeit nur von nebensächlicher Bedeutung ist. Diese muß - genauso wie bei massiver Bauweise - durch Lüften der Räume abgeführt werden.

Daher bezieht sich die Robustheit einer Konstruktion nachfolgend ausschließlich auf die 'Verarbeitung' von Tauwasser, das im Bauteilquerschnitt vorhanden bzw. eingedrungen ist.

Typisch sind in diesem Zusammenhang Schadensfälle, bei denen zu feuchtes Holz verarbeitet wurde, und bei denen die Feuchte nicht schnell genug abgeführt werden konnte.

Nach DIN 4108-3 wird davon ausgegangen, daß angefallenes Tauwasser im Sommer über einen Zeitraum von 90 Tagen (= 2160 Stunden) wieder ausdiffundieren kann. Hierbei geht man von einer Innen- und Außentemperatur von 12°C und einer relativen Luftfeuchte von 70% aus. Die Verdunstungsmasse W_V kann dann wie folgt abgeschätzt werden:

$$W_V = n_h \cdot \frac{p_{sw} - p_{i,a}}{1,5 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{1}{s_{d,i}} + \frac{1}{s_{d,a}} \right) \\ \approx 0,6 \cdot \left(\frac{1}{s_{d,i}} + \frac{1}{s_{d,a}} \right)$$

Hierin bedeuten:

W_V = Verdunstungsmasse in kg/m²

n_h = Anzahl der Stunden = 2160

p_{sw} = Sättigungsdruck bei 12°C und 100% rel. Luftfeuchte = 1403 Pa

$p_{i,a}$ = Dampfdruck bei 12°C und 70% rel. Luftfeuchte = 982 Pa

$s_{d,i}, s_{d,a}$ = diffusionsäquivalente Luftschichtdicken in m

s_d - Wert der äußeren
Abdeckung maßge-
bend

Strebt man tauwasserfreie Konstruktionen an, so muß die Sperrwirkung der inneren Schichten etwa 7 - 14 mal so groß sein wie die der äußeren Abdeckung. In diesem Fall wird die Verdunstungskapazität in erster Linie vom s_d - Wert der äußeren Abdeckung bestimmt, weil in der o.a. Gleichung der zugehörige Kehrwert eingeht. Der Anteil der inneren Schichten kann daher vereinfachend vernachlässigt werden, so daß die Verdunstungskapazität von tauwasserfreien Konstruktionen wie folgt überschlagen werden kann:

$$W_V \approx \frac{0,6}{s_{d,a}}$$

| innen | $s_{s,i}$ [m] | außen | $s_{d,a}$ [m] | $s_{d,i} / s_{d,a}$ | $W_T^{1)}$ [kg/m ²] | $W_V^{1)}$ [kg/m ²] | $W_A^{1)}$ = $W_V - W_T$ [kg/m ²] |
|---|------------------|---|------------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|
| Konvektionsschutz- pappe, $s_d = 0,5$ m | 0,8 | Holzfaserdämm-platte (12 mm) | 0,06 | 13,3 | 0 | 10,9 | 10,9 |
| Konvektionsschutz- pappe, $s_d = 1,0$ m | 1,3 | Holzwolleleichtbauplatte (25 mm) | 0,125 | 10,4 | 0 | 5,3 | 5,3 |
| Konvektionsschutz- pappe, $s_d = 0,5$ m | 0,8 | Holzwolleleichtbauplatte (25 mm) | 0,125 | 6,4 | 0,31 | 5,61 | 5,3 |
| 18 mm OSB-Platte, $s_d = 1,8$ m | 2,1 | Holzwolleleichtbauplatte (25 mm) | 0,125 | 16,8 | 0 | 5,1 | 5,1 |
| Dampfbremspappe, $s_d = 2,3$ m | 2,6 | Hartfaserplatte (5 mm) | 0,35 | 7,4 | 0,16 | 2,0 | 1,8 |
| Dampfbremspappe, $s_d = 2,3$ m | 2,6 | Holzschalung (24 mm) mit sehr diffusions- offener Pappe | 1,0 | 2,7 | 0,24 | 0,87 | 0,6 |
| Dampfbremspappe, $s_d = 2,3$ m | 2,6 | Holzschalung (24 mm) mit Bitumenbahn (2 mm) | 161 | 0,02 | 0,32 | 0,2 | - ²⁾ |
| 0,4 mm PE-Folie, $s_d = 40$ m | 40,3 | Holzschalung (24 mm) mit Bitumenbahn (2 mm) | 201 | 0,25 | 0,021 | 0,018 | - ²⁾ |
| ¹⁾ W_T = Tauwassermenge W_V = Verdunstungsmenge W_A = Austrocknungskapazität ²⁾ Es verbleibt Wasser im Bauteil: nicht zulässig | | | | | | | |

Für Dächer mit ähnlichen Querschnittsaufbauten ist das Verdunstungspotential etwa 3 mal so hoch, weil es durch die direktere Sonneneinstrahlung zu einer größeren Erwärmung im Dachquerschnitt kommt. Der daraus resultierende größere Temperaturunterschied wirkt sich fördernd auf die Diffusion aus.

Aus *Tabelle 5.6-2* ist zu erkennen, daß die Austrocknungskapazität, d.h. die Verdunstungsreserve in weiten Grenzen schwankt: während bei sehr diffusionsoffenen Konstruktionen bis zu 10 l/m^2 zusätzlich während eines DIN-Sommers abgeführt werden können, reduziert sich diese Menge bei bisher üblichen Konstruktionen auf etwa $0,5 \text{ l/m}^2$. Wird die Außenseite zu dicht ausgeführt, so ist die Verdunstungsmenge geringer als die Tauwassermenge: es verbleibt Wasser in der Konstruktion, was nicht zulässig ist.

Wie bereits angedeutet, wird die Verdunstungskapazität eines Querschnittes maßgeblich von der 'Offenheit' der äußeren Abdeckung bestimmt. Dies wird durch die Beispiele in *Tabelle 5-4* bestätigt. Im Hinblick auf eine möglichst große Austrocknungsreserve ist somit eine möglichst diffusionsoffene äußere Abdeckung anzustreben.

Aber auch im Sinne des Verzichts auf chemischen Holzschutz ist eine diffusionsoffene Bauweise einer diffusionsdichten Ausführung vorzuziehen. So darf nach DIN 68800-2 die Tauwassermenge, die an Berührungsflächen kapillar nicht aufnahmefähiger Schichten anfällt, bis zu 1 l/m^2 betragen (sonst nur $0,5 \text{ l/m}^2$), wenn die rechnerische Verdunstungsmenge W_V mindestens der 5-fachen Tauwassermenge W_T entspricht ($W_V \geq 5 \cdot W_T$). Diese Regelung unterstreicht die Bedeutung der Verdunstungskapazität einer Konstruktion, auch wenn die Angabe einer Austrocknungskapazität als absolute Größe vielleicht sinnvoller oder aussagekräftiger gewesen wäre.

5.7 Zusammenfassung, Grundregeln für einen guten Wärme- und Feuchteschutz

Auf der Grundlage der gemachten Ausführungen, können die nachfolgend aufgeführten Grundregeln für einen guten Wärme- und Feuchteschutz im Holzbau abgeleitet werden.

Die Gefahr von Tauwasserschäden infolge von Konvektion ist deutlich größer als durch Diffusion. Daher ist der Ausbildung einer luftdichten inneren Gebäudehülle vorrangige Bedeutung beizumessen (auch bei Anordnung einer vorgesetzten Installationsebene!). Dies kann mit folgenden Maßnahmen erreicht werden:

- | |
|----------------|
| vorgesetzte IE |
|----------------|
- Vermeidung bzw. Reduzierung von Fugen und Durchdringungen, z.B. durch Anordnung einer vorgesetzten Installationsebene oder Planung der Installation in den Innenwänden;
- | |
|---------------|
| Detailplanung |
|---------------|
- sorgfältige Detailplanung einschließlich aller Fugen und Anschlußausbildungen;
 - bessere Koordination und Abstimmung der Arbeiten (Zusammenspiel der verschiedenen Gewerke).

Bezüglich der Ausbildung der Bauteile selbst, sind folgende Punkte zu beachten:

- | |
|---------------|
| Luftdichtheit |
|---------------|
- Luftdichte Schicht auf der Innenseite einschließlich luftundurchlässiger Abdichtung aller Fugen und Anschlüsse.

- Beschädigungen der luftdichten Schicht sind unbedingt zu vermeiden. Hier ist eine gute Information oder gar Schulung der beteiligten Handwerker über die Funktion und Empfindlichkeit der Materialien hilfreich.

Tauwasserfrei Querschnitte

- Anordnung einer Dampfbremse mit ausreichendem Diffusionswiderstand auf der Innenseite (falls erforderlich). Der Diffusionswiderstand muß dabei von innen nach außen abnehmen, d.h. der Bauteilquerschnitt muß nach außen hin diffusionsoffener gestaltet werden. Tauwasserfreie Querschnitte sind möglich, wenn der s_d -Wert der inneren Schicht etwa 7 – 14 mal größer ist als der s_d – Wert der äußeren Schicht.

diffusionsoffene Querschnitte

- Die Ausbildung diffusionsoffener Querschnitte vergrößert die „Robustheit“ gegenüber Feuchtigkeitsanfall
- Vermeidung von Fugen und anderen konvektiven Wärmebrücken im Bauteilquerschnitt. Dies ist durch sorgfältige Planung und Ausführung bei Materialauswahl, (lückenloser) Verlegung der Dämmung und Ausbildung der Bauteilanschlüsse sicherzustellen.

Belüftete Konstruktionen

Bei planmäßig belüfteten Konstruktionen müssen die Zu- und Abluftöffnungen groß genug sein, um die Durchströmung des Hohlraumes sicherzustellen. Dies gilt z.B.

- bei hinterlüfteten Fassaden für den Bereich zwischen Fassade und äußerer Abdeckung der Wand,
- bei Dächern für den Bereich zwischen Dacheindeckung (Ziegel) und äußerer/oberer Abdeckung des Dachquerschnittes,
- bei belüfteten Wand- und Dachquerschnitten für den Bereich zwischen äußerer Abdeckung und Dämmung; hier ist sicherzustellen, daß der Hohlraum nicht eingeeengt oder gar verschlossen ist (z.B. durch fehlerhaft verlegte Dämmung).

Die äußere Abdeckung der Bauteilquerschnitte ist winddicht auszuführen. Diese winddichte Schicht kann auch als zweite wasserführende Ebene dienen.

Lüften und Heizen

Des weiteren muß im Winter ein Anstieg der relativen Luftfeuchte in den Innenräumen auf mehr als 70% vermieden werden. Dies ist durch ausreichende Belüftung und Beheizung sicherzustellen.

6 Schutz des Holzes

6.1 Grundlagen

6.1.1 Allgemeines

In diesem Kapitel werden Maßnahmen besprochen, die dazu beitragen, Holz so zu schützen, daß es seine ihm zugedachten Aufgaben und Funktionen über einen langen Zeitraum zuverlässig erfüllen kann. Die Ausführungen beschränken sich dabei auf den Einsatz von Holz im Bauwesen.

Früher: chemischer
Holzschutz vorge-
schrieben

Werden Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen als tragende oder aussteifende Elemente einer Konstruktion eingesetzt, so wurde noch vor wenigen Jahren die Behandlung des Holzes mit einem chemischen Holzschutzmittel verbindlich vorgeschrieben. Mit dieser Forderung wollte die Bauaufsicht den Befall von Holz durch Insekten und/oder Pilzen verhindern und damit die Sicherheit von Mensch und Tier gewährleisten.

Heute:
Häuser ohne chem.
Holzschutz möglich

Doch das Umdenken in der Bevölkerung in Sachen Umwelt- und Gesundheitsschutz sowie der 'Holzschutzmittel-Prozeß' veranlaßten die Bauaufsicht dazu, hier sowohl schnelle als auch grundlegende Änderungen herbeizuführen. Mit dem erklärten Ziel, den Einsatz chemischer Holzschutzmittel deutlich zu reduzieren, wurde die Normenreihe DIN 68800 völlig überarbeitet.

Heutzutage ist es erlaubt, durch den Einsatz rein baulicher Maßnahmen **Häuser in Holzbauweise vollständig ohne vorbeugenden chemischen Holzschutz** herzustellen.

Die Normenreihe DIN 68800, Holzschutz im Hochbau faßt Regeln für den Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen als tragende oder aussteifende Bauteile zusammen. Im wesentlichen sind dies:

- DIN 68800-2: Vorbeugender **baulicher** Holzschutz,
- DIN 68800-3: Vorbeugender **chemischer** Holzschutz.

Nicht tragende
Bauteile

Für nicht tragende Holzbauteile bestehen keine Vorschriften hinsichtlich des Holzschutzes, hier wird die sinngemäße Anwendung der o.g. Normen empfohlen. Dies würde aber bedeuten, daß direkt bewitterte Außenwandbekleidungen chemisch behandelt werden müßten/sollten, was in der Praxis so nicht gehandhabt wird. Eine vorbeugende Behandlung mit chemischen Holzschutzmitteln macht hier nämlich nur dann Sinn, wenn nachteilige Auswirkungen auf die Gesamtkonstruktion (z.B. hinsichtlich des Wärme- und Feuchteschutzes) zu erwarten sind. Ist dies nicht der Fall, so besteht keine Notwendigkeit eines vorbeugenden chemischen Holzschutzes.

6.1.2 Gefährdungen und allgemeine Maßnahmen

[Schadensbeispiele: 6-01 / 6-02 / 6-03 / 6-05]

Zum besseren Verständnis der erforderlichen Maßnahmen zum Schutz des Holzes wird nachfolgend beschrieben, wann eine Konstruktion durch Insekten- oder Pilzbefall gefährdet ist und was prinzipiell dagegen unternommen werden kann.

Insektenbefall

Bei der Einschätzung bestehender Risiken bei vorliegendem Insektenbefall ist zwischen Frischholz- und Trockenholzinsekten zu unterscheiden.

Ist Bauholz von Frischholzinsekten (z.B. Holzwespen) befallen, so stellt dies kein Risiko dar: nach Ausschlüpfen und Ausflug der Insekten ist der Befall beendet (kein aktiver Befall mehr).

| | |
|----------|--|
| Hausbock | Die wichtigsten Vertreter der Trockenholzinsekten sind die Gruppe der Anobien und der Hausbock. Anobien bevorzugen feuchtes und kühles Klima, so daß sie sich in beheizten Wohnräumen nicht wohlfühlen. Typische 'Befallsräume' sind z.B. Kirchen. Somit stellen Anobien keine vorrangige Gefährdung für Holz im Wohnungsbau dar. Als 'Problemfall' bleibt somit nur der Hausbock übrig. |
|----------|--|

In Fachkreisen wird das Risiko eines Hausbockbefalls kontrovers diskutiert, wobei grundsätzlich verschiedene Betrachtungsweisen und Argumente vorgetragen werden.

Unstrittig ist dabei, daß ein aktiver Befall für die Betroffenen ein Problem darstellt: die Nagegeräusche und das auf den Boden fallende Holzmehl sind lästig, und die Angst vor einem Bauschaden (Einsturz) ist groß.

| | |
|--------------------------|---|
| Bekämpfung problematisch | Zwar gibt es einige Möglichkeiten, einen Insektenbefall zu beseitigen (vgl. DIN 68 800-4), aber keine dieser Maßnahmen erweist sich als unproblematisch. Während chemische Maßnahmen in Räumen mit möglichem Kontakt (Greifbereich) ausscheiden, besteht beim Heißluftverfahren das Problem, daß bewohnte Räume auf 120 - 150°C erhitzt werden müssen, damit im Holzinneern die erforderliche Temperatur von 60°C erreicht wird. Hier stellt sich die Frage nach einer Gefährdung der Einrichtungsgegenstände und auch der Elektroinstallation. |
|--------------------------|---|

Große Erwartungen werden in die (Weiter-) Entwicklung schlupfhemmender Mittel gesetzt: diese verhindern die Chitinbildung, so daß sich die Larven nicht verpuppen können. Derzeit sind diese Mittel aber noch nicht für den 'Greifbereich' zugelassen.

In jedem Fall müssen Bekämpfungsmaßnahmen wohlüberlegt und auf die gegebenen Verhältnisse ausgerichtet sein.

Zur Vermeidung eines Insektenbefalls (und damit der dann erforderlichen Bekämpfungsmaßnahmen) mußten in der Vergangenheit tragende Holzbauteile chemisch geschützt werden. Von dieser Forderung ist man zwischenzeitlich abgekommen, und zwar vorrangig aus folgenden Gründen:

- aus umweltpolitischen und gesundheitlichen Gründen ist es unsinnig, sämtliche tragenden Holzbauteile chemisch zu behandeln, um einen vereinzelt auftretenden Befall zu verhindern;
- der Befall an sich stellt noch kein Sicherheitsrisiko dar (und nur darum geht es der Bauaufsicht). Wird ein Befall bemerkt, so können erforderlichenfalls Gegenmaßnahmen ergriffen werden, auch wenn diese - wie beschrieben - nicht unproblematisch sind. Darüber hinaus werden die Sicherheitsreserven als ausreichend angesehen, um einen Hausbockbefall zu 'verkräften': da der Hausbock nur das Splintholz befällt (**Bild 6.1-1**), bleibt bei den heute üblichen Querschnitten noch ausreichend Kernholz übrig, um die statischen Aufgaben zu erfüllen. Es ist allerdings fraglich, ob ein Befall so lange unbemerkt bleiben kann, bis ein solcher Zustand erreicht ist.

Bild 6.1-1

Fraßgänge des Hausbocks nur im Splintholz
[Foto: Trübswetter]



Kriterium:
Bauschaden

Diese Sichtweise, die das Bauschadensrisiko, und nicht das Befallsrisiko als maßgebliches Kriterium heranzieht, hat sich auch bei der Überarbeitung der DIN 68 800-2 und -3 durchgesetzt.

Risse ermöglichen
Eiablage

Die eigentliche Gefährdung des Holzes besteht dabei nicht durch die Insekten selbst, sondern durch deren Larven. Dabei kann ein Insektenweibchen aus biologischen Gründen seine Eier nur dann ablegen, wenn es 'animierende' Risse vorfindet. Durch die Ablage ins Innere von Holzbauteilen wird das Ziel verfolgt, die Eier bis zum Schlüpfen der Larven vor äußeren Einflüssen zu schützen. Und hierzu bieten größere Risse die beste Gelegenheit.

Holzbauteile allseitig
abdecken

Eine erste - und sicherlich auch die zuverlässigste Möglichkeit - eine Eiablage zu verhindern, besteht darin, den Insekten den Zutritt zum Holz gänzlich zu verwehren, z.B. durch Schließen der Hohlräume nach außen oder allseitige Abdeckung der Holzteile mit Bekleidungen, Beplankungen oder Dämmstoffen. Solche Maßnahmen werden in DIN 68800-2 mit der Ausbildung von geschlossenen, nicht belüfteten Bauteilquerschnitten verfolgt (siehe auch *Abschn. 6.2.2*).

Insektenschutzgitter sind hier nur bedingt wirksam, weil meist Gitter mit Maschenweiten über 1 mm zum Einsatz kommen, die aber nicht insektensicher sind. Fehler beim Einbau können die Wirksamkeit eines Insektenschutzgitters völlig zunichte machen (**Bild 6.1-2**).



Bild 6.1-2

Unwirksames Insektenschutzgitter durch zu große Maschenweite und falschen Einbau
[Foto:Frech]

Farb-Kernholz

In DIN 68800-3 wird auch die Möglichkeit genannt, durch Auswahl ausreichend resistenter Holzarten das Risiko eines unkontrollierten Insektenbefalls auszuschließen. Für die im Wohnungsbau üblichen Verhältnisse können hierbei Kernhölzer der handelsüblichen Kiefer, Lärche und Douglasie verwendet werden. Die gefärbten Kernstoffe dieser Bäume, die bei der Verkernung des Baumes eingelagert werden, besitzen eine insektizide Wirkung. Diese Farbkernhölzer 'schmecken' den Larven nicht und besitzen somit eine natürliche Resistenz gegenüber Insektenbefall.

Scharfkantiger Einschnitt

Das Risiko eines Befalls kann auch durch sorgfältige Holzauswahl und Einschnittart reduziert werden. Während früher oftmals Querschnitte mit Baumkanten und Bast, und somit viel Splintholz verwendet wurden, werden heute vorwiegend scharfkantig eingeschnittene Querschnitte gefordert, bei denen der Anteil an Kernholz überwiegt.

Trockenes, rissefreies Holz

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, möglichst rissefreies und vor allem trockenes Holz einzubauen. Hierdurch wird die Bildung von Schwindrissen minimiert und die Insektenweibchen werden nicht zur Eiablage animiert.

Technische Trocknung

Ein weiterer Grund liegt darin, daß bei einer technischen Trocknung mit hoher Temperatur das im Holz enthaltene Eiweiß zersetzt wird. Durch diese künstliche Alterung (um ca. 50 - 70 Jahre) wird den Larven die Lebensgrundlage entzogen.

Darüber hinaus werden bei der technischen Holz Trocknung flüchtige Holzinhaltstoffe, wie z.B. Carene und Pine, freigesetzt, so daß nach der Trocknung wichtige Lockstoffe für das Weibchen fehlen.

Dies erklärt, warum bei technisch getrockneten Holzbauteilen bislang noch kein Insektenbefall registriert wurde. Dies gilt in besonderem Maße für Bauteile aus Brettschichtholz.

Der Einsatz von technisch getrocknetem und weitgehend rissefreiem Holz trägt somit zu einer Reduzierung des Befallsrisikos durch Insekten bei, auch wenn dies nach DIN 68800-2 nicht als alleinige Maßnahme ausreichend ist.

Kein Insektenbefall bei Spanplatten

Bei Holzwerkstoffplatten ist ein Insektenbefall aus den gleichen Gründen kaum zu befürchten, bei Span- und Faserplatten wegen des hohen Klebstoffanteils sogar ausgeschlossen.

Kleine Querschnitte: kaum Gefahr von Insektenbefall

Je kleiner ein Holzquerschnitt ausfällt, umso geringer ist auch die Neigung zu Schwindrissen. Dies kann damit erklärt werden, daß bei kleinen Querschnitten das Feuchtegefälle im Querschnitt geringer ist, und somit auch die Zwängungsspannungen, die zur Rißbildung führen, geringer ausfallen. Die geringere Neigung von kleinen Querschnitten zur Rißbildung ist auch ein wesentlicher Grund dafür, daß bei Dach- und Konterlattungen, Traufbohlen und Dachschalungen nach DIN 68800-2 kein chemischer Holzschutz erforderlich ist ¹⁾.

Pilzbefall

Pilzwachstum nur bei $u \geq 30\%$

Pilzsporen sind allgegenwärtig und schwirren in großen Mengen in der Luft. Zu einem eigentlichen Pilzbefall kommt es aber nur dann, wenn die Pilzsporen einen geeigneten Nährboden und gleichzeitig günstige Umweltbedingungen zum Wachsen vorfinden. Im Holz ist ein Pilzwachstum nur dann möglich, wenn in den Zellhohlräumen freies Wasser vorhanden ist, d.h. wenn die Holzfeuchte mehr als ca. 30% beträgt.

Dies stellt sich jedoch unter normalen Bedingungen im Wohnungsbau nicht ein (siehe *Abschn. 2.1.2*). Daraus folgt, daß zusätzlich Wasser ins Holz eingebracht werden muß, damit Pilze überhaupt wachsen können. Ein solches zusätzliches Wasserangebot muß nicht unbedingt von einer direkten Beregnung herrühren, sondern kann auch in Form eines Tauwasserniederschlages bestehen.

Vermeidung von Tauwasser

Dies unterstreicht die Bedeutung einer guten baulichen Durchbildung einer Holzkonstruktion, insbesondere in den Bereichen von Anschlüssen und Durchdringungen. Hier können bei Fehlstellen in der luftdichten Schicht örtlich große Mengen an Tauwasser anfallen (siehe auch *Abschn. 5.3.4*), die den Pilzsporen die benötigten Wachstumsbedingungen liefern.

Holzfeuchte $u_1 \leq 20\%$

In DIN 68800-2 wird als Richtwert für einen möglichen Pilzbefall eine Holzfeuchte von 20% genannt. Dies stellt keinen Widerspruch zu den oben gemachten Ausführungen dar. Der Grund für den geringeren Wert der DIN 68800-2 liegt vielmehr darin, daß die Holzfeuchte innerhalb eines Holzbauteiles sehr stark schwanken kann, so daß eine an einer bestimmten Stelle gemessene Holzfeuchte noch keine Aussage über den gesamten Querschnitt oder das gesamte Bauteil ermöglicht. Man kann aber davon ausgehen, daß wenn eine Einzelmessung an einer ungünstig erscheinenden Stelle einen Wert von $u_1 \leq 20\%$ liefert, daß dann an keiner Stelle des Querschnittes eine Holzfeuchte von 30% überschritten wird. Der Wert von $u_1 \leq 20\%$ stellt somit eine Absicherung gegenüber Unwägbarkeiten bei Einzelmessungen dar.

Nun kann es vorkommen, daß Holzbauteile über einen begrenzten Zeitraum einer erhöhten Feuchtebeanspruchung ausgesetzt sind (Holzfeuchte über 30%), dann aber wieder auf 'normale' Werte heruntertrocknen können. Für die Pilzsporen bedeutet dies, daß sie zeitweise günstige Wachstumsbedingungen vorfinden und sich zu sog. Hyphen (feine Zellfäden) ausbilden können. Beträgt diese

Kein Pilzwachstum bei trockenem Holz

dies, daß sie zeitweise günstige Wachstumsbedingungen vorfinden und sich zu sog. Hyphen (feine Zellfäden) ausbilden können. Beträgt diese

¹⁾ Ein weiterer Grund liegt darin, daß bei diesen Bauteilen durch die gegebene Belüftung ein Pilzbefall nicht zu befürchten ist.

Zeitspanne jedoch weniger als 6 Monate, so ist zum einen die Anzahl dieser Hyphen noch gering, und zum andern können diese noch keinen Schaden am Holz ausrichten. Nach dem anschließenden Heruntertrocknen des Holzes stellen die Pilze das Wachstum wieder ein.

Schnelles Austrocknen ermöglichen

Ein wesentliches Ziel der baulichen Maßnahmen der DIN 68800-2 besteht somit darin, Bauteilquerschnitte so aufzubauen, daß überschüssiges Wasser möglichst einfach über Dampfdiffusion abgeführt werden kann (diffusionsoffene Bauweise, siehe hierzu auch *Abschn. 5.6*). Hierdurch wird ein schnelles Austrocknen des Holzes erreicht.

Verwendung von Farb-Kernholz

Wie bereits beschrieben, kann nach DIN 68800-2 und -3 auf chemischen Holzschutz auch dann verzichtet werden, wenn ausreichend resistente Hölzer verwendet werden. Die bei der Verkernung eines Baumes eingelagerten spezifischen Kernstoffe besitzen neben einer insektiziden oftmals auch eine fungizide, d.h. pilztötende Wirkung. Hierbei erweisen sich Holzarten mit Farbkernen meist als resistenter als solche ohne Farbkern.

Ist auch unter Beachtung der baulichen Maßnahmen nach DIN 68800-2 keine Einstufung in die GK 0 möglich (z.B. Schwellen in Außenwänden von Erdgeschoss: GK 2), so kann trotzdem auf einen chemischen Holzschutz verzichtet werden, wenn Kernhölzer der Lärche, Kiefer oder Douglasie zum Einsatz kommen.

Schimmelpilze:

- Indiz für zu hohe Feuchte
- gesundheitlich bedenklich
- resistent gegen Holzschutzmittel

Auch die nicht holzerstörenden Bläue- und Schimmelpilze können sich nur bilden und weiterentwickeln, wenn sie ausreichend Wasser vorfinden. Während Bläuepilze das gesamte Splintholz von Nadelbäumen befallen können (**Bild 6.1-3**) und nur eine Verfärbung des Holzes bewirken, treten die gesundheitlich nicht unbedenklichen Schimmelpilze nur an der Oberfläche auf (**Bild 6.1-4**). Da die oberflächennahen Holzzellen als erste auf feuchtebedingte Veränderungen reagieren, stellen Schimmelpilze stets ein erstes Anzeichen für hohe Feuchtigkeitsverhältnisse dar. Schimmelpilze sind dabei auffallend resistent gegenüber chemischen Holzschutzmitteln, so daß sie durchaus auch auf frisch imprägniertem Bauholz auftreten können!



Bild 6.1-3
Befall des Splintholzes durch Bläue

Bild 6.1-4

Deckenbalken mit Schimmelpilzbe-
fall an der Oberfläche [Foto:Frech]



Schimmelpilz:
trockenes Holz

Unter 'günstigen' Bedingungen können sich Schimmelpilze innerhalb weniger Tage bilden, so daß das oben beschriebene Austrocknen von Holzbauteilen innerhalb von 6 Monaten nicht ausreicht, um einen Schimmelpilzbefall zu verhindern. Dies kann nur mit dem Einsatz von trockenem Holz erreicht werden, wobei eine unplanmäßige Feuchtaufnahme während Transport, Lagerung und Einbau durch geeignete Maßnahmen zu verhindern ist.

6.1.3 Gefährdungsklassen nach DIN 68800-3

Nach DIN 68800-3 werden Holzbauteile in Abhängigkeit von den gegebenen Beanspruchungen/Gefährdungen in verschiedene Gefährdungsklassen (GK) eingeteilt, in denen - falls erforderlich - unterschiedliche Maßnahmen zum Schutz des Holzes ergriffen werden müssen. Folgende Gefährdungen werden behandelt:

Nur Trockenholz-
Insekten

- Befall von Insekten

Hierbei werden nur solche Insekten betrachtet, die trockenes Holz befallen können (sog. Trockenholzinsekten, wie z.B. Hausbock, Anobien). Die Regelungen beziehen sich nicht auf Insekten, die das Holz nur im unverbauten, d.h. frischem Zustand befallen (Frischholzinsekten, wie z.B. Holzwespen).

Nur holzerstörende
Pilze

- Befall von Pilzen

Betrachtet werden hier nur holzerstörende Pilze, d.h. solche Pilze, die die Zellwände der Holzzellen abbauen und damit eine Fäulnis verursachen (z.B. Hauschwamm, Braurfäule, Weißfäule, Moderfäule). Die Regelungen beziehen sich nicht auf holzverfärbende Pilze: diese Pilze ernähren sich nur von den Inhaltsstoffen der Holzzellen und greifen die Zellwände nicht an. Die bekanntesten Vertreter sind die Bläue- und Schimmelpilze.

Auswaschen

- Auswaschen der Holzschutzmittel

Diese Gefahr besteht, wenn Holz direkt bewittert wird oder ständig der Kondensation ausgesetzt ist.

Moderfäule

• Moderfäule

Diese Gefahr besteht, wenn Holz dauernd mit der Erde in Kontakt steht oder ständig einer starken Befeuchtung ausgesetzt ist.

In **Tabelle 6.1-1** sind die Kriterien zur Einstufung von Holzbauteilen in die verschiedenen Gefährdungsklassen zusammengestellt.

Tabelle 6.1-1 Gefährdungsklassen nach DIN 68800-3

| Klimatische Beanspruchung | Gefährdung durch | | | | Gefährdungs- klasse |
|--|------------------|-------|-----------------|-----------------|------------------------|
| | Insekten | Pilze | Aus- waschen | Moder- fäule | |
| innen verbaut, ständig trocken | - | - | - | - | 0 |
| | x | - | - | - | 1 |
| vorübergehende Befeuchtung möglich | x | x | - | - | 2 |
| der Witterung oder der Kondensation ausgesetzt ^{1) 2)} | x | x | x | - | 3 |
| dauernder Erdkontakt oder ständig starker Befeuchtung ausgesetzt ¹⁾ | x | x | x | x | 4 |
| ¹⁾ Für Holzbauteile im „normalen“ Wohnungsbau sind diese Gefährdungsklassen ohne praktische Bedeutung, da sie durch bauliche Maßnahmen vermieden werden können und müssen ²⁾ Bewitterte Bauteile: siehe Abschn. 6.3 | | | | | |

6.1.4 Verzicht auf chemischen Holzschutz, GK 0

[Schadensbeispiele: 6-05]

In der Vorgängerversion der aktuell gültigen DIN 68800-3 wurden noch „Schutzklassen“ unterschieden. Mit der Ansicht, das Ausmaß einer Gefährdung von Holzbauteilen durch Schädlinge zu charakterisieren, wurden in der Ausgabe von 1990 die bekannten Gefährdungsklassen geschaffen.

GK 0 Hierbei wurde erstmals eine Gefährdungsklasse 0 (GK 0) aufgenommen, in der keine Schäden durch Insekten- oder Pilzbefall zu erwarten sind, und somit auf zusätzliche Maßnahmen zum Schutz des Holzes verzichtet werden kann.

Nun ist man geneigt, den Verzicht auf chemischen Holzschutz grundsätzlich mit der GK 0 gleichzusetzen. Diese Definition, die im Hinblick auf eine Vereinfachung des Sprachgebrauchs sicherlich wünschenswert wäre, ist aber leider nicht korrekt. Dies liegt daran, daß die Gefährdungsklassen nach DIN 68800-3 nicht in allen Fällen mit der tatsächlichen Gefährdung des Holzes einhergehen. Die Namensgebung ist nicht konsequent und etwas verwirrend. Zwei Beispiele sollen dies verdeutlichen.

- Bei sichtbaren und zugänglichen Innenbauteilen kann ein Insektenbefall frühzeitig bemerkt und Gegenmaßen ergriffen werden. Solche Bauteile dürfen in die GK 0 eingestuft werden, weil durch rechtzeitige Maßnahmen die Gefahr eines Bauschadens ausgeschlossen werden kann. Die Gefahr eines Insektenbefalls wird damit aber nicht ausgeschlossen.
- Schwellen von Außenwandelementen im Übergangsbereich zum Erdreich sind einer erhöhten Feuchtebeanspruchung ausgesetzt. Daher werden die Schwellen in die GK 2 eingestuft. Durch Wahl einer resistenten Holzart kann aber auf einen chemischen Holz-

schutz verzichtet werden. Trotz der dann nicht mehr gegebenen Gefährdung des Holzes, bleibt die Schwelle in der GK 2.

Beanspruchungs-
klasse?

Die Bauteile zeigen, daß es konsequenter wäre, die „Gefährdungsklassen“ der DIN 68800-3 mit „Beanspruchungsklassen“ zu bezeichnen. Die tatsächliche Gefährdung der Bauteile hängt nämlich von den ergriffenen Maßnahmen ab. Mit einer solchen Definition wäre es dann möglich, den zulässigen Verzicht auf chemischen Holzschutz mit einer GK 0 gleichzusetzen.

GK 0*

Nachfolgend wird diese von DIN 68800-3 abweichende Definition bzw. Sichtweise angewendet. Auftretende Abweichungen werden dabei kursiv und mit einem * gekennzeichnet (GK 0*).

Die Voraussetzungen zur Einstufung eines Bauteiles in die GK 0 bzw. GK 0* gelten als erfüllt, wenn folgende Gegebenheiten vorliegen:

- Ein Insektenbefall ist ausgeschlossen.

Allseitig abgedeckt:
GK 0

Dies ist z.B. dann der Fall, wenn Holzbauteile allseitig abgedeckt sind, z.B. durch Beplankungen, Bekleidungen oder Dämmstoffe (siehe hierzu auch *Abschn. 6.2*).

- Ein Insektenbefall ist möglich, aber sicherheitsrelevante Schäden sind nicht zu erwarten. Sind Holzbauteile nicht allseitig abgedeckt und stehen sie mit der Außenwelt in Verbindung, so kann ein Befall von Insekten nicht ausgeschlossen werden. Diese Gefahr besteht dabei sowohl bei belüfteten Hohlräumen in Außenbauteilen als auch bei offen zugänglichen Innenbauteilen.

Einschbar: GK 0

Wird ein Befall von Insekten frühzeitig erkannt (z.B. Löcher in den Balken oder Holzmehl auf dem Boden), so können rechtzeitig geeignete Gegenmaßnahmen (z.B. Heißluftbehandlung) ergriffen werden, bevor ein Sicherheitsrisiko entstanden ist (und nur darum geht es der Bauaufsicht). Daher werden nach DIN 68800-3 Holzbauteile, die kontrollierbar bleiben, in die GK 0 eingestuft. Als Beispiele seien sichtbare Deckenbalken oder Sparren mit Aufsparrendämmung genannt.

Belüftet: GK 1

Kann ein Insektenbefall jedoch nicht erkannt werden, so ist bei intensiver Fraßtätigkeit der Larven ein mögliches Sicherheitsrisiko nicht auszuschließen. Bei solchen Bauteilen ist eine Einstufung in die GK 0 nicht möglich. Typische Beispiele sind Sparren in belüfteten Dächern. Dieser Tatbestand ist sicherlich der Hauptgrund dafür, daß sich nicht belüftete Bauteilquerschnitte immer stärker durchsetzen und die traditionellen belüfteten Konstruktionen immer mehr verdrängt werden.

- Holz ist innen verbaut und ständig trocken.

Innenbauteile:
GK 0

Nach DIN 68800-3 fallen hierunter nur Innenbauteile, wie z.B. Innenwände, Decken zwischen bewohnten Räumen oder Sparren mit Aufsparrendämmung in ausgebauten Dachgeschossen.

Außenbauteile:
GK 2

Wird Holz als Bestandteil von Außenbauteilen eingesetzt, so ist eine Einstufung in die GK 0 nicht möglich. Dies ist damit zu erklären, daß bei Außenbauteilen eine vorübergehende Befeuchtung (z.B. durch Tauwasser) nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden kann und somit mit einem Pilzbefall gerechnet werden muß. Solche Bauteile sind daher nach DIN 68800-3 in die GK 2 einzustufen.

- Besondere bauliche Maßnahmen.

GK 0 bzw. GK 0* möglich

Stellt man jedoch durch bauliche Maßnahmen sicher, daß weder ein Insekten- noch ein Pilzbefall zu befürchten ist, so ist eine Einstufung in die GK 0 bzw. GK 0* möglich. In DIN 68800-2 sind solche besonderen baulichen Maßnahmen aufgezeigt (siehe hierzu auch *Abschn. 6.2*).

Resistente Hölzer

- Ist eine Einstufung in die GK 0 zunächst nicht möglich und damit eine Gefährdung des Holzes nicht auszuschließen, so sind geeignete Maßnahmen zu dessen Schutz zu ergreifen. Hierunter ist aber nicht - wie vielfach falsch angenommen - automatisch ein chemischer Holzschutz zu verstehen. Wie aus **Tabelle 6.1-2** ersichtlich ist, kann das Schutzziel auch durch Auswahl bzw. Einsatz ausreichend resistenter Holzarten erreicht werden.

Tabelle 6.1-2 Einstufung in GK 0 bzw. GK 0* durch Einsatz resistenter Holzarten

| GK nach DIN 68800-3 | Mögliche Holzarten | tatsächliche Gefährdung ¹⁾ |
|---|---------------------------------------|--|
| 0 | Alle Nadelhölzer | GK 0 |
| 1 | Kiefer: Splintholzanteil ≤ 10% | |
| 2 | Kiefer, Lärche, Douglasie: splintfrei | GK 0* |
| 3 | Eiche: splintfrei | |
| 4 | Teak, Afzelia: splintfrei | |
| ¹⁾ GK 0: Einstufung nach DIN 68800-3 GK 0*: Einstufung nach abweichender Definition | | |

GK 2 im Wohnungsbau:
Einsatz von Nadel - Kernholz

Sieht man von Holzbauteilen ab, die einer direkten Bewitterung oder einem ständigen Erdkontakt ausgesetzt sind, so ist im Wohnungsbau 'schlimmstenfalls' eine Einstufung in die GK 2 erforderlich (grau hinterlegter Teil der *Tabelle 6.1-1 und 6.1-2*). Aus *Tabelle 6.1-2* ist zu erkennen, daß in diesem Fall der Holzschutz allein durch den Einsatz von ausreichend verfügbarem Nadel - Kernholz erreicht werden kann. Grund für die Forderung von Kernholz ist, daß hier „Reststoffe“ abgelagert werden, die zweierlei Wirkungen haben: zum einen schmecken sie den Insekten nicht, und zum anderen stellen sie einen natürlichen Schutz gegen Pilzbefall dar.

Die Kriterien zur Einstufung von Holzbauteilen in die Gefährdungsklassen nach DIN 68800-3 und die Möglichkeiten zum Verzicht auf einen chemischen Holzschutz sind in **Bild 6.1-5** nochmals zusammengefaßt.

Nach DIN 68800-2 sollten Ausführungen ohne chemischen Holzschutz gegenüber jenen bevorzugt werden, bei denen ein vorbeugender chemischer Holzschutz erforderlich ist. Mit dieser Forderung sollen Gefährdungen für Mensch und Umwelt, die mit dem Einsatz von Holzschutzmitteln verbunden sind, reduziert werden.

Auch wenn im Normentext das Wort 'sollte' benutzt wird, so besitzt diese Formulierung doch eine große Verbindlichkeit. Denn nach DIN 68800-2 ist der bauliche Holzschutz auch dann zu berücksichtigen, wenn sich die Einstufung in eine der Gefährdungsklassen nicht ändert.

Baulicher Holzschutz ist immer zu berücksichtigen

Der auf den ersten Blick recht unverbindlich erscheinende Normtext ist daher so auszulegen, daß der bauliche Holzschutz berücksichtigt werden muß, sobald dies möglich ist. Es ist davon auszugehen, daß sich die Rechtsprechung dieser Auslegung anschließt und der grundsätzlichen Berücksichtigung des baulichen Holzschutzes unbedingten Vorrang einräumen wird.

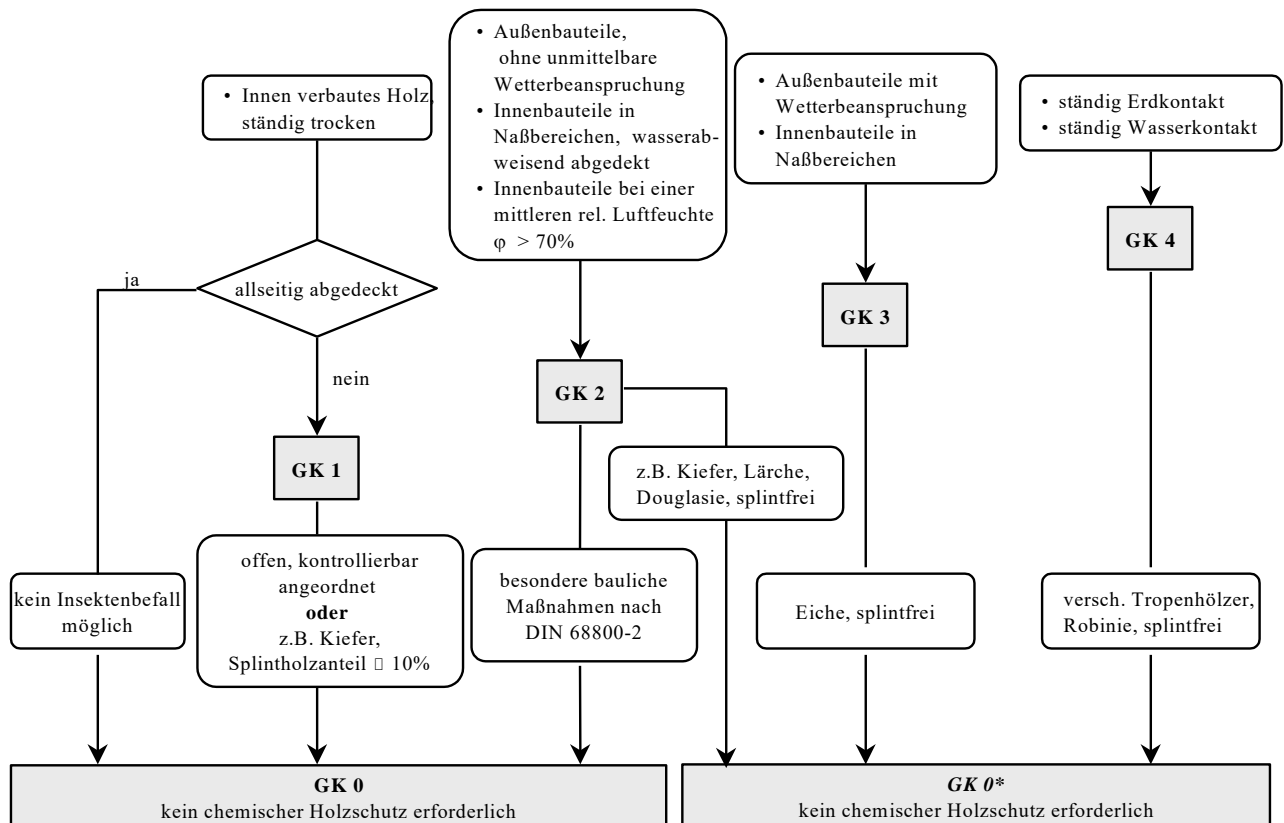


Bild 6.1-5 Kriterien zum Verzicht auf chemischen Holzschutz (Einstufung in GK 0 bzw. GK 0*)

6.1.5 Grenzen des chemischen Holzschutzes

[Schadensbeispiele: 6-06 / 6-09 / 6-13]

Wenn schon Chemie,
dann aber richtig

Ist der Holzschutz allein mit baulichen Maßnahmen nicht möglich, so ist die dauerhafte Funktionstüchtigkeit der Holzbauteile mit dem Einsatz von chemischen Holzschutzmitteln sicherzustellen. Hier sind aber in jedem Fall die Vorschriften hinsichtlich Art der zu verwendenden Holzschutzmittel, der Einbringverfahren und Einbringmengen zu beachten. Mit einem einfachen „Draufpinseln“, wie dies leider allzuhäufig praktiziert wird, ist kein dauerhafter Holzschutz zu erreichen.

In **Tabelle 6.1-3** sind die Holzschutzmittel angegeben, die in den verschiedenen Gefährdungsklassen nach DIN 68800-3 zu verwenden sind, wenn keine ausreichend resistenten Hölzer zum Einsatz kommen.

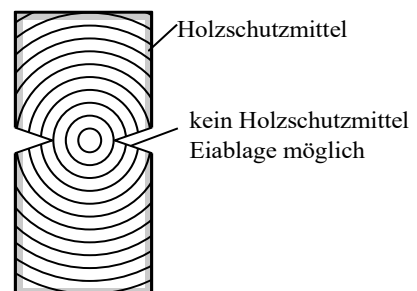
Tabelle 6.1-3 Chemische Holzschutzmittel

| GK nach DIN 68800-3 | chemische Holzschutzmittel, Prüfprädiat ¹⁾ |
|---|---|
| 0 | - |
| 1 | lv |
| 2 | lv, P |
| 3 | lv, P, W |
| 4 | lv, P, W, E |
| ¹⁾ lv vorbeugend wirksam gegen Insektenbefall P vorbeugend wirksam gegen Pilze W Holzschutz <u>w</u> itterungsbeständig E beständig gegen <u>e</u> xtrême Beanspruchung | |

Aber auch ein ordnungsgemäßer chemischer Holzschutz stellt kein 'Allheilmittel' zum Schutz des Holzes dar, wie die nachfolgende Aufzählung verdeutlicht:

Grenzen des chemischen Holzschutzes

- Tritt wegen falscher konstruktiver Durchbildung ständig eine hohe Holzfeuchte auf, so kann ein chemischer Holzschutz einen Pilzbefall lediglich hinauszögern, nicht jedoch gänzlich verhindern.
- Chemische Holzschutzmittel mit fungizider Wirkung sind nicht automatisch wirkungsvoll gegenüber holzverfärbenden Pilzen (Bläue-, Schimmelpilze). Hier sind zusätzliche Wirkstoffe erforderlich.
- Bei der handelsüblichen Fichte dringen chemische Holzschutzmittel nur sehr wenig in das Holz ein (nur wenige mm). Bei größeren Schwindrissen hat ein Insektenweibchen somit nach wie vor ausreichend Gelegenheit, sein Eier in unbehandeltes Holz abzulegen.
- Holzschutzmittel behindern nicht das 'Arbeiten' des Holzes. Wenn die Gebrauchstauglichkeit einer Konstruktion durch feuchtebedingte Formänderungen gefährdet ist, wird diese Gefährdung durch den chemischen Holzschutz nicht reduziert.



Chemischer Holzschutz kein Freibrief für konstruktive Fehler

Der Einsatz von chemischen Holzschutzmitteln kann somit weder allgemeine Bauschäden verhindern, noch kann er Fehler in der Konstruktion korrigieren. Der bauliche Holzschutz ist somit, unabhängig von den Fragen möglicher Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt, auch aus technischen Gründen zu bevorzugen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß es nur dann möglich ist, Holzbauwerke mit langer Lebensdauer zu errichten, wenn dem baulichen Holzschutz ausreichende Beachtung geschenkt wurde. Nur eine Konstruktion, die die baulichen Maßnahmen zum Schutze des Holzes berücksichtigt, ist auch eine werkstoffgerechte Konstruktion.

Ein dauerhafter Holzschutz kann nur erreicht werden, wenn folgende Grundprinzipien befolgt werden:

Grundprinzipien des Holzschutzes

- Holz trocken halten; längerfristige Befeuchtungen sind zu vermeiden.
- Insekten fernhalten bzw. Risiko eines Schadens minimieren.

Holzschutz =
baulicher Holzschutz

Diese Prinzipien können auf Dauer nur mit baulichen Maßnahmen erfüllt werden.

6.2 Bauliche Maßnahmen nach DIN 68800-2

6.2.1 Grundlagen

[Schadensbeispiele: 6-03]

DIN 68800-2 ist die zentrale Norm, wenn es um Bauen mit Holz ohne chemischen Holzschutz geht. In dieser Norm werden bauliche Maßnahmen beschrieben, mit denen es möglich ist, auf einen chemischen Holzschutz zu verzichten (Einstufung in die GK 0). Der Anwendungsbereich dieser Norm umfaßt im wesentlichen solche Bauteile, wie sie im 'normalen' Wohnungsbau vorkommen (d.h. ohne direkte Bewitterung oder ständigen Erdkontakt).

Grundprinzipien:
- Holz trocken halten
- Insekten fernhalten

Die behandelten baulichen Maßnahmen stellen sicher, daß die im vorigen Abschnitt beschriebenen Grundprinzipien eines dauerhaften Holzschutzes erfüllt sind und eine Schädigung bzw. Beeinträchtigung der bautechnischen Funktionen ausgeschlossen ist.

Die in DIN 68800-2 aufgeführten besonderen baulichen Maßnahmen ermöglichen es, Bauteile, die nach Teil 3 der Norm in die GK 2 einzustufen wären, in die GK 0 einzuordnen. Neben dem Verzicht auf chemischen Holzschutz tragen diese Maßnahmen dazu bei, unzulässige feuchtebedingte Formänderungen zu verhindern und somit die Gebrauchstauglichkeit der Bauteile zu sichern (Vermeidung allgemeiner Bauschäden).

Transport, Lagerung

Ein werkstoffgerechter Holzschutz beginnt bereits beim Transport und bei der Lagerung der Bauteile: diese sind sowohl gegen Feuchtebeanspruchung (z.B. Bodenfeuchte, Niederschläge) als auch gegen Austrocknung zu schützen (siehe hierzu auch *Abschn. 3.2.1*).

Räume mit hoher Baufeuchte sind solange zu lüften, bis die daraus resultierende hohe Raumluftfeuchte abgeklungen ist.

Die besonderen baulichen Maßnahmen zum **Schutz gegen Insekten** umfassen:

Nicht belüftete
Querschnitte

- *Nicht belüftete Bauteilquerschnitte* (Gefachbereiche).

Hiermit wird der Zutritt von Insekten in den Gefachbereich verhindert.

Die seitliche Abdeckung der Sparren wird z.B. durch eine Volldämmung, die allein schon aus wärmeschutztechnischen Gründen oftmals ausgeführt wird, erreicht.

Wird jedoch keine Volldämmung ausgeführt, so ist darauf zu achten, daß die Gefachhohlräume zur Außenluft hin abgeschlossen sind.

Bauphysikalisch gesehen bedeutet dies, daß in den Gefachhohlräumen stehende Luft vorhanden ist, was im Hinblick auf den Feuchteschutz zu beachten ist: anfallendes Tauwasser kann nicht mehr über Luftströmung, sondern muß über Diffusion abgeführt werden (→ diffusionsoffene Bauweise erforderlich).

Der Versuch, einen Insektenzutritt bei belüfteten Konstruktionen durch Insektenschutzgitter (Maschenweite < 1 mm) zu verhindern, kann zu Feuchteschäden führen: schon nach kurzer Zeit verstopfen die Maschenöffnungen, so daß keine wirksame Belüftung mehr möglich ist. Kann das anfallende Tauwasser nicht über Diffusion abgeführt werden, so ist ein Schaden vorprogrammiert.

allseitige Abdeckung

- *Allseitig insektenundurchlässig abgedeckt.*

Während bei Dächern die Sparren seitlich von der Dämmung wirksam abgedeckt werden können, muß eine wirksame Abdeckung der Ober- und Unterseiten durch entsprechende Beplankungen/Bekleidungen sichergestellt werden.

Beispiele von insektenundurchlässigen Abdeckungen sind in **Bild 6.2-1** dargestellt.

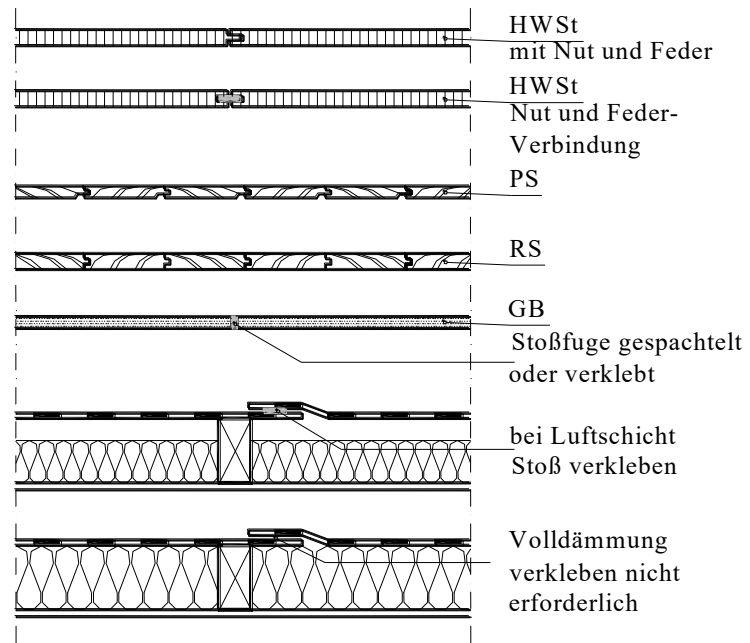


Bild 6.2-1

Insektenundurchlässige Abdeckungen nach
[IFO – Baulicher Holzschutz]

Die besonderen baulichen Maßnahmen zum **Schutz gegen Pilze** umfassen:

- *Dauerhafter Wetter- und Feuchteschutz.*

Wetter- und
Feuchteschutz

Holzbauteile müssen dauerhaft vor direkter Feuchteeinwirkung geschützt werden. Dies gilt sowohl für den Schutz vor Regen als auch für die Feuchtebeanspruchung von Bauteilen in Naßbereichen (z.B. Duschwände).

Besondere Aufmerksamkeit ist der konstruktiven Durchbildung im Bereich von Anschlüssen und Durchdringungen zu widmen.

- *Luftdichtheit.*

Luftdichtheit

Zur Vermeidung von Tauwasserschäden infolge von Konvektion (Luftströmung) ist sicherzustellen, daß raumseitig vor dem eigentlichen Bauteilquerschnitt eine luftdichte Ebene (Schicht) vorhanden ist. In **Bild 6.2-2** ist dargestellt, daß dies prinzipiell entweder durch die Bekleidung selbst, oder aber durch eine zusätzliche Folie, Pappe o.ä. erreicht werden kann.

Die Forderung nach ausreichender Luftdichtheit gilt selbstverständlich und in besonderem Maße auch für die Bereiche von Anschlüssen und Durchdringungen. Hier wird auf *Abschn. 5.4.4* verwiesen, in dem dieses Thema ausführlich behandelt wird.

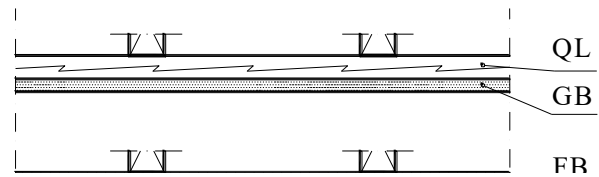


Bild 6.2-2a

Bekleidung/Beplankung als luftdichte Schicht nach
[IFO – Baulicher Holzschutz]

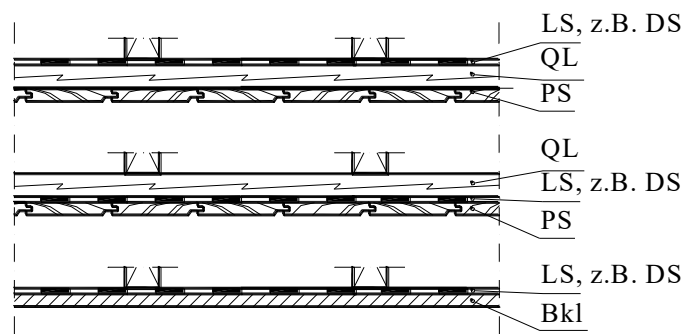


Bild 6.2-2b

Zusätzliche Folie als luftdichte Schicht nach [IFO
– Baulicher Holzschutz]

- **Trockenes Holz.**

Trockenes Holz

In *Abschn. 2.1.3* wurde gezeigt, daß der Einbau von zu feuchtem Holz zu einer ganzen Reihe von Schäden führen kann. Werden feuchte Holzbauteile so abgedeckt, daß eine Austrocknung nur sehr langsam über Diffusion erfolgen kann, so besteht die Gefahr von Pilzbefall. Die Zeitspanne, innerhalb derer das Holz auf eine Feuchte von $u_1 \leq 20\%$ heruntertrocknen sollte, beträgt höchstens 6 Monate. Auf der Grundlage von durchgeführten Untersuchungen (z.B. [SCHULZE 1997]) gilt es als sicher, daß diese Zeitspanne eingehalten wird, wenn zumindest eine Abdeckung diffusionsoffen mit $s_d \leq 0,2$ m ausgeführt wird.

Dies ist aber bei Bauteilen mit beidseitiger Bekleidung/Beplankung (z.B. Wände, Flachdächer, Decken unter nicht ausgebauten Dachgeschossen) kaum zu bewerkstelligen, so daß hier nach DIN 68 800-2 in jedem Fall trockenes Bauholz mit $u_1 \leq 20\%$ einzubauen ist.

Weisen Konstruktionshölzer eine höhere Holzfeuchte auf, so muß mit der Schließung des Bauteiles solange gewartet werden, bis die überschüssige Feuchte entwichen ist (→ Feuchtemessungen erforderlich). Dies kommt auch dann zum Tragen, wenn ursprünglich trockenes Holz z.B. durch unsachgemäße Lagerung oder unzureichende Abdeckung naß wird.

- *Diffusionsoffene Abdeckung bei geneigten Dächern.*

Diffusionsoffen

Wie die Erfahrung zeigt, kann bei geneigten Dächern eine ungewollte Feuchtebeanspruchung selbst bei sorgfältiger Planung und Ausführung nicht ausgeschlossen werden. Daher fordert DIN 68 800-2 hier, daß zumindest die außenseitige wasserableitende Abdeckung diffusionsoffen mit $s_d \leq 0,2$ m auszuführen ist. Hiermit soll die Voraussetzung dafür geschaffen werden, daß eine überschüssige Feuchte möglichst rasch entweichen kann.

- *Verwendungsnachweis für Dämmung in den Gefachen.*

Dämmung mit Verwendungsnachweis

Hinsichtlich des feuchtetechnischen Verhaltens eines Bauteiles spielt die Dämmung in den Gefachen eine wichtige Rolle. Sie darf weder eine schnelle Austrocknung verhindern, noch darf sie Ausgangspunkt für einen Feuchteanfall sein (z.B. durch Wärmebrückenwirkung). Folgende Eigenschaften müssen von der Dämmung erfüllt werden:

- geringer Diffusionswiderstand;
- geringes Feuchtespeichervermögen;
- ausreichende Elastizität, um Maßtoleranzen derart auszugleichen, daß keine Fugen, und damit keine Wärmebrücken, entstehen;
- ausreichende Gefügesteifigkeit, um auch langfristig Wärmebrücken durch „Nachsacken“ zu vermeiden.

Die Eignung des Dämmstoffes ist auf der Grundlage der Landesbauordnungen durch einen Verwendungsnachweis zu belegen.

Mineralische Faserdämmstoffe nach DIN 18 165-1 erfüllen die o.a. Forderungen ohne weiteren Nachweis. Alle anderen Dämmstoffe müssen ihre Eignung im Rahmen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nachweisen.

Ein geringes Feuchtespeichervermögen erweist sich dabei auch bei „Unfällen“ als vorteilhaft. So werden z.B. undichte Wasserrohre/-leitungen früher bemerkt als bei feuchtespeichernden Dämmungen, weil das Wasser schneller austritt und dadurch sichtbar wird. Auch sind einmal naß gewordene Dämmungen und Gefachbereiche im Sanierungsfall schneller trocken zu bekommen.

Vorsicht bei porösen Schüttungen

Poröse Schüttungen, die zu Schallschutzzwecken in Gefachbereichen von Decken eingebracht werden, können zu schwerwiegenden Schäden führen, wenn eingedrungenes Wasser (z.B. aus undichtem Badbereich) gespeichert und an die angrenzenden Holzbauteile abgegeben wird. Eine unzuträgliche Erhöhung der Holzfeuchte kann hier zu Pilzbefall und Tragfähigkeitsverlust führen.

In den nachfolgenden Abschnitten wird gezeigt, wie die angeführten besonderen baulichen Maßnahmen im Detail aussehen können.

6.2.2 Außenwände und geneigte Dächer

Für Außenwände und die überwiegend eingesetzten geneigten Dächer sind die besonderen baulichen Maßnahmen in **Bild 6.2-3** nochmals zusammengestellt.

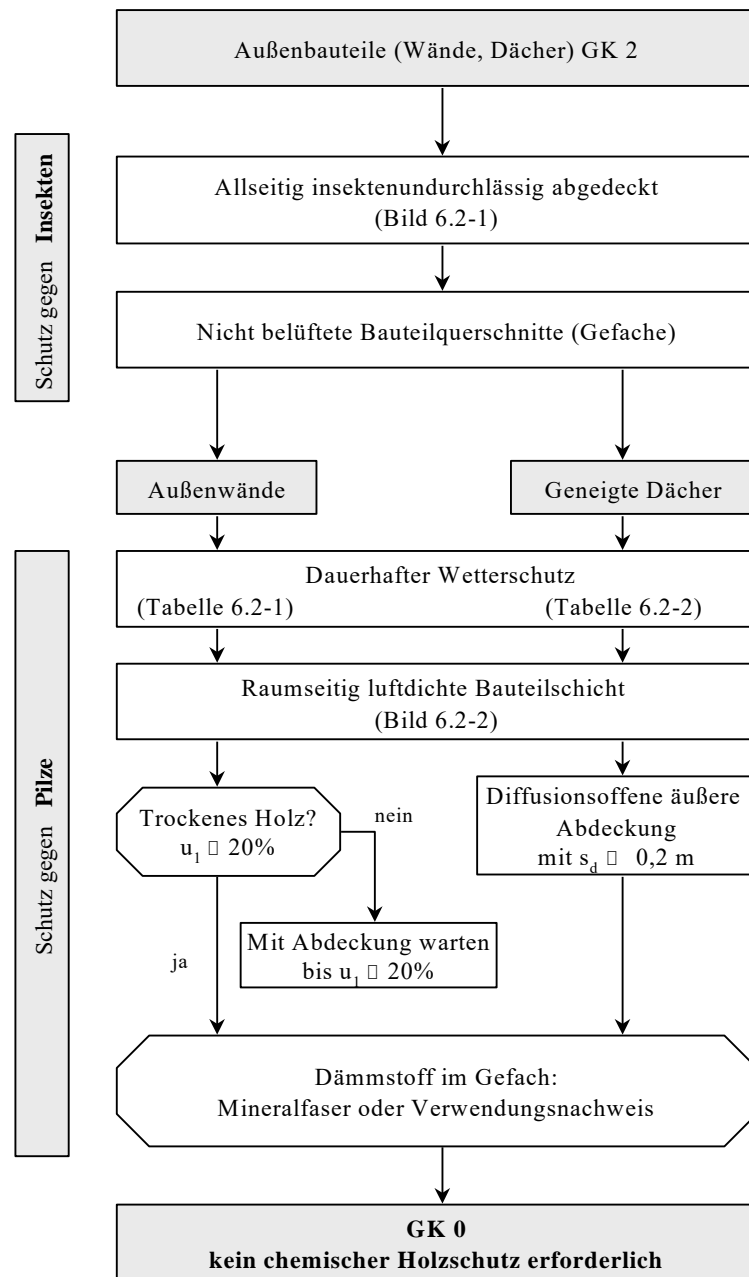
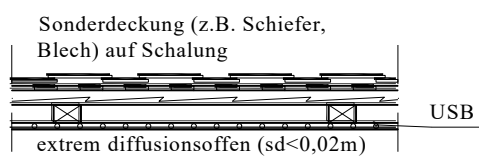
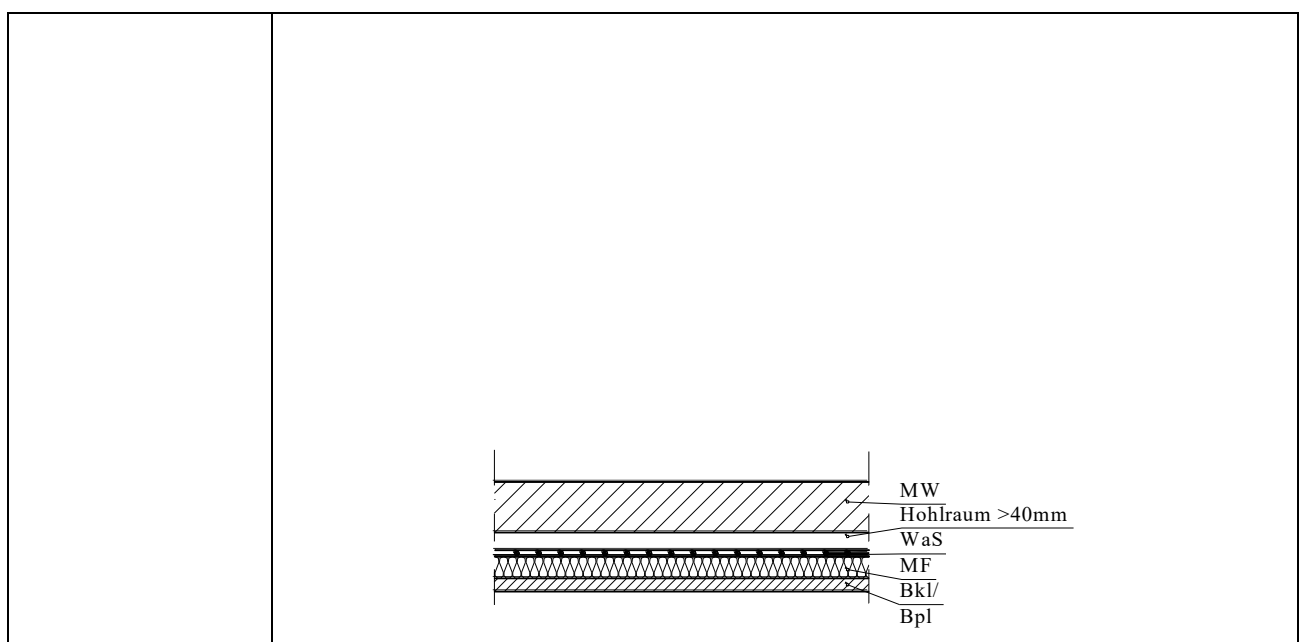


Bild 6.2-3 Besondere bauliche Maßnahmen bei Außenwänden und geneigten Dächern

Auf die Ausbildung einer raumseitig luftdichten Schicht wurde bereits mehrfach eingegangen. Daher werden nachfolgend nur Ausführungsbeispiele zur Erfüllung eines dauerhaften Wetterschutzes aufgeführt (**Tabelle 6.2-1 und -2**). Bei Ausführung einer der dargestellten Konstruktionen kann auf einen chemischen Holzschutz verzichtet werden.



- ¹⁾ Bei diesen Ausführungen kann auf eine raumseitige Dampfbremse verzichtet werden
- ²⁾ z.B. Brettbreite 100 mm mit 5 mm Abstand verlegt
nach [Schulze 1997]



Mauerwerks-
Vorsatzschalen:
Hohlraum ≥ 40 mm

Bei Mauerwerk-Vorsatzschalen wird darauf hingewiesen, daß der geforderte Belüftungshohlraum von mindestens 40 mm auf jeden Fall einzuhalten ist. Dieser ist Voraussetzung für das bauphysikalisch richtige

Funktionieren der Wand. Bei einem geringeren Abstand ist eine Zuordnung in die GK 0 nicht mehr möglich!

Auch ist bei Mauerwerks-Vorsatzschalen dafür Sorge zu tragen, daß das durch das Mauerwerk eindringende Wasser nicht die Oberfläche der Wandtafel erreicht. Dies wird zunächst durch Tropfscheiben an den Durchbindern erreicht. Durch die Anordnung einer Hartschaum-Platte oder einer zusätzlichen wasserableitenden Schicht sollen Schäden infolge unplanmäßig eingedrungener Feuchte (z.B. Mörtelnester) vermieden werden.

Weiterhin ist darauf zu achten, daß durch Mörtelnester kein Kontakt zwischen Mauerwerks-Vorsatzschale und äußerer Abdeckung des Querschnittes entsteht, über den ein ungewünschter Feuchtetransport stattfinden kann.

Bei Bauteilen, bei denen die Gefache nicht vollgedämmt sind, ist auf eine insektenundurchlässige Abdeckung zu achten. Dies kann durch eine genutete Bekleidung/Bepunktung oder eine ausreichende Überlappung der Folien erreicht werden (siehe auch *Bild 6.2-1*).

6.2.3 Schalungen, Lattungen

Schalung, Lattung:
→ GK 0

Wie bereits in *Abschn. 6.2.1* beschrieben, dürfen Lattungen oder Schalungen in die GK 0 eingestuft werden, wenn eingedrungene Feuchte schnell wieder entweichen kann. Dies ist z.B. dann der Fall, wenn der Hohlraum zwischen äußerer Abdeckung des Bauteilquerschnittes und der Fassade bzw. Dacheindeckung belüftet ist. Die Einstufung in die GK 0 ist dadurch gerechtfertigt, daß ein Pilzbefall durch die Belüftung verhindert wird, und ein Insektenbefall wegen der kleinen Querschnitte nahezu ausge-

Schwellen:
Farb-Kernhölzer

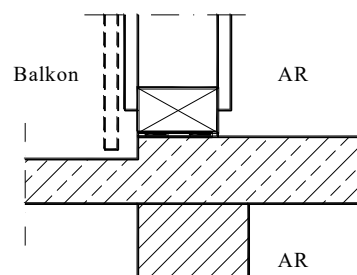


Bild 6.2-4schlecht ausgeführte Fußpunkte von Außenwänden nach [IFO – Baulicher Holzschutz];
AR = Aufenthaltsraum

Wenn sichergestellt werden kann, daß an den Schwellen keine höhere Feuchtebelastung als an der übrigen Wandoberfläche auftritt, kann die GK 0 zugrundegelegt werden. Da aber spätere bauliche Veränderungen, z.B. im Balkon- oder Terrassenbereich, die einen ursprünglich guten Feuchteschutz wieder zunichte machen können, nicht auszuschließen sind, sollte von dieser Möglichkeit nur mit größter Vorsicht Gebrauch gemacht werden.

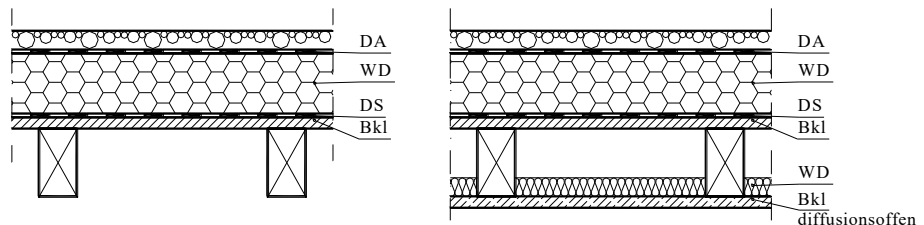
6.2.5 Flachdächer

Für die Einstufung von Flachdächern in die GK 0 gelten folgende Bedingungen:

- Deckenbalken entweder kontrollierbar oder nicht belüfteter Querschnitt (kein Zutritt von Insekten).
- Trockenes Holz ($u_1 \leq 20\%$).
Hier gilt die gleiche Forderung wie bei Außenwänden, da Flachdächer i.d.R. mit beidseitiger Beplankung/Bekleidung mit jeweils $s_d > 0,2$ m ausgeführt werden.
- Luftdichte raumseitige Schicht (Verhinderung von Konvektion).
-
-
-

D

Bild 6.2-5
Prinzipieller Aufbau
eines Flachdaches der
GK 0 nach
[IFO – Baulicher Holz-
schutz]



Zu der Ausführung mit nicht belüftetem Hohlraum wird darauf hingewiesen, daß der Hohlraum im Bereich der Außenwandauflager luftdicht abgeschottet werden muß. Ist dies nicht sichergestellt, so ist ein Tauwasseranfall vorprogrammiert. Insbesondere Dächer mit überstehenden Sparren (Durchdringung der Außenwand) sind hier gefährdet. In **Bild 6.2-6** ist ein Lösungsvorschlag mit einem „Blindsparren“ (Aufschiebling) dargestellt.

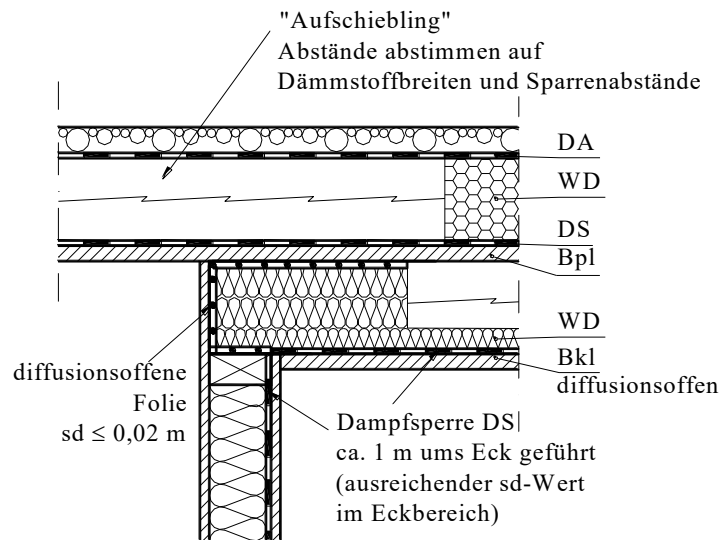


Bild 6.2-6
Luft- und winddichter Anschluß Sparren - Außenwand

6.2.6 Decken unter nicht ausgebauten Dachgeschossen

Luftdichtheit Decken unter nicht ausgebauten Dachgeschossen grenzen beheizte Räume gegen nicht beheizte Räume ab. Auch wenn solche Decken keine direkten Außenbauteile darstellen, so verhalten sie sich jedoch ähnlich: dringt feuchte, warme Luft in

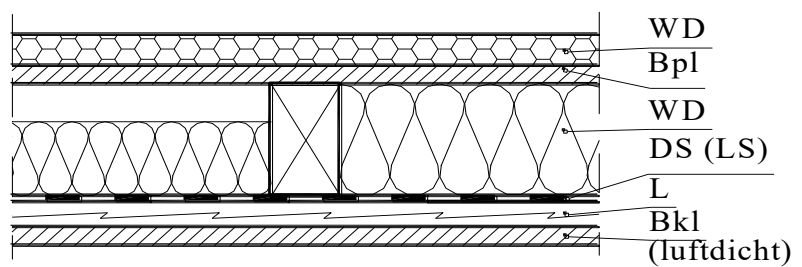
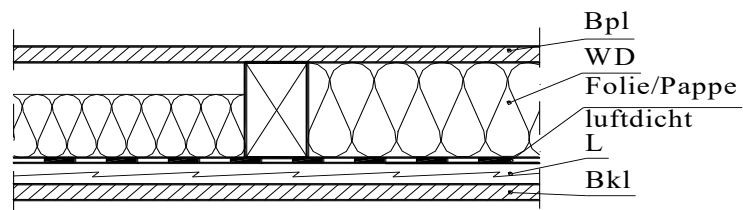


Bild 6.2-9

Decke mit luftdichter Folie an Unterseite
nach [IFO – Baulicher Holzschutz]
Achtung: besondere Sorgfalt erforderlich



6.2.7 Naßbereiche

[Schadensbeispiele: 4-02 / 6-04]

Bäder:
Duschwände,
Fußböden

Unter Naßbereichen (innerhalb von trockenen Räumen) sind solche Bereiche zu verstehen, die nutzungsbedingt zeitweise durch Spritzwasser oder dgl. beansprucht werden. Typische Naßbereiche sind Duschwände und

Fußböden von Bädern.

Auch in solchen Bereichen kann die GK 0 zugrundegelegt werden, wenn die Bauteiloberflächen auch im Bereich von Anschlüssen und Durchdringungen dauerhaft dicht gegen eindringendes Wasser ausgebildet sind.

Kann dies aufgrund besonderer Umstände nicht sichergestellt werden, so sind diese Bauteile so aufzubauen, daß

- kleinere Feuchtemengen schnell wieder entweichen können und
- größerer Wassermengen (z.B. infolge von Unfällen mit Waschmaschinen oder Badewannen) schnellstmöglich sichtbar werden, so daß umgehend Maßnahmen zur Behebung des Schadens ergriffen werden können.

Diese beiden Forderungen beinhalten die Verwendung von Dämmstoffen in den Gefachen mit möglichst geringen feuchtespeichernden Eigenschaften (siehe auch Abschn. 6.2.1).

6.2.8 Blockhäuser

Bedingt durch die kaum zu vermeidende direkte Bewitterung von Außenwänden von Blockhäusern, ist nach Teil 3 von DIN 68 800 zunächst eine Einstufung in die GK 3 vorzunehmen.

GK 0* möglich

Auf der Grundlage vorliegender Erfahrungen und von DIN EN 460 kann jedoch auf einen chemischen Holzschutz verzichtet werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt werden (vgl. auch [Beuth Kommentare: Holzschutz]):

- Möglichst große Dachüberstände zur Vermeidung von Schlagregenbeanspruchung.
- Diffusionsoffene, wasserableitende Anstriche zur schnelleren Ableitung von Niederschlägen. Hier ist eine regelmäßige Pflege des Anstriches erforderlich!
- Vermeidung von stehendem Wasser durch spezielle Fugenausbildung (siehe Bild 6.2-10).

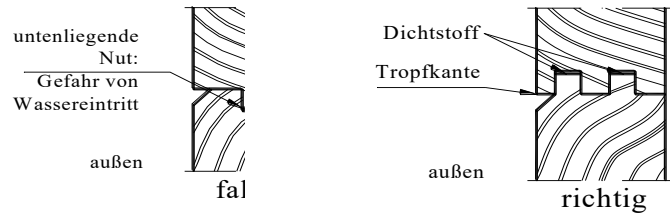
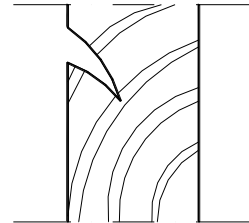


Bild 6.2-10 Fugenausbildung bei Blockbohlen

- Regelmäßige Kontrolle der Außenflächen hinsichtlich Insekten- und Pilzbefall sowie Rissen. Bei schräg nach unten verlaufenden Schwindrissen ist ggfls. eine örtliche Nachbehandlung mit chemischen Mitteln erforderlich.

Zur Vermeidung größerer Risse (und Setzungen) empfiehlt sich daher, Holz mit einer Feuchte von $(15 \pm 3) \%$ einzubauen, was der zu erwartenden Gleichgewichtsfeuchte entspricht.



6.2.9 Balkenaufleger auf Mauerwerk

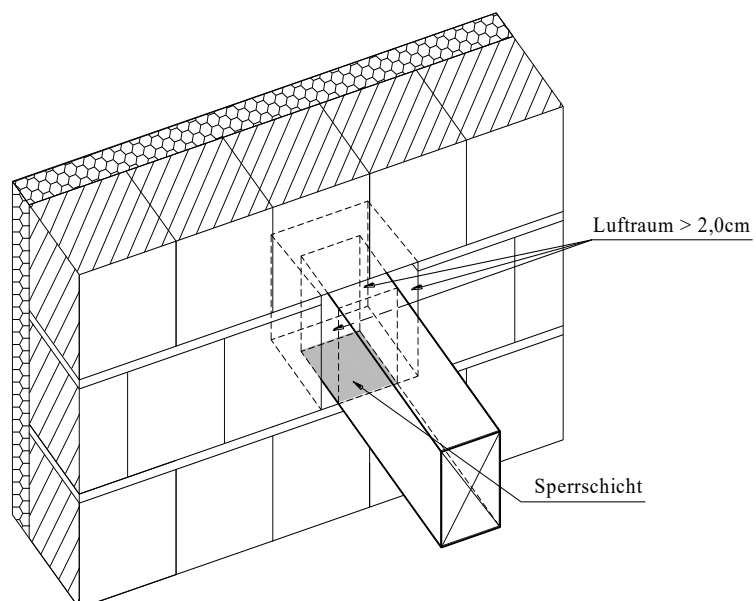
[Schadensbeispiele: 3-02]

Es wurde bereits mehrfach darauf hingewiesen, daß Fäulnis und Pilzbefall nur dann auftreten, wenn das Holz einer längeren unzuträglichen Feuchtebeanspruchung ausgesetzt wird. Die Grundprinzipien, Feuchte fernzuhalten und unplanmäßig eingedrungene Feuchte möglichst schnell abzuführen, gelten auch für Balkenaufleger, die in Mauerwerk eingebunden sind. Insbesondere bei Neubauten mit vorhandener hoher Baufeuchte ist eine Beachtung dieser Grundsätze unerlässlich.

Schlagregensichere
Fassade

Wie in *Abschn. 4.2* bereits beschrieben, liegt die Hauptursache von verfaulten Balkenköpfen in Mauerwerk in einer unzureichenden Schlagregensicherheit der Fassade. Zur Vermeidung solcher Schäden ist daher vorrangig auf eine dichte äußere Gebäudehülle zu achten.

Al:
[B
sc
nā
sa
Ta
wi
W
ge
ch
te

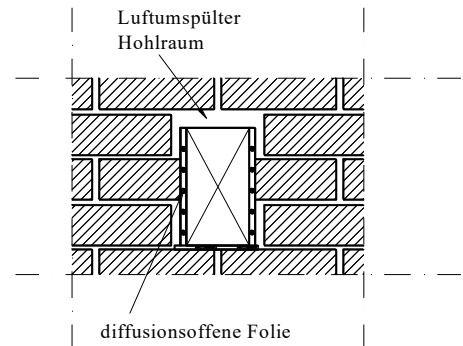


Bil
Bal
um

1. Anordnung eines außenliegenden Wärmedämm-Verbundsystems zur Verhinderung einer Tauwasserbildung im Bereich des Stirnholzes. Diese Maßnahme ist sicherlich die wirkungsvollste, weil damit gleichzeitig auch die Schlagregensicherheit erreicht wird.
2. Anordnung einer Feuchtesperre (Bitumenbahn) auf der Unterseite zur Verhinderung einer Feuchteübertragung durch Kapillarleitung.
3. Bei gegebenem Kontakt m
onsoffenen, wasserabweis

Bild 6.2-11b

Balkenaufleger in Mauerwerk, Ausführung bei seitlichem Kontakt nach [IFO – Baulicher Holzschutz]



4. Seitlich „luftige“ Ausbildung des Auflagers zur Verhinderung des Kontaktes mit feuchtem Mauerwerk und zur Ermöglichung einer schnellen Abführung vorhandener Feuchte.

Diese Maßnahme wird von vielen Fachleuten eher kritisch beurteilt. So ist ein umlaufender Hohlraum allein schon aus statischen Gründen kaum möglich (Weiterleitung von Kräften aus Deckenscheibenwirkung). Darüber hinaus wird mit solchen Hohlräumen der warmen, feuchtebeladenen Luft der Weg in kältere Bereiche planmäßig eröffnet.

Werden die Maßnahmen 1 bis 3 eingehalten, so erscheint es möglich, auf die vorgeschlagenen Hohlräume zu verzichten. Die Fugen zwischen Deckenbalken und Mauerwerk sind dann luftdicht mit diffusionsoffenen Materialien abzudichten.

6.2.10 Holzwerkstoffe für tragende/aussteifende Zwecke

[Schadensbeispiele: 6-05]

Hinsichtlich ihrer Feuchtebeständigkeit werden Holzwerkstoffe in die Holzwerkstoffklassen 20, 100 und 100G unterteilt (siehe auch *Abschn. 2.3*). Nach DIN 68 800-2 darf die Holzfeuchte u , die sich in den HWSt-Platten während des Gebrauchszustandes einstellt, die in **Tabelle 6.2-3** angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten.

Tabelle 6.2-3 Höchstwerte der Feuchte von Holzwerkstoffen im Gebrauchszustand

| Holzwerkstoff-klasse | max u [%] | Beispiel |
|---|------------------|--|
| 20 | 15 ¹⁾ | Innenräume von Wohnungen |
| 100 | 18 | Außenbereich mit Wetterschutz |
| 100 G | 21 | Außenbereich mit Wetterschutz, Gefahr einer zeitweisen größeren Feuchtebeanspruchung |
| ¹⁾ bei HF-Platten: max u = 12% | | |

Die in DIN 68 800-2 angegebenen Anwendungsbereiche und die zugeordnete Holzwerkstoffklassen sind in **Tabelle 6.2-4** zusammengestellt. Ebenfalls angegeben sind Konstruktionsbeispiele zu den einzelnen Punkten

Tabelle 6.2-4a Anwendungsbereich

| |
|---|
| Anwendungsbereich |
| <i>Raumseitige Bekleidung von Wänden Dächern in Wohngebäuden sowie in vergleichbarer Nutzung ¹⁾</i> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Allgemein • Obere Beplankung sowie tragende Schalung von Decken und Dachgeschossen |

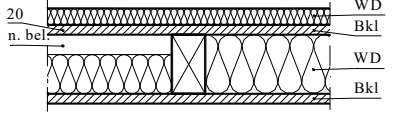
| | | |
|--|--|--|
| | |  |
| ¹⁾ Dazu zählen auch nicht ausgebaute Dachräume von Wohngebäuden. | ²⁾ Hohlräume gelten im Sinne dieser Norm als ausreichend belüftet, wenn die Größe der Zu- und Abluftöffnungen mindestens je 2 ‰ der zu belüftenden Fläche, bei Decken unter nicht ausgebauten Dachgeschossen mindestens jedoch 200 cm ² je m Deckenbreite beträgt. | |
| ³⁾ Von solchen Konstruktionen wird wegen der Möglichkeit ungewollt auftretender Feuchte, z. B. Tauwasserbildung infolge Wasserdampf-Konvektion, im allgemeinen abgeraten. | | |
| ⁴⁾ Wärmedurchlaßwiderstand 1/Λ; Berechnung nach DIN 4108-5 | | |

Tabelle 6.2-4b Anwendungsbereiche mit zugehörigen HWSt-Klassen und Konstruktionsbeispielen

| Anwendungsbereich | | |
|---|--|--|
| Außenbeplankung von Außenwänden | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Hohlraum hangschä | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Vorhang: ausreich leitende | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Auf der Beplankung direkt anfliege dämm-Verbundsystem | | |

Tabelle 6.2-4c Anwendungsbereiche mit zugehörigen HWSt-Klassen und Konstruktionsbeispielen

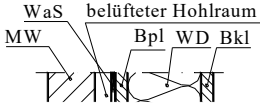
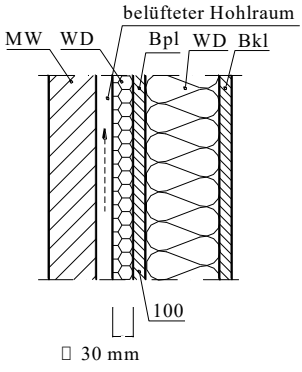
| | | |
|--|--|--|
| Anwendungsbereich | | |
| Außenbeplankung von Außenwänden | | |
| <ul style="list-style-type: none">Mauerwerk-Vorsatzschale, Hohlraum nicht absichtlich belüftet, Abdeckung der Beplankung | | |
| | |  |
| | |  |

Tabelle 6.2-4d Anwendungsbereiche mit zugehörigen HWSt-Klassen und Konstruktionsbeispielen

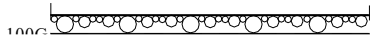
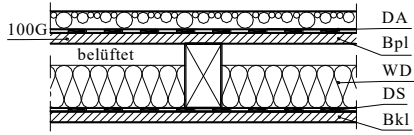
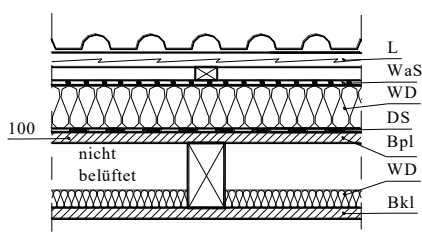
| | | |
|--|--|---|
| Anwendungsbereich | | |
| Obere Beplankung von Dächern, steifende Dachschalung | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Beplankung oder Schalung st in Verbindung | | |
| Mit aufliegender Wärmedä Wohngebäuden, beheizten | | |
| Ohne aufliegende Wärmedämmschicht (z. B. | |  |
| Flachdach | |  |
| ³⁾ Von solchen Konstruktionen wird wegen der Möglichkeit ungewollt auftretender Feuchte, z. B. Tauwasserbildung infolge Wasserdampf-Konvektion, im allgemeinen abgeraten. | | |

Tabelle 6.2-4e Anwend

| | | |
|--|--|--|
| Anwendungsbereich | | |
| Obere Beplankung von Dächern steifende Dachschalung | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Dachquerschnitt unter Dachschalung nicht belüftet | | |
| Belüfteter Hohlraum oder Schalung, Holz oder abweisender Folien deckt ³⁾ | | |
| Keine dampfsperrende Schutzschicht unterhalb der Beplankung oder Schalung | |  |
| ³⁾ Von solchen Konstruktionen wird wegen der Möglichkeit ungewollt auftretender Feuchte, z. B. Tauwasserbildung infolge Wasserdampf-Konvektion, im allgemeinen abgeraten. | | |

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß es nicht zulässig ist, nach dem Motto 'sicher ist sicher' Platten der HWSt-Klasse 100 G einzusetzen, wenn nach Norm die Verwendung von Platten der HWSt-Klasse 20 oder 100 möglich ist¹⁾. Der Einsatz von chemisch geschützten Platten (100 G) ist auf wenige Fälle begrenzt, bei denen mit einer erhöhten Feuchtebeanspruchung zu rechnen ist. Das weitgehende Verbot von 100 G - Platten erfolgte im Hinblick auf den Gesundheits- und Umweltschutz.

Die in *Tabelle 6.2-4* angegebenen Anwendungsbereiche und zugehörigen HWSt-Klassen gelten auch für Holzwerkstoffe, die nicht in DIN - Normen, sondern in bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt sind.

Können die in *Tabelle 6.2-3* angegebenen Grenzwerte für die Feuchte von HWSt-Platten nicht eingehalten werden, so dürfen diese nicht als tragend oder aussteifend in Rechnung gestellt werden. Hier ist zu überlegen, ob auf den Einsatz von HWSt-Platten nicht besser verzichtet werden sollte.

Nach DIN 68 800-2 ist dies u.a. in folgenden kritischen Anwendungsbereichen der Fall:

- bei Spanplatten als Fassadenplatten (Ausnahme: werksseitig vorgefertigte Außenwände für Fertighäuser);
- bei Fliesenbelägen im Bereich von Duschen;
- bei sehr feuchten massiven Neubauten;
- bei Ställen und anderen Gebäuden mit langandauernder hoher relativer Luftfeuchte (> 80 %).

¹⁾ HWSt-Platten der Klasse 20 dürfen durch solche der Klasse 100 ersetzt werden, nicht jedoch durch solche der Klasse 100 G!

6.3 Bauliche Maßnahmen bei bewitterten Holzbauteilen

6.3.1 Allgemeines

Anforderungen nur bei statisch wirksamen Bauteilen

In *Abschn. 6.1* wurde bereits darauf hingewiesen, daß an nicht tragende oder nicht aussteifende Bauteile keine bauaufsichtlichen Anforderungen hinsichtlich Holzschutz gestellt werden. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich somit schwerpunktmäßig auf statisch wirksame Holzbauteile, die aus Sicherheitsgründen geschützt werden müssen.

GK 3

Tragende oder aussteifende Außenbauteile, die einer direkten Bewitterung ausgesetzt sind, werden nach DIN 68 800-3 in die Gefährdungsklasse GK 3 eingestuft, unter der Voraussetzung, daß kein ständiger Erd- oder Wasserkontakt vorliegt (vgl. *Tabelle 6.1-1*).

GK 0 möglich

In DIN 68 800-2 wird aber ausdrücklich darauf hingewiesen, daß durch bauliche Maßnahmen eine Einstufung in eine niedrigere Gefährdungsklasse erreicht werden kann. Möglichkeiten hierzu werden in *Abschn. 6.3.6* aufgezeigt.

Von den in DIN 1052-1 aufgeführten Bauhölzern besitzt nur Eichen - Kernholz eine ausreichende natürliche Resistenz, um bei gegebener Gefährdungsklasse 3 auf chemische Schutzmaßnahmen verzichten zu können. Eichen - Kernholz wird derzeit aber nur in Ausnahmefällen als Bauholz verwendet, so daß bei den üblicherweise eingesetzten Nadelhölzern nicht auf einen chemischen Holzschutz verzichtet werden kann (siehe hierzu auch *Abschn. 6.5*).

Chemischer Holzschutz kein 'Freibrief' für schlechte Konstruktionen

Aber auch bei Einsatz von chemischen Holzschutzmitteln sind bestimmte Grundregeln zu beachten, um die Gebrauchstauglichkeit einer Konstruktion auf Dauer sicherzustellen. Der chemische Holzschutz kann nämlich Schäden bei falschen, d.h. nicht materialgerechten Konstruktionen nicht verhindern, er kann sie bestenfalls hinauszögern.

Schäden trotz chem. Holzschutz

Ein Grund hierfür ist, daß bei der handelsüblichen Fichte je nach Einbringverfahren die Holzschutzmittel nur wenige Millimeter in das Holz eindringen, so daß Niederschläge durch nachträglich auftretende Risse in tiefere, ungeschützte Bereiche von Holzbauteilen eindringen können. Auch bei nachträglichen Bohrungen und Einschnitten im Bereich von Anschlüssen und Verbindungen besteht die Gefahr, daß Wasser in ungeschützte Bereiche gelangen kann. Die Folge hiervon ist die Zerstörung des Holzes durch Pilzbefall und Fäulnis, die bereits nach wenigen Monaten einsetzen kann.

Chemischer Holzschutz als **Ergänzung** zum baulichen Holzschutz

Der chemische Holzschutz ist somit lediglich als ergänzende Maßnahme zum baulichen Holzschutz anzusehen.

Nachfolgend werden die Grundprinzipien des baulichen Holzschutzes bei bewitterten Außenbauteilen beschrieben und anhand einzelner Beispiele erläutert.

Die Möglichkeiten eines temporären Holzschutzes mittels Oberflächenbehandlung (Anstriche) werden in *Abschn. 6.4* beschrieben.

6.3.2 Grundprinzipien

Direkt bewitterte Außenbauteile sind meist frei zugänglich und können so von Insekten befallen werden. Daher müssen die eingesetzten Holzschutzmittel eine vorbeugende Wirkung gegenüber Insektenbefall aufweisen. Über diesen chemischen Schutz hinaus wird das Risiko eines Insektenbefalls zusätzlich dadurch verringert, daß bei Außenbauteilen die Rißbildung oftmals geringer ausfällt als bei innen verbautem Holz. Dies kann erklärt werden mit

- der höheren Ausgleichsfeuchte, die sich im Außenbereich einstellt,
- der Verwendung von Brettschichtholz bei maßhaltigen Bauteilen,
- der Verwendung kleiner Querschnitte.

Vorrangiges Ziel:
Schutz vor Pilzbefall

Die baulichen Maßnahmen zum Schutze von bewitterten Außenbauteilen richten sich aber vorrangig auf den Schutz gegen Pilzbefall. Wie in *Abschn. 6.2.1* beschrieben, stellt der Befall von Pilzen nur dann eine Gefahr dar, wenn sich im Holz über einen längeren Zeitraum (ca. 6 Monate) eine Feuchte von mehr als 30% einstellt. Dies gilt auch für Außenbauteile, so daß auch hier sicherzustellen ist, daß das Holz keiner unzuträglichen Feuchtebeanspruchung ausgesetzt wird.

Sämtliche in den nachfolgenden Abschnitten beschriebenen Maßnahmen zum Schutze des Holzes lassen sich in drei Grundregeln zusammenfassen:

- **Schutz gegen Niederschläge und Spritzwasser.**
- **Vermeidung von stehendem Wasser.**
- **Schutz gegen Feuchteleitung (Kapillarleitung).**

6.3.3 Schutz gegen Niederschläge und Spritzwasser

[Schadensbeispiele: 6-06 / 6-09 / 6-10 / 6-13 / 6-15]

In diesem Abschnitt werden Maßnahmen zum (örtlich begrenzten) Schutz von Holzbauteilen gegen Niederschläge und Spritzwasser behandelt. Hierunter ist nicht ein vollständiger Weterschutz im Sinne der DIN 68800-3 zu verstehen, mit dessen Hilfe eine Einstufung in eine andere GK möglich ist (z.B. Vorhangschale).

Die wirksamste Methode zum Schutz gegen Niederschläge besteht in einer ausreichenden Überdachung, die die Holzbauteile vor 'üblichen' Niederschlägen schützt.

Dachüberstände:
Schutz der Fenster

In **Bild 6.3-1** ist der Schutz von Fenstern gegen Niederschläge durch Dachüberstände schematisch dargestellt. Hierbei hat sich gezeigt, daß Überstände, die einen Regen unter 60° fernhalten, einen ausreichenden Schutz darstellen [SCHULZE 1997] (siehe auch *Abschn. 6.3.6*).

Bild 6.3-1a
Kein Schutz gegen
Niederschläge

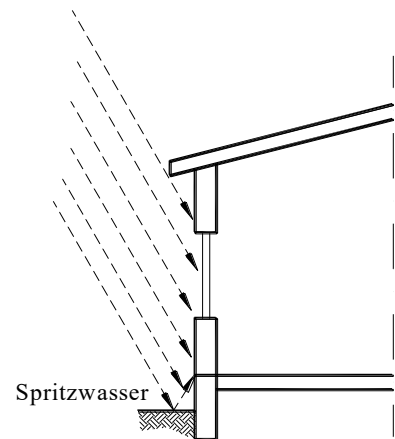
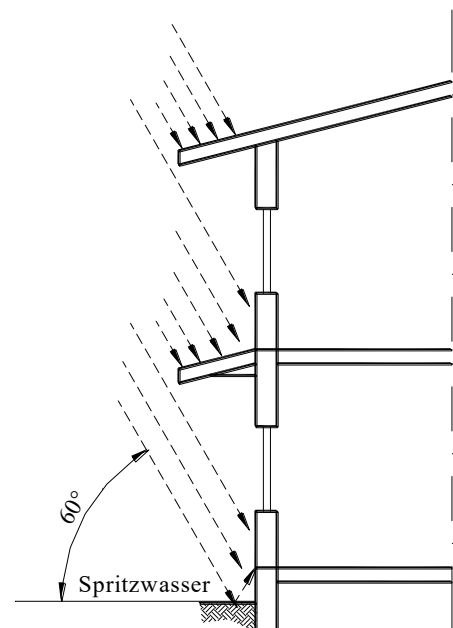


Bild 6.3-1b
Dachüberstände zum
Schutz der Fenster gegen
Niederschläge



Schlagregen

Eine direkte Feuchtebeanspruchung liegt dann nur bei stürmischem Regenwetter vor, wobei das Holz aber i.d.R. ausreichend Gelegenheit hat, die eingedrungene Feuchte (Schlagregen) wieder abzugeben.

Darüber hinaus tragen bereits relativ geringe Dachüberstände dazu bei, die Wasserbeanspruchung der Fassade bei Schlagregen zu reduzieren. In **Bild 6.3-2** ist dargestellt, wie das Luftpilster, das durch den auftreffenden Wind entsteht, Wind und Regen umleitet, so daß ein Teil des Regens bereits vor der Fassade, am Rand des Dachüberstandes, heruntertropft. Leider fallen Dachüberstände häufig architektonischen Vorgaben oder anderen planerischen Zwängen zum Opfer.

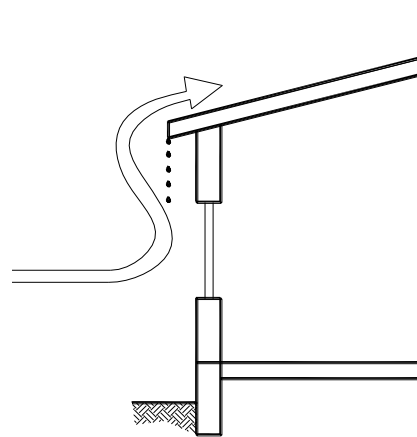


Bild 6.3-2

Reduzierung der Schlagregenbeanspruchung bereits durch geringe Dachüberstände

Abdeckungen

Ein Schutz vor Niederschlägen kann auch durch Abdeckung der gefährdeten Bereiche erreicht werden. Bei horizontalen Bauteilen haben sich Bleche aus Kupfer, Zink oder Edelstahl bewährt (**Bild 6.3-3**). Abdeckungen aus Holz sind weniger geeignet.

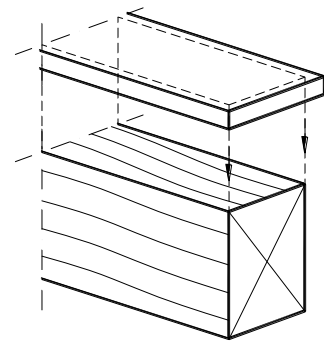


Bild 6.3-3

Abdeckung von Holzbauteilen (Prinzipiskizze)

Lotrechte Bauteile hingegen können sehr wohl seitlich mit Holz abgedeckt werden, was aus gestalterischen Gründen auch meist genutzt wird.

In **Bild 6.3-4 bis –6** sind einige Beispiele von abgedeckten Holzbauteilen dargestellt.



Bild 6.3-4

Abgedeckte auskragende Balken
[Foto:Gockel]

Bild 6.3-5
Abgedeckte Rahmenecke [Foto: Trübswetter]



a)



b)

Bild 6.3-6
Abdeckungen von Holzbauteilen
[IFO – Baulicher Holzschutz]



c)

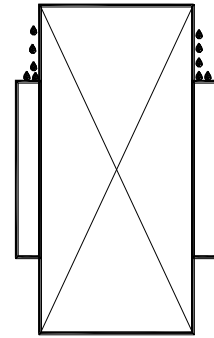


d)

Zu den Ausführungen c) und d) ist anzumerken, daß durch die seitlich umfassenden Stahlteile eine nicht zu unterschätzende Feuchtebeanspruchung mit starker Rißbildung bis hin zu Pilzbefall entstehen kann (**Bild 6.3-7**). Hier ist zusätzlich eine seitliche Bekleidung der Träger angebracht (vgl. *Abschn. 6.3.6*).

Bild 6.3-7

Stehendes Wasser und Gefahr von Pilzbefall bei seitlichen Stahlteilen



Stirnholz

Die Stirnseiten von Holzbauteilen (Hirnholz) sind gegenüber einer direkten Bewitterung besonders gefährdet, weil die angeschnittenen Holzfasern das Wasser aufsaugen wie ein Schwamm. Hirnholzflächen sind daher besonders zu schützen, wobei ein schräger Anschnitt nur bedingt geeignet ist. Auch hier gilt, daß bei horizontalen Flächen Blechabdeckungen vorzuziehen sind (**Bild 6.3-8 und -9**).

Bild 6.3-8

Schutz des Stirnholzes durch Schrägschnitt (nur bedingt geeignet) und Abdeckungen

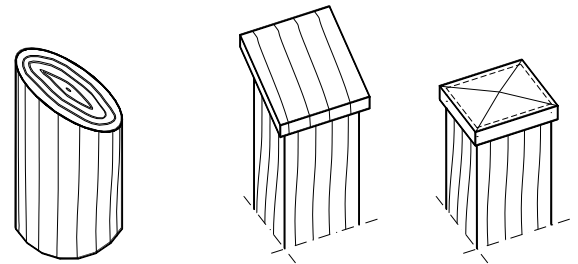


Bild 6.3-9

Blechabdeckung eines Pfostens [Foto: Gockel], besser wäre eine „luftige“ Abdeckung nach Bild 6.3-47



In **Bild 6.3-10 und -11** sind zwei Beispiele dargestellt, bei denen fehlende Abdeckungen zu einer Verwitterung des Stirnholzes geführt haben. Die gleichen Folgen sind bei der in **Bild 6.3-12** dargestellten überstehenden Mittelpfette zu erwarten.

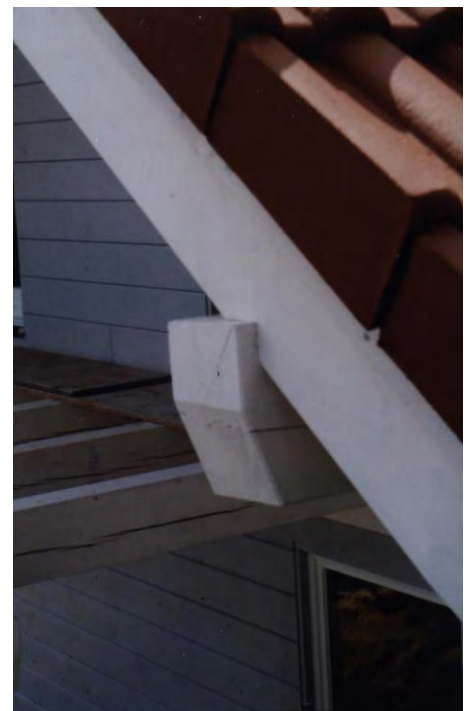
Bild 6.3-10
Verwittertes Stirnholz durch fehlende
Abdeckung



Bild 6.3-11
Fäulnis im Stirnholz der Treppenwange, durch oberseitigen Riß
noch gefördert [Foto: Trübswetter]



Bild 6.3-12
Absehbare Schäden durch überstehendes
Stirnholz [Foto: Trübswetter]



Bodenabstand
 $\geq 30 \text{ cm}$

In *Bild 6.3-1* wurde bereits angedeutet, daß eine Feuchtebeanspruchung nicht nur durch 'Wasser von oben', sondern auch durch Spritzwasser (von unten) auftreten kann. Zum Schutz des Holzes gegen Spritzwasser ist ein ausreichender Abstand der Holzbauteile zum Boden bzw. zur 'reflektierenden' Ebene erforderlich. In der Literatur wird hierzu übereinstimmend ein Maß von mindestens 30 cm genannt (vgl. **Bild 6.3-13 und -14**).

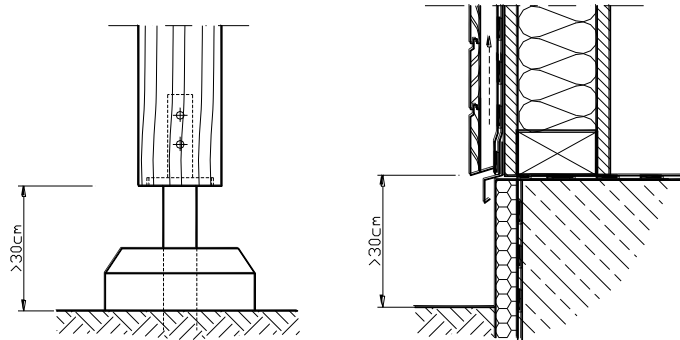


Bild 6.3-13

Schutz gegen Spritzwasser durch ausreichenden Bodenabstand



Bild 6.3-14

Stütze mit Bodenabstand [Foto: Trübswetter]

In **Bild 6.3-15 bis –18** sind einige Beispiele dargestellt, bei denen dieser Grundsatz nicht eingehalten wurde.



Bild 6.3-15

Verfauter Stützenfuß durch nicht ausreichenden Bodenabstand [Foto: Steinmetz]

Bild 6.3-16
Stütze ohne Bodenabstand [Foto: Schmidt]



Bild 6.3-17
Eingegrabener Stützenfuß
[Foto: Steinmetz]



Bild 6.3-18
Verwitterte BFU-Fassadenplatten
durch Spritzwasser [Foto: VHT]



6.3.4 Vermeidung von stehendem Wasser

[Schadensbeispiele: 6-07 / 6-08 / 6-09 / 6-11 / 6-12 / 6-13 / 6-15]

Schnelles Ableiten von Wasser

Sind Holzbauteile den Niederschlägen direkt ausgesetzt, so ist sicherzustellen, daß das Wasser möglichst schnell und ungehindert ablaufen kann. Stehendes Wasser ist in jedem Fall zu vermeiden, weil mit der damit verbundenen längerfristigen Feuchtebeanspruchung Pilzbefall und Fäulnis nur eine Frage der Zeit sind.

Tropfkanten

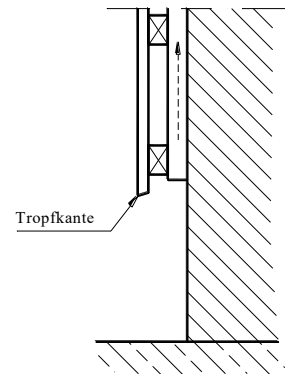


Bild 6.3-19

Ausbildung von Tropfkanten bei lotrechten Bauteilen

Die oberen Stirnflächen von lotrechten Bauteilen sind - wie im vorigen Abschnitt bereits beschrieben - durch Abdeckungen zu schützen.

Risse

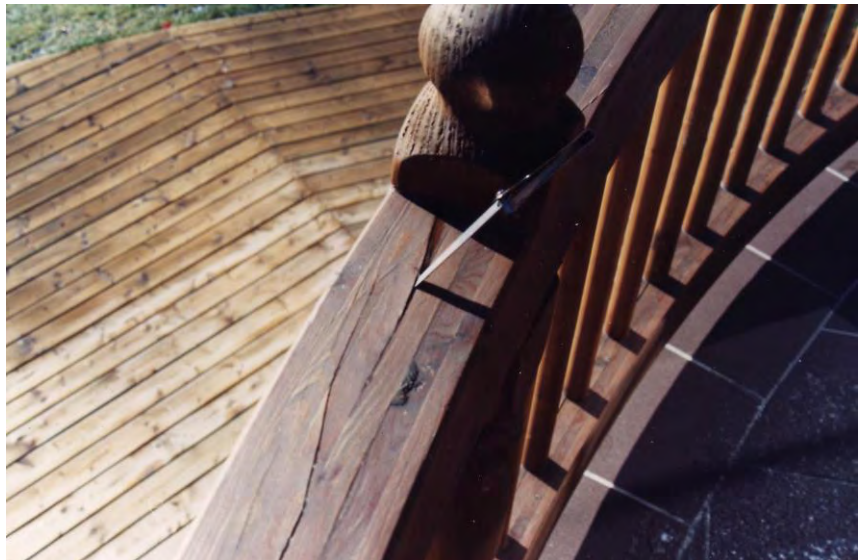
Bei waagerechten Bauteilen (z.B. Riegel, Zangen, Geländer) ist die Gefahr von stehendem Wasser naturgemäß am größten. Insbesondere bei Hölzern mit oberseitigen Trockenrissen kann Wasser in tiefergelegene, ungeschützte Bereiche des Querschnittes eindringen, so daß Schäden geradezu vorprogrammiert sind (vgl. **Bild 6.3-20 und -21**).



Bild 6.3-20

Doppelte Gefährdung: bewittertes Stirnholz und oberseitige Risse
[Foto: Gockel]

Bild 6.3-21
Fäulnisgefahr durch oberseitige Risse [Foto: Frech]

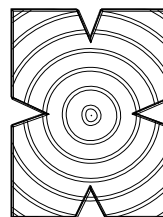


Zweistieliger
Einschnitt

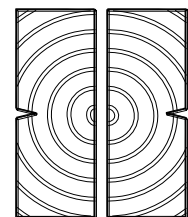
Hölzer zweistielig
Rissen deutlich ge
stieligen Einschnitt
wird. Die Einschni

Wie in *Abschn. 2.1.4* bereits beschrieben, ist bei einstielig eingeschnittenen Hölzern (sog. 'Ganzhölzer') die Reißgefahr am größten. Werden die

Bild 6.3-22
Geringere Reißbildung an der Oberseite durch zweistieligen Einschnitt



einstielig



zweistielig

Größere
Querschnitte:
Brettschichtholz

'von Haus aus' eine geringere Reißanfälligkeit aufweist.

Bei größeren Querschnitten (ab etwa 10/20 cm) sind aber auch bei zweistielig eingeschnittenen Hölzern Risse an der Oberseite kaum zu vermeiden. Hier wird die Verwendung von Brettschichtholz empfohlen, das

Abdeckung

Den sichersten Schutz der Bauteile stellt aber auch hier eine Abdeckung der gefährdeten Bereiche dar (siehe vorigen Abschnitt). Dies sollte bei waagerechten tragenden Bauteilen **immer** vorgenommen werden.

Aber nicht nur oberseitige Risse können die Dauerhaftigkeit beeinträchtigen, sondern auch seitliche. In **Bild 6.3-23** ist ein nicht abgedeckter Brettschichtholzträger dargestellt, bei dem Wasser in seitliche Risse eingedrungen ist und zu Pilzbefall geführt hat.



Bild 6.3-23

Seitliche Risse und Pilzbefall

[Foto: FMFA]

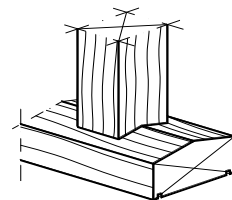
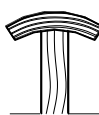
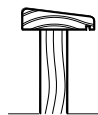
Nur untergeordnete Holzbauteile, wie Handläufe mit kleinen Querschnitten aus Halb- oder Viertelhölzern dürfen unabgedeckt eingesetzt werden, wobei hier der Einsatz resistenter Holzarten anzuraten ist.

Abschrägung
Tropfnasen

Ist dies nicht gewünscht oder aus verschiedenen Gründen nicht möglich, so sollten die Oberseiten der waagerechten Bauteile zumindest abgeschrägt oder abgerundet werden, um ein Abfließen des Niederschlagswassers zu ermöglichen. An der Unterseite sind wiederum Tropfkanten bzw. Tropfnasen vorzusehen. In **Bild 6.3-24** sind einige Ausführungsbeispiele dargestellt.

Bild 6.3-24

Ablaufen des Wassers durch Abschrägen der Oberfläche und Ausbildung von Tropfnasen



In **Bild 6.3-25** ist ein nicht abgeschrägtes Fenster-Rahmenholz dargestellt, bei dem infolge des stehenden Wassers mit Schäden zu rechnen ist.



Bild 6.3-25

Absehbare Schäden durch stehendes Wasser (nicht abgeschrägtes Rahmenholz) [Foto: FMFA]

Fenster-Sohlbank

Fenster-Sohlbänke sind so zu planen, daß im Bereich der seitlichen Aufkantungen kein Wasser eindringen kann. Hier sind schuppenartige Überlappungen vorzusehen. In **Bild 6.3-26** ist ein Fall dargestellt, bei dem diese Überlappung mangelhaft ausgeführt wurde.



Bild 6.3-26 undichte Fenster-Sohlbank im Eckbereich
[Foto: Schmidt]

In **Bild 6.3-27 und -28** sind zwei Varianten ohne seitliche Aufkantungen dargestellt. Hier sind Schäden vorprogrammiert.



Bild 6.3-27 Fenster-Sohlbank ohne seitliche Aufkantung
[Foto: Schmidt]



Bild 6.3-28 Fenster-Sohlbank ohne seitliche Aufkantung

Überlappungen

Ähnliche Verhältnisse liegen beim Dachrinnen-Anschluß in **Bild 6.3-29** vor. Hier wurde das Blech nicht hinter die Fassade geführt, so daß Wasser hinter das Blech laufen kann (keine schuppenförmige Überlappung).

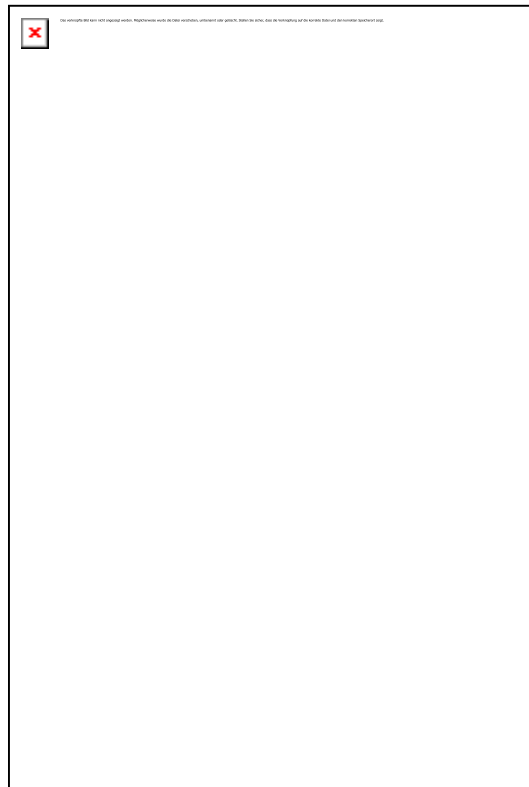


Bild 6.3-29

Undichter Dachrinnen-Anschluß durch nicht gegebene Überlappung

Der in **Bild 6.3-30** dargestellte umlaufende Einschnitt der Hängestäbe wurde aus architektonischen Gründen angeordnet. Ablaufendes Wasser blieb in diesen Rillen stehen und drang in das Stirnholz ein. Mit der Zeit faulte das untere Teil ab.



Bild 6.3-30

Abgefaultes Holz durch stehen-des Wasser im umlaufenden Einschnitt
[Foto: Trübswetter]

Geländersprossen

Eine typische Gefahrenstelle für Fäulnis und Pilzbefall ist die Einbindung von Geländersprossen in den unteren Holm. Durch Schwind- und Quellverformungen der Bauteile kommt es hier zu Rissen und Fugen, in die das Wasser eindringen kann. In **Bild 6.3-31 und 32** sind einige Beispiele dargestellt.



Bild 6.3-31
Pilzbefall im Bereich der Sprosseneinbindung
[Foto: Trübswetter]



Bild 6.3-32
Morsches Holz im Bereich der Sprosseneinbindung
[Foto: Trübswetter]

Gleiches gilt für aufgeständerte Bauteile im allgemeinen. Hier kommt neben der Gefahr von stehendem Wasser zusätzlich noch die Gefahr der Kapillarleitung hinzu: Wasser wird regelrecht in vorhandene Fugen und Risse eingesogen (siehe auch nächsten Abschnitt). In **Bild 6.3-33** ist ein Negativ-Beispiel dargestellt.



Bild 6.3-33

Unvermeidbarer Schaden durch direkt aufgeständerte Stütze [Foto: Gockel]

Noch kritischer sind direkt einbetonierte Stützen (vgl. **Bild 6.3-34**). Hier dringt Wasser über unvermeidbare Risse und Fugen in den einbetonierten Bereich ein, von wo es nur sehr langsam wieder entweichen kann. Selbst kesseldruckimprägniertes Holz kann einer solch massiven Feuchtebeanspruchung nur eine begrenzte Zeit standhalten.



Bild 6.3-34

Unvermeidbare Schäden durch Einbetonieren der Stütze [Foto: Gockel]

Verbindungen,
Anschlüsse

Neben dem Schutz der Bauteile selbst ist selbstverständlich auch der Schutz der Verbindungs- und Anschlußpunkte sicherzustellen. Diese erweisen sich oftmals als besonders kritisch, weil

- das dort vorhandene Stirnholz besonders wasseraufnahmefähig ist, und
- nachträgliche Einschnitte jeder Art (z.B. Bohrungen) die Gefahr von Wasseransammlungen beinhalten.

Innenliegende
Stahlteile
Abschrägen
Abdecken

Zur Vermeidung von Schäden im Bereich von Verbindungen und Anschluß-
punkten können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

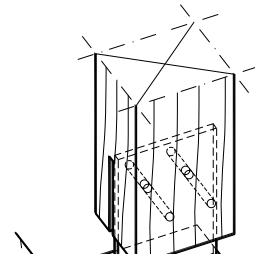
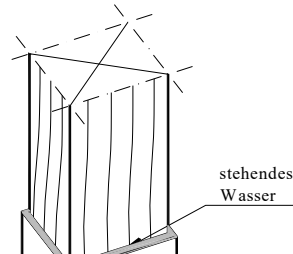


Bild 6.3-35a
Schutz des Holzes durch
innenliegende Stahlteile

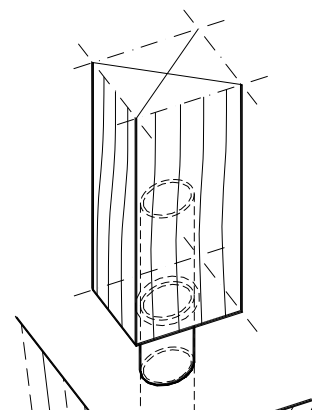
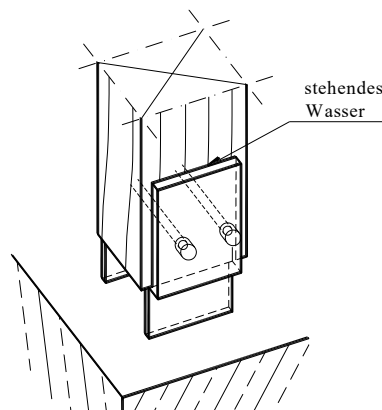


Bild 6.3-35b
Schutz des Holzes durch
innenliegende Stahlteile

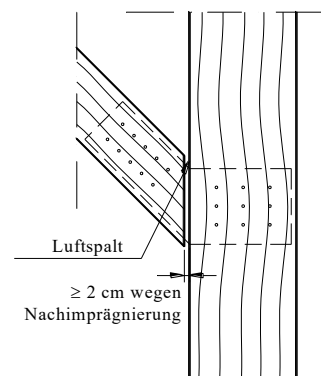
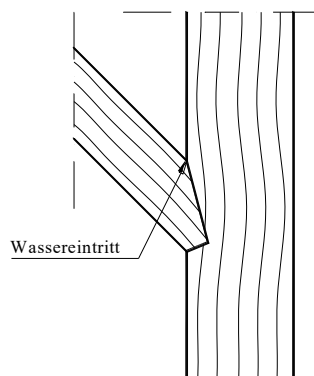


Bild 6.3-35c
Schutz des Holzes durch
innenliegende Stahlteile

schlecht

richtig

Bild 6.3-36

Schutz des Holzes
durch abgeschrägte
Oberflächen und
Ablauflöchern

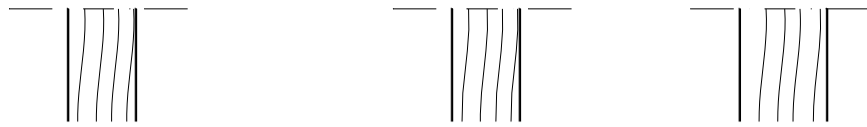
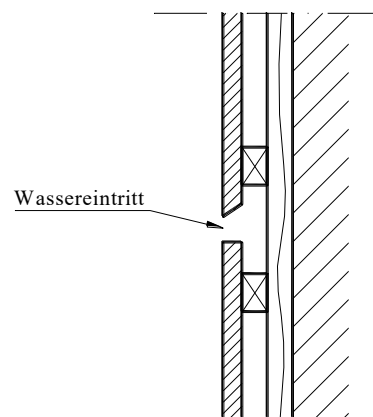
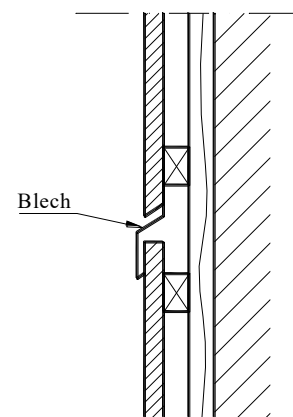


Bild 6.3-37a

Schutz des Holzes durch
Abdeckungen



falsch



richtig

Bild 6.3-37b

Schutz des Holzes durch
Abdeckungen

Sind solche Detailkonstruktionen nicht erwünscht, so hilft auf Dauer nur eine großzügige Überdachung.

Fassaden

Die gleichen Grundsätze gelten selbstverständlich auch für waagerechten Schalungen, die zwar keine tragenden Bauteile darstellen, die aber angesichts ihrer Bedeutung trotzdem hier aufgeführt werden. Neben der Anordnung von Tropfkanten ist hier zusätzlich darauf zu achten, daß die Feder nach oben in die Nut greift, damit sich in der Nut kein Wasser ansammeln kann (Nut als Dach). In **Bild 6.3-38** sind Beispiele von falschen und richtigen Ausführungen dargestellt.

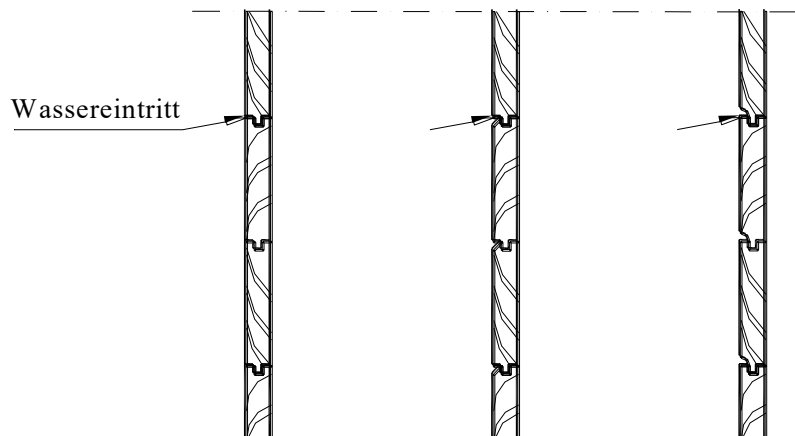


Bild 6.3-38a
Falsche Ausführungen von waagerechten Schalungen

falsch: Nut als Wasserrinne

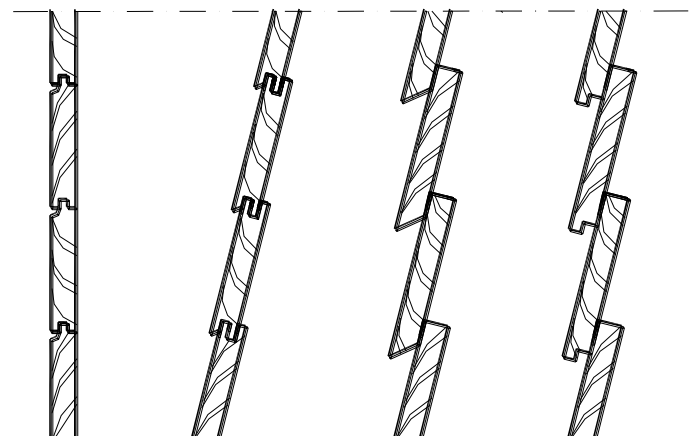


Bild 6.3-38b
Richtige Ausführungen von waagerechten Schalungen

richtig: Tropfkanten und obenliegende Nut

6.3.5 Schutz gegen Feuchteleitung (Kapillarleitung)

[Schadensbeispiele: 6-06 / 6-07 / 6-08 / 6-09 / 6-15]

Kapillarwirkung

Bei kleinen Rissen und Fugen besteht die Gefahr der Feuchteleitung infolge von Kapillarwirkung: Wasser wird durch die vorhandenen Oberflächenspannungen regelrecht eingesogen. Besonders gefährlich ist dies in Verbindung mit lang anhaltender Feuchtebeanspruchung (stehendes Wasser) im Bereich des Stirnholzes.

Stirnholz

In **Bild 6.3-39** ist ein verfaulter Hängestab mit unterer Abdeckung dargestellt. Im Bereich des Überstandes bildete sich stehendes Wasser, das in die Fuge zwischen Stab und Abdeckung eindrang und dort vom Stirnholz aufgenommen wurde.

Bild 6.3-39

Verfauter Hängestab durch
untere überstehende
Abdeckung [Foto: Frech]



In **Bild 6.3-40** ist ein verwittertes Geländer mit oberem Abdeckbrett dargestellt. Hier drang ablaufendes Wasser zum einen direkt in das Stirnholz und zum andern über die Fuge zwischen Geländerholm und Abdeckbrett ein.



Bild 6.3-40

Verfaultes Geländer mit Abdeckbrett [Foto: Trübswetter]

Stöße: Stirnholz

Weitere
Problembe-

reiche bilden Stöße von horizontalen Bauteilen, bei denen Wasser über die Stoßfugen in das Stirnholz der Bauteile eindringen kann. In **Bild 6.3-41 bis –43** sind einige Schadensfälle dargestellt.

Bild 6.3-41

Morsche Schwelle: Wasser trat über Stoßfuge der Schwelle zum Geländerholms Stirnholz ein [Foto: Trübswetter]



Bild 6.3-42
 Absehbarer Schaden: offene
 Stoßfuge
 [Foto: Macha]



Bild 6.3-43
 Fäulnis durch stehendes Wasser
 und Kapillarleitung bei Gehrung
 der Geländerbretter und Durch-
 dringung der Stütze
 [Foto: Trübswetter]



„Luftige“ Fugen

Im Bereich von Anschlüssen und Stoßstellen ist darauf zu achten, daß ein ausreichender Abstand zwischen den Bauteilen vorhanden ist. Diese Fugen sind so zu planen, daß

- keine Wasseraufnahme über Kapillarwirkung stattfindet,
- eine schnelle Austrocknung des Holzes durch Luftzirkulation stattfinden kann und
- Schmutzansammlungen vermieden bzw. leicht entfernt werden können.

Um dies sicherzustellen, sind Fugen in der Größenordnung von mindestens 1 cm (besser: 2 cm) vorzusehen. Beispiele hierzu sind in **Bild 6.3-44 bis -47** dargestellt.



Bild 6.3-44
„Luftige“ Ausführ
Trübswetter]

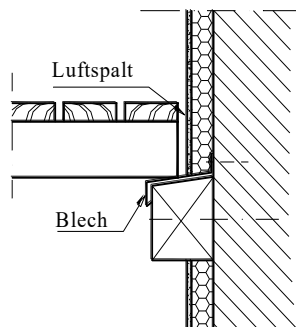


Bild 6.3-45
Anschluß Balkon -
ßenwand

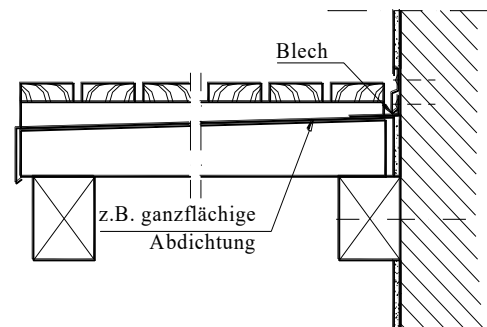


Bild 6.3-46
Absehbarer Schaden durch Schmutzansammlung in
zu kleiner Fuge [Foto: Gockel]



Distanzhülsen

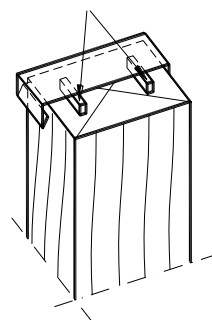


Bild 6.3-47

„Luftig“ ausgeführte Blechabdeckung

Auch wenn Holzbauteile mit feuchten Baustoffen (Mauerwerk, Beton) in Kontakt stehen, so besteht die Gefährdung. Daher ist die wirkungsvollste Lösung eine Sperrschicht (z. B. Bitumenbahn).

Typische Beispiele sind die Außenwandbohlen im Mauerwerk und 6.2.9 behandelt.

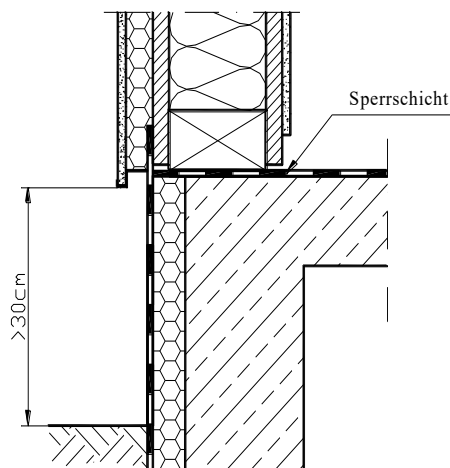


Bild 6.3-48

Außenwand – Fußpunkt

6.3.6 Mögliche

Bewitterte Außenbauteile sind nach DIN 68800-3 zunächst in die GK 3 einzustufen.

Wetterschutz GK2

Nach DIN 68800-3 dürfen Außenbauteile, die durch einen ausreichenden Wetterschutz vor unzuträglicher Feuchtebeanspruchung geschützt sind, in die GK 2 eingestuft werden.

Kein Pilzbefall: GK1

Gelingt es, die Gefährdung eines Pilzbefalls auszuschließen, so ist eine Einstufung in GK 1 möglich. Mit der Verwendung von Farb-Kernhölzern mit einem Splintanteil von höchstens 10% ist die GK 0* möglich.

Keine Insekten
GK 0

Kann eine Gefährdung durch Insektenbefall ausgeschlossen werden, so ist eine direkte Einstufung in GK 0 möglich.

Die Kriterien zur Einstufung in niedrigere Gefährdungsklassen als GK 3 sind in **Bild 6.3-49** nochmals dargestellt (siehe auch *Bild 6.2-1*).

Vorschläge, wie diese Kriterien erfüllt werden können, werden in [SCHULZE 1997] gemacht. Hierbei handelt es sich um Vorschläge, deren allgemeine Bewährung zwar noch nicht nachgewiesen ist, deren Eignung aufgrund der in anderen Bereichen gewonnenen Erfahrungen jedoch als sehr wahrscheinlich einzustufen ist. Diese Vorschläge werden nachfolgend beschrieben.

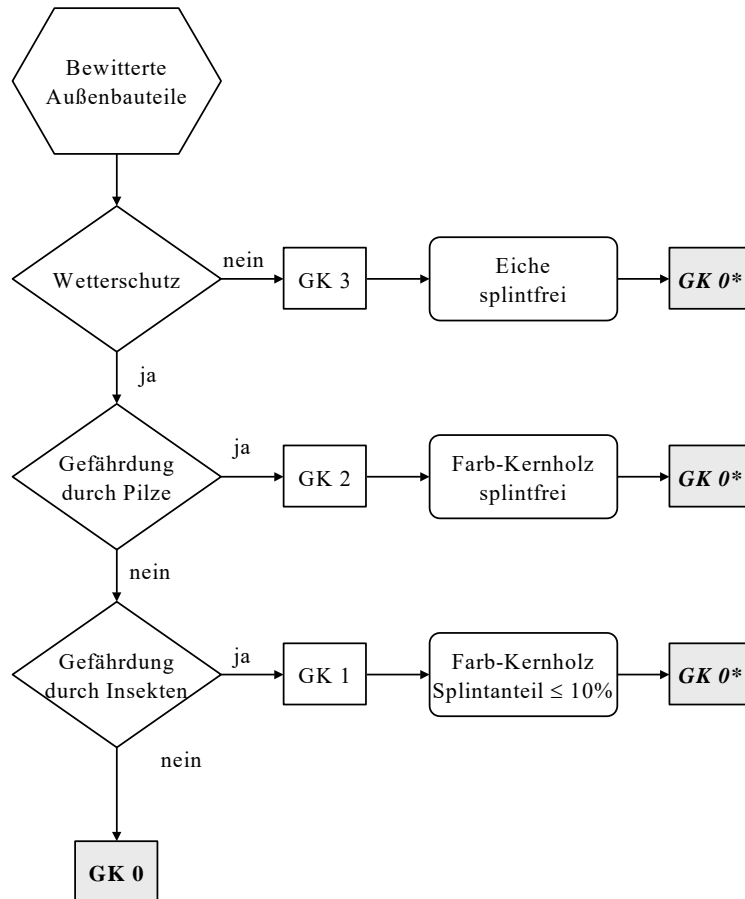


Bild 6.3-49
Kriterien zur Reduzierung der Gefährdungsklasse bei bewitterten Bauteilen (GK0*: siehe Abschn. 6.1.4)

Wetterschutz

oberseitige Abdeckung
mit Überstand

Ein ausreichender Schlagregenschutz kann allein durch eine oberseitige

über einem Reg
Abschn. 6.3.3).

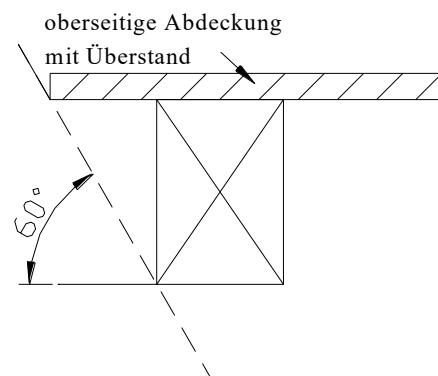


Bild 6.3-50
Ausreichender Wetterschutz durch oberseitige Abdeckung mit Überstand

direkte Bekleidung

Durch eine oberseitige und seitliche Bekleidung einzelner Bauteile (z.B. durch Bretterschalung und/oder Blech) kann der Wetterschutz ebenfalls erreicht werden. Je nach Ausführung der Bekleidungen kann darüber hinaus auch eine Gefährdung durch Pilzbefall ausgeschlossen werden.

Keine Gefährdung durch Pilzbefall

Pilzbefall tritt auf, wenn Holz über einen längeren Zeitraum einer hohen Feuchtebeanspruchung ausgesetzt ist. Werden Außenbauteile vor Schlagregen ausreichend geschützt, so ist zu klären, ob anderweitige Feuchtebeanspruchungen auftreten können. Bei Außenwänden und Dächern z.B., kann dies durch Dampfdiffusion und –konvektion der Fall sein. Bei Außen-

Luftumspülung

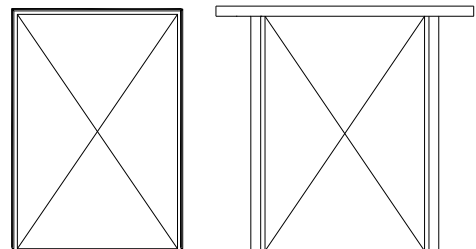
bauteilen, wie sie hier behandelt werden, tritt eine solche Feuchtebeanspruchung jedoch nicht auf, sofern die Bauteile ausreichend luftumspült sind. Ist dies der Fall, so kann die kritische Holzfeuchte von $u > 30\%$ selbst bei einer relativen Luftfeuchte von nahezu 100% nicht erreicht werden. Somit kann mit einem geeigneten Wetterschutz „automatisch“ eine Gefährdung durch Pilzbefall ausgeschlossen werden. Bei der in *Bild 6.3-50* dargestellten Überdachung besteht somit keine Gefahr durch Pilzbefall.

Abzuraten ist allerdings von direkt anliegenden Bekleidungen, wie sie in **Bild 6.3-51** dargestellt sind:

- bei Blechabdeckungen kann bei instationären Klimabedingungen Tauwasser im Grenzbereich zwischen Holz und Blech anfallen, das wegen der nahezu dampfdichten Eigenschaft des Bleches nur sehr schwer wieder entweichen kann;
- gleiches gilt für Abdeckungen/Bekleidungen mit Holzwerkstoffen oder dgl., auch wenn die mögliche Gefährdung sicherlich etwas schwächer einzustufen ist;
- durch Schwind- und Quellverformungen der Holzbauteile ist ein bleibender direkter Kontakt nicht zu gewährleisten, so daß zwangsläufig Fugen auftreten. In diese Fugen kann Luft eindringen, die als Kondenswasser ausfallen kann. Auch bietet sich den Insekten die Möglichkeit unbemerkt einzudringen.

Bild 6.3-51

Direkt anliegende Bekleidungen: Gefährdung durch Tauwasser und Pilzbefall nicht ausgeschlossen



Keine Gefährdung durch Insekten

Eine Gefährdung durch Insektenbefall kann – wie in *Abschn. 6.1.4* bereits beschrieben – ausgeschlossen werden, wenn

- die Bauteile für Insekten unzugänglich sind oder
- die Holzteile einsehbar sind, so daß ein Befall frühzeitig erkannt und geeignete Maßnahmen ergriffen werden können.

Da eine direkt anliegende Bekleidung aus feuchteschutztechnischen Gründen ausscheidet, bietet sich die Abdeckung der Holzteile mit einer Zwischenlage (Folie/Pappe) an. Diese Zwischenlagen müssen aus extrem diffusionsoffenen Materialien bestehen ($s_d \leq 0,02 \text{ m}$), da diese die Wiederabgabe von außerplanmäßiger Feuchte am schnellsten ermöglichen.

In **Bild 6.3-52 bis -55** sind einige Beispiele von Außenbauteilen und die zugehörige Möglichkeit der Einstufung in eine geringere Gefährdungsklasse als GK 3 dargestellt.

- ✓ Wetterschutz durch Abdeckung
- ✓ Keine Gefährdung durch Pilze: luftumspült
- ✓ keine Gefährdung durch Insekten: von drei Seiten einsehbar

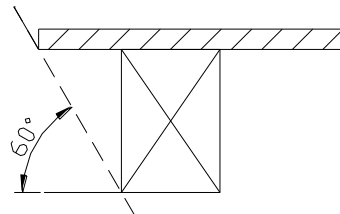


Bild 6.3-52

- ✓ Wetterschutz durch Abdeckung
- ✓ Keine Gefährdung durch Pilze: luftumspült
- ✓ keine Gefährdung durch Insekten: von drei Seiten einsehbar

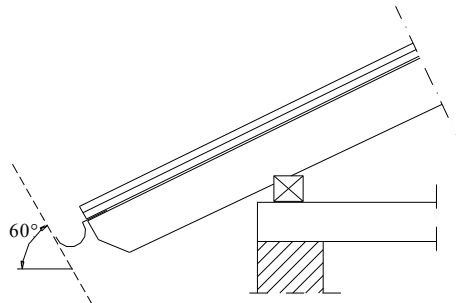


Bild 6.3-53 Sparren in GK 0 Prinzipskizze nach [SCHULZE 1997]

- ✓ Wetterschutz durch Bretterschalung (links) oder luftige Bekleidung (rechts)
- ✓ Keine Gefährdung durch Pilze: luftumspült
- Gefährdung durch Insekten: zugänglich und nur von unten einsehbar

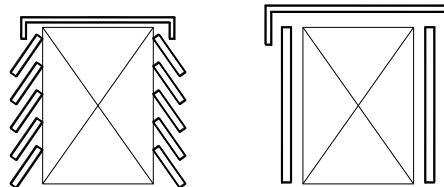


Bild 6.3-54 Balken in GK 1, bei Farb-Kernholz mit Splintanteil $\leq 10\%$ GK 0 Prinzipskizze nach [SCHULZE 1997]

- ✓ Wetterschutz durch Bretterschalung (links) oder luftige Bekleidung (rechts)
- ✓ Keine Gefährdung durch Pilze: luftumspült
- ✓ Keine Gefährdung durch Insekten: von unten einsehbar und Abdeckung mit extrem diffusionsoffener Folie/Pappe

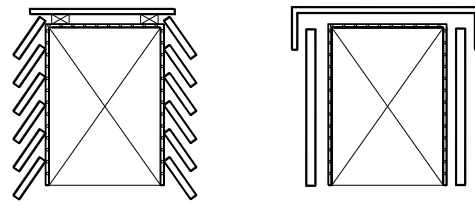


Bild 6.3-55 Balken in GK 0 Prinzipskizze nach [SCHULZE 1997]

Noch nicht bewährt

Es wird dabei nochmals darauf hingewiesen, daß die hier gemachten Ausführungen (noch) nicht durch Normen o.ä. abgesichert sind. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß die aufgezeigten Maßnahmen die Grundprinzipien eines guten Holzschutzes

- Holz trocken halten, und
- Insekten fernhalten bzw. Befall kontrollieren

beachten, so daß die Dauerhaftigkeit der Holzbauteile sichergestellt sein dürfte.

6.4 Anstriche und Beschichtungen

6.4.1 Allgemeines

In den bisherigen Abschnitten wurde beschrieben, mit welchen baulichen Maßnahmen Holz geschützt werden kann. Hierbei stand der Schutz von tragenden Bauteilen vor Verlust der Tragfähigkeit oder Funktionstüchtigkeit durch Insekten- und Pilzbefall im Vordergrund.

In diesem Abschnitt werden Maßnahmen zum Schutz der Oberfläche von Holzbauteilen behandelt.

Oberflächenschutz

Beim Oberflächenschutz kann unterschieden werden zwischen:

- Oberflächenbehandlung von Bauteilen im Innenbereich,
- zeitlich begrenzter Schutz (auch von tragenden Teilen) gegen Witterungseinflüsse (temporärer Holzschutz),
- dauerhafter Wetterschutz mittels Lasuren, Lacken/Farben ohne biozide Wirkstoffe,
- dauerhafter Wetterschutz mittels Lasuren, Lacken/Farben in Kombination mit bioziden Wirkstoffen.

Holzveredelung

Bei tragenden Bauteilen der GK 0 und Holzbauteilen für den Ausbau im Innenbereich ist die Verwendung von Anstrich- oder Beschichtungstoffen mit bioziden Wirkstoffen gegen holzerstörende Organismen weder erforderlich noch zulässig. Die hier durchgeführte Oberflächenbehandlung dient ausschließlich einer Holzveredelung im Hinblick auf ein schöneres Aussehen und/oder einer Erleichterung der Pflege. Hierfür gibt es eine Vielzahl von Produkten, die gesundheitlich und biologisch unbedenklich sind, auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen wird.

Nachfolgend werden nur Möglichkeiten zum Schutz von Holzoberflächen gegen Witterungseinflüsse behandelt (Wetterschutz). Holzbauteile im Außenbereich sind folgenden Einflüssen ausgesetzt:

- **Niederschläge**
Niederschläge bewirken erhebliche Feuchteänderungen im Holz, insbesondere an der Oberfläche bzw. den oberflächennahen Querschnittsbereichen. Bedingt durch das Schwinden und Quellen treten feine Risse auf, die sich mit der Zeit vergrößern, so daß die Niederschläge auch in tiefer gelegene Bereiche eindringen können. Aus diesen Bereichen kann das Wasser nur sehr langsam entweichen, so daß durch die Anreicherung von Wasser über einen längeren Zeitraum die Gefahr von Pilzbefall besteht.
- **Sonneneinstrahlung**
Die Strahlungswärme der Sonne bewirkt eine Erwärmung des Holzes. So treten bei hellen Holzoberflächen Temperaturen bis zu etwa 40°C, bei dunklen Oberflächen bis zu etwa 80°C auf. Die ungleichmäßige Erwärmung (Temperaturgefälle von außen nach innen), die Temperaturschwankungen und die damit verbundenen Feuchteschwankungen im Holz fördern die Rißbildung und die damit verbundenen Gefährdungen.
- **UV - Strahlung**
UV - Strahlen bauen das Lignin des Holzes fotochemisch zu einem wasserlöslichen Stoff um und verfärben das Holz (Vergrauung). Werden die wasserlöslichen Stoffe vom Regen ausgewaschen, so nimmt das Holz mit der Zeit ein waschbrettartiges Aussehen an, weil das weichere Frühholz schneller ausgewaschen wird als das härtere Spätholz.

In **Bild 6.4-1** sind unbehandelte Balkonbretter nach einigen Jahren Witterungseinflüssen dargestellt. Deutlich zu erkennen ist die stärkere Vergrauung auf der Wetterseite.



Bild 6.4-1

Folgen von Bewitterungseinflüssen bei unbehandelten Balkonbrettern

[Foto: Trübswetter]

Zum Schutz des Holzes gegen diese Witterungseinflüsse werden meist Anstriche und Beschichtungen eingesetzt, die das Eindringen von Wasser in flüssiger oder tropfenförmiger Form verhindern sollen (physikalischer Holzschutz).

Zusammensetzung

Die Anstrich- und Beschichtungsstoffe setzen sich vornehmlich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- **Lösungsmittel**

Die organischen Lösemittel halten die übrigen Komponenten flüssig und somit streichfähig. Nach dem Auftrag auf die Holzoberfläche verdunsten die Lösemittel, während die anderen Bestandteile als Festkörper zurückbleiben und den Beschichtungsfilm bilden.

Seit einigen Jahren kommen zunehmend wasserverdünnbare Beschichtungssysteme auf den Markt, die einen deutlich geringeren Lösemittelanteil besitzen (ca. 5 - 25 %). Produkte mit Lösemittelanteilen bis zu 10% erhalten das Umweltzeichen (Blauer Engel).

- **Bindemittel**

Die Bindemittel sorgen dafür, daß die Beschichtung einen geschlossenen Film bildet. Als Bindemittel kommen meist Kunstharze zum Einsatz. Im Zuge der zunehmenden Umstellung auf wasserverdünnbare Beschichtungssysteme werden fast nur noch Alkyd- oder Acrylharze verwendet.

- **Pigmente**

Die Aufgabe der Farbanteile besteht darin, die UV-Strahlung zu reflektieren, um so das Holz vor einer Vergrauung zu schützen.

deckend / nicht deckend

Je nach Zusammensetzung der Beschichtungssysteme bildet sich ein deckender oder ein nicht deckender Film aus. Bei deckenden Anstrichen ist die Holzstruktur nicht mehr erkennbar, während nicht deckende Anstriche den Untergrund durchscheinen lassen.

Bei den Anstrich- und Beschichtungssystemen unterscheidet man zwischen Lasuren und Lacken/Farben, die in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben werden.

6.4.2 Lasuren

[Schadensbeispiele: 6-08]

Lasuren sind zwar meist farbig, aufgrund des verhältnismäßig geringen Pigmentanteiles jedoch bleibt die Holzstruktur sichtbar, so daß der natürliche Charakter der Holzoberfläche erhalten bleibt (nicht deckender Anstrich).

Man unterscheidet zwischen Dünnschichtlasuren und Dickschichtlasuren.

Dünnschichtlasuren

Dünnschichtlasuren weisen einen geringen Bindemittelgehalt auf, sind somit niedrig viskos und dringen daher gut in die Holzoberfläche ein. Sie bilden einen dünnen Film, der gut wasserdampfdurchlässig ist. Dieser offenporige Anstrich ermöglicht es dem Holz, seine Feuchte an das Umgebungsklima anzupassen. Damit verbunden ist allerdings auch das 'Arbeiten' des Holzes, d.h. die Schwind- und Quellverformungen. Dünnschichtlasuren eignen sich somit nicht für Bauteile mit hohen Anforderungen an die Maßhaltigkeit (z.B. Fenster).

Bei nicht maßhaltigen Bauteilen hingegen, wie z.B. Fassaden, kommen Dünnschichtlasuren häufig zum Einsatz, nicht zuletzt deshalb, weil sie im Vergleich zu den anderen Beschichtungssystemen billiger sind.

Dünnschichtlasuren neigen kaum zum Abblättern oder Abplatzen, so daß bei Nachbehandlungen keine alten Schichten durch Abbeizen oder Abschleifen zu entfernen sind. Dies stellt bei den Pflegemaßnahmen eine wesentliche Erleichterung dar.

Zu beachten ist allerdings, daß die Anstriche durch die Witterungseinflüsse verhältnismäßig schnell abgebaut werden, so daß die erforderlichen Pflegeintervalle auf etwa 2 Jahre verkürzt werden können.

Dickschichtlasuren

Dickschichtlasuren haben einen höheren Bindemittelgehalt als Dünnschichtlasuren und bilden daher einen dickeren Anstrichfilm auf dem Holz. Dies bewirkt, daß der Film undurchlässiger für Wasser und Wasserdampf ist. Dickschichtlasuren reduzieren somit den Feuchteausgleich im Holz und somit auch die damit verbundenen Formänderungen. Sie eignen sich daher auch für maßhaltige Bauteile, wie z.B. Fenster, Türen oder Wintergartenelemente.

Bei Dickschichtlasuren können im Gegensatz zu den Dünnschichtlasuren durchaus Risse und Abplatzungen auftreten, so daß hier die Pflegearbeiten aufwendiger ausfallen (z.B. Abschleifen). Dafür sind die Pflegeintervalle z.T. deutlich größer (2 bis 6 Jahre).

6.4.3 Farben, Lacke

[Schadensbeispiele: 6-08]

Farben

Farben sind meist Kunststofffarben auf wäßriger Basis mit Pigmenten, die lasierende oder deckende Anstriche ergeben. Für Holz gibt es spezielle Dispersionsfarben, die besonders elastisch sind und keine dampfdichten Filmschichten bilden. Sie platzen daher - ähnlich wie Dünnschichtlasuren - auch nicht ab.

Kunstharzlacke

Lacke weisen einen relativ hohen Bindemittelanteil (Kunstharze) und meist auch sehr hohe Pigmentanteile auf (Lackfarben für deckende Anstriche). Lacke ohne Pigmente werden Klarlacke genannt, sie sind aber für den Schutz von Holz im Außenbereich ungeeignet (siehe auch Abschn. 6.4.4).

Kunstharzlacke bilden einen wasserdampfdichten Film und sind somit auch für maßhaltige Bauteile geeignet.

Die Standzeit der Anstriche ist im Vergleich zu Dickschichtlasuren noch länger, so daß umfangreiche Pflegemaßnahmen nur etwa alle 8 - 10 Jahre erforderlich sind.

Da Lackanstriche aber zu Rissen und Abplatzen neigen, ist es ratsam, regelmäßige Zustandskontrollen und evtl. kleinere Instandhaltungsarbeiten durchzuführen.

Bei Pflegemaßnahmen sind alte und lose Lackreste abzuschleifen und zu entfernen bevor der neue Anstrich aufgetragen wird.

Wasserlacke

Im Zuge der Umweltbestrebungen hat die Lackindustrie in den letzten Jahren große Anstrengungen im Bereich der wasserlöslichen Lacke unternommen. Wasserlacke bestehen zu etwa 50 - 60 % aus Wasser, der Anteil der organischen Lösemittel liegt bei etwas 5 - 15 %.

Im Innenbereich haben sich Wasserlacke bereits seit langem bewährt, im Außenbereich jedoch weisen sie u.a. folgende problematischen Eigenschaften auf:

- Die Dampfdurchlässigkeit ist im Vergleich zu den herkömmlichen Kunstharzlacken größer, so daß auch die feuchtebedingten Formänderungen größer sind.
- Beim Trocknen gibt der Lack Wasser nicht nur an die Außenluft, sondern auch an das Holz ab. Wird das Holz durch Sonneneinstrahlung erwärmt, so entsteht ein Dampfdruck, der durchaus so groß werden kann, daß der Lackfilm dem nicht mehr standhalten kann und abplatzt. Wasserlacke sollten daher nicht auf stark sonnenbeschienenen Bauteilen mit dunkler Oberfläche eingesetzt werden.
- Durch die Wasseraufnahme beim Trocknen des Lackes dehnen sich die Holzbauteile aus (Quellen). Besteht Kontakt mit anderen Holzteilen, so besteht die Gefahr des Verklebens. Trocknet das Holz aus, so entstehen durch das Schwinden Spannungen in der Kontaktfläche, die durchaus zu Rissen/Brüchen im Holz führen können (z.B. Quersugrisse bei Nut- und Federschälungen, wie in **Bild 6.4-2** dargestellt).



Bild 6.4-2
Quersugriß bei
Nut/Federschälung durch Ver-
kleben des Wasserlacks [Foto:
Gockel]

6.4.4 Kombination mit bioziden Wirkstoffen

Beschichtungssysteme werden auch in Kombination mit bioziden Wirkstoffen eingesetzt. Die bioziden Wirkstoffe werden in Form einer meist pigmentfreien Holzschutzgrundierung (Imprägnierung) eingebracht, auf die der eigentliche Wetterschutz aufgetragen wird. Biozide Wirkstoffe gegen holzerstörende Organismen müssen in jedem Fall eine Zulassung des Deutschen Institutes für Bautechnik besitzen (siehe auch *Abschn. 6.5.1*).

Wirkstoffe gegen Bläue- und Schimmelpilze (nicht holzerstörende Pilze) stellen keine Holzschutzmittel im Sinne der bautechnischen Definition dar und müssen daher auch nicht zugelassen sein.

Die Komponenten der Schutzsysteme müssen aufeinander abgestimmt sein, weil die Verwendung von miteinander unverträglichen Stoffen die Schutzwirkung zunichte macht. Hier sind die Herstellerangaben unbedingt zu beachten.

6.4.5 Einflußfaktoren auf die Haltbarkeit

[Schadensbeispiele: 6-07 / 6-08 / 6-14 / 6-15 / 6-17]

Es gibt keinen Wetterschutz, der allen Anforderungen hinsichtlich Schutzwirkung, Dauerhaftigkeit, Pflegeleichtigkeit, Umweltverträglichkeit und Kosten gleichermaßen gerecht wird. Jedes System hat seine 'Daseinsberechtigung', und die Wahl des Wetterschutzes hängt von vielen Faktoren ab, die gegeneinander abzuwägen sind. So macht es durchaus Sinn, bei einem Gebäude mehrere Systeme einzusetzen, je nachdem welche Anforderungen an die Maßhaltigkeit der Bauteile, den gewünschten optischen Eindruck oder die 'Pflegeleichtigkeit' gestellt werden, bzw. welche Witterungseinflüsse vorliegen (Ausrichtung der Holzoberflächen zur Wetterseite).

Nachfolgend sind einige Faktoren aufgeführt, die zu beachten sind und die Auswahl des geeigneten Wetterschutzes beeinflussen können.

Oberflächenbeschaffenheit

Voraussetzung für eine gute Anstrichqualität ist eine glatte, faserarme und staubfreie Oberfläche. Fehlstellen, wie z.B. Ausfalläste, sind zu vermeiden und notfalls auszubübeln. Durch das unterschiedliche Schwind- und Quellverhalten von Dübel und umgebendem Holz bilden Dübel jedoch stets eine potentielle Schadensstelle, insbesondere bei deckenden Anstrichen (**Bild 6.4-3**). Ebenfalls auszubessern sind Stellen mit Harzgallen.

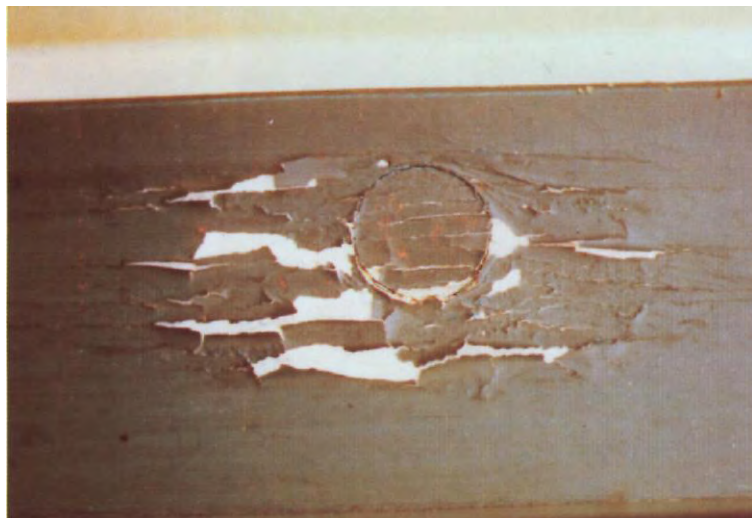


Bild 6.4-3

Anstrichschaden durch Dübel

[Foto: Brasholz]

Bei abstehenden Holzfasern besteht die Gefahr, daß diese die Beschichtung durchstoßen und 'Infektionsbrücken' bilden.

Holzart

Bei harzreichen Hölzern, wie z.B. Douglasie oder Lärche, besteht die Gefahr, daß Harz unter Sonneneinstrahlung flüssig wird und den Anstrichfilm durchbrechen kann (**Bild 6.4-4**). Diese Gefahr ist umso größer, je dunkler der Farbton des Anstriches ist.

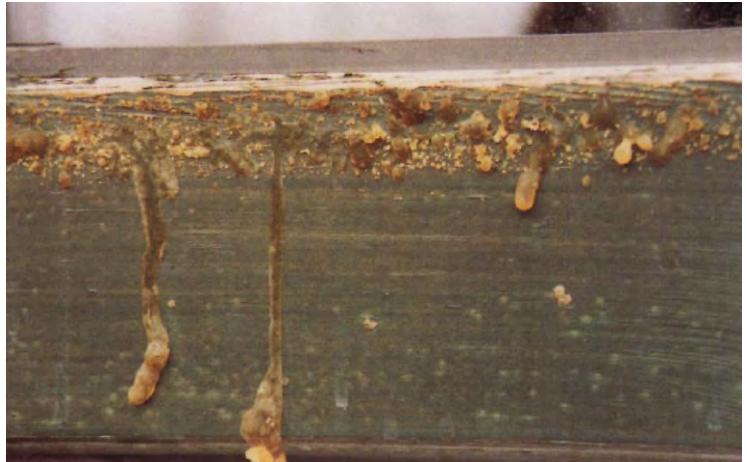


Bild 6.4-4
Starker Harzfluß [Foto: Brasholz]

Bei Hölzern mit hohem Anteil an Inhaltsstoffen (z.B. Eiche, Robinie und viele Tropenhölzer) besteht die Gefahr, daß helle Anstriche durch das sog. 'Ausbluten' verfärbt werden (**Bild 6.4-5**).

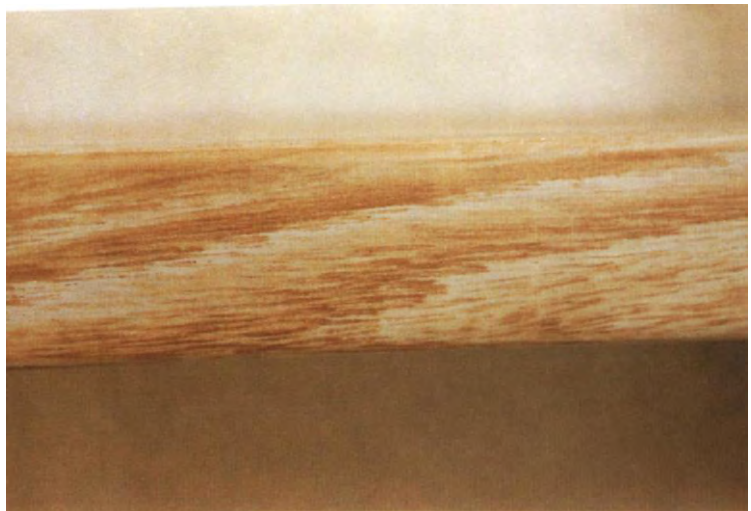


Bild 6.4-5
Starke Verfärbung durch Holzinhaltsstoffe
[Foto: Brasholz]

Bei Hölzern, die zu Bläue neigen, ist bei Lasuranstrichen eine Vorbehandlung mit Bläueschutzgrundierung zu empfehlen, weil sonst die Bläue durch die Lasur durchscheint (**Bild 6.4-6**).



Bild 6.4-6

Sichtbare Bläue durch Lasuranstrich [Foto: Brasholz]

Holzfeuchte

Sind die Anstriche/Beschichtungen dampfdurchlässig (wie z.B. bei Dünnschichtlasuren), so kann das Holz sich an die Umgebungsbedingungen anpassen. Mit diesem Feuchteausgleich verbunden ist das Schwinden und Quellen der Bauteile, die vom aufgetragenen Film schadlos aufgenommen werden müssen. Die Anstriche müssen daher über eine ausreichende Elastizität verfügen (**Bild 6.4-7**).

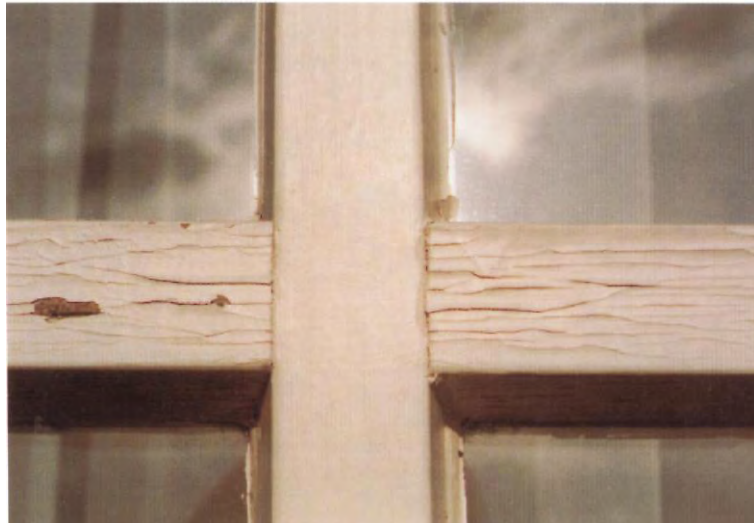


Bild 6.4-7

Rißbildung in deckendem Anstrich durch Schwindverformungen des zu feucht gestrichenen Holzes
[Foto: Brasholz]

Holzfeuchte ca. 13%

Mit dem Ziel, die feuchtebedingten Verformungen möglichst klein zu halten, sollten die Bauteile mit der Holzfeuchte eingebaut und behandelt werden, die auf lange Sicht als Gleichgewichtsfeuchte zu erwarten ist. Nach dem Merkheft 11 'Oberflächenbehandlung von Holz im Außenbereich' der DGfH sollte die Holzfeuchte etwa $(13 \pm 2)\%$ betragen.

Gleiches gilt für Wetterschutzsysteme, die einen dampfundurchlässigeren Film bilden (wie z.B. Dickschichtlasuren und Lacke). Das im Holz gebundene Wasser will unter Sonneneinstrahlung verdunsten, was aber durch den weniger durchlässigen Anstrich verhindert wird.

Dadurch baut sich ein Dampfdruck auf, der durchaus zu Beschädigungen des Anstrichfilms führen kann (Risse, Abplatzen, **Bild 6.4-8**).

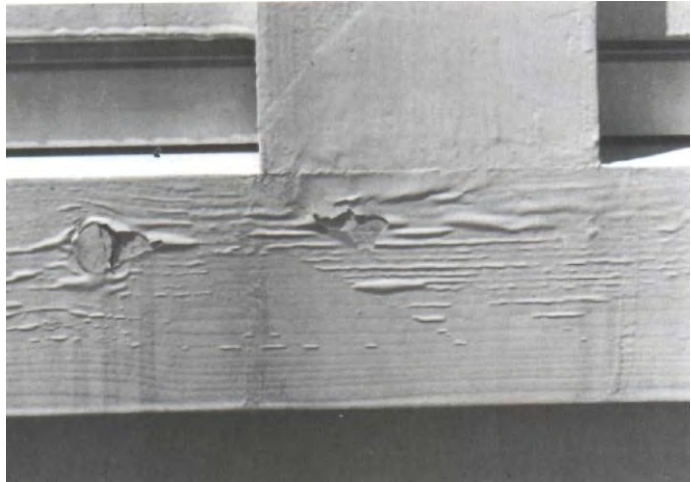


Bild 6.4-8

Blasenbildung und Abplatzen eines deckenden Anstriches durch Austrocknen des zu feucht gestrichenen Holzes [Foto: Brasholz]

Dampfdurchlässigkeit

Wenig dampfdurchlässige Wetterschutzsysteme haben die Aufgabe, die Feuchteaufnahme und -abgabe des Holzes zu verhindern bzw. zu begrenzen. Dies ist besonders bei Bauteilen mit hohen Anforderungen an die Maßhaltigkeit zu empfehlen, da hier Schwind- und Quellverformungen unerwünscht sind.

Die Dampfdichtheit beinhaltet jedoch das Problem, daß unplanmäßig eingedrungenes Wasser (z.B. durch Risse in der Beschichtung oder undichte Anschlüsse) nicht oder nur sehr langsam wieder entweichen kann. Hier besteht die Gefahr von Feuchtenestern, die zu Fäulnis und/oder bei Sonneneinstrahlung zum Abblättern des Films führen können (**Bild 6.4-9**). Regelmäßige Zustandskontrollen und kleinere Instandhaltungsmaßnahmen sind anzuraten.

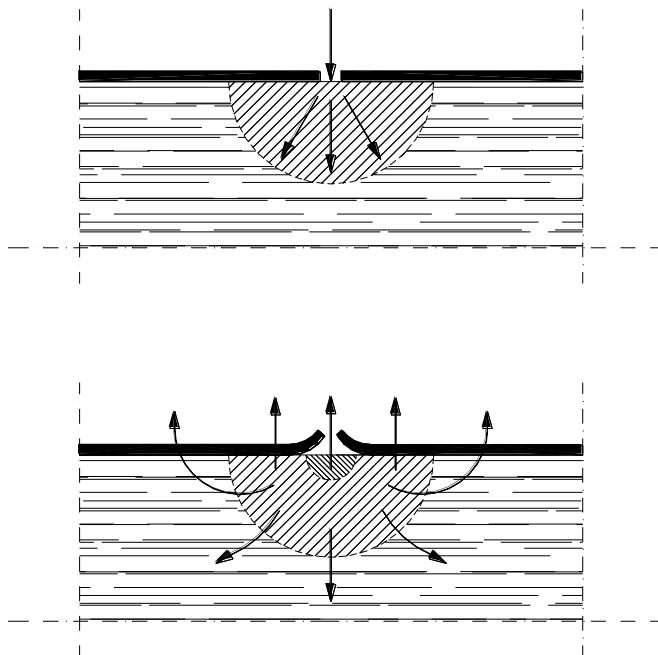


Bild 6.4-9

Eintritt von Wasser, Bildung von Feuchtenestern und Abplatzen der Beschichtung bei undichten Anstrichfilmen

Kanten

Damit Anstriche bzw. Beschichtungen ihre Funktionen erfüllen können, muß der Film geschlossen und fest mit dem Untergrund, d.h. der Holzoberfläche verbunden sein. Bei eckigen Kanten besteht dabei das Problem, daß die Dicke des Films reduziert wird und die Gefahr des Abplatzens

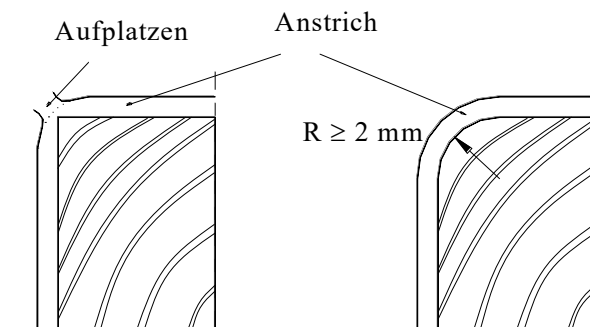


Bild 6.4-10

Reduzierung der Schichtdicke und Gefahr des Abplatzens bei scharfen Kanten



Bild 6.4-11

Anstrichablösungen durch Scharfkantigkeit der Bretter [Foto: Frech]

Rundung $\geq 2 \text{ mm}$

Daher sind die Kanten mit Rundungen auszuführen, wobei der Rundungsradius mindestens 2 mm betragen soll. Hierbei ist aber eine exakte Rundung (ohne neue Kanten) wichtiger als die Größe des Radius. Ein Fasen der Kanten ist nicht ausreichend.

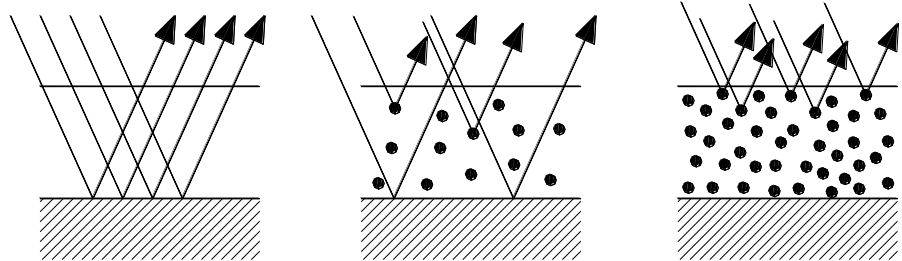
Bei Sperrholz-Fassaden sind die Kanten und Stirnflächen besonders sorgfältig zu beschichten, da hier eindringendes Wasser zum Aufquellen und Ablösen von Holzschichten führen kann. Das Auflösen des HWSt-Verbundes im Kantenbereich kann die Tragfähigkeit der Verbindungsmittel und damit auch die tragende/aussteifende Funktion der Beplankung beeinträchtigen (siehe auch *Abschn. 2.3.3*).

Farbe/Pigmentierung

Einen wesentlichen Einfluß auf die Dauerhaftigkeit des Wetterschutzes hat der Farbton der Beschichtung. Je geringer der Pigmentanteil des Anstriches, umso ungehinderter kann die UV-Strahlung auf die Holzoberfläche einwirken und das Lignin abbauen (siehe **Bild 6.4-12**).

Bild 6.4-12

Reflexion der UV-Strahlung bei unterschiedlichem Pigmentanteil von Anstrichen



durchsichtig

lasierend

deckend

Daher sind durchsichtige (farblose Lasuren, Klarlacke) und sehr helle Systeme völlig ungeeignet für Außenbauteile, da die oberen Holzschichten ihre Festigkeit durch den Ligninabbau verlieren (**Bild 6.4-13 und -14**), so daß der Verbund mit der Beschichtung verloren geht. Die Folge hiervon ist die Bildung von Rissen und kleineren Abplatzungen des Films, dadurch Eindringen von Wasser mit anschließendem Ablösen größerer Bereiche.

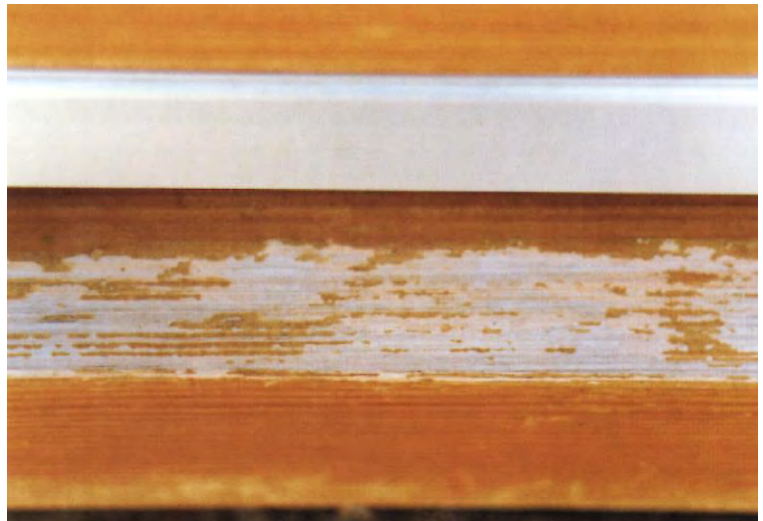


Bild 6.4-13

Helle Flecken bei zu heller Lasur durch Abbau von Lignin unter UV-Strahlung

[Foto: Brasholz]



Bild 6.4-14

Starker Abbau des Lignins durch UV-Strahlung mit Zerfaserung der Holzoberfläche

[Foto: Brasholz]

Den besten Schutz bieten deckende Farb- und Lackanstriche. Die Wirksamkeit von farblich gut eingestellten Lasuren reicht jedoch in vielen Fällen völlig aus.

Der Farbwahl kommt hierbei eine entscheidende Bedeutung zu, da die Erwärmung der Oberfläche unter Sonneneinstrahlung umso größer ist, je dunkler die Farbe ist.

In **Tabelle 6.4-1 und -2** sind Anhaltswerte für die Temperaturen angegeben, die unter Sonneneinstrahlung auf den Oberflächen auftreten können.

Tabelle 6.4-1 maximale Oberflächentemperaturen bei deckenden Anstrichen auf Kiefernholz

| Farbton | | RAL | max. Oberflächentemperatur [°C] |
|---------|------------------|------|------------------------------------|
| Hell | Weiß | 9001 | 40 |
| | Hell - Elfenbein | 1015 | 49 |
| | Gelb | 1004 | 51 - 55 |
| | Chromgelb | 1007 | 51 - 55 |
| Mittel | Blutorange | 2002 | 55 - 61 |
| | Feuerrot | 3000 | 55 - 63 |
| | Rubinrot | 3003 | 67 |
| | Resedagrün | 6011 | 61 - 70 |
| | Silbergrau | 7001 | 61 - 70 |
| Dunkel | Eisengrau | 7011 | 68 - 71 |
| | Enzianblau | 5010 | 67 - 72 |
| | Siena | 8003 | 63 - 74 |
| | Brillantblau | 5007 | 75 |
| | Blaugrau | 7031 | 61 - 76 |
| | Tiefschwarz | 9005 | 77 - 80 |

Tabelle 6.4-2 maximale Oberflächentemperaturen bei Lasuranstrichen auf Kiefernholz

| Farbton | | max. Oberflächentemperatur [°C] |
|---------|-------------|------------------------------------|
| Hell | Natur | 49 |
| | Hellbraun | 58 |
| Mittel | Mittelrot | 65 |
| | Mittelbraun | 69 |
| | Eiche | 61 - 70 |
| | Teak | 68 - 71 |
| | Olivgrün | 71 |
| | Nußbaum | 66 - 73 |
| Dunkel | Dunkelbraun | 74 |
| | Anthrazit | 78 |

Lacke:
Helle Farben

Bei deckenden Anstrichen sind helle Farbtöne zu empfehlen, weil hier die Erwärmung der Oberfläche und damit das Risiko von Harzaustritten und Abplatzen der Beschichtung am geringsten ist. Klarlacke sind wegen des fehlenden UV-Schutzes ungeeignet.

Lasuren:
Mittlere Farben

Bei Lasuranstrichen bieten mittlere Farbtöne, wie z.B. Teak oder Nußbaum einen ausreichenden Schutz, während helle Farbtöne wegen des zu geringen UV-Schutzes und dunkle Farbtöne wegen der zu großen Erwärmung nicht zu empfehlen sind.

Verarbeitung

Verträglichkeit der
Komponenten

Den Verarbeitungshinweisen der Hersteller ist unbedingt Folge zu leisten. So ist z.B. bei Kombination verschiedener Mittel (Holzschutzgrundierung und Wetterschutzbeschichtung) auf die Verträglichkeit der Komponenten zu achten (**Bild 6.4-15**).

Bild 6.4-15

Unverträglichkeit der Alkydharzfarbe mit Dispersionsgrundierung: Blasenbildung durch Verdampfen der Lösemittelreste
[Foto: Brasholz]



Verarbeitungs-
temperatur

Auch die Angaben bzgl. der Verarbeitungstemperaturen sind zu beachten. So sind z.B. wasserverdünnbare Systeme kälteempfindlich, so daß sie während der Lagerung (auf der Baustelle) vor Frost zu schützen sind. Bei den meisten Produkten wird eine Verarbeitungstemperatur von mindestens 5 - 8 °C vorgeschrieben, so daß eine Verarbeitung im Herbst und Winter nur bedingt möglich ist.

Trockenzeit

Trockenzeiten sind unbedingt einzuhalten, bevor Holzbauteile untereinander in Kontakt kommen. Sonst besteht die Gefahr von Verklebungen, die zu einem Abriß der Beschichtung und einem Querschnitt im Holz führen können.

Pflegemaßnahmen

Dünnschichtlasuren

Bei Dünnschichtlasuren brauchen keine Reste von alten Anstrichen entfernt werden, so daß ein einfaches Überstreichen ausreichend ist. Aufgrund des dünnen Films dieser Lasuren jedoch, sind Pflegemaßnahmen etwa alle 2 Jahre erforderlich (Herstellerangaben beachten).

Dickschichtlasuren

Bei Dickschichtlasuren kann es zu Rissen und Abplatzungen der Beschichtung kommen, die vor einem Neuanstreich zu entfernen sind. Meist reicht hierzu ein Abschleifen aus. Die Pflegemaßnahmen fallen somit etwas aufwendiger aus, dafür sind die Pflegeintervalle wegen des dickeren Films größer (2 bis 6 Jahre, je nach Produkt und Bewitterung).

Dispersionsfarben

Fest haftende Dispersionsfarben können wie Lasuren nach dem Säubern bzw. Abschleifen einfach überstrichen werden. Je nach Wetterbeanspruchung liegen die Pflegeintervalle bei 5 bis 7 Jahren.

Lackfarben

Lackfarben müssen dort, wo sie gerissen und abgeplatzt sind, abgebeizt oder abgeschliffen werden. Werden fest haftende Lackreste nicht ent-

fernt, so kommt es zu Unebenheiten im neuen Anstrich. Ist dies nicht erwünscht, so ist ein vollständiges Entfernen der alten Schicht durch Abbeizen oder Abschleifen erforderlich (**Bild 6.4-16**). Umfangreichere Pflegemaßnahmen fallen etwa alle 10 Jahre an, wobei regelmäßige Zustandskontrollen und kleinere Instandhaltungsarbeiten ratsam sind.

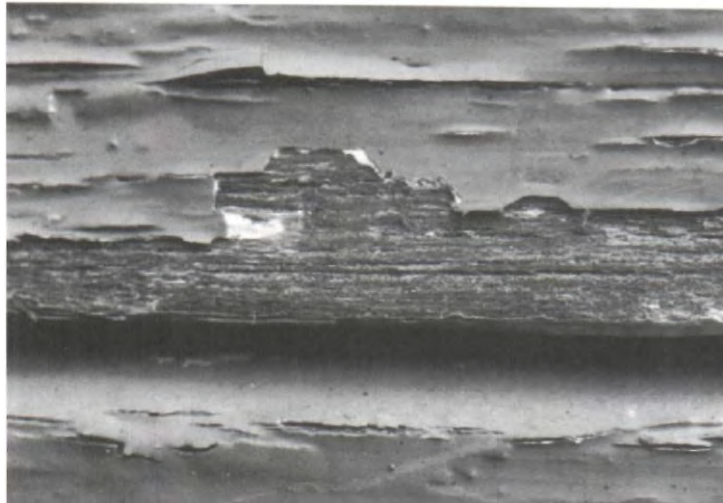


Bild 6.4-16

Renovierungsanstrich auf unzureichend abgeschliffenem Untergrund: Ablösen des Anstrichs mit Abriß von Holzfasern [Foto: Brasholz]

6.5 Chemischer Holzschutz

6.5.1 Allgemeines

Schutz gegen holzzerstörende Organismen

Unter chemischem Holzschutz im bautechnischen Sinne ist der Schutz von tragenden Holzbauteilen gegen holzzerstörende pflanzliche und/oder tierische Organismen zu verstehen. Chemische Holzschutzmittel sollen verhindern, daß diese Holzschädlinge das Holz als Nahrung verwerten können. Als Mittel kommen biozide Stoffe zum Einsatz, wobei zwischen Insektiziden (gegen Insekten) und Fungiziden (gegen Pilze) zu unterscheiden ist.

Die Maßnahmen, die zum Zweck des vorbeugenden chemischen Holzschutzes zu ergreifen sind, sind in DIN 68 800-3 geregelt. Hier werden u.a. Angaben über die Vorbedingungen für die Schutzbehandlung, die Art der Holzschutzmittel, die Einbringverfahren und Einbringmengen sowie die Durchführung der Schutzbehandlung gemacht.

Die Bauaufsicht fordert für Holzschutzmittel, die zum Schutz von tragenden Bauteilen eingesetzt werden, einen Nachweis ihrer Wirksamkeit und ihrer gesundheitlichen Unbedenklichkeit. Mittel, die diese Anforderungen erfüllen, erhalten vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

Die Wirksamkeit der Holzschutzmittel wird mit folgenden Abkürzungen beschrieben:

- Iv vorbeugend wirksam gegen Insekten,
- P vorbeugend wirksam gegen holzerstörende Pilze
- W auch für Holz, das der Witterung ausgesetzt ist, jedoch nicht mit ständigem Erdkontakt,
- E auch für Holz mit extremer Beanspruchung (ständiger Erd-/Wasserkontakt).

Die Produktion der Holzschutzmittel wird überwacht, die Packungen tragen das Übereinstimmungszeichen (Ü - Zeichen).

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Im Zuge der Novellierung der Landesbauordnungen wurde die Zulassungspflicht der Holzschutzmittel für tragende/aussteifende Bauteile durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ersetzt, die ebenfalls vom DIBt erteilt wird.



Für Holzschutzmittel, die zum Schutze nicht tragender Bauteile eingesetzt werden, gibt es keine diesbezüglichen bauaufsichtlichen Anforderungen. Nach DIN 68 800-3 sollen aber auch für diesen Anwendungsbereich nur Präparate verwendet werden, deren Eignung nachgewiesen ist.

Um diesen Nachweis zu erbringen, wurde die Gütegemeinschaft Holzschutzmittel e.V. gegründet, die das RAL - Gütezeichen für Holzschutzmittel vergibt. Dieses Gütezeichen wird auch für Produkte vergeben, die über den Schutz gegen holzerstörende Organismen hinaus noch gegen andere Gefährdungen wirksam sind. Solche Produkte besitzen dann sowohl das Ü-Zeichen als auch das RAL-Zeichen.

Gütezeichen RAL



Holzschutzmittel

Wirkstoffe zum Schutz gegen nicht holzerstörende Organismen, wie z.B. Bläue- und Schimmelpilze, stellen keine Holzschutzmittel im bauaufsichtlichen Sinne dar und benötigen somit kein Prüfzeichen des DIBt. Solche Produkte besitzen dann nur das RAL-Zeichen, sofern sie die gestellten Anforderungen erfüllen.

Unwirksam gegen Pilze und Insekten

Das Kennzeichen 'Blauer Engel' wird nur für Produkte vergeben, die im Vergleich zu den übrigen Präparaten besonders schadstoffarm sind. Da nicht nur die Lösungsmittel, sondern auch die Biozide als Schadstoffe gelten, wird dieses Kennzeichen somit auch nicht an Produkte verliehen, die gegen schädliche Organismen wirksam sind. Produkte mit dem blauen Engel sind somit als Holzschutzmittel unwirksam.



6.5.2 Arten von Holzschutzmitteln

Wasserlösliche Holzschutzmittel

Wasserlösliche Holzschutzmittel enthalten überwiegend anorganische (neuere Produkte auch organische) Wirkstoffe, wie z.B. Fluor, Kupfer, Bor oder Chrom, die mit Hilfe von Wasser in das Holz eingebracht werden. Man unterscheidet zwischen fixierenden und nicht fixierenden Salzen.

Fixierende Salze

Fixierende Salze wandeln sich im Holz in schwer wasserlösliche Substanzen um, so daß sie gut für die Behandlung von bewitterten Außenbauteilen geeignet sind. Die Imprägnierung von Holz mit fixierenden Salzen kann nur von Fachbetrieben vorgenommen werden (Trogtränkung, Kesseldruckanlage). Die Fixierzeiten sind unbedingt zu beachten, weil sonst die Wirkstoffe ausgewaschen werden können.

Nicht fixierende Salze

Nicht fixierende Salze (Bor- oder Fluorverbindungen) bleiben auch nach dem Einbringen wasserlöslich und können ausgewaschen werden. Sie dürfen daher allein schon aus Umweltgründen nicht für direkt bewitterte Holzbauteile verwendet werden. Die imprägnierten Hölzer sind während allen Phasen des Bauablaufes vor Niederschlägen zu schützen und dürfen nicht mit direktem Erd- oder Wasserkontakt eingebaut werden.

Ölige Holzschutzmittel

Ölige Holzschutzmittel bestehen aus organischen Wirkstoffen, die in organischen Lösemitteln gelöst sind. Sie können nur bei trockenem oder halbtrockenem Holz angewendet werden.

Die Lösemittel verdunsten und lassen die Wirkstoffe im Holz, die nicht mehr ausgewaschen werden. Sie sind daher auch für direkt bewitterte Außenbauteile geeignet, nicht jedoch für Holz mit ständigem Erd- oder Wasserkontakt.

Ölige Holzschutzmittel können durch Streichen aufgetragen werden, wobei meist mehrere Anstriche erforderlich sind, um die nötigen Holzschutzmittelmengen einbringen zu können.

‘Kritische’ Holzschutzmittel

Karbolineum (Steinkohleteeröl) ist auch für Hölzer mit ständigem Erdkontakt geeignet. Die Anwendung ist jedoch wegen der krebserregenden Bestandteile von Teeröl gesetzlich stark eingeschränkt und darf nur in speziellen Imprägnieranlagen erfolgen.

Die Verwendung Pentachlorphenol (PCP)- und Lindanhaltiger - Präparate ist heute gesetzlich verboten.

‘Alternative’ Holzschutzmittel

Als Alternative zu den chemischen Holzschutzmitteln werden in zunehmendem Maße ‘natürliche’ oder ‘biologische’ Holzschutzmittel angeboten (z.B. Holzteer, Holzessig, Bienenwachs, Soda- und Boraxlösungen). Auch bei diesen Mitteln gilt, daß eine insektizide oder fungizide Wirkung nur dann vorhanden sein kann, wenn sie über biozide, d.h. lebensstötende Bestandteile verfügen. Mit Ausnahme von Borax konnte aber bislang noch keine Wirksamkeit nachgewiesen werden, so daß die propagierte Schutzwirkung dieser Mittel in Frage zu stellen ist.

7 Schallschutz

7.1 Allgemeines

[Schadensbeispiele: 7-02]

Ziel des Schallschutzes ist es, die Bewohner von Gebäuden vor unzumutbaren Geräuschen von außerhalb oder von benachbarten Räumen zu schützen.

Bautechnischer
Mangel

Ein unzureichender Schallschutz stellt einen bautechnischen Mangel dar, der zu Nachbesserungs-, Minderungs- oder Schadensansprüchen führt.

Für den Schallschutz zwischen fremden Wohn- und Arbeitsräumen werden in DIN 4109 Mindestanforderungen gestellt, die jedoch noch keinen ausgesprochen guten Schallschutz gewährleisten. Im baurechtlich nicht eingeführten Beiblatt 2 zu DIN 4109 werden Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz gemacht.

Mindestanforderungen
auch bei EFH

Anforderungen an den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich werden nicht gestellt. Im Beiblatt 2 werden hierzu Empfehlungen gemacht, die jedoch keinen Normcharakter besitzen. Somit blieben Reklamationen über einen mangelhaften Schallschutz im EFH – Bereich meist ohne Erfolg, denn: wo es keine Mindestanforderungen gibt können auch keine eingeklagt werden. (Das erklärt auch, warum bei den ausgewerteten Gutachten nur sehr wenige auf den Schallschutz eingehen.)

Diese Auffassung, die in der Vergangenheit auch von den Gerichten geteilt wurde, hat sich allerdings nach einem Urteil des OLG Hamm grundlegend geändert (Urteil vom 14. November 1993, -17 U 187/91). Dort wurde nämlich klargestellt, daß bestimmte Mindestanforderungen an den Trittschallschutz zu erfüllen sind, auch wenn hierzu keine normativen Vorschriften bestehen oder besondere vertraglichen Vereinbarungen getroffen wurden.

Das OLG Hamm begründet sein Urteil damit, daß ein Auftragnehmer in jedem Fall einen Schallschutz schuldet, der den allgemeinen Regeln der Technik entspricht. Und diese Regeln können – wie in *Abschn. 1.3* bereits beschrieben - durchaus von DIN – Normen abweichen, insbesondere dann, wenn diese nicht mehr „auf dem neusten Stand“ sind. (Erhöhte Schallschutzanforderungen gehören natürlich nach wie vor gesondert vereinbart.)

Mit diesem Urteil kommt dem Schallschutz auch im EFH-Bereich ein erhöhter Stellenwert zu. Dies ist angesichts der Tatsache, daß Menschen immer empfindlicher auf jede Art von äußerer Belästigung reagieren sicherlich zu begrüßen.

Daß der Schallschutz im Holzbau von besonderer Bedeutung ist, ist am Verhalten von Besuchern in Musterhäusern zu erkennen: als erstes wird die Hellhörigkeit des Hauses mit einem Klopfen an die Wand oder einem Stampfen auf dem Boden geprüft.

Detailplanung

Zur Sicherstellung eines guten Schallschutzes sind bereits bei der Planung geeignete Maßnahmen zu berücksichtigen, wobei insbesondere der Detailplanung (z.B. der Anschlüsse) vorrangige Bedeutung zukommt.

Sorgfältige
Ausführung

Genauso wichtig wie die Qualität der planerischen Vorgaben ist aber auch die sorgfältige Ausführung am Bau, da kleine Fehler meist eine große Wirkung haben. So können bereits kleine Undichtigkeiten oder Körperschallbrücken den angestrebten Schallschutz zunichte machen.

Nicht nur Masse

Bei richtiger Gestaltung und Ausführung ist auch im Holzbau ein hochwertiger Schallschutz zu erreichen, der den Vergleich mit dem Massivbau nicht zu scheuen braucht. Dies beruht darauf, daß die meist zweischaligen Holzbauteile als System wirken, so daß - anders als bei den monolithischen Massivbauteilen - der Schallschutz nicht ausschließlich von der Masse abhängig ist.

Firmenentwicklungen

Das Dämmverhalten von mehrschaligen Holzbauteilen hängt von vielen Faktoren ab, die rechnerisch nicht zu erfassen sind, so daß Aussagen über die Schalldämmung von Bauteilen und Anschlüssen oftmals nur über Prüfungen/Messungen möglich sind. Bedingt durch die ständige Weiterentwicklung auf diesem Gebiet, stellen die im Beiblatt 1 und 2 zu DIN 4109 angegebenen Konstruktionen nicht den neuesten Stand der Technik dar. Hier gibt es eine Vielzahl von Systementwicklungen, zu denen Prüfergebnisse vorliegen, die von den einschlägigen Firmen bezogen werden können. Im Rahmen dieses Vorhabens kann aber nur auf die grundlegenden Zusammenhänge zum Thema Schallschutz eingegangen werden, so daß die verschiedenen Systementwicklungen nicht weiter behandelt werden.

7.2 Begriffe

7.2.1 Grundbegriffe

Schall

Als Schall bezeichnet man mechanische Schwingungen und Wellen in der Luft. Diese Schwingungen sind mit Druckschwankungen verbunden.

Schalldruck p

Die Stärke (Amplitude) dieser Druckschwankungen wird als Schalldruck p bezeichnet, der in der Einheit Pascal [Pa] ($= \text{N/mm}^2$) gemessen wird. Da die auftretenden Schalldrücke sich um bis zu 5 Zehnerpotenzen unterscheiden können, stellt der Schalldruck eine sehr unhandliche Größe dar.

Schallpegel L

Daher wird ein logarithmisches Maß des Schalldruckes verwendet: der sog. Schallpegel L , der in Dezibel [dB] angegeben wird. Bedingt durch das Logarithmieren der Schalldrücke, kann die resultierende Wirkung mehrerer Schallquellen nicht einfach durch Addition der einzelnen Schallpegel ermittelt werden. So bewirkt z.B. das Auftreten von zwei gleichen Schallquellen nicht eine Verdopplung des Schallpegels, sondern lediglich eine Erhöhung um 3 dB.

Frequenz

Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde wird als Frequenz bezeichnet und in der Einheit Hertz [Hz] angegeben. Eine Verdopplung der Frequenz entspricht dabei einer Erhöhung um eine Oktave.

Das menschliche Gehör umfaßt den Bereich von etwa 16 - 20 000 Hz, was weit über die üblicherweise auftretenden Wohngeräusche hinausgeht. Daher wird in der Bauakustik lediglich der Bereich von 100 bis 3150 Hz betrachtet.

Im Bauwesen unterscheidet man bezüglich der Schallübertragung zwischen Luftschall und Körperschall.

Luftschall

Beim Luftschall werden die Schallwellen über die Luft übertragen. Treffen diese auf einen festen Körper, z.B. eine Trennwand, so wird dieser zu Schwingungen angeregt. Diese Schwingungen des trennenden Bauteiles regen die Luft im Nachbarraum an, und die Schallenergie setzt sich erneut als Luftschall fort (**Bild 7.2-1**).

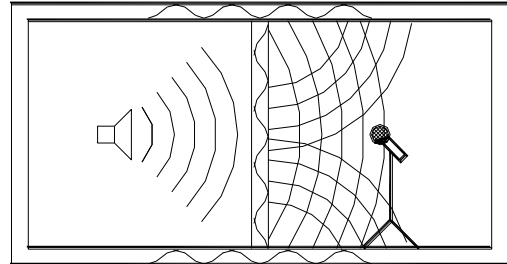


Bild 7.2-1

Übertragung von Luftschall durch Trennwand und flankierende Bauteile

Schall-Längsleitung

In **Bild 7.2-1** ist dargestellt, daß die Schallenergie nicht nur über das trennende Bauteil (Trennwand) allein übertragen wird, sondern daß auch die flankierenden Bauteile (Boden, Decke, Seitenwände) zu Schwingungen angeregt werden. Diese Schallübertragung über flankierende Bauteile, die als Schall-Längsleitung bezeichnet wird, ist für die schallschutztechnische Trennung zwischen zwei Räumen von großer Bedeutung.

Luftschalldämmung

schalldämm

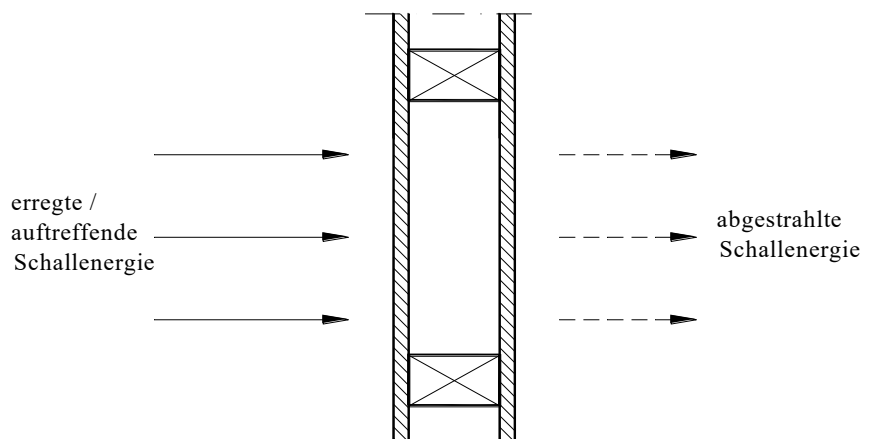


Bild 7.2-2

Luftschalldämmung

Diese spielt bei der Beurteilung von Wänden hinsichtlich ihrer schallschutztechnischen Eigenschaften die herausragende Rolle.

Schallabsorption

Die Schallabsorption ist im Rahmen der Bauakustik eine bedeutende Kenngröße. Diese entspricht der Minderung der Schallenergie im selben Raum, d.h. der Differenz zwischen auftreffender und reflektierender Schallenergie (**Bild 7.2-3**).

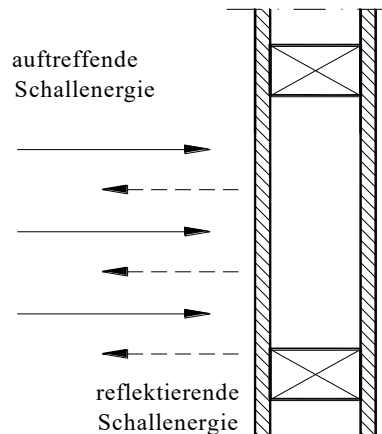


Bild 7.2-3
Schallabsorption

Luftschalldämmung und Schallabsorption sind zwei unterschiedliche Eigenschaften, zwischen denen kein direkter Zusammenhang besteht. So kann z.B. eine Wand mit schlechter Schallabsorption durchaus eine hohe Luftschalldämmung aufweisen und umgekehrt.

Körperschall Der Körperschall bezeichnet die Ausbreitung des Schalls in festen Körpern. Dieser kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn eine Körperschall - Anregung, z.B. durch Stoßen oder Klopfen stattfindet. Die Abstrahlung der Schallenergie in den Nachbarraum erfolgt dann wieder über Luftschall (**Bild 7.2-4**).

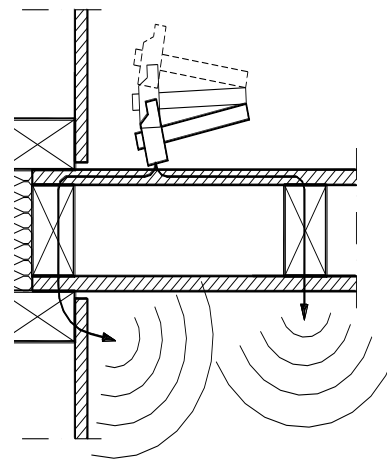


Bild 7.2-4
Körperschall - Übertragung

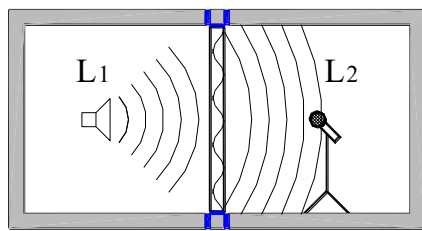
Trittschall Die bei Gebäuden häufigste Form von Körperschall ist die Übertragung von Gehgeräuschen auf Decken und Treppen in angrenzende Räume. Man spricht hier von Trittschallübertragung.

7.2.2 Norm - Begriffe

R als Kurve Das Schalldämm-Maß R entspricht in ausreichender Näherung der Differenz zwischen dem Schallpegel L_1 im Senderaum und dem Schallpegel L_2 im Empfangsraum (**Bild 7.2-5**):

$$R \approx L_1 - L_2$$

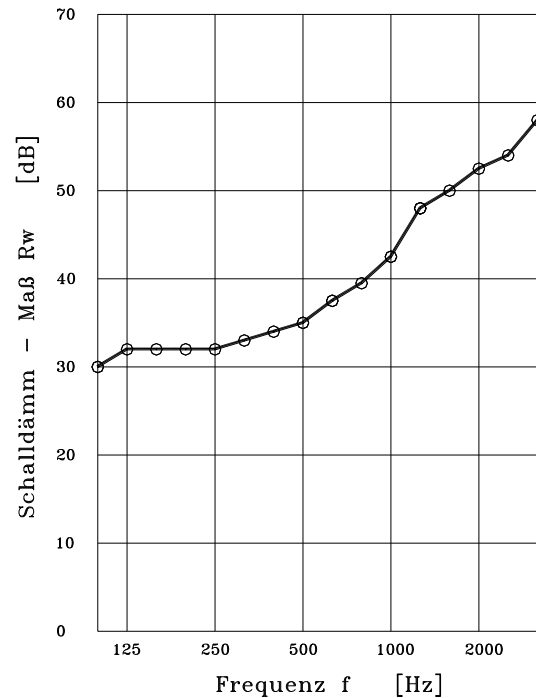
Bei der Prüfung von Bauteilen (z.B. Trennwänden) wird die Messung schrittweise mit verschiedenen Frequenzen (Schrittweite: Dritteloktave = Terz) durchgeführt. Das Ergebnis besteht somit aus einer Kurve, die das schallschutztechnische Verhalten über den gemessenen Frequenzbereich beschreibt (**Bild 7.2-5**).



$$R \approx L_1 - L_2$$

Bild 7.2-5

Schalldämm-Maß R



Da das Schalldämm-Maß ein Maß für die „geschluckte“ Schallenergie und somit die Dämmwirkung des Bauteiles ist, gilt der Grundsatz:

Je **größer** R, umso besser der Schallschutz

L_n als Kurve

Für die Beurteilung des Trittschallschutzes einer Decke wird ein genormtes Hammerwerk als Schallquelle eingesetzt und der Schallpegel im Empfangsraum gemessen. Auch diese Prüfung wird in Schritten von der Bandbreite einer Terz durchgeführt, so daß auch hier der Norm-Trittschallpegel L_n in Form einer Kurve dargestellt wird (vgl. **Bild 7.2-6**).

Da der Norm-Trittschallpegel ein Maß für die im Empfangsraum ankommende Schallenergie ist, gilt hier der Grundsatz:

Je **kleiner** L_n , umso besser der Schallschutz

Im vorigen Abschnitt wurde bereits darauf hingewiesen, daß an der Schallübertragung nicht nur die trennenden Bauteile selbst, sondern auch die angrenzenden, flankierenden Bauteile beteiligt sind. Bei der Prüfung von Bauteilen ist es möglich, den Prüfstand so aufzubauen, daß eine Übertragung über flankierende Bauteile nahezu ausgeschlossen ist. Dies erfolgt über weitestgehende Abschottung der angrenzenden Bauteile, wie dies in *Bild 7.2-5* angedeutet ist. Als Ergebnis erhält man eine Aussage über das Schalldämm-Verhalten eines einzelnen Bauteiles, das für die Gesamtbeurteilung einer ganzen Konstruktion jedoch nur wenig Aussagekraft besitzt.

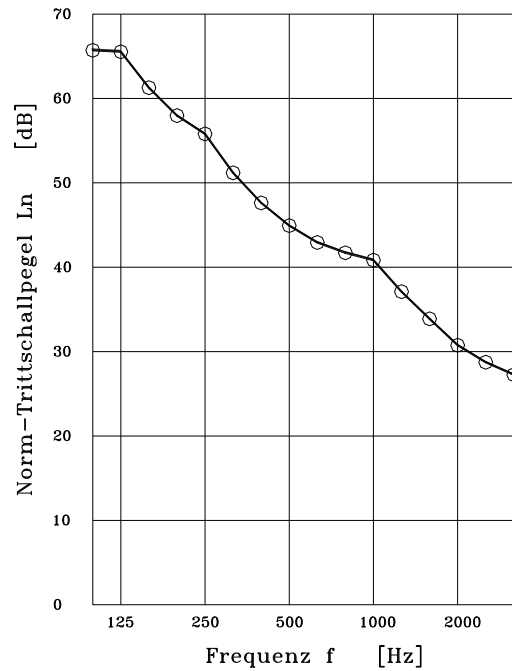
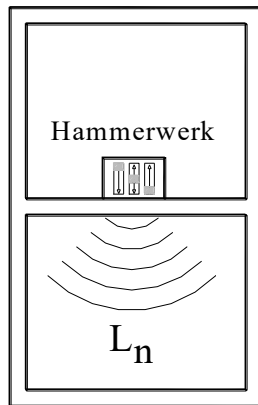


Bild 7.2-6 Norm - Trittschallpegel L_n

R' und L'_n
als Kurve

R_L bzw. R'_L
als Kurve

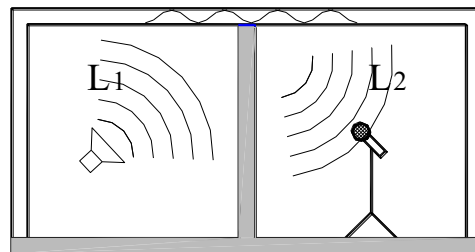


Bild 7.2-7 Schall-Längsdämm-Maß R_L bzw. R'_L

R_w , $L_{n,w}$
 R'_w , $L'_{n,w}$
als Einzelwert

Da Meßergebnisse in Kurvenform für die praktische Beurteilung etwas unhandlich sind, wird durch Vergleich mit einer genormten Bezugskurve ein einzelner Zahlenwert bestimmt, der das 'mittlere' schalltechnische Verhalten eines Bauteiles oder einer Konstruktion beschreibt. Der so ermittelte Zahlenwert wird mit dem Index „w“ versehen, der ausdrücken soll, daß das Schalldämm-Maß bzw. der Norm-Trittschallpegel bewertet wurden.

Prüfwert, Rechenwert

Werden akustische Messungen im Prüfstand (Index „P“) für den rechnerischen Nachweis des Schallschutzes herangezogen, so müssen diese um ein sog. Vorhaltemaß von 2 dB korrigiert werden. Hiermit soll die unterschiedliche Qualität der Ausführung des Bauteiles zwischen Labor und Praxis berücksichtigt werden.

Der Nachweis, daß die schallschutztechnischen Anforderungen erfüllt werden, erfolgt durch Vergleich der Rechenwerte $R'_{w,R}$ und $L'_{n,w,R}$ mit den zugehörigen Werten nach DIN 4109:

| | |
|----------|---|
| Nachweis | $\text{vorh } R'_{w,R} \geq \text{erf } R'_w$ |
| | $\text{vorh } L'_{n,w,R} \leq \text{erf } L'_{n,w}$ |

In **Tabelle 7.2-1** sind die wichtigsten Begriffe nochmals zusammengefaßt.

Tabelle 7.2-1 Erläuterung der wichtigsten Begriffe

| Begriff | Erläuterung |
|---|--|
| R | Schalldämm-Maß, Ergebnis einer akustischen Meßreihe in Kurvenform |
| L_n | Norm-Trittschallpegel, Ergebnis einer akustischen Meßreihe in Kurvenform |
| Strich „'“ R' , L'_n | Meßwerte unter Berücksichtigung der Schallübertragung über flankierende Bauteile (Schall-Längsleitung) |
| Index „w“ R_w , $L_{n,w}$ R'_w , $L'_{n,w}$ | Bewertetes Schalldämm-Maß bzw. bewerteter Norm-Trittschallpegel, einzelner Zahlenwert zur Beschreibung des 'mittleren' schall- technischen Verhaltens |
| Index „P“ | Gibt an, daß die Werte aus akustischen Messungen in einem Prüfstand (Labor) ermittelt wurden |
| Index „R“ $R'_{w,R}$, $L'_{n,w,R}$ | Rechenwert zum Nachweis der Schallschutzanforderungen |

7.3 **Einflußfaktoren und konstruktive Hinweise**

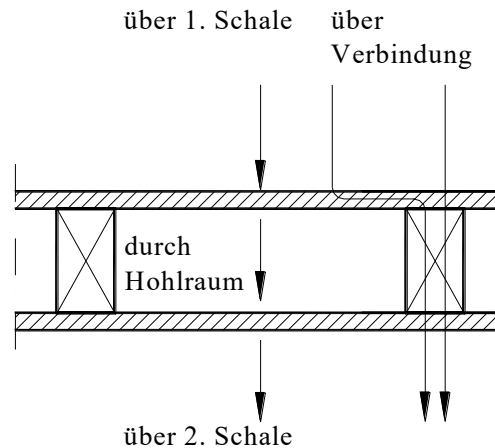
[Schadensbeispiele: 7-02]

7.3.1 **Ausbildung der Bauteile**

Bei den monolithischen, d.h. einschaligen Bauteilen des Massivbaus hängt die Schalldämmung in erster Linie von der Masse der Bauteile ab, wobei die Dämmwirkung mit zunehmender Masse besser wird.

Bei Holzbauteilen handelt es sich hingegen meist um zweischalige Bauteile, bei denen die Schalen (Beplankungen, Bekleidungen) beidseits an Holzrippen (Deckenbalken, Ständer) befestigt werden. Ein solches Bauteil verhält sich in schalltechnischer Hinsicht nicht wie eine einzelne Schale, sondern wie ein System aus zwei Schalen mit federnden Verbindungselementen. Der Hohlraum zwischen den Schalen wirkt dabei ebenfalls als 'puffernde' Verbindung. Die Schallübertragung durch ein zweischaliges System ist in **Bild 7.3-1** dargestellt.

Bild 7.3-1
Schallübertragung bei zweischaligen Bauteilen



Die Schalldämmung eines solchen Systems ist somit abhängig von

- den Eigenschaften der Einzelschalen,
- der Verbindung der beiden Schalen miteinander,
- der Ausbildung des Hohlraumes (z.B. Ausfüllung mit Dämmung).

Diese Faktoren haben auf die Luftschalldämmung und die Trittschalldämmung die gleichen Auswirkungen, weil in beiden Fällen die Übertragung der Schallenergie von der einen Schale auf die andere in gleicher Weise stattfindet. Beim Trittschall von Holzbalkendecken kommt zusätzlich noch der Einfluß der Deckenauflage hinzu (vgl. *Abschn. 7.3.2*).

Nachfolgend sind die Auswirkungen der o.g. Faktoren näher beschrieben (siehe auch **Tabelle 7.3-1**).

Eigenschaften der Einzelschalen

große Masse und
biegeweich

Für das Dämmverhalten der Einzelschalen gilt - wie für monolithische Schalen auch - folgender Grundsatz: je größer die flächenbezogene Masse und je biegeweicher die Schale, umso besser der Schallschutz. Dies liegt darin begründet, daß mit zunehmender Masse und abnehmender Biegesteifigkeit das Schwingungsverhalten, und damit auch die Schallübertragung, schlechter wird.

Als biegeweich im akustischen Sinne sind alle gängigen Bauplatten (GB, GF, HWSt) bis etwa 15 - 20 mm anzusehen.

Folgende Maßnahmen wirken sich günstig auf das Schalldämmverhalten aus:

- Doppelte Beplankung

Doppelte Beplankung

Zwei GKB-Platten mit je 9,5 mm sind aus schallschutztechnischer Sicht besser als eine einzige GKB-Platte mit 18 mm, die etwa 4 mal biegesteifer ist als die beiden dünneren Platten. Voraussetzung für die Wirksamkeit ist allerdings, daß die beiden dünneren Platten nicht starr miteinander verbunden (verleimt) sind, weil sie sich sonst wieder wie eine dicke Platte verhalten.

Beschwerung mit
kleinformatigen Stei-
nen

- Beschwerung der Beplankung

Die Beschwerung einer Beplankung mit kleinformatigen Beton- oder Kalksandsteinen erhöht die Masse der Schale, ohne deren Biegesteifigkeit zu erhöhen. Die Steine müssen/sollen mit der Beplankung verklebt sein, damit beide

Komponenten zusammenwirken können. Großformatige Steine besitzen bereits wieder eine gewisse Biegesteifigkeit, was die Dämmwirkung abschwächt.

Eine Beschwerung der Beplankung kommt fast ausschließlich bei Decken zum Einsatz, bei denen auf die Einbringung eines Zement- oder Asphaltestriches verzichtet wird.

Verbindung der Einzelschalen

Die Bekleidungen/Beplankungen werden an Holzrippen befestigt, die eine Schallbrücke darstellen. Je weicher/federnder diese Verbindung ausgeführt wird, umso günstiger ist dies für das schalldämmende Verhalten. Eine Verbesserung des Schallschutzes kann mit folgenden Maßnahmen erreicht werden:

Großer Rippenabstand

Je weniger Verbindungspunkte bestehen, umso günstiger ist dies für den Schallschutz. Aus diesem Grund hat sich ein Rippenabstand von 62,5 cm durchgesetzt, was der halben Breite von gängigen Platten entspricht. Ein Rippenabstand von 41,7 cm (= 1/3 der Plattenbreite) ist schallschutztechnisch ungünstiger, während ein Abstand von 1,25 m die Platten statisch überfordern würde.

Klammern, Nägel, Schrauben

Die Befestigung der Bekleidung/Beplankung erfolgt mittels Nägeln, Klammern oder Schrauben, so daß eine linienförmige Verbindung zwischen Schale und Rippe vorhanden ist. Eine Verleimung ist ungünstig, weil dies eine flächige und starre Verbindung darstellt, die schallschutztechnische Nachteile besitzt.

Zwischenlage aus Dämmstreifen

Eine weitere Verbesserung ergibt sich durch Anordnung einer Zwischenlage aus Dämmstreifen.

Querlattung

Besser noch als eine linienförmige Verbindung zwischen Schale und Rippe ist eine punktförmige, z.B. durch Zwischenschaltung einer querverlaufenden Holzlattung.

Federschienen

Eine weitere Verbesserung läßt sich erzielen, wenn anstelle von Holz-latten sog. Federschienen aus Metall verwendet werden. Diese ermöglichen eine noch 'weichere' Verbindung und reduzieren somit die Schallübertragung von der Schale auf die Rippe beträchtlich.

Doppelständer

Eine Schallübertragung über die Rippen kann gänzlich unterbunden werden, wenn die Rippen zweiteilig und ohne Verbindung untereinander ausgeführt werden. Der Aufwand für eine solche Ausführung erscheint aber nur bei Wänden mit Anforderungen an den Schallschutz gerechtfertigt (Trennwände).

Metallständer bei nichttragenden Wänden

Bei nicht tragenden Zwischenwänden bietet sich auch der Einsatz von Stahlprofilen an, die im Vergleich zu Holzständern weniger steif sind, und somit weniger zur Schallübertragung beitragen.

Ausbildung des Hohlraumes

Großer Schalenabstand

Die Luft im Hohlraum zwischen den beiden Schalen wirkt als dämpfende Feder, die umso elastischer ist, je größer der Abstand zwischen den beiden Schalen ist. Somit ist eine möglichst hohe Hohlraumdicke, d.h. ein großer Schalenabstand, anzustreben.

Hohlraumfüllung



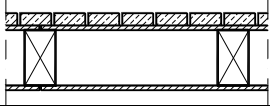
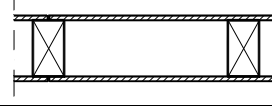
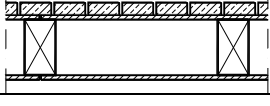

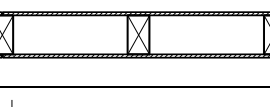
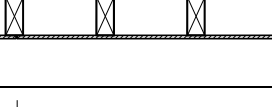

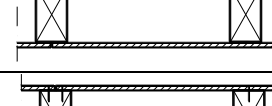
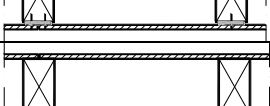
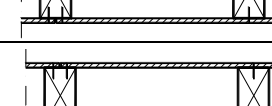

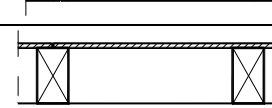
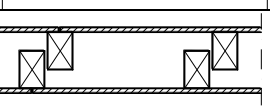
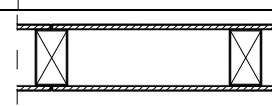


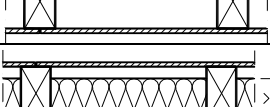
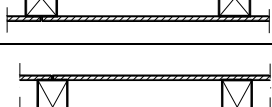
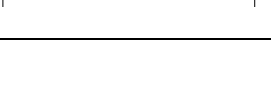
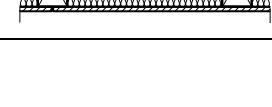


Die Wirkung dieser 'Luftfeder' ist aber vergleichsweise gering, weil den Schallwellen kein großer Widerstand entgegengebracht wird. Wird der Hohlraum jedoch z.B. mit Faserdämmstoffen gefüllt, so verlieren die Luftschallwellen beim Durchgang an Energie, was sich günstig auf den Schallschutz auswirkt. Untersuchungen ha-

ben gezeigt, daß das beste Dämmverhalten erreicht wird, wenn die Dicke des Hohlraumes mindestens zu etwa 70% mit Dämmstoffen ausgefüllt ist.

Faserdämmstoffe

Als Dämmstoffe zur Hohlraumfüllung bieten sich Faserdämmstoffe mit einem hohen Strömungswiderstand an. Ungeeignet hierfür sind geschlossenzellige Dämmstoffe (wie z.B. HS-Platten), die eine zu hohe dynamische Steifigkeiten besitzen.

Tabelle 7.3-1 Auswirkungen von verschiedenen Einflußfaktoren

| | besser | schlechter | |
|--|---|--|--|
| doppelte Beplankung |  |  | einfache Beplankung |
| biegeweiche Beschwerung |  |  | keine Beschwerung |
| biegeweiche Beschwerung |  |  | biegesteife Beschwerung |
| großer Rippenabstand |  |  | kleiner Rippenabstand |
| geklammert, genagelt, geschraubt |  |  | verleimt |
| Dämmstreifen |  |  | direkte Verbindung |
| punktförmige Verbindung über Querlattung |  |  | linienförmige Verbindung |
| punktförmige Verbindung über Federschienen |  |  | punktförmige Verbindung über Querlattung |
| Doppelständer |  |  | Einfachständer |
| Metallständer (bei nicht-tragenden Wänden) |  |  | Holzständer |
| großer Schalenabstand |  |  | kleiner Schalenabstand |
| Hohlraumdämmung mit Faserdämmstoffen |  |  | geringe Hohlraumdämmung |

7.3.2 Besonderheiten bei Holzbalkendecken (Deckenauflagen)

[Schadensbeispiele: 7-01]

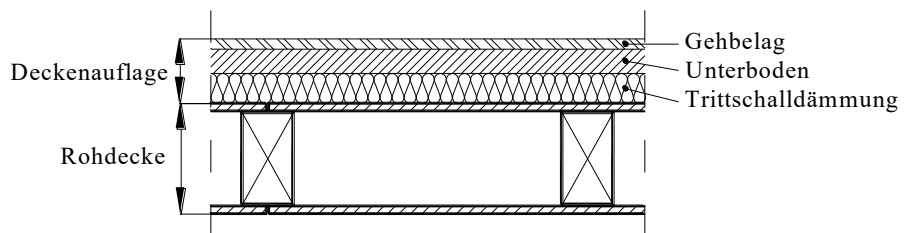
Trittschall O.K.
→ Luftschall O.K.

Bei Decken ist neben der Luftschalldämmung zusätzlich die Trittschalldämmung zu berücksichtigen. Wie bereits erwähnt, findet die Schallübertragung von einer Schale auf die andere in beiden Fällen auf dieselbe Art und Weise statt, so daß zwischen der Luftschalldämmung eines Bauteiles und seiner Trittschalldämmung ein Zusammenhang besteht. Auf der Grundlage bisheriger Erfahrungen ist davon auszugehen, daß wenn der Trittschall einer Decke in Ordnung ist, daß es der Luftschall dann ebenfalls ist.

Deckenauflage

Bild 7.3-2

Rohdecke und Deckenauflage



$L'_{n,w,eq}$

Zum Vergleich verschiedener Deckenauflagen hinsichtlich ihres schall-schutztechnischen Verhaltens wird als Vergleichswert eine Rohdecke ohne Auflage geprüft. Der so ermittelte Basis-Wert wird als äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w,eq}$ bezeichnet.

Trittschall-
Verbesserungsmaß
 ΔL_w

Die Dämmwirkung einer Deckenauflage wird mit dem Trittschall-Verbesserungsmaß ΔL_w bezeichnet, wobei folgende Beziehung zur Ermittlung des Rechenwertes der gesamten Decke gilt:

$$L'_{n,w} = L'_{n,w,eq} - \Delta L_w + 2 \text{ dB}$$

Der 'Zuschlag' von 2 dB soll dabei die Unsicherheit ausgleichen, die bei diesem Additionsverfahren nach [GÖSELE 1993] besteht.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß Trittschall-Verbesserungsmaße von Deckenauflagen, die mit massiven Rohdecken ermittelt wurden, nicht auf Holzbalkendecken anwendbar sind.

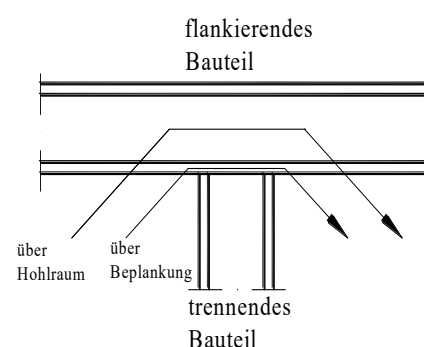
Teppich

So sind z.B. Teppichbeläge bei hohen Frequenzen wirksam und ermöglichen bei Massivdecken eine gute Verbesserung (Trittschall-Verbesserungsmaß $\Delta L_w \approx 20 - 26 \text{ dB}$). Holzbalkendecken haben ihre 'Schwächen' aber eher im niedrigen Frequenzbereich, so daß hier mit Teppichbelägen nur Verbesserungsmaße von

2 - 6 dB zu erreichen sind. Da nicht auszuschließen ist, daß Teppichbeläge während der Nutzung eines Gebäudes gegen schallschutztechnisch gesehen ungünstigere Beläge ausgetauscht werden, dürfen nach DIN 4109 Teppichbeläge bei Gebäuden mit mehr als zwei Wohnungen nicht für den Mindest-Schallschutz angerechnet werden.

| | |
|----------------------|--|
| Trittschalldämmung | Die Verlegung eines Unterbodens in Trockenbauweise (z.B. zweilagige GB-Platten oder FP-Platten) auf MF-Platten bringt ein Trittschall-Verbesserungsmaß von etwa 9 dB gegenüber der Rohdecke. Mit der Verwendung von HS-Platten als Trittschalldämmung ergibt sich nur eine Verbesserung von etwa 4 - 6 dB. |
| Schwimmender Estrich | Mit einem schwimmend verlegten Zement- oder Asphaltestrich ist ein Verbesserungsmaß von etwa 16 dB zu erreichen. |
| Beschwerungssteine | Das Trittschall-Verbesserungsmaß bei Einsatz von kleinformatigen Beschwerungssteinen bei Trocken-Unterböden hängt von der flächenbezogenen Masse der Steine ab und liegt bei etwa 8 - 20 dB. |

7.3.3 Ausbildung der Anschlüsse



In **Tabelle 7.3-2a bis 2c** sind Ausführungsbeispiele aus dem Beiblatt 1 zur DIN 4109 dargestellt, die alle auf diesen Maßnahmen aufbauen.

Tabelle 7.3-2a Maßnahmen zur Verringerung der Schall-Längsleitung;
Anschluß Trennwand - Massivdecke

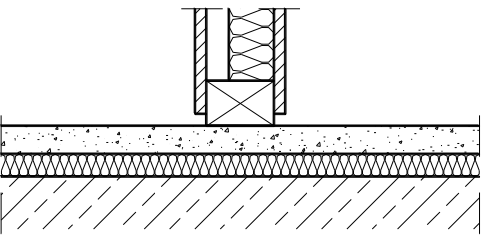
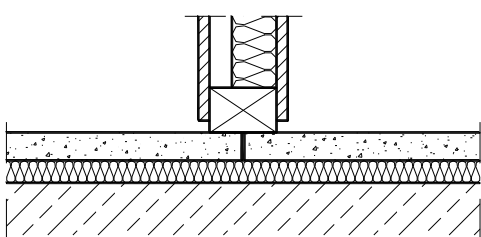
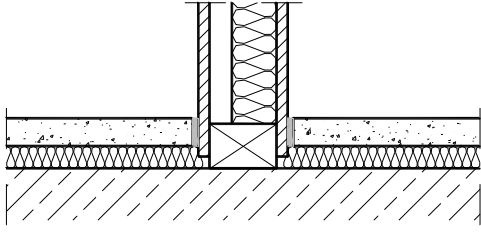
| | | |
|--|--|-------------------------|
| durchgehender biegesteifer Estrich |  | schlecht ↓ besser |
| Estrich mit Trennfuge |  | |
| vollständige Trennung des Estrichs |  | |

Tabelle 7.3-2b Maßnahmen zur Verringerung der Schall-Längsleitung;
Anschluß Trennwand - Decke

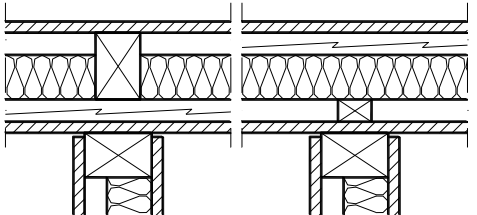
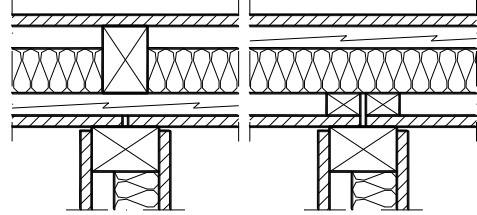
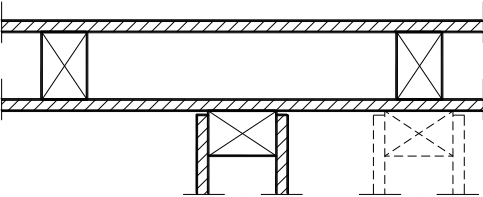

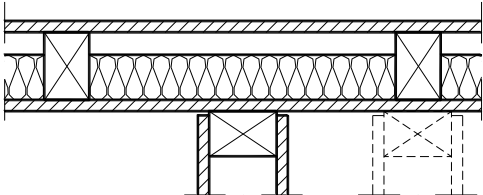
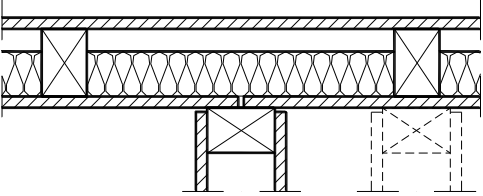
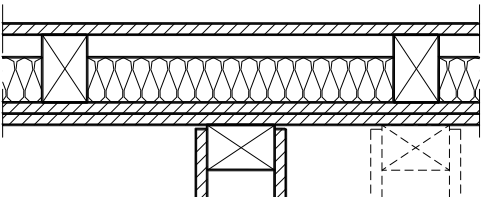
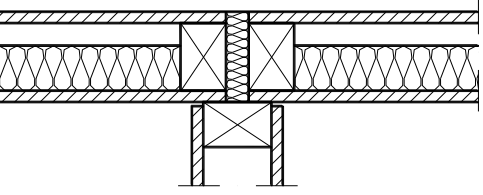
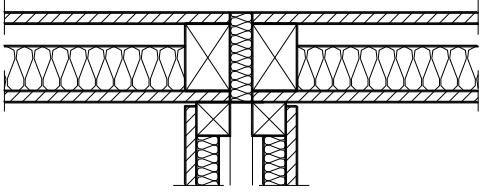
| | | |
|-----------------------------------|--|---------------------------|
| Durchgehende Deckenbekleidung |  | schlechter ↓ besser |
| Unterbrochene Deckenbekleidung |  | |

Tabelle 7.3-2c Maßnahmen zur Verringerung der Schall-Längsleitung;
Anschluß Trennwand - Seitenwand

| | | |
|---|---|--|
| Durchgehende Beplankung, keine Hohlraumdämmung |  | <p>schlecht</p>  |
| Hohlraumdämmung |  | |
| unterbrochene Beplankung |  | |
| doppelte Beplankung |  | |
| Trennung des flankierenden Bauteils |  | |
| Doppelständerwand und Trennung des flankierenden Bauteils |  | |
| | | besser |

System-
entwicklungen

Die in Beiblatt 1 zur DIN 4109 angeführten Rechenwerte zum Nachweis der Schallschutzanforderungen sind mit einigen Sicherheiten beaufschlagt. Dies hat die verschiedenen Systemhersteller dazu bewogen, eigene Konstruktionen zu entwickeln und prüfen zu lassen. Hier gibt es eine Vielzahl von Ausführungsvarianten, die schallschutztechnisch gesehen besser sind, als die im Beiblatt 1 angeführten Konstruktionen.

Ausführung der
Anschlüsse

Grundvoraussetzung für das Funktionieren einer sorgfältig geplanten Konstruktion ist allerdings eine ebenso sorgfältige Ausführung der Anschlüsse. Als wichtige Punkte sind hierbei zu nennen:

Dichte Anschlüsse

- Undichtigkeiten wirken wie Luftkanäle, und damit wie Schallbrücken, die die Schalldämmung drastisch reduzieren. Hier ist auf dichte Anschlüsse zu achten.

Keine
Körperschallbrücken

- Direkter Kontakt zwischen festen, harten Bauteilen bewirkt eine ungewollte Körperschallübertragung. Hier sind Dämmstoffe zwischen den Bauteilen anzuordnen, um so Körperschallbrücken zu vermeiden.

schwächstes Glied
maßgebend

Da der resultierende Schallschutz einer Konstruktion nur so gut sein kann, wie das schwächste Glied im System, reicht bereits ein einziges, schlecht geplantes oder ausgeführtes Detail aus, um den angestrebten Schallschutz zunichte zu machen. Dies ist in **Tabelle 7.3-3** anhand von einigen Beispielen aufgezeigt.

Tabelle 7.3-3 Resultierendes rechnerisches Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ in Abhängigkeit von den Schalldämm-Maßen des trennenden Bauteils und der Anschlüsse

| „kritischer“ Faktor | trennendes Bauteil | flankierende Bauteile | | | | resultierendes Schalldämm- Maß |
|--|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| | | Anschluß an | | | | |
| | | Wand | Wand | Decke | Boden | |
| | R _{w,R} [dB] | R' _{L,w,R} [dB] | R' _{L,w,R} [dB] | R' _{L,w,R} [dB] | R' _{L,w,R} [dB] | R' _{w,R} ¹⁾ [dB] |
| Deckenanschluß | 53 | 50 | 53 | 46 | 70 | 43 |
| Wandanschluß | 65 | 48 | 62 | 58 | 70 | 47 |
| trennendes Bauteil | 46 | 54 | 54 | 51 | 65 | 44 |
| Bodenanschluß | 53 | 53 | 54 | 51 | 38 | 37 |
| - | 65 | 62 | 62 | 62 | 70 | 56 |
| 1) Berechnet mit dem genaueren Verfahren nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 | | | | | | |

7.4 Zusammenfassung

In **Tabelle 7.4-1** sind die besprochenen grundlegenden Maßnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes im Holzbau nochmals zusammengestellt.

Tabelle 7.4-1 Grundlegende Maßnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes

| | |
|------------|---|
| Bauteile | <ul style="list-style-type: none">• doppelte Bekleidung/Beplankung• Beschwerung mit kleinformatischen Steinen (bei Decken)• großer Rippenabstand• geklammerte, genagelte oder geschraubte Verbindung mit den Rippen• Anschluß der Bekleidung mittels Querlattung oder Federschieben• Trennung der Holzständer (bei Wänden)• Hohlraumdämmung |
| Anschlüsse | <ul style="list-style-type: none">• Hohlraumdämmung• Trennung durchgehender Teile• doppelte Beplankung/Bekleidung der flankierenden Bauteile |
| Ausführung | <ul style="list-style-type: none">• dichte Anschlüsse• Vermeidung von Körperschallbrücken |

Ein guter Schallschutz kann dabei nur erreicht werden, wenn sowohl die Planung als auch die Ausführung mit größter Sorgfalt erfolgt. Hierbei ist zu beachten, daß der resultierende Schallschutz nur so gut sein kann, wie das schwächste Glied im System. Ein einziger 'Ausreißer' kann alle Bemühungen für einen guten Schallschutz zunichte machen.

8 Lufthygiene

8.1 Allgemeines

Die Energieträger Öl und Gas erschienen noch in den 70er Jahren in nahezu unbegrenzten Mengen verfügbar und waren darüber hinaus so billig, daß niemand sich veranlaßt fühlte, hier zu sparen. Die von den ölproduzierenden und exportierenden arabischen Ländern verursachte Energiekrise gab den Anstoß zu einem radikalen Umdenken auf diesem Gebiet.

Von diesem Zeitpunkt an wurden verstärkte Anstrengungen unternommen, um den Energieverbrauch zu reduzieren. Hierbei nehmen Wohngebäude eine zentrale Stellung ein, da der Energieaufwand zum Heizen der Gebäude den größten Anteil einnimmt.

Die Anstrengungen zur Energieeinsparung wurden sogar noch verstärkt, als immer deutlicher wurde, daß der Ausstoß von Verbrennungsgasen (Kohlendioxid, Stickoxide u.a.m.) für die Zerstörung der Ozonschicht den sog. Treibhauseffekt zumindest mitverantwortlich ist.

Die Reduzierung der benötigten Heizenergie in Gebäuden ist daher sowohl unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung als auch unter dem Aspekt des Umweltschutzes als primäre Aufgabe anzusehen.

Die Bemühungen zur Reduzierung der Wärmeverluste konzentrierten sich in der Vergangenheit auf die Verbesserung der Dämmung der Gebäude (Reduzierung der k-Werte von Wänden, Dächern und Fenstern). Dies war auch durchaus berechtigt, weil die Wärmeverluste durch die Bauteile (die sog. Transmissionswärmeverluste) den größten Anteil einnahmen.

Zwischenzeitlich ist man - insbesondere bei Wohnhäusern in Holzbauweise - auf einem Niveau angelangt, bei dem jede weitere Verbesserung überproportionale Anstrengungen erfordert. Hier scheint die Frage gerechtfertigt, ob es - wirtschaftlich gesehen - überhaupt Sinn macht, noch mehr Dämmung „reinzupacken“.

Lüftungswärmeverluste

Die meisten Fertighäuser und Häuser in Holzrahmenbauweise erfüllen die Kriterien eines Niedrigenergiehauses (25% weniger Heizwärmebedarf als von der WSchVO 1995 gefordert). Betrachtet man die Heizwärmebilanz eines solchen Hauses, so stellt man fest, daß die Wärmeverluste, die durch Lüften und Undichtigkeiten der Konstruktion entstehen (die sog. Lüftungswärmeverluste) in der gleichen Größenordnung liegen, wie die Wärmeverluste durch die Bauteile. Die Lüftungswärmeverluste, die in der Vergangenheit bei undichten und schlecht gedämmten Gebäuden geringer ins Gewicht fielen, nehmen somit an Bedeutung zu.

In der Reduzierung der Lüftungswärmeverluste wird zwischenzeitlich ein größeres Energie-sparpotential gesehen, als in der weiteren Verbesserung der Dämmeigenschaften.

Eine der Hauptquellen für Wärmeverluste stellten in der Vergangenheit die Fenster dar. Dies hat sich infolge der rasanten Entwicklungen im Bereich der Verglasungen (Isolierverglasungen) und Abdichtungen (Lippendichtungen) drastisch geändert: während früher ein Gebäude sich über Undichtigkeiten praktisch selbst gelüftet hat, findet heute bei modernen Fenstern selbst bei starkem Wind praktisch kein Luftaustausch mehr statt. Damit steht man aber vor einem Problem, das bislang kaum in Erscheinung trat, das dem des Energieverbrauchs aber durchaus als gleichwertig anzusehen ist: die Lufthygiene.

Lufthygiene

In einem Gebäude gibt es eine Vielzahl von Stäuben, chemischen und biologischen Schadstoffen, die sich mit der Zeit in der Luft anreichern. Während in der Vergangenheit verunreinigte Luft unkontrolliert und unbemerkt über Undichtigkeiten der Konstruktion ausgetauscht wurde, wird dies bei modernen, dichten Kon-

struktionen weitgehend verhindert. In Anbetracht der zunehmenden Sensibilität des Menschen gegenüber Umweltbelastungen jeglicher Art (z.B. Allergien) besteht hier ein dringender Handlungsbedarf.

Aus hygienischen Gründen wird es für notwendig erachtet, daß die Luft in einem Raum/Gebäude mindestens alle zwei Stunden komplett ausgetauscht wird. Dies entspricht einer Luftwechselrate von 1 mal pro 2 Stunden = $1/2 = 0,5$ 1/h. In zunehmendem Maße wird ein hygienisch notwendiger Mindest-Luftwechsel von 0,8 1/h genannt (d.h. vollständiger Luftaustausch innerhalb $1 \frac{1}{4}$ Stunden). Dies wird in dichten Gebäuden unter normalen Bedingungen nicht mehr erreicht.

Zusätzliches Lüften
erforderlich

Die Folge hiervon sind nicht nur Anreicherungen der Schadstoffe in der Luft, sondern auch eine Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit, die ihrerseits wiederum Ausgangspunkt für Schimmelpilzbildung und damit für eine verstärkte Gesundheitsgefährdung sein kann. Zur Erreichung hygienischer Luftverhältnisse wird bei modernen Gebäuden somit ein zusätzlicher Luftaustausch unerlässlich sein.

In *Abschn. 8.2* wird auf das Thema Luftwechsel/Lüftung eingegangen, während in den *Abschn. 8.3 bis 8.6* einige der wichtigsten Belastungen und Emissionsquellen beschrieben werden.

8.2 Luftwechsel, Lüften

Treibende Kraft für einen „automatischen“ Luftwechsel ist die Druckdifferenz innen/außen, die bei Wind auftritt. Der Staudruck, der sich bei Wind auf ein Gebäude aufbaut, ist von der Windgeschwindigkeit abhängig und berechnet sich nach der Formel:

$$q = v^2 / 1,6$$

mit

q = Staudruck in [Pa]

v = Windgeschwindigkeit in [m/sec]

In **Bild 8.2-1** ist der Staudruck in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit dargestellt. Ebenfalls angegeben ist die Windstärke nach Beaufort (siehe auch **Tabelle 8.2-1**).

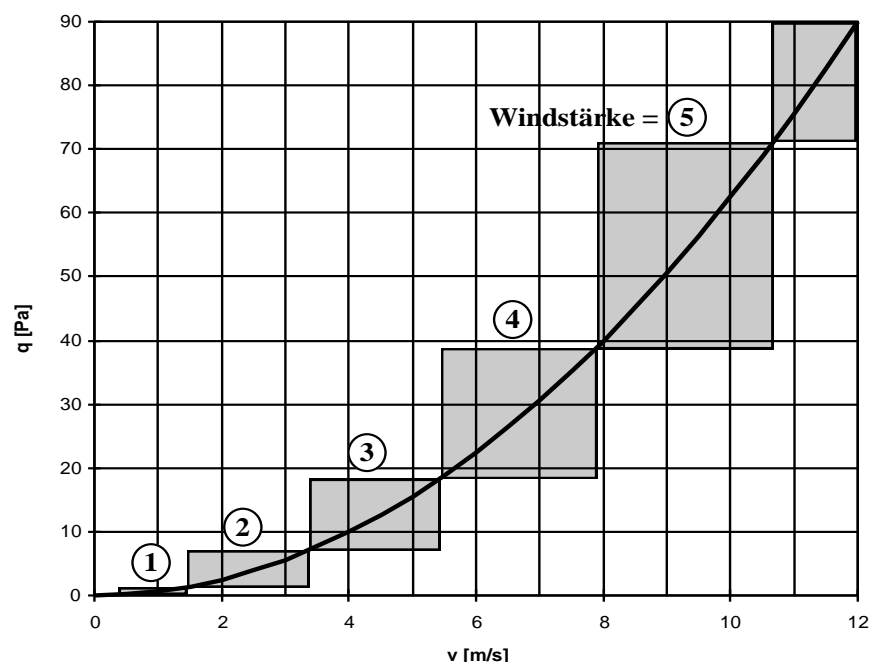


Bild 8.2-1

Staudruck in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und der zugehörigen Windstärke

Tabelle 8.2-1 Windstärken nach Beaufort

| Windstärke | Windgeschwindigkeit [m/s] | Erkennbar an |
|---|---------------------------|---|
| 0 | 0,0 - 0,2 | Rauch steigt senkrecht empor |
| 1 | 0,3 - 1,5 | Rauch steigt schräg empor |
| 2 | 1,6 - 3,3 | Blattbewegung an Bäumen und Sträuchern |
| 3 | 3,4 - 5,4 | Zweige an Bäumen bewegen sich |
| 4 | 5,5 - 7,9 | Äste an Bäumen bewegen sich |
| 5 | 8,0 - 10,7 | Große Äste und kleine Bäume bewegen sich |
| 6 | 10,8 - 13,8 | Die Windkraft wird hörbar, Pfeifen an Drähten und Hausecken |
| 7 | 13,9 - 17,1 | Der Wind wird lästig, z.B. Gehbehinderung und Wellen auf stehendem Wasser |
| *) Zum Vergleich: Beim Nachweis der Tragfähigkeit von Gebäuden mit einer Höhe ≤ 8 m wird eine Windgeschwindigkeit von 28,3 m/s angesetzt wird, was einem Staudruck von 500 Pa bzw. 0,5 kN/m ² entspricht. | | |

Natürliche Lüftung:
unkontrolliert

Der so bewirkte Luftaustausch ist aber sowohl von den Launen der Natur, sprich den Windverhältnissen, als auch von der Dichtheit des Gebäudes abhängig, so daß der sich einstellende Luftwechsel nur zufällig einem angestrebten Wert entsprechen kann.

Im Hinblick auf die Energieeinsparung werden in Teil 7 der DIN 4108 die in

Tabelle 8.2-2 angegebenen maximal zulässigen Werte für die „Undichtigkeit“ von Gebäuden festgelegt (siehe auch *Abschn. 5.4.2*).

Tabelle 8.2-2 Grenzwerte für den Luftwechsel nach DIN 4108-7

| maximale Luftaustauschrate pro Stunde bei 50 Pa Druckdifferenz n_{50} | Erläuterung |
|---|---|
| 3,0 | Bei Gebäuden mit „natürlicher“ Lüftung, d.h. Fensterlüftung |
| 1,0 | Bei Gebäuden mit raumluftechnischen Anlagen (auch einfache Abluftanlagen) |

n_{50} - Wert \neq „normaler“
Luftaustausch

Diese Werte beziehen sich jedoch auf eine Druckdifferenz von 50 Pa, was in etwa Windstärke 5 entspricht. Der sich unter „normalen“ Bedingungen einstellende Luftaustausch ist deutlich geringer.

Einen Anhaltswert für die Umrechnung der bei Blower-Door-Prüfungen gemessenen n_{50} -Werte auf die sich tatsächlich einstellenden Austauschraten gibt EN 832. Hiernach beträgt die mittlere Luftwechselrate bei „normalen“ Verhältnissen nur etwa 1/25 bis 1/10 des gemessenen n_{50} -Wertes. Dies bedeutet, daß selbst bei einem „normal-dichten“ Gebäude mit $n_{50} = 5,0$ 1/h der erforderliche hygienische Mindestluftwechsel nicht erreicht wird ($5,0/(10 \div 25) < 0,8$ 1/h).

Bei gut gedämmten und luftdichten Gebäuden ist davon auszugehen, daß unter normalen Bedingungen, d.h. Windverhältnissen, eine Luftwechselrate von etwa 0,3 1/h vorliegt.

Somit wird deutlich, daß bei modernen Gebäuden der erforderliche Luftaustausch auf andere Weise erfolgen muß.

Fensterlüftung
ungeeignet

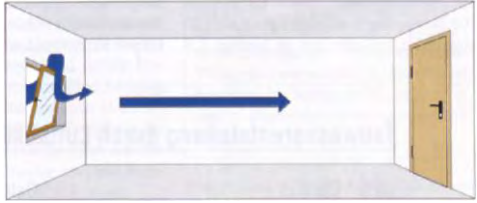


Die einfachste Lösung stellt die Lüftung über die Fenster dar, die aber nicht nur aus energiepolitischen Gründen eher ungeeignet ist. Es zeigt sich nämlich immer wieder, daß die Bewohner eines Hauses nur sehr wenig zum Thema Lüf-

ten wissen. Vom Dauerlüften bei gekippten Fenstern bis hin zum Gar-Nicht-Lüften sind alle Facetten vertreten.

Während das Dauerlüften im Winter zu erheblichen Wärmeverlusten führt, kann zu geringes Lüften zu Schimmelpilzbildung führen (siehe *Abschn. 8.3*).

In **Tabelle 8.2-3** ist dargestellt, welchen Luftaustausch die verschiedenen Lüftungsarten bewirken können.

Tabelle 8.2-3 Luftaustausch in Abhängigkeit von der Lüftungsart [BAKA Praxis]

| Lüftungsart | Erläuterung | Kompletter Luftaustausch in |
|--------------|---|-----------------------------|
| Spaltlüftung |  | 30 - 75 min |
| Stoßlüftung |  | 4 - 10 min |
| Querlüftung |  | 2 - 4 min |

Bedingt durch den Unsicherheitsfaktor „Mensch“ stellt die Fensterlüftung einen sehr groben und unzuverlässigen Lüftungsregler dar.

Geregelte Lüftung Aus diesem Grund werden zunehmend Lüftungssysteme eingesetzt, mit deren Hilfe eine kontrollierte und geregelte Lüftung ermöglicht wird. Im 3. Bauschadensbericht wird explizit darauf hingewiesen, daß solche Lüftungssysteme als Standardausrüstung von Neubauten anzustreben sind (siehe *Abschn. 1.5*).

Derzeit werden folgende Techniken angeboten:

- definierte Lüftungsöffnungen in Außenwänden oder Fenstern ohne motorischen Antrieb;
- mechanische Spaltlüftung der Fenster (motorisch kontrolliert);
- Einzelraumlüfter mit motorischem Antrieb, integriert in Außenwände oder Fenster;
- zentrale Raumluftwechselanlagen mit motorischem Antrieb.

Die motorisch betriebenen Luftwechselanlagen werden verschiedentlich auch mit einem Wärmetauscher kombiniert, bei dem z.B. die einströmende Luft von der ausströmenden erwärmt wird. Dies trägt dazu bei, die Lüftungswärmeverluste weiter zu minimieren. Die Kosten hierfür sind derzeit allerdings sehr hoch.

Vorteile von
Lüftungssystemen

Als weitere Vorteile geregelter Lüftungsanlagen wären zu nennen:

- Durch Einbau entsprechender Filter kann nahezu pollen- und sporenfreie Zuluft erreicht werden, was insbesondere für Allergiker wichtig sein kann.
- Durch die kontinuierliche Belüftung verspüren die Bewohner nur noch in Ausnahmefällen das Bedürfnis, zu Lüften.
- Auch bei längerer Abwesenheit der Bewohner (berufsbedingt, Urlaub) findet eine ständige Lüfterneuerung statt.
- In den oftmals problematischen Schlafzimmern wird insbesondere im Winter ein zu hoher Anstieg der relativen Luftfeuchte und damit ein Schimmelpilzbefall verhindert.
- Bei Neubauten kann mit Hilfe einer geregelten Lüftung die evtl. noch vorhandene Baufeuchte besser abgelüftet werden.
- Auch die in Neubauwohnungen vorhandene anfängliche erhöhte Belastung mit organischen Schadstoffen (z.B. VOC, siehe *Abschn. 8.5*) wird verringert.
- Bei Lüftungsanlagen bleiben die Fenster geschlossen, was aus schallschutztechnischen Gründen ein entscheidendes Argument sein kann.

Voraussetzung:
Luftdichtheit

Voraussetzung für das Funktionieren der Lüftungsanlagen ist allerdings eine dichte Gebäudehülle (vgl. *Tabelle 8.2-2*), weil sonst der angestrebte Luftstrom nicht realisiert werden kann.

8.3 Relative Luftfeuchtigkeit und CO₂

Nachfolgend wird beschrieben, welche Folgen die unter normalen Bedingungen ungiftigen Stoffwechselprodukte Wasserdampf (durch Schwitzen) und CO₂ (durch Ausatmen) bei unzureichendem Luftaustausch haben können.

8.3.1 Relative Luftfeuchtigkeit

[Schadensbeispiele: 8-01]

Wie in *Abschn. 5.3.1* bereits beschrieben, ist das Vermögen der Luft, Wasser zu speichern von der Temperatur abhängig: bei höheren Temperaturen kann mehr Wasserdampf aufgenommen werden als bei niedrigen Temperaturen.

Die relative Luftfeuchtigkeit gibt an, wieviel Prozent der maximal möglichen Wasserdampfmenge in der Luft bereits enthalten ist. Hieraus kann ausgerechnet werden, wieviel Wasserdampf die Luft noch aufnehmen kann (Aufnahmekapazität). Dies wird am nachfolgenden Beispiel gezeigt.

Beispiel: Bei 20°C können etwa 17,3 g Wasserdampf pro m³ Luft aufgenommen werden (siehe z.B. *Tabelle 5.3-1*). Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von $\varphi = 60\%$ sind in der Luft bereits etwa $0,6 \cdot 17,3 = 10,4 \text{ g/m}^3$ Wasser enthalten. Anders ausgedrückt: die Luft besitzt noch eine Aufnahmekapazität von etwa $6,9 \text{ g/m}^3$ bis sie gesättigt ist.

Ist die Luft gesättigt ($\varphi = 100\%$), so wird überschüssiges Wasser als Tauwasser abgegeben.

Kritisch: ($\varphi > 80\%$)

An Bauteiloberflächen kann aber Tauwasser bereits bei geringeren Luftfeuchtigkeiten als 100% anfallen. Dies liegt daran, daß im Übergangsbereich zu kalten Bauteilen die Temperatur geringer ist als im restlichen Raum. Somit ist in diesen Bereichen auch die Aufnahmekapazität der Luft geringer. Hierbei ist bei Wänden in Holzbauweise das Risiko eines Tauwasseranfalls geringer als bei massiven Wänden, weil sie höhere Oberflächentemperaturen aufweisen. Aber auch hier sind relative Luftfeuchtigkeiten von 80% und darüber unbedingt zu vermeiden.

Hygienisch:
 $\varphi \approx 40 - 60\%$

Aus hygienischen Gründen sind relative Luftfeuchtigkeiten von 40 - 60% anzustreben: eine geringere Luftfeuchte kann zu Reizungen der Atemwege und Augenbindehäute führen, während bei höheren Luftfeuchtigkeiten die gesundheitliche Gefährdung durch Bakterien, Viren, Pilzen und Milben zunehmen kann (siehe auch *Abschn. 8.4*).

Die Raumluchtfeuchte ist keine konstante Größe, sondern sie wird im wesentlichen von der Feuchteproduktion bestimmt, die in einem Raum stattfindet. In **Tabelle 8.3-1** sind typische Werte für Feuchteabgaben von verschiedenen Quellen angegeben [IFO, Wohngesundheit im Holzbau] und [BAKA].

Tabelle 8.3-1 Feuchteabgaben

| Feuchtequelle | Feuchteabgabe |
|---------------------------|----------------|
| Mensch | |
| ruhend, leichte Aktivität | 30 - 90 g/h |
| mittelschwere Arbeit | 120 - 200 g/h |
| schwere Arbeit | 200 - 300 g/h |
| Zimmerpflanzen | 5 - 20 g/h |
| Küche (zeitlich begrenzt) | 600 - 1500 g/h |
| Bad | |
| Wannenbad | ca. 700 g/h |
| Dusche | ca. 2500 g/h |
| Wäsche | |
| geschleudert | 50 - 200 g/h |
| tropfnaß | 100 - 500 g/h |

Feuchteproduktion:
120 - 140g/h pro Person

Im Wohnungsbau kann davon ausgegangen werden, daß pro Bewohner eine Feuchteproduktion von 120 - 140 g/h stattfindet. Etwa die Hälfte davon produziert er selbst.

Je nach Feuchteproduktion und Lüftungsverhältnissen stellt sich im Raum eine Luftfeuchtigkeit ein, die umso höher ist, je mehr Personen sich in einem Raum aufhalten und je weniger gelüftet wird. In **Bild 8.3-1** ist dies anhand eines Beispiels gezeigt.

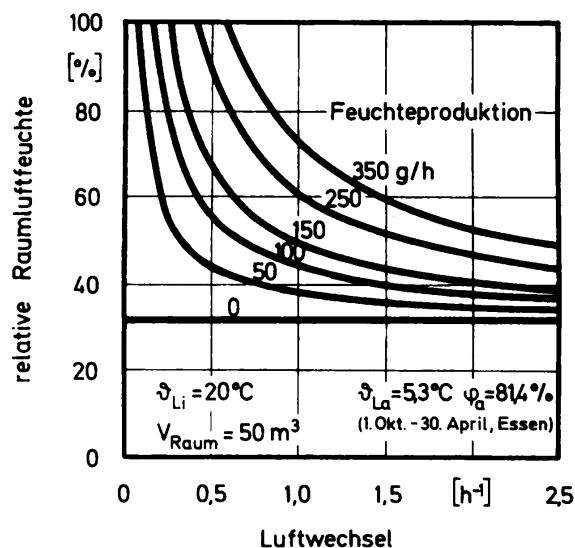


Bild 8.3-1

Relative Luftfeuchtigkeit in einem Raum in Abhängigkeit vom Luftwechsel und der Feuchteproduktion
[IFO, Wohngesundheit im Holzbau]

Aus diesem Bild ist zu erkennen, daß die relative Luftfeuchtigkeit sehr rasch und überproportional ansteigt, wenn nicht ausreichend gelüftet wird.

Mindest-
Luftwechselrate:
0,8 – 1,01/h

Nach [KÜNZEL] sind Luftwechselraten von mindestens 0,8 - 1,0 1/h erforderlich, um Tauwasseranfall zu vermeiden.

Außentemperatur

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, daß bei höheren Außentemperaturen ein höherer Luftwechsel zur Feuchteabfuhr erforderlich ist als bei niedrigen Temperaturen. Dies liegt darin begründet, daß kalte Luft, die auf Zimmertemperatur aufgeheizt wird, eine größere Aufnahmekapazität besitzt, als warme Außenluft. In **Tabelle 8.3-2** ist dies anhand von zwei einfachen Fällen beispielhaft dargestellt.

Tabelle 8.3-2 Aufnahmekapazitäten von kalter und warmer Außenluft, die auf Zimmertemperatur aufgeheizt werden

| Außenluft | | | | aufgeheizt auf 20°C | | |
|-----------|---------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------|
| Temp. | Relative Luftfeuchtigkeit | Sättigungsmenge | enthaltene Menge Wasserdampf | Relative Luftfeuchtigkeit | enthaltene Menge Wasserdampf | Aufnahmekapazität |
| [°C] | [%] | [g/m³] | [g/m³] | [%] | [g/m³] | [g/m³] |
| 5 | 80 | 6,8 | 5,4 | 31 | 5,4 | 11,9 |
| 15 | 60 | 12,8 | 7,7 | 45 | 7,7 | 9,6 |

Schäden nach
Renovierung

In Punkto Lüften spielen die Gewohnheiten der Bewohner eine wichtige Rolle, wie zahlreiche Feuchteschäden (Schimmelpilzbildung) in renovierten Wohnungen mit neuen Fenstern zeigen. Vor der Renovierung fand der Luftwechsel „automatisch“ über Undichtigkeiten im Fensterbereich statt, so daß die Bewohner kein Bedürfnis zu lüften empfanden. Diese Gewohnheit des „Nichtlüftens“ behielten viele auch nach Austausch der Fenster bei, was zu einer unzuträglichen Erhöhung der Luftfeuchte und damit zu Schimmelpilzbefall führte.

Schlafzimmer

Als kritisch erweisen sich häufig Schlafzimmer, die nur selten beheizt werden, nicht nur um Heizkosten zu sparen, sondern auch weil Menschen lieber bei niedrigen Temperaturen schlafen. Im nachfolgenden Beispiel wird gezeigt, daß zur Vermeidung von Tauwasser und damit auch Schimmelpilzbefall für eine ausreichende Luftabfuhr zu sorgen ist.

Beispiel: Schlafzimmer mit 15 m², d.h. etwa 36 m³ Raumvolumen.

$T = 10^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 60\%$, Sättigungsmenge: 9,4 g/m³

Aufnahmekapazität der Luft:

$(1 - 0,6) \cdot 9,4 \text{ g/m}^3 \cdot 36 \text{ m}^3 = 135 \text{ g}$

8-stündiger Schlaf von 2 Personen,

Feuchteproduktion $\approx 60 \text{ g/h}$ pro Person

Produzierte Menge Wasserdampf:

$2 \cdot 8 \text{ h} \cdot 60 \text{ g/h} = 960 \text{ g} \gg 135 \text{ g}$

Dies zeigt, daß selbst bei einer Raumlufttemperatur von 15°C, die im Winter sicherlich nicht immer erreicht wird, die Aufnahmekapazität der Raumluft bei weitem nicht ausreicht, um die produzierte Wasserdampfmenge aufzunehmen.

Das Schlafen bei geschlossenen Fenstern und Türen führt somit beinahe zwangsläufig zu einem Feuchteschaden.

„Atmungsaktive“
Wände

Das Thema erhöhte Luftfeuchtigkeit nehmen konkurrierende Baustoffhersteller zum Anlaß, ihre atmungsaktiven Wände zu propagieren und den Einsatz der im Holzbau meist üblichen Dampfbremse abzulehnen. In [IFO, Wohngesundheit im Holzbau] wird aufgezeigt, daß der Feuchtetransport durch Außenbauteile zwar je nach Bauart unterschiedlich groß ist, die transportierte Wassermenge entspricht jedoch nur einem Bruchteil dessen (ca. 2%), was durch Lüftung abgeführt werden muß. Die „Atmungsaktivität“ von Außenbauteilen ist somit ohne jede praktische Bedeutung.

8.3.2 CO₂

Durch die Atmung produziert der Mensch Kohlendioxid (CO₂). Als Qualitätsgrenze für Raumluft wird dabei eine Kohlendioxidkonzentration von 0,12 Volumen-% (Pettenkoferzahl) angesehen [DIEHL]. Setzt man für eine ruhende, z.B. lesende, Person an, daß sie etwa 16 l/h CO₂ emittiert [DIEHL], so ist diese Konzentration nach einer Stunde bei einem Raumvolumen von etwa 13 m³ erreicht ($16 \text{ l} / 0,12 \cdot 100 = 13\,000 \text{ l} = 13 \text{ m}^3$).

Mindest-
Luftwechselrate:
0,8 1/h

Als bestimmende Größe für den erforderlichen Luftwechsel in Innenräumen kann somit davon ausgegangen werden, daß ein Mensch mit nur leichter körperlicher Tätigkeit etwa 10 - 30 m³ Frischluft pro Stunde benötigt, um die CO₂ - Konzentration auf einem niedrigen Gleichgewicht zu halten. Hygieniker halten eine Luftwechselrate von mindestens 0,8 1/h bei normaler Nutzung für erforderlich, um die Belastung durch CO₂ in vertretbarem Rahmen zu halten [DIEHL].

Der Volumenstrom, der zur Deckung des Sauerstoffbedarfs erforderlich ist, ist dabei deutlich niedriger.

Die empfohlene Luftwechselrate deckt sich weitgehend mit derjenigen, die im vorigen Abschnitt zur Abfuhr überschüssiger Raumluftfeuchte angegeben wurde.

8.4 Allergene und Krankheitserreger

Neben den Haustieren sind Milben und Schimmelpilze die wichtigsten Allergenproduzenten. Diese stellen ein zunehmendes Gesundheitsrisiko dar. So sind Milben zu ca. 70% für Hausstauballergien verantwortlich.

Unzureichende Lüftung als Ursache von Allergien

Untersuchungen in europäischen Ländern deuten dabei darauf hin, daß eine unzureichende Lüftung mitverantwortlich für die Zunahme allergischer Beschwerden und Krankheiten ist. Dies ist damit zu erklären, daß bei höheren Temperaturen und relativen Luftfeuchtigkeiten ($\varphi \geq 60 - 70\%$) gute Wachstumsbedingungen für die Allergenproduzenten vorherrschen.

Zwar stellen Allergien ein individuelles Risiko dar, das von der subjektiven Empfindlichkeit des Menschen abhängig ist, die Reizschwelle kann aber durch ständige Schadeinwirkung so herabgesetzt werden, daß Allergien neu entstehen können. Ziel muß also sein, den Anteil der Allergene in der Innenraumluft zu vermindern. Dies kann nur durch Luftreinigungsmaßnahmen, wie z.B. Lüften erfolgen.

Verdünnung von
Krankheitserregern

Gleiches gilt auch für die Infektionsgefahr durch Bakterien und Viren: nahezu alle aerogenen Infektionen finden in Räumen statt, weil es im Freien sehr rasch zu einer Verdünnung der Erreger kommt. Die beste Prophylaxe besteht auch hier in einem ausreichenden Luftwechsel.

Eine gute Lüftung trägt dabei nicht nur dazu bei, den Schadstoffanteil in der Luft zu reduzieren, sondern sie ermöglicht es auch, die relative Luftfeuchtigkeit auf unter 60% zu senken, die aus hygienischen Gründen anzustreben ist (siehe *Abschn. 8.3.1*).

8.5 Flüchtige organische Substanzen (VOC)

Viele von Menschen hergestellte Stoffe sind bei Raumtemperatur flüchtig und gelangen gasförmig in die Raumluft. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um organische Verbindungen, die aus unterschiedlichsten Quellen stammen. Die Zahl der nachgewiesenen Stoffe in der Innenraumluft liegt bei mehr als 500.

Diese Stoffe werden nach ihrer Flüchtigkeit unterteilt, wobei im Wohnungsbau diejenigen von Bedeutung sind, deren Siedepunkt im Temperaturbereich von 50°/60°C bis etwa 240°/260°C liegt. Man spricht hier von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC = volatile organic compounds).

Quellen

Ursache bzw. Quellen solcher organischer Verbindungen sind Baustoffe/Produkte mit kunststoff- oder lösemittelhaltigen Zuschlagstoffen, die auch in Mörtel oder Putzen enthalten sein können.

Die Beurteilung der Emissionen aus gesundheitlicher und toxikologischer Sicht gestaltet sich dabei als sehr schwierig, weil die gemessenen Einzel-Konzentrationen meist weit unterhalb der traditionell als toxisch angesehenen Werte liegen. Gesundheitlich unbedenkliche Werte und Richtwerte als Orientierungsleitwerte werden vom Umweltbundesamt für eine ganze Reihe von toxikologisch relevanten Substanzen herausgegeben

TVOC - Wert

Das Zusammenwirken einer Vielzahl von organischen Luftverunreinigungen hat zu einer integralen Erfassung geführt. Als Kenngröße wird die gesamte VOC-Belastung angesehen, der sog. TVOC - Wert (total volatile organic compounds). Nach [IFO] beträgt die Belastung der Außenluft etwa 10 - 40 µg/m³, während der TVOC-Wert in Wohnräumen bei etwa 50 - 400 µg/m³ liegen kann. In Büros kann diese Belastung sogar auf 1300 µg/m³ ansteigen.

Dabei ist die Konzentrationen in neuen bzw. frisch renovierten Gebäuden anfänglich deutlich höher als während der späteren Nutzung.

In **Tabelle 8.5-1** ist angegeben, welche Beschwerden bei verschiedenen Gesamtkonzentrationen auftreten können.

Tabelle 8.5-1 Dosis-Wirkung-Beziehung von Beschwerden nach Mølhave [IFO], Wohngesundheit im Holzbau

| Gesamtkonzentration [µg/m³] | Reizungen und Beschwerden |
|--------------------------------|------------------------------------|
| < 200 | keine |
| 200 - 3 000 | möglich |
| 3 000 - 25 000 | Kopfschmerzen |
| > 25 000 | zusätzlich neurotoxische Wirkungen |

In **Tabelle 8.5-2** sind die wesentlichen Quellen von VOC-Belastungen angegeben. In [ZELL-WEGER] sind hierzu z.T. detaillierte Untersuchungen durchgeführt worden.

Tabelle 8.5-2 Quellen von VOC-Belastungen

| Quelle | Erläuterung, Quelle detaillierter |
|--|--|
| Baustoffe/Materialien * Wandbeläge, Verkleidungen * Bodenbeläge * Dämmstoffe * Schaumstoffe | Teppichböden: Schaumrücken. Wollteppiche: präventive biozide Wirkstoffe. PVC: Weichmacher. Linoleum: Reste von ungesättigten Fettsäuren. Kork: Bindemittel (→ Formaldehyd). Mineralfaserdämmstoffe: <i>Abschn. 8.6.4</i> z.B. Isolierungsmaterialien |
| Bauhilfsstoffe * Beschichtungssysteme * Klebstoffe * Dichtungsmittel * Spachtel- und Vergußmassen | Farben, Lacke: Lösungsmittel. Auch Natur- und Biolacke sind nicht generell emissionsarm: Verschnitt von Ölen mit synthetischen Verbindungen und ungesättigte Fettsäuren. z.B. für Bodenbeläge: Lösemittel. Bei undurchlässigen Belägen (PVC): lang anhaltende Emissionen möglich. Lösemittel, Fungizide (Sanitärbereich) Lösungsmittel, Weichmacher. Mörtel, Putz: kunststoff- und lösemittelhaltige Zuschlagstoffe möglich. |
| Ausstattungsmaterialien * Möbel * Vorhänge | Formaldehyd aus Holzwerkstoffen, Lösemittel aus Beschichtungssystemen. |
| Weitere, Sonstige * Haushaltschemikalien * Rauchen * Hobby * Formaldehyd (FAH) * Holzschutzmittel | Diese Emissionen können durchaus im Bereich derjenigen von Baustoffen liegen, oder gar darüber. z.B. Reinigungsmittel. s. <i>Abschn. 8.6.1</i> z.B. Basteln, Computer (Bildschirm, Drucker, Fax). s. <i>Abschn. 8.6.2</i> s. <i>Abschn. 8.6.3</i> |

Hauptquelle:
Lösungsmittel
Hohe Anfangs-
emissionen

Die VOC-Belastungen werden dabei vornehmlich von der Verflüchtigung der enthaltenen Lösungsmittel verursacht. So werden in neuen oder frisch renovierten Gebäuden teilweise Innenraumbelastungen vorgefunden, die nach *Tabelle 8.5-1* durchaus als gesundheitsschädlich einzustufen sind. Die hohen Anfangsemissionen klingen aber im Laufe der Zeit mehr oder weniger rasch ab. Hier ist in jedem Fall ein kräftiges Lüften anzuraten.

Beim Einsatz hochsiedender (d.h. schwer flüchtiger) Komponenten oder bei „Verschließen“ der Emissionsquellen (z.B. verklebter PVC-Boden) sind langanhaltende Emissionen zu erwarten, die allerdings auf einem geringeren Niveau liegen.

Zum Thema Luftverunreinigungen hat ein signifikantes Umdenken in der Bevölkerung stattgefunden: Gerüche, die früher als „neu“ eingestuft wurden, werden heute als gesundheitsschädlich empfunden. In der heutigen Zeit können VOC-Belastungen zwar nicht vollständig ausgeschlossen werden, durch Auswahl emissionsarmer Materialien können diese aber minimiert werden.

Materialwahl:
Emissionsarme
Materialien

Die herstellende Industrie hat auf die geänderten Anforderungen reagiert, und es gilt, die Entwicklungen im Bereich der lösemittelarmen Produkte zu nutzen. Bei der Auswahl der Produkte sollte auf Gütezeichen geachtet werden, die auch emissionsrelevante Anforderungen erfassen (z.B. blauer Engel).

Lüftung

Daneben ist - wie bereits angedeutet - eine ausreichende Lüftung unabdingbare Voraussetzung für eine Reduzierung der Schadstoffbelastung der Innenraumluft. Insbesondere während und nach Bau- und Renovierungsarbeiten ist auf eine verstärkte Lüftung zu achten.

8.6 Weitere Belastungen, Reizthemen

In diesem Abschnitt werden Luftbelastungen besprochen, die Gegenstand öffentlicher Diskussionen waren oder immer noch sind.

8.6.1 Tabakrauch

Tabakrauch stellt nach wie vor die häufigste und vor allem freiwillig produzierte Emission in die Innenraumluft dar. Tabakrauch enthält eine Vielzahl organischer Substanzen, die eindeutig als gesundheitsschädlich einzustufen sind: neben dem ebenfalls abgegebenen Formaldehyd (FAH) sind über 40 Stoffe als kanzerogen und mindestens 9 weitere als ko-kanzerogen eingestuft.

Verstärkung anderer
Emissionen

Darüber hinaus kann Tabakrauch Emissionen aus anderen Quellen verstärken. Als Beispiel hierfür seien die häufig beobachteten erhöhten FAH-Emissionen aus Holzwerkstoffen und anderen Materialien nach einem Bewohnerwechsel angeführt (Nichtraucher → Raucher).

Bei der Diskussion über die Umweltverträglichkeit von Bauprodukten sollte daher das Thema Rauchen nicht außer Acht gelassen werden.

8.6.2 Formaldehyd (FAH)

Formaldehyd (FAH, chemische Formel: HCHO) ist bei Raumtemperatur ein farbloses, giftiges und streng riechendes Gas, das bereits bei sehr niedrigen Konzentrationen wahrnehmbar ist. FAH ist gut in Wasser löslich und reagiert auch mit dem in der Luft enthaltenen Wasserdampf.

Quellen FAH ist ein in der Natur verbreiteter Stoff, der wegen seiner großen Reaktionsfreudigkeit in einer Vielzahl von Produkten „künstlich“ eingesetzt wird. Als wichtigste wären zu nennen:

- * Klebstoffe, z.B. bei Holzwerkstoffen,
- * Lacke,
- * Schaumstoffe, z.B. bei Ortschäumen, Teppichrücken, Gardinen,
- * Desinfektionslösungen.

Im Bereich des Wohnungsbaus ist FAH vor allem durch die öffentliche Diskussion Mitte der 80er Jahre bekannt geworden. Als Emissionsquellen wurden die eingesetzten Holzwerkstoffplatten (insbesondere Spanplatten) erkannt.

Spanplatten: Kleber Bei der Herstellung von Flachpreßplatten (Spanplatten) werden Kunstharze als Bindemittel (Kleber) eingesetzt, die durch Reaktion (Kondensation) des FAH mit Harnstoff und Melamin (sog. Aminoplaste) bzw. mit Phenol und Resorcin (sog. Phenoplaste) aushärten. Bei dieser Aushärtung kann FAH nicht vollständig in die festen Kondensationsprodukte eingebunden werden, sondern es verbleibt freies FAH in der Platte, das im Laufe der Zeit entweichen kann.

Die Menge des emittierten FAH hängt dabei wesentlich vom Bindemitteltyp (der „Leimrezeptur“) und den klimatischen Bedingungen im Innenraum ab.

Bindemitteltyp In früheren Jahren wurden vornehmlich Harnstoffharze mit einem hohen Molverhältnis FAH/Harnstoff als Bindemittel verwendet. Bedingt durch den „großzügig“ bemessenen FAH-Anteil war auch ein dementsprechend großer FAH-Überschuß vorhanden, der für die erhöhte FAH-Abgabe verantwortlich war. Die Entwicklung neuer Rezepturen mit deutlich niedrigeren Mol-Verhältnissen haben zu drastisch reduzierten Emissionen geführt.

Leimharze in Verbindung mit Phenol oder Tannin weisen grundsätzlich höhere Vernetzungsgrade und höhere Bindungsstabilitäten als Harnstoffverbindungen auf, so daß nur sehr wenig FAH an die Raumluft abgegeben wird.

Gänzlich ohne FAH-Emissionen sind Bindemittel auf Diisocyanat-Basis (MDI, PMDI), bei denen kein FAH eingesetzt wird.

Klimatische Bedingungen Die Reaktionsfreudigkeit von FAH steigt mit steigender Temperatur und - bedingt durch die gute Wasserlöslichkeit des Gases - mit steigender relativer Luftfeuchtigkeit.

Nur E1-Platten zulässig Nach der Chemikalien-Verordnung aus dem Jahre 1993 dürfen nur noch solche Holzwerkstoffplatten in Verkehr gebracht werden, die einen Emissionswert unter $0,1 \text{ ppm (ml/m}^3\text{)}$ aufweisen. Somit sind nur noch Bauplatten der Emissionsklasse E1 zulässig. Solche Platten sind entsprechend gekennzeichnet. Platten mit einem Emissionswert von $\leq 0,05 \text{ ppm}$ tragen den blauen Engel.

Vorsicht ist aber bei Billig-Bauplatten geboten, bei denen keine Angaben über die FAH-Emissionen gemacht werden.

Der Grenzwert von 0,1 ppm steht derzeit in der Diskussion und wird von einigen Kreisen als zu hoch angesehen. Im Hinblick auf eine zu erwartende Verschärfung der Anforderungen ist bereits jetzt zu empfehlen, einen Grenzwert von 0,05 ppm anzustreben. Dies ist bei entsprechender Materialwahl auch zu erreichen: Messungen des BDF¹⁾ ergaben Werte von etwa 0,03 ppm in Gebäuden.

FAH heute kein
Thema mehr

In Anbetracht der Entwicklungen auf dem Gebiet der Klebstoffe stellt FAH bei Neubauten heute kein Thema mehr dar.

8.6.3 Holzschutzmittel

Wirkstoffe von Holzschutzmitteln gehören zu den schwerflüchtigen organischen Verbindungen, die über einen langen Zeitraum an die Raumluft abgegeben werden können.

Besonders kritische Stoffe, wie DDT und Pentachlorphenol (PCP), sind bereits seit längerer Zeit gesetzlich verboten; und auch Lindan ist weitestgehend vom Markt verschwunden.

Verzicht auf chemi-
schen Holzschutz
möglich

Die Gesundheitsgefährdung der derzeit meist eingesetzten Salze ist deutlich geringer einzustufen als die der o.g. Mittel. Unabhängig davon ist aber in jedem Fall ein vollständiger Verzicht auf chemische Holzschutzmittel anzustreben. In *Abschn. 6.2* wurde eingehend gezeigt, wie dies mit Hilfe von baulichen Maßnahmen erreicht werden kann.

Für den Schutz von Holz im Sinne einer Oberflächenbehandlung war noch nie ein chemischer Holzschutz gefordert und auch nicht erforderlich. Hier genügen dekorative Beschichtungssysteme ohne pestizide oder biozide Komponenten.

Gesundheitliche Gefährdungen durch Holzschutzmittel, wie sie in der Vergangenheit durch allzu großzügigen Umgang mit der Chemie entstanden sind, lassen sich bei Neubauten und Umbaumaßnahmen somit ausschließen.

8.6.4 Dämmstoffe

Im Zuge der Diskussionen über die Gefährdung durch Asbestfasern sind nahezu alle Faserstoffe in Verdacht geraten, gesundheitsschädlich zu sein. Für den Holzbau erwiesen sich dabei die Mineralfaserdämmstoffe als problematisch.

Arbeitsschutz

Es ist unbestritten, daß beim Einbau von Faserstoffen Luftverunreinigungen durch Faserstäube entstehen. Diese Stäube stellen vorrangig für den Ausführenden eine Belastung dar, die durch das Tragen von Atemschutzmasken weitestgehend ausgeschaltet werden kann.

Bei sachgerechtem Einbau der Dämmung und normaler Nutzung der Gebäude bestand für die Bewohner aber nie eine ernst zu nehmende gesundheitliche Gefährdung, weil die Dämmstoffe „eingepackt“ werden und somit nicht zugänglich sind.

¹⁾ Bundesverband Deutscher Fertigbau

Ausgelöst durch die z.T. emotional geführten und von der konkurrierenden Baustoffindustrie unterstützten Diskussionen wurden dennoch einige Entwicklungen durchgeführt, die ein Gesundheitsrisiko nahezu ausschließen.

Das Gesundheitsrisiko von Fasern wird im wesentlichen durch zwei Faktoren bestimmt: der Geometrie der Fasern und der Biobeständigkeit des Materials.

| | |
|----------------------|---|
| Geometrie der Fasern | Die Lungengängigkeit von Fasern wird von deren Abmessungen bestimmt. Als „kritische“ Abmessungen gelten dabei folgende Werte: |
|----------------------|---|

| | |
|------------------|------------------------|
| Faserlänge | > 5 µm |
| Faserdurchmesser | < 3 µm |
| Faserlänge | > 3 · Faserdurchmesser |

Die Geometrie der Fasern kann bei der Herstellung beeinflusst werden.

| | |
|------------------|--|
| Biobeständigkeit | Der maßgebende Faktor aber ist die Biobeständigkeit (Persistenz) des Materials. Ein Material, das nur sehr schwer im Körper abgebaut wird, besitzt eine hohe Persistenz. |
|------------------|--|

| | |
|--------------------|---|
| Biolösliche Fasern | Führende Hersteller von Mineralfaserdämmstoffen haben biolösliche Mineralfasern entwickelt, die sich nicht mehr im Körper akkumulieren können, so daß die Gefahr von chronischen Erkrankungen oder Lungenkrebs minimiert ist. Fasern mit einem Kanzerogenitätsindex Ki > 40 sind weder als krebserzeugend noch als krebverdächtig eingestuft. |
|--------------------|---|

| | |
|-------------------------|--|
| „Natürliche“ Dämmstoffe | Erwähnenswert erscheint die Tatsache, daß organische Zellulosefasern, wie z.B. aus wiederverwertetem Zeitungspapier, Baumwolle, Schafwolle, Flachs u.ä. eine hohe Persistenz besitzen: sie werden im Körper chemisch kaum abgebaut. Ob organische Fasern nach chronischer Inhalation gesundheitliche Risiken verursachen können, ist allerdings noch nicht ausreichend untersucht. |
|-------------------------|--|

Zu beachten ist weiterhin, daß „ökologische“/natürliche Dämmstoffe zum Schutz gegen Ungeziefer, Pilzen und aus Brandschutzgründen meist mit bioziden Mitteln (z.B. Borsalze) behandelt werden.

| | |
|--------------------------|--|
| Kein Risiko für Bewohner | Aber auch hier gilt, daß bei sachgerechtem Einbau kein erhöhtes Risiko für die Nutzer der Räume zu erwarten ist. |
|--------------------------|--|

8.7 Zusammenfassung

Bereits vor 130 Jahren befaßte sich Max von Pettenkofer intensiv mit Fragen der Luftreinigung. Hierbei stellte er fest:

„Wir halten jede Luft, welche auf unsere Sinne oder unser Befinden anders wirkt, als die Luft im Freien, mit Recht für verunreinigt“.

Hieraus leitet sich der Grundsatz ab, daß die Innenluft so gut sein sollte, wie die Außenluft. Dies ist aber nur durch ausreichenden Luftaustausch zu erreichen.

Eine ausreichende Lüftung bewirkt folgendes:

- * Reduzierung der relativen Luftfeuchtigkeit und damit Verminderung von Schimmelpilzbefall und Allergiegefahr, z.B. durch Milben und Pilzen.
- * Reduzierung des CO₂-Gehaltes.
- * Reduzierung der VOC-Belastung in der Raumluft.

* „Verdünnung“ der Bakterien und Viren-Präsenz in der Luft und damit Reduzierung der Infektionsgefahr.

Bei neueren, gut gedämmten und luftdichten Gebäuden ist davon auszugehen, daß unter normalen Windverhältnissen die Raumluft nur etwa alle 3 Stunden ausgetauscht wird (Luftwechselrate $\approx 0,3 \text{ 1/h}$)¹⁾.

Dieser Grundluftwechsel entspricht nur etwa einem Drittel dessen, was aus hygienischen Gründen als erforderlich angesehen wird (Luftwechselrate $\approx 0,8 - 1,0 \text{ 1/h}$). Dies bedeutet, daß für eine zusätzliche Frischluftzufuhr zu sorgen ist.

Im Hinblick auf die Notwendigkeit einer Energieeinsparung ist dabei eine geregelte, d.h. kontrollierte Lüftung der sehr groben Fensterlüftung vorzuziehen (siehe auch 3. Bauschadensbericht, *Abschn. 1.5*).

¹⁾ Der bei Blower – Door – Messungen ermittelte n_{50} – Wert ist 10 bis 20 mal höher

9 Zusammenfassung

Ziel dieses Vorhabens war es, typische Mängel/Schäden im Holz-Wohnungsbau aufzuzeigen und Hinweise zu deren Vermeidung zu geben.

Hierzu werden zu den wichtigsten Themenbereichen die Hintergründe, Zusammenhänge und Grundprinzipien dargestellt und erläutert. Anhand von häufig gemachten Fehlern wird aufgezeigt, welche Folgen die Nichtbeachtung dieser Regeln haben kann. Zur weiteren Veranschaulichung werden typische Mängel/Schäden aus Gutachten in Form von „Musterbeispielen“ aufbereitet.

Neben einem Literaturstudium wurde ein intensiver Erfahrungsaustausch mit Sachverständigen und Gutachtern durchgeführt. Insgesamt etwa 240 Gutachten wurden ausgewertet, aus denen zahlreiche Bilder zur Erstellung dieses Berichtes herangezogen wurden.

Nachfolgend sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengefaßt.

Statistik

Die Auswertung der Gutachten zeigte deutliche Abweichungen zu den in der Literatur aufgeführten Schadensfällen. Während in Veröffentlichungen meist nur „attraktive“ und lehrreiche Fälle behandelt werden, bestimmt viel „Kleinkram“ das tägliche Leben eines Sachverständigen.

Nach der hier durchgeführten statistischen Auswertung waren Mängel/Schäden zu etwa 60% auf unzureichende Leistungen des Ausführenden zurückzuführen. Hierin sind nicht enthalten die Vielzahl von Bagatellfällen, wie z.B. optische Unregelmäßigkeiten, die nicht als Mangel anerkannt wurden. Nur in 15% aller Fälle zeichneten sich Planer (Architekten, Ingenieure) für Mängel/Schäden verantwortlich. In den übrigen Fällen war der Verursacher entweder nicht eindeutig zu ermitteln, oder es war nicht die Aufgabe des Sachverständigen, diesen ausfindig zu machen.

Materialspezifische Eigenschaften

Die Nicht-Berücksichtigung materialspezifischer Eigenschaften stellt die Hauptursache von Beanstandungen und Mängel/Schäden dar.

So entspricht die Holzqualität nicht immer den Vorstellungen der Bauherren (meist die optische Qualität) oder den Anforderungen der Normen (z.B. statische Qualität).

Das Schwinden und Quellen des Holzes wird nicht ausreichend berücksichtigt. So wird nicht erkannt, daß Fugen, die durch Schwinden entstehen, nicht nur das optische Erscheinungsbild beeinträchtigen, sondern auch schwerwiegende bauphysikalische Folgen haben können (z.B. Wassereintritt durch Fugen bei Durchdringungen und Anschlüssen, Feuchteschäden infolge von Konvektion bei nicht luftdichter Gebäudehülle).

Trocknungsbedingte Verformungen, wie z.B. Risse und Verdrehungen werden oftmals als materialbedingt und somit unumgänglich abgetan. Durch geeignete Einschnittart (herzfrei oder zumindest herzgetrennt) und Einbau von trockenem Holz (Holzfeuchte etwa 15%) können diese vielfach beanstandeten Erscheinungen jedoch so deutlich abgeschwächt werden, daß auch höhere Ansprüche der Bauherren erfüllt werden können.

Die meisten Mängel/Schäden, die auf eine unzureichende Berücksichtigung materialspezifischer Eigenschaften zurückzuführen sind, können durch den Einsatz von Konstruktionsvollholz (KVH)¹⁾ vermieden werden.

¹⁾ Produktbezeichnung

Ausführung

Wird die handwerkliche Qualität bemängelt, so liegt dies meist an

- einer nicht materialgerechten Lagerung (fehlender Witterungsschutz, Verschmutzungen, Beschädigungen),
- einer mangelhaften Verarbeitung des Holzes (z.B. Hobelfehler) sowie
- einem fehlerhaften oder mangelhaften Abbund (Stichwort Paßgenauigkeit).

Mängel in der Ausbildung von Verbindungen können Sicherheitsrisiken nach sich ziehen, z.B. wenn Mindestabstände nicht eingehalten oder ungeeignete Verbindungsmittel eingesetzt werden.

Unzureichend abgedichtete Fugen sind häufig Ursache von z.T. schwerwiegenden Mängeln/Schäden. Adhärierende Dichtungsmassen (z.B. Silikon, Acryl) sind aufgrund der auftretenden Verformungen meist ungeeignet und können keine dauerhafte Abdichtung gewährleisten. Fugen gehören in jedem Fall detailliert geplant, weil sowohl auf geeignete Dichtungsmaterialien (z.B. „Kompribänder“) als auch auf eine fachgerechte Ausführung zu achten ist.

Durch die steigenden Ansprüche der Bauherren kommt der objektbezogenen Materialwahl ein zunehmender Stellenwert zu. Insbesondere bei sichtbaren Bauteilen führt eine „lieblose“ Holzauswahl immer wieder zu Beanstandungen.

Durch den Wegfall der Prüfpflicht in vielen Bereichen steigt die Verantwortung der am Bau Beteiligten. Für die ausführenden Betriebe beinhaltet dies die Notwendigkeit einer ständigen Weiterbildung, um mit den steigenden Anforderungen, die an das Fachwissen gestellt werden, Schritt halten zu können. Dies gilt in besonderem Maße, wenn eigenverantwortlich Planungen durchgeführt werden oder gar bewußt von Planungsvorgaben abgewichen wird. Hier gilt es, die eigenen Grenzen zu erkennen und nicht zu überschreiten.

Planung

Holzhäuser erfordern im Vergleich zu Massivhäusern einen deutlich höheren Planungsaufwand. Die Ursache zahlreicher Mängel/Schäden liegt

dabei in einer unzureichenden Detailplanung, insbesondere in den Bereichen Bauteilan-schlüsse, Durchdringungen und Ausbildung von Fugen. Eine mangelhafte Detailplanung hat meist unzureichende „Baustellenlösungen“ zur Folge, wie z.B. nicht dauerhaft dichte Fugen. Insbesondere im Zusammenhang mit der geforderten Luftdichtheit der Gebäudehülle ist eine detaillierte Planung unerlässlich.

Die materialspezifischen Eigenschaften des Holzes sind bereits bei der konstruktiven Durchbildung zu berücksichtigen. Hier sind jedoch Fachkenntnisse erforderlich, die vielen Planern (noch) nicht geläufig sind. Auch hier besteht der dringende Bedarf an einer Fortbildung.

Eine detaillierte Ausschreibung ist die Voraussetzung für eine Vergleichbarkeit von Angeboten. Eine fehlerhafte, unvollständige oder ungenaue Ausschreibung hingegen, führt meist zu sehr unterschiedlichen Angeboten. Wird dann der Auftrag streng nach dem Prinzip „der billigste Anbieter erhält den Zuschlag“ vergeben, so leidet nicht selten die Qualität darunter.

Fehler in der statischen Durchbildung machen sich meist zunächst über Risse und größere Verformungen bemerkbar. Katastrophale Folgen sind vergleichsweise selten. Dies liegt zum einen an den bestehenden Sicherheitsreserven und zum andern an der „Gutmütigkeit“ des Materials, das über Kraftumlagerungen etwaige Überbeanspruchungen abbauen kann. Durch den bereits erwähnten Wegfall der Prüfpflicht ist jedoch eine Zunahme der Mängel/Schäden, die auf eine mangelhafte statische Durchbildung zurückzuführen sind, nicht auszuschließen.

Holzhäuser erreichen meist Niedrigenergie-Standard, so daß hinsichtlich des Wärmeschutzes keine größeren Probleme bestehen. Dies gilt auch für stoffbedingte und geometrische Wärmebrücken, sofern die Dämmung passend verlegt wird und keine Lücken vorhanden sind.

Anders sieht es bei konvektiven Wärmebrücken aus: die Wärmeverluste, die durch unkontrollierte Luftströmung durch Fugen entstehen, machen bereits bei mäßigen Windverhältnissen ein Mehrfaches der Transmissions-Wärmeverluste aus. Hier ist eine luftdichte Ausführung der Gebäudehülle sicherzustellen.

Die Luftdichteit ist auch für den Feuchteschutz im Holzbau von zentraler Bedeutung. Die Wassermengen, die durch Fugen über Luftströmung (Konvektion) ins Innere der Bauteile gelangen und dort kondensieren können, betragen ein Vielfaches der Mengen, die über Dampf-Diffusion anfallen (Faktor 100 bis 1000). Dies wird zusätzlich dadurch verschärft, daß das Tauwasser infolge von Konvektion örtlich konzentriert anfällt, wo es zu schwerwiegenden Feuchteschäden führt. Da die weitaus überwiegende Zahl aller Feuchteschäden im Holzbau auf Konvektion zurückzuführen sind, gehört die Ausbildung einer luftdichten Hülle zu den vorrangigsten Aufgaben im Holz-Wohnungsbau. Die Luftdichtheit ist dabei sowohl in der Fläche, als auch im Bereich der Bauteilanschlüsse und Durchdringungen sicherzustellen. Möglichkeiten hierzu wurden detailliert beschrieben.

Das Umdenken in der Bevölkerung in Sachen Umwelt- und Gesundheitsschutz haben die Bauaufsicht dazu veranlaßt, die für den Holzschutz zuständige Normenreihe grundlegend zu überarbeiten. Hierbei wurde baulichen Maßnahmen, die einen Verzicht auf chemischen Holzschutz ermöglichen, eindeutig der Vorrang gegeben.

Die primären Aufgaben des baulichen Holzschutzes bestehen darin,

- einen Insektenbefall zu verhindern, bzw. einen Schaden durch Befall auszuschließen, sowie
- das Holz dauerhaft bei einer Holzfeuchte unter 20% zu halten, damit kein Pilzbefall zu befürchten ist.

In diesem Bericht wird schwerpunktmäßig auf die besonderen baulichen Maßnahmen nach DIN 68800-2 eingegangen. Diese sind detailliert zu planen und sorgfältig auszuführen, da Fehler in der konstruktiven Durchbildung auch durch den Einsatz chemischer Holzschutzmittel nicht wettgemacht, sondern lediglich hinausgezögert werden können.

Dies gilt auch und in besonderem Maße bei bewitterten Bauteilen, bei denen folgende Grundregeln gelten:

- Holz vor Niederschlägen und Spritzwasser schützen, z.B. durch Abdeckungen und ausreichenden Bodenabstand,
- Vermeidung von stehendem Wasser, z.B. durch schnelles Ableiten des Wassers und Ausbilden von geneigten Flächen und Tropfkanten,
- Schutz gegen Feuchteleitung (Kapillarwirkung), wobei dem Schutz des Stirnholzes im Bereich von Stößen und Verbindungen vorrangige Bedeutung zukommt.

Durch geeignete bauliche Schutzmaßnahmen erscheint es sogar möglich, auch bei bewitterten Bauteilen auf einen chemischen Holzschutz zu verzichten. Ansätze hierzu wurden aufgezeigt.

Die verschiedenen Möglichkeiten eines Witterungsschutzes mit Anstrichen und Beschichtungen wurden ebenfalls beschrieben. Diese stellen jedoch lediglich einen Oberflächenschutz dar, und keinen Holzschutz im üblichen Sinne.

Schallschutz

Gutachten im Zusammenhang mit Schallschutzfragen sind vergleichsweise selten, weil keine bauaufsichtlichen Mindestanforderungen an den Schallschutz von Einfamilienhäusern gestellt werden. In der Vergangenheit wurde die Ansicht vertreten, daß damit auch keine Mindestanforderungen eingeklagt werden können. Ein Gerichtsurteil aus dem Jahre 1993 stellt jedoch klar, daß in jedem Fall ein Schallschutz zu gewährleisten ist, der den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht. Und da der Stand der Technik sich nicht ausschließlich an DIN-Normen orientiert, muß auch im EFH-Bereich ein „üblicher“ Schallschutz erfüllt sein. Maßnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes werden daher an Bedeutung zunehmen. Die Grundregeln, die dabei zu beachten sind, wurden im Rahmen dieses Berichtes beschrieben.

Lufthygiene

Mit zunehmender Dichtigkeit der Gebäudehülle entfällt auch zunehmend der „automatische“ Luftaustausch über Undichtigkeiten (z.B. über Fensteranschlußfugen o.ä.) Die Notwendigkeit eines zusätzlichen Lüftens durch die Bewohner wurde beschrieben, wobei auf die Themen relative Luftfeuchtigkeit (im Zusammenhang mit Schimmelpilzbefall), CO₂-Belastung, Allergene und Krankheitserreger, flüchtige organische Substanzen, Formaldehyd, Holzschutzmittel und Dämmstoffe eingegangen wurde. Zur Sicherstellung eines aus gesundheitlichen Gründen erforderlichen Luftwechsels ist eine gezielte Lüftung (z.B. über Lüftungssysteme) der Vorzug gegenüber einer unkontrollierten Lüftung (z.B. durch Öffnen der Fenster) der Vorzug zu geben.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß sich eine überwältigende Zahl von Mängeln und Schäden auf einige wenige Ursachen zurückführen lassen. Viele Streitfälle lassen sich neben einer sorgfältigeren handwerklichen Ausführung durch folgende Maßnahmen vermeiden:

- sorgfältige Planung und Ausführung von **Fugen und Abdichtungen** im Bereich von Anschlüssen und Durchdringungen im Hinblick auf die Reduzierung von Feuchteschäden;
- Berücksichtigung des natürlichen Schwind- und Quellverhaltens des Holzes durch **Einbau trockenen Holzes mit geeigneter Einschnittart**. Hiermit lassen sich sowohl optische Mängel (Risse, Verformungen) als auch schwerwiegende Schäden (Feuchteschäden, Sicherheitsmängel) vermeiden.

10 Schadensbeispiele

Zur Veranschaulichung und Untermuerung der in diesem Bericht gemachten Ausführungen wurden aus den ausgewerteten Gutachten insgesamt 65 Einzelfälle ausgewählt und in Form von „Musterfällen“ aufbereitet.

Der Wortlaut der Ausführungen entspricht weitestgehend den Formulierungen aus den Gutachten. Das gleiche gilt für die Bewertung der Mängel/Schäden und die vorgeschlagenen Maßnahmen zu deren Behebung.

Die Zuordnung zu den verschiedenen Abschnitten dieses Berichtes war nicht immer eindeutig möglich, weil nicht selten mehrere Schadensbilder und –ursachen gleichzeitig auftraten. Am Ende jedes Falles wird auf Abschnitte dieses Berichtes verwiesen, in denen die behandelten Themen besprochen werden.

Fälle passend zu „Baustoffeigenschaften, Baustoffverhalten“ (Abschnitt 2):

- [2-01] Einsturz einer BSH-Konstruktion wegen mangelhafter Holzqualität und Keilzinkenqualität [Schmidt]
- [2-02] Versagen der Balken einer Holzbalkendecke infolge der starken Rißbildung wegen der zu hohen Schrägfaserigkeit der Holzbalken [Schmidt]
- [2-03] Abgescherte Kanten an den Verblendsteinen der Gefachausmauerungen infolge der Quellverformungen der Brettschichthölzer [Schmidt]
- [2-04] Schwindrisse in den Deckenbalken durch Mißachtung vertraglich vereinbarter Holzeigenschaften [Kessel]
- [2-05] Klärung der Frage nach konstruktiven Maßnahmen zur Erhaltung der Tragfähigkeit einer durch Trocknungsrisse geschwächten Mittelpfette [Frech]
- [2-06] Starke Rißbildung an sichtbaren Holzstützen in einem Wohnhaus infolge ihres Drehwuchses und der erfolgten Austrocknung [Galiläa]
- [2-07] Abwitterungs- bzw. Auflösungserscheinungen des nicht wetterbeständig verleimten Bau-Funiersperrholz [Macha]

Fälle passend zu „Ausführung“ (Abschnitt 3):

- [3-01] Bildung von Fugen durch die Aufnahme von Baufeuchte bei der Verlegung des Dielenfußbodens [WEKA]
- [3-02] Unzureichender Schutz des Holzes auf der Baustelle während der Lagerung und des Einbaus [Egle]
- [3-03] Undichtigkeit sowie Wassereintritt an der Eckverkämmung des Blockhauses Verkrümmung der Innenwände durch nicht wechselseitige Verlegung der Bohlen [Steinmetz]
- [3-04] Wassereintritt im Bereich der Überblattungen und Verschränkungen in den Verkämmungen der Blockbohlen [Egle]
- [3-05] Mangelhafte Ausführung (Paßgenauigkeit) [Ostermair]
- [3-06] Feuchteschaden aufgrund von falsch verlegten Dämmpaneelen sowie des nicht fachgerecht abgedichteten Ortgangs [Galiläa]

- [3-07] Trocknungsbedingte Risse und schlechte Ausführung der Stabdübelverbindungen in einem Pavillon [Frech]
- [3-08] Schwindrisse im Anschlußbereich der Stabdübel infolge trockenungsbedingten Schwindens der Hölzer und Beschädigungen beim Einbau [Schmidt]
- [3-09] Schrägstellung einer Giebelwand wegen mangelhafter Ausführung [Steinmetz]
- [3-10] Unzulässige Durchbiegung eines Hängewerks durch die fehlerhafte Ausführung der Verblattungen [Weka]
- [3-11] Gravierende Schäden durch die Veränderung des statischen Systems des Daches eines Blockhauses infolge Abweichung der Ausführung von der Planung [Macha]
- [3-12] Fehlerhafte Dachgaubenkonstruktion durch Abweichung der Ausführung von den geplanten Abmessungen [Galiläa]

Fälle passend zu „Planung“ (Abschnitt 4):

- [4-01] Mehrere Schäden an einem Blockhaus aufgrund einer zu hohen Einbaufeuchte und der konstruktiven Mißachtung der großen Setzungen [Schmidt]
- [4-02] Risse in den Fliesen eines Badezimmers infolge der nicht fachgerecht abgedichteten Anschlüsse und einer ungeeigneten Unterkonstruktion [Macha]
- [4-03] Schiefstellung der Treppe aufgrund von Nichtbeachtung der trockenungsbedingten Setzungen in einem Blockhaus [Macha]
- [4-04] Unzulässige Durchbiegung der Firstpfette und eines Unterzuges infolge der fehlerhaften statischen Berechnung und Ausführung [Macha]
- [4-05] Verschiedene Schäden an einem Blockhaus infolge statischer und konstruktiver Mängel [Schmidt]
- [4-06] Verformung der Erdgeschoßdecke aufgrund der Schwindverformungen von Schwelle und Rähm [Schmidt]
- [4-07] Rißbildung an Brettschichtholzträgern [Steinmetz]

Fälle passend zu „Wärme- und Feuchteschutz“ (Abschnitt 5):

- [5-01] Eindringen von Regenwasser durch die Fugen im Anschlußbereich verschiedener Bauteile des Blockhauses [Trübswetter]
- [5-02] Eintritt von Schlagregen wegen der fehlenden Abdichtung der Fuge zwischen Blendrahmen und Fachwerkkriegel [Schmidt]
- [5-03] Eintritt von Schlagregen wegen der nicht fachgerechten Abdichtung einer Blechverwahrung und der durch die Nachtrocknung der Bohlen entstandenen Fugen [Macha]
- [5-04] Luft- und Schallbrücken in einem Wohnhaus infolge der großen Schwindverformungen der tragenden Vollholzkonstruktion [Frech]
- [5-05] Tauwasserbildung an der Unterseite der Dachschalung infolge nicht fachgerechter Abdichtung der Nut + Federschalung [Frech]
- [5-06] Tauwasserausfall und Schimmelpilzbefall im Außenbereich der Blockbohlenwände durch Undichtigkeiten in der Konstruktion [Egle]

- [5-07] Unzureichende Winddichtung durch die nicht fachgerechte Ausführung im Eckbereich eines Wohnhauses [Galiläa]
- [5-08] Ausführungsmängel an der hinterlüfteten Fachwerkfassade beim Umbau eines älteren Fachwerkgebäudes [Schmidt]
- [5-09] Bestimmung der Luftwechselrate eines Reihenmittelhauses im Rahmen einer Blower-Door-Messung [VHT]
- [5-10] Feuchteschaden durch nicht ordnungsgemäß angeschlossene und verklebte PE-Folie in der Giebelwand eines Schwimmbades [Galiläa]
- [5-11] Feuchteschaden an der Decke unter dem nicht ausgebauten Dachgeschoß wegen Konvektion feuchtebeladener Luft durch die Deckenkonstruktion [Egle]
- [5-12] Tauwasseranfall infolge des Aufquellens der Dämmung wegen der nicht fachgerecht verklebten Randleisten [Egle]
- [5-13] Wassereintritt im Dachschrägenbereich infolge der nicht fachgerechten Verlegung der Dämmung und Dampfbremse [Köhnke]
- [5-14] Aufquellen der Dachschalung infolge von Wasserdampfkongvektion im undichten Anschlußbereich des Wohnraums [Borsch-Laaks]
- [5-15] Eisschanzenbildung an den Dachsteinen infolge von Wasserdampfkongvektion im undichten Dachbereich oberhalb einer Dachgaube [Borsch-Laaks]
- [5-16] Eisbildung an der Giebelwand im Spitzboden eines Massivhauses infolge von Wasserdampfkongvektion durch eine Fuge im Deckenanschluß [Gröger]
- [5-17] Tauwasserbildung bzw. Eisbildung infolge von Wasserdampfkongvektion durch die Fugen in der Deckenkonstruktion [Gröger]
- [5-18] Feuchteschaden und Pilzbefall an einem Flachdach wegen der fehlenden wirk-samen Dampfsperre [FMFA]
- [5-19] Feuchtigkeitsschaden durch Tauwasserbildung wegen des zu geringen Belüftungsquerschnitts bei einem Pultdach mit Trapezblech-Deckung [Zimmermann]

Fälle passend zu „Schutz des Holzes“ (Abschnitt 6):

- [6-01] Einbau von mit Frischholzschädlingen befallenen Holzbalken [Steinmetz]
- [6-02] Schimmelpilzbefall an den mit einem chemischen Holzschutz behandelten Holzbauteilen infolge der hohen Einbaufeuchte [Frech]
- [6-03] Verfaulte Deckenbalken infolge undichter Wasserleitung [Steinmetz]
- [6-04] Rißbildung in Tapeten und Fliesen infolge nicht fachgerechter Montage sowie Quellverformungen der zementgebundenen Holzspanplatten [Zimmermann]
- [6-05] Schimmelpilzbefall an der Unterseite der Spanplatten infolge des Einbaus zu feuchter HWST-Platten [Frech]
- [6-06] Starker Pilzbefall an dem Dachtragwerk einer Kirche durch Mißachtung des baulichen sowie chemischen Holzschutzes [Zimmermann]
- [6-07] Schäden an den Hirnholzanschlüssen eines Wintergartens infolge der Hinterwanderung des Anstrichs durch Wasser [Trübswetter]

- [6-08] Pilzbefall an der Balkonkonstruktion aufgrund der Mißachtung des baulichen und chemischen Holzschutzes [Trübswetter]
- [6-09] Insektenbefall und Fäulnis an den Streben einer Balkonkonstruktion infolge der Mißachtung des konstruktiven Holzschutzes [Trübswetter]
- [6-10] Verfärbungen und Braunfäuleschäden an den Holzstützen durch unzureichenden Bodenabstand [Steinmetz]
- [6-11] Verfärbungen und Braunfäuleschäden an den Holzstützen durch unzureichenden Bodenabstand [Steinmetz]
- [6-12] Rißbildung und Pilzbefall an der Oberseite der Brettschichtholzbinder einer Balkonkonstruktion [Frech]
- [6-13] Pilzbefall infolge der fehlenden Abdeckung an der Oberseite der Brettschichtholzbinder einer Vogelfreiflughalle [FMFA]
- [6-14] Harzaustritt bei Balkon [Steinmetz]
- [6-15] Großflächig abgeblätterter Anstrich wegen der Verwendung einer Lackgrundierung; Fäulnispilze im unteren Bereich der Hängepfosten [Frech]
- [6-16] Abrißfugen zwischen dem zu Tafeln verklebten Dielenfußboden infolge der Verklebung der Dielenbretter mit Wasserlack [Schmidt]
- [6-17] Farbablösungen im Bereich der horizontalen Kanten einer Profilbrettschalung infolge der mangelhaften Haftung des Anstrichs [Frech]

Fälle passend zu „Schallschutz“ (Abschnitt 7):

- [7-01] Schwingungen bei einer Holzbalkendecke [Schmidt]
- [7-02] Unzumutbare Schallübertragung wegen der mangelhaften Planung und Ausführung der Deckenkonstruktion [Köhnke]

Fälle passend zu „Lufthygiene“ (Abschnitt 8):

- [8-01] Schimmelpilzbildung an den inneren Gebäudeecken eines Wohnhauses durch falsches Nutzungsverhalten der Bewohner [Köhnke]

[2-01] Einsturz einer BSH-Konstruktion wegen mangelhafter Holzqualität und Keilzinkenqualität [Schmidt]

Allgemeines

Die Dachträger einer Baumarkthalle bestehen aus BSH-Trägern ($b/h = 18/73,3$ cm), die mit einem Gefälle von 2% ausgebildet sind. Zwei dieser Träger brachen zusammen. Es war zu klären, worauf der Einsturz zurückzuführen war. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf eine möglicherweise unzureichende Dachentwässerung gelegt werden.

Sachverhalt, Schadensbild

Die BSH-Träger liegen z.T. auf dem Boden (Bild 1). Die nicht heruntergefallenen Trägerteile sind stark gerissen und aufgesplittert (Bild 2), auch im Bereich der verbundenen Gerbergelenke (Bild 3).

Die Besichtigung der Dachoberfläche ergab z.T. erheblich verschmutzte Dachgullys mit verstopften Laubfangkörben. Unmittelbar nach Einsturz der Träger stand die gesamte Halle ca. 1 cm unter Wasser.

Ursachen

Die BSH-Träger wurden entgegen der statischen Berechnung nicht in Güteklasse I, sondern in Güteklasse II ausgeführt. Eine statische Berechnung ergab jedoch, daß die Tragfähigkeit dieser Träger auch durch die vermutete Wassersackbildung nicht unzulässig beeinflußt wurde. Die zulässigen Biegespannungen wurden zwar um 14% überschritten, dies dürfte aber angesichts der zugrundegelegten Sicherheiten nicht zum Einsturz geführt haben.

Eine Überprüfung der Holzqualität der verwendeten Lamellen ergab, daß bei einigen Brettern in den hochbeanspruchten Außenbereichen die in DIN 4074-1 gestellten Anforderungen hinsichtlich Jahrringbreite und Ästigkeit nicht eingehalten waren (auch nicht für die produzierte Güteklasse II).



Bild 1: Eingestürzter BSH-Träger



Bild 2: Zerstörter, aber nicht heruntergefallener BSH-Träger

Bei dem in Bild 1 dargestellten Träger ist zu erkennen, daß das Bruchbild stufenartig den Keilzinkenverbindungen folgt. Dies deutet zusätzlich auf eine unzureichende Qualität der Keilzinkungen hin. Eine Überprüfung ergab, daß einige Keilzinkungen ein großes Spiel im Zinkengrund aufwiesen, was auf eine mangelhafte Verpressung hindeutet.



Bild 3: Zerstörtes Gerbergelenkauflager



Bild 4: unzulässige Astansammlung in Lamellen

angeordnet werden. Gegen dieses Versatzmaß wurde verstoßen, so daß ein unzuträgliches Zusammenwirken der nicht kraftschlüssigen Lamellenverbindungen anzunehmen ist.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die gebrochenen Träger sind zusammen mit den darauf ruhenden Stahltrapezblechen und der Dachdämmung und -dichtung zu entfernen und auszutauschen

Stichworte → Abschnitt:

statische Holzqualität

→ Abschn. 2.1.1

Keilzinkenqualität

→ Abschn. 2.2

Die durchgeführte Biegeprüfung einer Keilzinkenprobe ergab einen Wert, der deutlich unter dem geforderten Wert der betreffenden Sortierklasse lag.

Darüber hinaus wurden an mehreren Stellen Stumpfstöße von Lamellen festgestellt, die seitlich mittels Holzdübel überdeckt wurden (Bild 5). In der früher gültigen Fassung der DIN 1052 (10.69) war dies zwar erlaubt, die Stöße müssen allerdings um mind. 50 cm gegeneinander versetzt

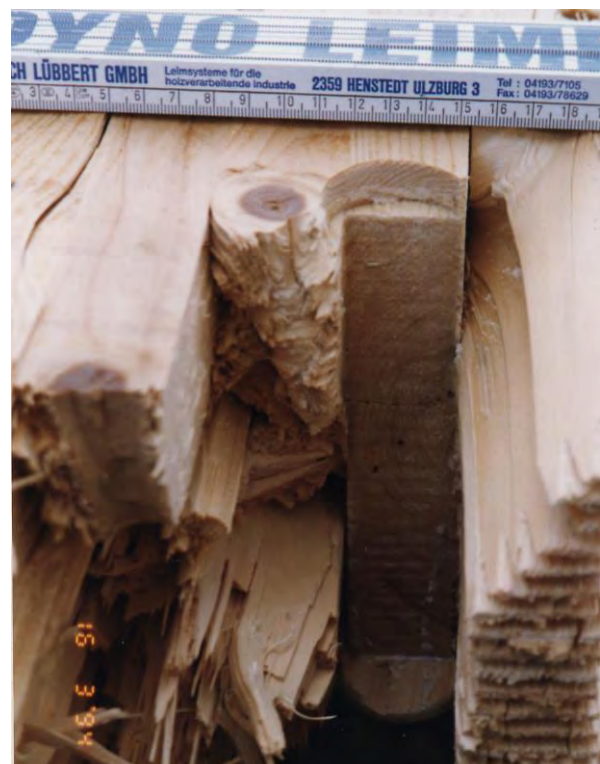


Bild 5: Stumpfstoß einer Lamelle

[2-02] Versagen der Balken einer Holzbalkendecke infolge der starken Rißbildung wegen der zu hohen Schrägfaserigkeit der Holzbalken [Schmidt]

Allgemeines

In einem Wohnhausanbau wurde eine Holzbalkendecke eingebaut. Die Deckenbalken bestehen aus Fichtenkanthölzern mit einem Querschnitt von 16 auf 18 cm. Sie sind gehobelt und gefast.

Sachverhalt, Schadensbild

Im Laufe der Zeit zeigten sich immer mehr Risse an den Deckenbalken. Nach einer Nutzungszeit von eineinhalb Jahren brachen zwei Balken durch und mußten mit einem Joch unterstützt werden. Von Ausnahmen abgesehen, weisen alle Deckenbalken und auch ein Unterzug erhebliche Risse auf. Die Risse verlaufen sowohl an der Unterseite, als auch und vor allem an den senkrechten Seiten der Deckenbalken. Sie weichen von der Balkenachse erheblich ab (Bild 3 & 4).

Nach der Verlegung der Balkenlage wurde eine Sichtschalung aufgebracht. Diese wurde dann mit einer doppelagigen „Silofolie“ vor Durchfeuchtung geschützt. Anschließend wurde im Dachgeschoß weiter gemauert und das Dach aufgestellt. Die Schalung weist keinerlei Wasserspuren auf. Nach Meinung der Bauherrschaft wurde der Bau im Sommer geschlossen.



Bild 1: Riß im 4. Deckenbalken direkt an der Unterstützung mit dem Joch

Die Notabstützung wurde im darauffolgenden Jahr im Dezember vorgenommen.

Die Risse in den schadhafte Deckenbalken erschienen nach Angabe des Bauherren nach und nach. Zuerst traten also Trockenrisse auf; dann riß der 4. Balken total (Bild 1 & 2), und als dann der 5. Balken auch praktisch durchgebrochen war, wurden Notmaßnahmen ergriffen, indem als Unterstützung ein Joch untergebaut wurde.

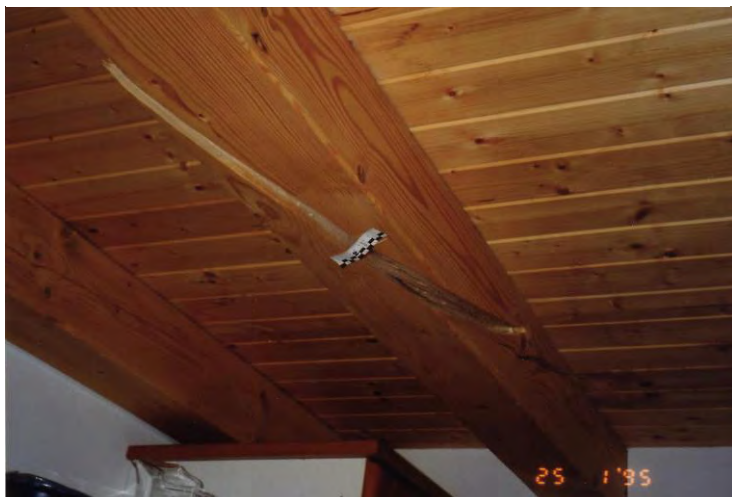


Bild 2: Riß im 4. Deckenbalken kurz vor dem Mittelaufleger

Ursachen

Tragende Holzbauteile werden nach der „DIN 1052 Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung“, bemessen und ausgeführt. Die DIN 1052 setzt voraus, daß Nadelholz der Güteklasse II (neu: Sortierklasse S 10) eingesetzt wird. Die Gütesortierung erfolgt nach „DIN 4074, Teil 1 Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit“. In Tabelle 2 der DIN 4074, Teil 1 wird die Faserneigung für die Sortierklasse S 10 begrenzt auf 120 mm auf 1,00 m.



*Bild 3 oben : Riß im 5. Deckenbalken beim
Mittelaufleger*

Bild 4 links : Riß an der Unterseite eines Balkens

Der Balken Nr. 4 besitzt an der Bruchstelle eine Schrägfaserigkeit, die doppelt so groß ist, wie die nach DIN 4074 Teil 1 zulässige.

Der Balken Nr. 5 besitzt eine Schrägfaserigkeit von 180 mm auf 1,20 m und ist damit schrägfaseriger als die Norm erlaubt.

Gleiches gilt für den Balken Nr. 6, der eine Schrägfaserigkeit von 80 mm auf 0,60 m aufweist.

Der Unterzug im Zwischenbau erreicht mit einer Schrägfaserigkeit von 150 mm auf 1,25 m gerade den Grenzwert der Norm.

Alle anderen Rißbilder zeigen eine Schrägfaserigkeit, die geringer ist als die Norm 4074, Teil 1 zuläßt.

Die festgestellte, zu hohe Schrägfaserigkeit der Balken Nr. 4, 5 und 6 führt zu einer erheblichen Reduzierung der Biegefestigkeit der Balken. Hierin ist die Ursache für das Brechen der Deckenbalken zu finden. Eine Sortierung nach DIN 4074 Teil 1 hätte den Schaden verhindert.

Bei Beachtung der in DIN 1052, DIN 68 800 und DIN 18 334 festgelegten Regel, daß nur trockenes Bauholz eingebaut werden darf, wäre der Schaden zu vermeiden gewesen. Beim Trocknen dieser Hölzer hätten sie sich so verworfen, daß der Zimmerer sie auf Grund der dann schon vorhandenen Verformung nicht einbauen hätte können.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die durchgebrochenen Balken mußten ausgetauscht werden.

Stichworte → Abschnitt:

statische Holzqualität

→ Abschn. 2.1.1

Konstruktionsvollholz

→ Abschn: 2.1.6

Anmerkung des Gutachters:

„Mit der Verwendung von Konstruktionsvollholz hätte der Schaden vermieden werden können.“

[2-03] Abgescherte Kanten an den Verblendsteinen der Gefachhausmauerungen infolge der Quellverformungen der Brettschichthölzer [Schmidt]

Allgemeines

In den ausgemauerten Gefachen eines Wohnhauses traten Schäden an den Ziegel-verblendsteinen auf. Die Erdgeschoßwände des unterkellerten Einfamilienhauses mit ausgebautem Dachgeschoß bestehen aus einer tragenden Brettschichtholz Fachwerk-konstruktion, deren Gefache mit Ziegelverblendsteinen ausgemauert wurden. Die Ziegel-verblendung wurde mit Zementmörtel verfugt. Innenseitig ist lt. Baubeschreibung eine dampfdurchlässige Pappe als Windsperre, Mineralfaser und Nut + Federschalung ange-ordnet. Außenseitig ist die tragende Konstruktion sichtbar belassen.

Sachverhalt, Schadensbild

In verschiedenen Bereichen des Anschlusses der Gefachausmauerung an die Fach-werkhölzer kann die Verfugung leicht herausgelöst und herausgenommen werden. Auch die Kanten der Verblendsteine sind vom Stein abgelöst bzw. abgeschert (Bild 1). Mittels eines elektronischen Holzfeuchte-meßgerätes und isolierter Nadeln wurde im Mittel eine Holzfeuchte von 17 % in den Brettschichthölzern gemessen.

Ursachen

Brettschichtholz wird aus Brettlamellen hergestellt, die technisch i.d.R. auf 10 % Holzfeuchte heruntergetrocknet werden.

Holz arbeitet, d.h. Holz quillt und schwindet bei Feuchteabgabe um ca. 0,24 % je % Feuchtedifferenz. Ein Holzquerschnitt von 140 mm Breite quillt bei einer Feuchte-zunahme von 10 % auf 17 % um $140 \times 0,24 \% \times (17 - 10) = 2,35 \text{ mm}$.

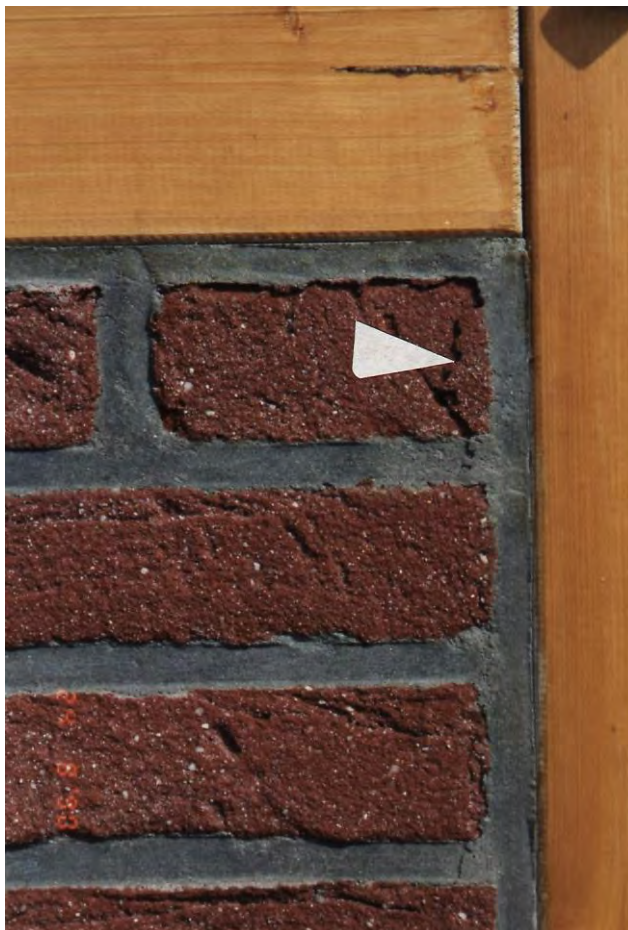


Bild 1: Abgescherte Kante eines Verblendsteines

Nach DIN 1052 Teil 1, Absatz 4.2.1 muß bei Konstruktionen, die der Witterung allseitig ausgesetzt sind, mit jahreszeitlich bedingten, mittleren Holz-feuchten von $(18 \pm 6 \%)$ gerechnet werden. Daraus werden Quellmaße bis zu 4,7 mm ermittelt.

Das im Werk mit ca. 10 % Holzfeuchte sehr trocken hergestellte Brettschicht-holz-Fachwerk wurde offensichtlich in noch sehr trockenem Zustand ausge-mauert.

Erst nach Fertigstellung der Fassade hat die Holzfeuchte auf Grund von Regenbeanspruchung aber auch durch die jahreszeitlich bedingte höhere Luftfeuchtigkeit zugenommen und in Folge davon ist das Holz gequollen.

Durch die Quellverformung des Holzes und dem Widerstand des Gefach-mauerwerks sind erhebliche Zwäng-ungskräfte aufgetreten. Die vorhan-denen Kräfte waren so groß, daß sowohl die Haftung des Fugenmörtels an den Mauerziegeln als auch die Fes-tigkeit des sich daran anschließenden Ziegels aufgrund der Kantenpressung nicht ausreichten.

Der Fugenmörtel wurde herausgepreßt und die Steinkanten wurden abgeschert.

Die DIN 1052 Teil 1 fordert, daß Holz mit der zu erwartenden Ausgleichsfeuchte einzubauen ist. Hier wurde mit trockenerem Holz gearbeitet. Hierauf hätte der Holzbauer den Maurer hinweisen müssen, damit der, bei der Ausmauerung der Gefache, darauf Rücksicht nehmen kann.

Die Gefachausmauerung des Brettschichtholz-Fachwerks erfolgte bei einer Holzfeuchte, die niedriger war als zu einem späteren Zeitpunkt. Die feuchtebedingten Quell-verformungen des Holzes haben zu den Beschädigungen der Fugen und der Verblendziegel geführt.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Fugen zwischen Holz und Mauerwerksausfachung in beschädigten Bereichen sind zu entfernen und in nasser Jahreszeit mit dann relativ hoher Holzfeuchtigkeit neu zu verfugen.

Bei dieser Gelegenheit ist zu überprüfen, ob beschädigte Verblendziegel ausgestemmt oder belassen werden können. Es sollte nicht jeder beschädigte Verblendziegel entfernt werden, da die hierzu notwendigen Stemmarbeiten das Gefüge der Gefachausmauerung stören.

Stichworte → Abschnitt:

Schwinden/Quellen

→ Abschn. 2.1.2

Anmerkung des Gutachters

„ Nach heutigen Gesichtspunkten würde ich darauf hinweisen, daß die Anschlußfuge erst nach einiger Zeit (etwa zwei Jahre) verfugt werden sollte. Auch würde ich auf DIN 68800-3 verweisen und Eichen-Kernholz fordern.“

[2-04] Schwindrisse in den Deckenbalken durch Mißachtung vertraglich vereinbarter Holzeigenschaften [Kessel]

Allgemeines

Eine Holzbalkendecke ($L = 3,50\text{ m}$) wurde mit Vollholzbalken $b/h = 22/22\text{ cm}$ ausgeführt. Zwischen den Deckenbalken wurden $2 \times 35\text{ mm}$ dicke Holzwolle-Leichtbauplatten angeordnet und mit 15 mm dicken Gipskartonplatten verkleidet, so daß die Deckenbalken nur auf einer Höhe von etwa 13 cm sichtbar waren.

Die Deckenbalken wurden mittels eingeschlitzten, T-förmigen Stahlblechen ($t = 10\text{ mm}$) an den Streichbalken aus Brettschichtholz $b/h = 22/22\text{ cm}$ angeschlossen. Die Stahlbleche waren nicht ins Holz eingelassen.

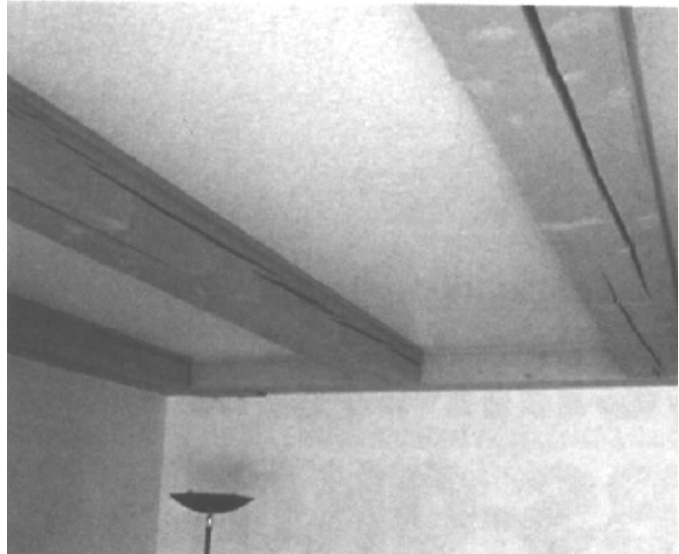


Bild 1: Trockenrisse in den Holzbalken

Sachverhalt, Schadensbild

Die Deckenbalken weisen über die gesamte Länge Risse bis zu 20 mm Breite auf, die wegen der Drehwüchsigkeit der Balken oftmals schräg verlaufen. Die Risse traten sowohl an der Balkenunterseite als auch an den Seitenflächen auf (Bild 1 & 2). Die Risse traten erst während der ersten Heizperiode auf.

Im Bereich der Anschlüsse der Deckenbalken/Streichbalken hatten Holz und Stahl keinen Kontakt mehr, was ebenfalls auf die Schwindverformungen zurückzuführen war (Bild 3). Die jeweils unteren Stabdübel hingen somit teilweise „in der Luft“.

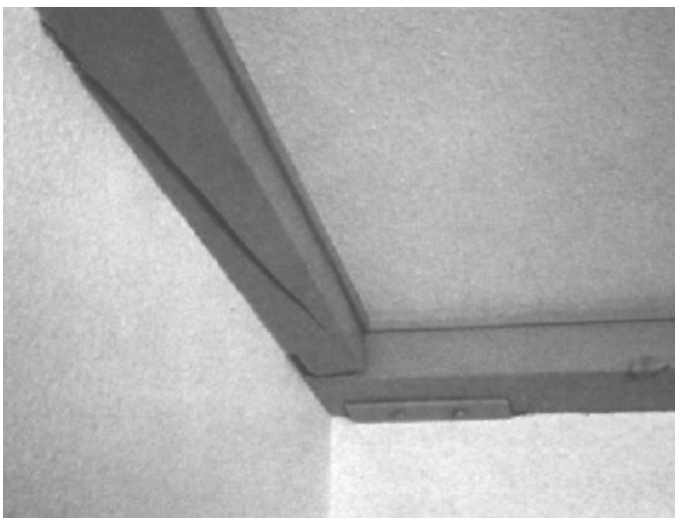


Bild 2: Trockenriß in drehwüchsigen Deckenbalken

Ursachen

Dem Wunsch des Bauherrn nach möglichst rissefreien Holzbalken folgend, wurde im Leistungsverzeichnis ausdrücklich trockenes Holz ausgeschrieben. Die Breite der aufgetretenen Risse deutete darauf hin, daß diese Forderung nicht erfüllt wurde. Die Tatsache, daß die Risse erst nach längerer Zeit und erst nach Inbetriebnahme der Heizung auftraten, läßt sogar darauf schließen, daß die Deckenbalken zum Zeitpunkt des Einbaus nicht mal halbtrocken waren, sondern eine Holzfeuchte von über 30% besaßen. Hätte die Holzfeuchte nämlich unterhalb des Fasersättigungsbereiches gelegen, so hätten angesichts der Größe der Querschnitte erste Risse bereits im Sommer auftreten müssen. So traten die Schwindrisse erst nach längerer Zeit auf, nachdem das freie Wasser aus den Zellhohlräumen entwichen war. Durch den Einbau von frischem Holz wurde die vertraglich vereinbarte Eigenschaft nicht erfüllt.

Die gemessene Rißtiefen lagen unterhalb der von [Frech] angegebenen Grenzwerte, so daß die Standsicherheit der Deckenbalken nicht beeinträchtigt war.

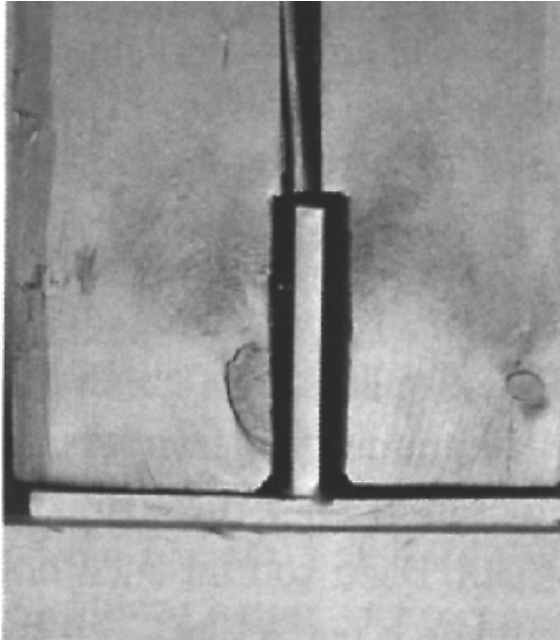


Bild 3: Anschluß eines Deckenbalkens an den Streichbalken (Draufsicht)

Bei Verwendung von Vollholz in sichtbaren Bereichen ist bei der Materialwahl besondere Sorgfalt erforderlich. Für den Einsatz von Vollholz in sichtbaren Bereichen sind sowohl die getroffene Querschnittswahl als auch die Einschnittart der Balken als eher ungeeignet zu bezeichnen. Selbst bei Einbau von trockenem Holz wären bei den eingebauten Ganzhölzern (Markröhre in Querschnittsmitte) Risse kaum zu vermeiden gewesen, auch wenn diese deutlich kleiner ausgefallen wären. Die Überprüfung der statischen Berechnung ergab, daß die Deckenbalken deutlich überdimensioniert waren, so daß sowohl kleinere Querschnitte als auch der Einsatz kerngetrennter Balken möglich gewesen wäre. Hier waren wohl architektonische bzw. gestalterische Gründe vorrangig.

Eine statische Überprüfung des Anschlusses Deckenbalken/Streichbalken ergab, daß die Stabdübel nur zu 60 % ausgenutzt waren. Da zusätzlich die erforderliche Stahlblechdicke von 6 mm überschritten wurde, war eine Gefährdung der Standsicherheit nicht zu befürchten. Hier wäre auch eine Zapfenverbindung möglich gewesen.

Neben der Qualität der Ausführung (Materialwahl, nicht eingelassene Stahlteile, ungenauer Abbund) war auch die Qualität der Planung zu beanstanden. So entsprachen die Querschnittswahl und Einschnittart der Holzbalken, sowie der Anschluß Deckenbalken/Streichbalken nicht dem Stand der Holztechnik.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Da die Standsicherheit der Konstruktion nicht gefährdet war, erschien eine Beseitigung der Mängel durch Auswechslung der Deckenbalken und der Anschlüsse als unverhältnismäßig. Eine Möglichkeit, das Erscheinungsbild zu verbessern wäre die Ausbesserung von allzugroßen Rissen in den Balken und Klaffungen in den Anschlüssen nach Abschluß der Rißbildung mittels Holzkeilen.

Stichworte →Abschnitt:

| | |
|---------------|-----------------|
| Rißbildung | → Abschn. 2.1.3 |
| Einbaufeuchte | → Abschn. 2.1.5 |
| Einschnittart | → Abschn. 2.1.4 |

[2-05] Klärung der Frage nach konstruktiven Maßnahmen zur Erhaltung der Tragfähigkeit einer durch Trocknungsrisse geschwächten Mittelpfette [Frech]

Allgemeines

Die Eigentümer einer Dachgeschoßwohnung in einer Wohnanlage hatten Bedenken gegen über der Tragfähigkeit einer stark rissigen Mittelpfette. In der Wohnung ist die Dachkonstruktion mit seinen auf den Pfetten aufgelagerten Sparren weitgehend sichtbar. Bei der Mittelpfette handelt es sich um einen Vollholzbalken mit einem Querschnitt von 26 cm x 30 cm (b x h), der mit Spannweiten von 5,75 m und 6,15 m im Dachbereich der beiden Wohnungen im 2. Obergeschoß durchläuft.

Sachverhalt, Schadensbild

Diese Mittelpfette zeigt zur Raumseite hin einen stark klaffenden Riß, der, teilweise abgetreppt, praktisch über die gesamte Bauteillänge etwa in der Querschnittsmitte vorhanden ist. Der ca. 25 mm breit aufklaffende Riß ist nur auf der Vorderseite der Pfette vorhanden, während die Rückseite praktisch rißfrei ist.



Bild 1 & 2: Ansicht des 25 mm breit aufklaffenden Trockenriß in der Mittelpfette.



Es wurde eine für die statische Beurteilung maßgebende Rißtiefe von 8 bis 10 cm gemessen. Für eine nachfolgende Beurteilung soll hier der ungünstigere Wert von 10 cm herangezogen werden.

Die Holzfeuchtigkeit wurde mit Hilfe eines elektrischen Schnellmeßgerätes zu 7,0% gemessen. Dieser niedrige Wert stellt sich z.B. in den Wintermonaten in beheizten Gebäuden ein. Da die Mittelpfette mit ihrer Holzfeuchtigkeit von 7 % nach der jetzigen Einbauzeit von fünf Jahren den endgültigen Austrocknungszustand erreicht hat, ist in Zukunft mit einer weiteren Rißbildung nicht zu rechnen.

Die Durchbiegung der Mittelpfette beträgt heute -5 mm, d.h. die Pfette ist vermutlich wuchsbedingt um diesen Wert nach oben verkrümmt. Eine mess- oder sichtbare Durchbiegung aus der Belastung ist jedenfalls nicht vorhanden.

Ursachen

Zu der Tragfähigkeit der Pfette lagen mehrere Berechnungen vor, die nach Art und Inhalt so nicht zutreffend und verwendbar waren. In allen Fällen wurde mit einem oder mehreren Teilquerschnitten gerechnet, wie z.B. L- oder C – förmigen, d.h. der ehemalige rechteckige Vollquerschnitt der Pfette von 26 cm x 30 cm wurde als nicht mehr existent betrachtet.

Abgesehen davon, daß auch mit einer solchen Annahme unter Vollast nur eine geringfügige Spannungsüberschreitung ermittelt wurde, kann eine derartige Nachberechnung, die von einem Bruchzustand ausgeht, nicht korrekt sein.

Da praktisch jeder Vollholzbalken im Einbauzustand nach erfolgter Austrocknung Risse zeigt und da kein Rißbild sich bei einem zweiten Vollholz wiederholt, würde eine solche Beurteilungs- und Berechnungsmethode bedeuten, daß im Holzbau jeder einzelne Balken und jedes einzelne Kantholz nachträglich statisch erst dann zu überprüfen wären, wenn die Austrocknung und die damit zusammenhängende Rißbildung abgeschlossen ist. Dies wäre letztlich das Ende des konstruktiven Holzbaus. Für Risse bei Vollholzquerschnitten sind zulässige Werte in keiner Holzbaunorm enthalten. Tatsächlich ist es so, daß in den geltenden zulässigen Rechenwerten gemäß DIN 1052, Teil 1, neben den üblichen und unvermeidbaren Wuchseigenschaften wie z.B. Äste, Faserabweichungen, Drehwuchs etc. auch das Vorhandensein von Trocken- oder Schwindrissen berücksichtigt ist.

Dies bedeutet, daß in der Konstruktion und Berechnung auch bei Vorhandensein solcher materialbedingter Eigenschaften immer mit dem vollen Querschnitt gerechnet werden kann, da ihre Auswirkungen in den sogenannten Sicherheitsbeiwerten abgedeckt sind.

Für die durchgeführten Spannungsnachweise wurde korrekterweise und auch im Sinne der Holzbau-norm DIN 1052, Teil 1, der volle Querschnitt von 26 cm x 30 cm = 780 cm² in Ansatz gebracht.

Die Spannungsnachweise wurden für die Summe der Haupt und Zusatzlasten (HZ) geführt, ohne daß die zulässigen Rechenwerte um 25 % erhöht wurden, wie dies gemäß DIN 1052 möglich wäre. Die zulässigen Spannungen für Biegung und Schub werden in keinem Fall überschritten. Bei der Schubspannung betragen die rechnerischen Spannungswerte lediglich ca. 75 % der zulässigen Werte.

Aus Sicht der Statik und Tragfähigkeit liegt eine unzulässig große Schwächung nicht vor. Bei dem Riß handelt es sich mit Sicherheit nicht um einen „Bruch“, sondern um einen normalen Trocken- oder Schwindriß, wie er gerade bei so großformatigen Querschnitten praktisch unvermeidlich ist.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Tragfähigkeit der Mittelpfette ist durch die vorhandene Rißbildung nicht in unzulässiger Weise beeinflusst. Hinsichtlich der noch unbedenklichen Rißtiefen und der sonstigen Sicherheiten beim Bauholz gegenüber einer Überbeanspruchung sind hier noch größere Reserven vorhanden. Aus diesem Grund sind konstruktive Maßnahmen in Form von Verstärkungen oder dergleichen auf keinen Fall erforderlich.

Da die Mittelpfette mit ihrer Holzfeuchtigkeit nach der jetzigen Einbauzeit von ca. fünf Jahren den endgültigen Austrocknungszustand sicherlich erreicht hat, ist in Zukunft mit weiteren Veränderungen, die zu solchen Maßnahmen Anlaß geben könnten, nicht zu rechnen.

Stichworte → Abschnitt:

Risse

→ Abschn. 2.1.3

[2-06] Starke Rißbildung an sichtbaren Holzstützen in einem Wohnhaus infolge ihres Drehwuchses und der erfolgten Austrocknung [Galiläa]

Allgemeines

Die Eigentümer eines Wohnhauses bemängelten die sichtbaren Holzstützen.

Sachverhalt, Schadensbild

An zwei vom Erdgeschoß bis in das Obergeschoß durchgehenden Stützen wurden umfangreiche Risse festgestellt (Bild 1 & 2).

Bei Stütze ① ($b/h = 12/12$ cm) betrug die größte Rißbreite ca. 8 mm und die größte Rißtiefe ca. 30 mm. Bei Stütze ② ($b/h = 16/16$ cm) betrug die größte Rißbreite ca. 10 mm und die größte Rißtiefe ca. 45 mm.

Aufgrund der Drehwüchsigkeit verliefen die Risse nicht kantenparallel, sondern entsprechend der Faserneigung abgesetzt und schräg. Die Abweichungen der Fasern auf einen Meter Länge betrugen 80 – 120 mm/m.



Bild 1: Trocknungsrisse in Stütze ① im Erdgeschoß



Bild 2: Trocknungsrisse in Stütze ② im Obergeschoß

Ursachen

Bei den Rissen handelt es sich um Trocknungsrisse, die vermutlich darauf zurückzuführen sind, daß das Holz halbtrocken eingebaut wurde, und erst im eingebauten Zustand seine Ausgleichsfeuchte von 9% erreicht hat.

Nach DIN 18 334 sind Schwindrisse in Bauhölzern zulässig, wenn die Standsicherheit dadurch nicht gefährdet wird. Nach den „Beurteilungskriterien für Rißbildung bei Bauholz im konstruktiven Holzbau“ von Dipl.- Ing. P. Frech sind bei druckbeanspruchten Bauteilen beidseitige Risse von $0,4 \times H$ (H = Holzhöhe) zulässig, wobei die Rißbreite in der Regel nicht maßgebend ist.

Demzufolge hätte bei Stütze ① mit den Querschnittsabmessungen 12/12 cm die maximale Rißtiefe $0,40 \times 12,0 \text{ cm} = 4,80 \text{ cm}$ und bei Stütze ② mit den Abmessungen 16/16 cm $0,40 \times 16,0 \text{ cm} = 6,40$ betragen dürfen.

Bei beiden Stützen wurde dieser Grenzwert jedoch nicht überschritten.

Nach DIN 4074-1 (9.98) ist für Bauholz der Sortierklasse S10 eine Faserabweichung von 120 mm/m zulässig. Die gemessenen Faserabweichungen erreichen diesen Wert nur in Einzelfällen.

Auch wenn die Stützen aus gestalterischen Gründen sichtbar angeordnet wurden und Risse optisch stören, stellen die festgestellten Risse keinerlei Mängel im technischen Sinne dar. Sofern der Umfang der Risse hätte begrenzt werden sollen, wären ergänzende Vereinbarungen hinsichtlich Einbaufeuchte und Einschnittart erforderlich gewesen.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Eine Mängelbeseitigung ist aus Stabilitätsgründen nicht erforderlich.

Stichworte →Abschnitt:

Einbaufeuchte → Abschn. 2.1.5

Risse, Verdrehungen → Abschn. 2.1.3

[2-07] Abwitterungs- bzw. Auflösungserscheinungen des nicht wetterbeständig verleimten Bau-Funiersperrholz [Macha]

Allgemeines

Nach der Übergabe eines Fertighauses traten im Laufe der Zeit zahlreiche Mängel an dem Gebäude auf. Einer dieser Mängel betraf die äußeren Holz- bzw. Holzwerkstoff- Verkleidungen, an denen sich sehr starke Abwitterungs- bzw. Auflösungserscheinungen zeigten.

Sachverhalt, Schadensbild

10 mm dicken, fünflagigen Bau-Funier-sperrholzplatten (BFU).

An dem Ortgang des südlichen Giebels löst sich bereits die Deckfunierschicht der Platten ab (Bild 1).

Auch an den Dachkästen und Traufens sind besonders an der westlichen Seite des Hauses erhebliche Abwitterungen erkennbar (Bild 2 & 3).

Besonders ins Auge fällt dabei die Verkleidung der Dachgauben. Hier sind die bereits bei Traufen und Ortgängen festgestellten Veränderungen der Bekleidungen besonders deutlich sichtbar.

Die unteren Verkleidungen der Dachkästen zeigen weiß graue Verfärbungen, die vermutlich auf Feuchtigkeitseinfluß zurückzuführen sind.

Die zum Zeitpunkt der Ortsbe-sichtigung (trockenes, sonniges Wetter) gemessenen Holzfeuchten in den Sperrholzplatten betrugen am Ortgang 18 bis 20 % (!), an den Traufen 15 bis 17 % und an den unteren Verkleidungen der Dachkästen 14 bis 19 %.

Ursachen

Die aus fünflagigen Funiersperrholz bestehenden Bekleidungen zeigten deutlich nach relativ kurzer Nutzungszeit unzulässige Verfärbungen und z.T. Auflösungserscheinungen. Ebenso wurden sie auch un-sauber verarbeitet.

Die gemessenen Holzfeuchten (bis 20 %) sind für Sperrholz auch bei Außeneinsatz viel zu hoch (Sollwert nach DIN 68705, Teil 2: $u < 12 \%$).



Bild 1: Ortgangverkleidung an der südlichen Giebelseite



Bild 2: Traufenverkleidung und Gaubenverkleidung an der westlichen Hausseite

Es muß bezweifelt werden, daß das für diese Bauteile vorgeschriebene wasserfest verleimte Sperrholz (BFU 100 G) nach DIN 68705, Teil 3 Bau-Funiersperrholz, (früher AW 100) verwendet wurde.



Bild 3: Abgelöstes Deckfunier an der Holzverkleidung der Dachgaube

Für den Einsatz derart exponierter Teile, bei starker Witterungsbeaufschlagung im Außenbereich, ist wetterbeständig verleimtes BauFuniersperrholz der Beanspruchungsgruppe B4 nach DIN 68 602, „Beurteilung von Klebstoffen zur Verbindung von Holz und Holzwerkstoffen“ zu verwenden.

Ferner sind Holzarten hoher Resistenz oder die Behandlung mit Holzschutzmitteln für den Anwendungsbereich in der Holzwerkstoffklasse 100 G vorzusehen.

Im vorliegenden Fall wurde vermutlich ein Sperrholz verarbeitet,

das nicht diesen Anforderungen entspricht, was dann zu diesem Schaden führte.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Da mit Sicherheit ein Fortschreiten der Verwitterungs- und Auflösungserscheinungen der Holzwerkstoffplatten anzunehmen ist, wurde der Austausch der gesamten Verkleidung empfohlen.

Stichworte → Abschnitt:

BFU als Fassadenplatten

→ Abschn. 2.3.3

Verleimung, Holzwerkstoffklassen

→ Abschn. 2.3.1

[3-01] Bildung von Fugen durch die Aufnahme von Baufeuchte bei der Verlegung des Dielenfußbodens [WEKA]

Allgemeines

Im Zuge von Renovierungsarbeiten wurde in einem Landgasthof ein Dielenfußboden verlegt. Die Breite der Fichtenholzdielen betrug zwischen 19 und 27 cm, die Stärke (Dicke) lag nach einseitiger Hobelung bei 37 mm.

Die Holzfeuchte von im Mittel 12% der Dielen wurde vor Beginn der Verlegearbeiten vom ausführenden Betrieb gemessen.

**Sachverhalt,
Schadensbild**

Nach einiger Zeit stellten sich zwischen den einzelnen Dielen Fugen ein, deren Breite entsprechend dem Verlegefortschritt zunahm. Im Mittel wurden pro laufendem Meter Dielenbreite Fugen von etwa 10 mm gemessen (Bild1). Die größte Fuge wurde mit etwa 6 mm ermittelt.



Bild 1: Dielenfußboden mit zu großen Fugen

Ursachen

Fugen zwischen den

Dielen in der Größenordnung von etwa 1 mm sind bei Dielenfußböden eine natürliche Erscheinung und somit hinzunehmen. Um die Fugen möglichst gering zu halten, wird eine Einbaufeuchte der Dielen von etwa 9 bis 12% empfohlen. Dies wurde nach Angabe der ausführenden Firma eingehalten.

Auf der Grundlage der gemessenen Fugenbreite konnte auf eine Holzfeuchte von etwa 16 % zum Zeitpunkt des Einbaus zurückgerechnet werden, was den Aussagen der Verlegefirma widersprechen würde.

Die Nachforschungen ergaben, daß bei der Anlieferung der Dielenbretter in dem betreffenden Raum noch Maurerarbeiten durchgeführt wurden und die Fenster noch nicht eingebaut waren. Somit ist anzunehmen, daß die Dielenbretter während der viertägigen Verlegearbeiten kontinuierlich Feuchte aufgenommen haben, was auch die Zunahme der Fugenbreiten mit zunehmenden Verlegefortschritt erklärt.

Mit den Verlegearbeiten hätte erst begonnen werden dürfen, nachdem die Baufeuchte auf ein normales Maß abgeklungen war, und die Dielenbretter ihre ursprüngliche Feuchte von etwa 12 % erreicht hatten.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Da vermutet wurde, daß ein Ausbau der Dielenbretter nicht ohne Beschädigung möglich ist, wurde der Fußboden mit neuen Brettern komplett neu verlegt.

Stichworte → Abschnitt:

Lagerung

→ Abschn. 3.2.1

[3-02] Unzureichender Schutz des Holzes auf der Baustelle während der Lagerung und des Einbaus [Egle]

Allgemeines

Der Sichtdachstuhl eines Wohnhausneubaues stand seit ca. einem Monat ohne Abdeckung bzw. weitere Überdachung. Die tragende Dachkonstruktion des Hauses mit Pfetten (Fuß-, Mittel- und Flugpfetten, weiterhin Fuß- und Firstpfetten Querdach) und Sparren waren zu diesem Zeitpunkt schon montiert. Alle Sparren, Fuß- und Flugpfetten sind in Vollholz Fichte/Tanne ausgeführt. Der größte Teil der Hölzer ist hierbei einstielig eingeschnitten, d.h. der Holzkern befindet sich in den Bauhölzern. Die Mittelpfetten des Wohnhauses sind als Brettschichtholzträger in Fichte ausgeführt. Sämtliche Holzteile sind vierseitig gehobelt. Es handelt sich um eine später sichtbar bleibende Dachkonstruktion. Die Oberflächen sämtlicher Holzteile wurden mit einer farblosen Imprägnierung oder Lasur behandelt.

Sachverhalt, Schadensbild

An einer großen Zahl von Holzteilen sind Wasserränder und Wasserspuren zu erkennen (Bild 1). Weiterhin sind punktförmige sowie großflächigere Dunkelstellen an einer Reihe von Holzteilen zu erkennen. Es handelt sich hierbei eindeutig um Korrosionsstellen, welche durch metallische Spuren in Verbindung mit Wasser bzw. Feuchtigkeit entstanden sind.



Bild 1: Verschmutzungen an der Fußpfette des Dachstuhls



Bild 2: Mittelpfette liegt ohne Sperrschicht auf dem Mauerwerk auf

Insbesondere die Auflage der Pfetten an Außen- und Giebelwänden, wurde an den Verbindungsstellen zwischen Holz und Mauerwerk weitestgehend ohne Zwischenlage einer Sperrschicht ausgeführt, welche das Holz gegen Feuchteeinwirkungen aus dem Mauerwerk schützt. Derartige Sperrschichten sind in jedem Fall Stand der Technik. Aufsteigende Feuchtigkeit während der Bauerrichtung sowie Schweißwasserbildung können zu einer längeren Befeuchtung des Holzes und damit zu Schäden durch Pilzbildung führen.

An etwa 20 Meßstellen wurden Feuchtigkeitsprüfungen an der Holzkonstruktion vorgenommen. Die Dachsparren weisen an der Oberfläche (Eindringtiefe Meßgerät ca. 10-15 mm, seitlich am Sparren gemessen) einen Feuchtegehalt zwischen 19 und 24 % rel. Holzfeuchte auf. Bei größerer Eindringtiefe des Meßgerätes bis 35 mm steigt die Feuchtigkeit auf Werte zwischen 29 und 34 % an. Eine ähnliche Situation ergibt sich an den Fußpfetten. Auch hier liegen die Feuchtwerte im Randbereich zwischen 22 und 24 %, bei größerer Eindringtiefe bis 35 mm steigen die Werte auf 31 bis 33 %.

Die Holzfeuchte der beiden Brettschichtholzträger schwankt zwischen 14 % und 19 %, je nach Eindringtiefe. Bemerkenswert hierbei ist die Tatsache, daß die Feuchtwerte an der Pfettenoberseite um ca. 2 bis 2,5 % höher sind als an der Unterseite.

Ursachen

Die Feuchtigkeit der verbauten Holzteile eines Sichtdachstuhles sind von großer Bedeutung für die Maßhaltigkeit, Paßgenauigkeit und Dichtigkeit der Konstruktion. Holz besitzt die Eigenschaft, bei Feuchteschwankungen seine Dimensionen zu verändern. Bei erhöhter Feuchte quillt das Holz auf, bei abnehmender Feuchtigkeit schwindet es. Nach Fertigstellung eines Wohnhauses wird sich im Innenbereich eine Holzfeuchte je nach Jahreszeit zwischen 10 und 15 % einstellen. Nach DIN 1052 Holzbauwerke Teil 1 sollte die Holzfeuchte möglichst so gewählt werden, daß diese der späteren Feuchte entspricht. Im Falle von Vollholz für Bauholz mit häufig großen Querschnitten ist dies nicht möglich. Bei Einsatz für sichtbar bleibende Holzkonstruktionen im Innenbereich ist nach Stand der Technik „trockenes“ Holz zu verbauen.

Unter „trocken“ ist nach DIN 4074 Teil 1 eine mittlere Holzfeuchte von maximal 20 % zu verstehen. Höhere Feuchtegehaltswerte führen an Sichtkonstruktionen in der Praxis zu Schwunderscheinungen, welche die Paßgenauigkeit und Dichtigkeit negativ beeinflussen können.

Sämtliche gemessenen Holzteile wiesen im inneren Bereich eine höhere Feuchte auf als an den Außenschichten. Das läßt darauf schließen, daß die hohe Holzfeuchtigkeit im wesentlichen bereits beim Verbau der Hölzer vorhanden war. Dennoch kann festgehalten werden, daß die Holzfeuchte der gesamten Dachkonstruktion - vor der Bewitterung geschützt - niedriger gewesen wäre.

Von Bedeutung in diesem Zusammenhang ist auch die Feuchtemessung an den Brettschichtholz Mittelpfetten. Hier ist an der Oberseite eine ca. 2-3 % höhere Holzfeuchte festzustellen. Dies dürfte in unmittelbarem Zusammenhang mit der nachträglichen Beregnung der Oberseite zusammenhängen. Die zu hohe Feuchtigkeit (mittlere Holzfeuchte ca. 30%) wird im Verlauf der Nachtrocknung der Hölzer zu deutlichen Schwunderscheinungen führen. Hierdurch ist zwar keine Gefährdung der Konstruktion insgesamt gegeben. Jedoch muß an den Übergangsstellen von innen nach außen eine bleibende und dauerhafte Dichtigkeit gewährleistet werden.



Bild 3: Risse und Wasserflecken an den Sparren

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Bei einer Holzfeuchte von mehr als 20 % ist grundsätzlich eine Gefährdung durch den Befall von Pilzen und Insekten gegeben. Aus dieser Sachlage heraus sollte umgehend für eine Abdeckung der Dachkonstruktion gesorgt werden.

Nach Abdeckung des Dachstuhles ist wegen der hohen Feuchtemengen im Holz für konstant gute Durchlüftung des Dachraumes zu sorgen. Kann die Holzoberfläche nicht ungehindert ihre Feuchtigkeit an die Umgebungsluft abgeben, ist die Wahrscheinlichkeit eines oberflächigen Schimmelpilzbefalles durchaus gegeben.

Die Übergangsstellen zwischen Holz und Mauerwerk sind zuverlässig und fachgerecht zu dämmen, damit keine Feuchteschäden in diesen Bereichen auftreten können.

Stichworte → Abschnitt:

| | |
|------------------------|-----------------|
| Lagerung | → Abschn. 3.2.1 |
| Auflager auf Mauerwerk | → Abschn. 6.2.9 |
| Einbaufeuchte | → Abschn. 2.1.5 |

**[3-03] Undichtigkeit sowie Wassereintritt an der Eckverkämmung des Blockhauses
Verkrümmung der Innenwände durch nicht wechselseitige Verlegung der Bohlen
[Steinmetz]**

Allgemeines

Bei dem Einfamilienwohnhaus in Blockbauweise wurden vom Bauherrn verschiedene Mängel reklamiert.

Sachverhalt, Schadensbild

Die westliche Außen- und Innenwand ist undicht und feucht. Die Feuchtigkeit tritt jeweils an den Verbindungen der Wände auf. Dies gilt sowohl für die Verbindung der westlichen Giebelwand mit den Traufwänden an der Nord- und Südseite, als auch an der Verbindung der Außen- und der mittleren Innenwand.

An den Verkämmungen sind jeweils sehr starke Wasserspuren erkennbar. Die Wasserspuren laufen ca. 2 - 20 cm in die querstehenden Blockhauswände ein. Diese Erscheinung ist im Erd- und im Dachgeschoß festzustellen (Bild 1).

Der Bauherr gibt an, daß sich bei stärkeren Regenfällen eine sehr große Feuchtigkeitsmenge ansammelt, die dann im Laufe der Zeit wieder abtrocknet.

An den stark durch Feuchtigkeit beaufschlagten Balken sind vereinzelt Sporenflecken zu erkennen.

Eine Messung der Feuchtigkeit ergab, daß diese im Innern einzelner Bohlen so groß ist, daß mit Pilzbefall gerechnet werden muß.

Als weiteren Mangel reklamierte der Bauherr die Maserung des Holzes, die im ganzen Haus kreuz und quer verläuft. Er befürchtete dadurch eine erhebliche Instabilität des Gebäudes. Mit dem Verlauf der Maserung ist die wechselseitige Verlegung der Wandbohlen bezüglich des Baumkernes gemeint.

Ursachen

Die Ursache der Undichtigkeit der Außenwand liegt wahrscheinlich, in einer, für die extreme Bewitterung an der freistehenden Westseite, unzulänglichen Ausführung der Abdichtung.

Üblicherweise werden die Fugen in den Wänden und den Verbindungsstellen mit zusätzliche Dichtungsbändern versehen. Aus den Standardzeichnungen der Knotenausbildung läßt sich nicht erkennen, ob ein genereller Fehler vorliegt, da dort nur die Bohlen, Nutungen und Ausfräsungen, nicht aber die Art und die Form der Dichtungsbänder dargestellt ist.

Es wird vermutet, daß durch die Nachtrocknung der Blockbohlen die Paßgenauigkeit im Bereich der Eckverkämmungen abnahm.

Jedoch könnte auch ein nicht fachgerechter Einbau der Dichtungen die Ursache für die Undichtigkeiten sein. Eine Kontrolle der Dichtungen ist nicht möglich, da hierzu das Haus völlig abgebaut werden müßte.

Die Wände des Blockhauses sind weitgehend aus Bohlen mit wechselnder Herzseite (Kernseite) errichtet. An einigen Stellen sind Bohlen mit gleicher Herzseite aufeinander gesetzt.



Bild 1: Wasserflecke im Bereich der Verkämmung der Außenwand

Die Anordnung der Wandbohlen mit wechselnder Herzseite stellt keinen Mangel dar. Mangelhaft ist jedoch die Anordnung von übereinander gestapelten Wandbohlen mit gleicher Herzseite. Die natürlichen Verformungen des Holzes mit dem Wechsel des Feuchtigkeitsgehaltes sind vom Ab-



Bild 2 & 3: Verkrümmung der Innenwände infolge der nicht wechselseitigen Anordnung der Bohlen

stand der Jahrringe vom Herz des Baumes abhängig. Sie sind in der Nähe des Herzes am geringsten und werden zur Außenseite hin immer größer. Beim Trocknen des Holzes verzieht sich die dem Kern abgewandte Seite eines Rechteckquerschnittes, wie er bei den Wandbohlen vorliegt, stärker als die dem Kern zugewandte Seite.

Es entsteht also ein Parallelogramm mit einer langen und einer kurzen Seite. Beim Quellen des Holzes ist dieser Vorgang umgekehrt.

Werden nun die Balken mit gleicher Anordnung der Herzseite übereinander angeordnet, stehen jeweils auf einer Wandseite die „langen“ und die „kurzen“ Seiten übereinander. Die Wand verkrümmt sich und verliert, je nach Stärke der Austrocknung, an Stabilität.

Die Regel besagt daher, daß die Balken mit wechselnder Herzseite zu verlegen sind. Damit wird die Verkrümmung der gesamten Wand beim Arbeiten des Holzes geringer.

Sanierung

Die gesamte Giebelwand, einschließlich der Verbindungsstellen der Querwände, ist mit einer „Vorsatzschale“ zu versehen, welche die Dichtigkeit der Wand herstellt. Der Übergangsbereich zwischen der massiven Kellerwand und der darüberstehenden Blockhauswand ist mit einer Folie abzudichten. Eine Sanierung der verkrümmten Innenwände ist mit vertretbarem Aufwand nicht möglich.

Stichworte → Abschnitt:

wechselseitige Verlegung

→ Abschn. 3.2.3

Eckverkrämmung, Fugendichtung

→ Abschn. 3.3.2

[3-04] Wassereintritt im Bereich der Überplattungen und Verschränkungen in den Verkämmungen der Blockbohlen [Egle]

Allgemeines

An einem in Hanglage liegenden Wohnblockhaus ist an den Eckverkämmungen im Außenwandbereich ein Feuchteintritt feststellbar. Der Keller des Gebäudes wurde in Massivbauweise errichtet, das Erd- und Dachgeschoß sind mit einer Blockbohlenkonstruktion ausgeführt. Die Außenwände weisen eine gemessene Holzstärke von ca. 13,8 cm auf. Die Bohlen bestehen jeweils aus zwei senkrecht aneinander verleimten Teilen. Die beiden Holzhälften sind hierbei mit der Kernseite zueinander gewandt.

Schadensbild, Schadensursache

Betroffen vom Wassereintritt sind sämtliche Außeneckverkämmungen an der Rückseite des Gebäudes. Dies gilt sowohl für die Gebäude-Außenecken als auch für die rechtwinklig einlaufenden Zwischenwände in die Außenwand. Teilweise waren überlagerte Wasserränder zu sehen, was auf mehrmaligen Wassereintritt hinweist (Bild 1 & 2).

Die Wasserränder an der Gebäuderückseite zeigen, daß der Feuchteintritt teilweise mehr als 20 cm betragen hat. Einer dieser Feuchteflecken befindet sich unmittelbar über dem Fußboden im Schlafzimmer. Um Kurzschlüsse oder Schädigungen zu vermeiden, mußten nach Angabe des Bauherren, die dort verlegten Elektroinstallationen abgeklemmt werden.



Bild 1 & 2: Ansichten der Eckverkämmungen und der sich abzeichnenden Wasserspuren

Bei der Messung der Holzfeuchtigkeit wurde festgestellt, daß bei zunehmender Eindringtiefe der Meßspitzen die gemessene Holzfeuchtigkeit zunahm. Dies ist ein klares Indiz darauf, daß eine Durchtrocknung der Blockbohlen zum Zeitpunkt der Messung noch nicht gegeben war. Vielmehr ist das Holz in den äußeren Zonen abgetrocknet, zur Mitte hin ist jedoch noch eine höhere Holzfeuchtigkeit vorhanden. Je nach Eindringtiefe der Meßspitzen wurde eine Feuchte gemessen, die im Bereich zwischen 14,0 und 19,2 % lag. Bei einer Eindringtiefe von 35 mm ergab sich ein Mittelwert von 18 % relativer Holzfeuchtigkeit.

Nach vollständiger Abtrocknung der Blockbohlen wird sich eine Holzfeuchtigkeit von ca. 8 bis 13 % einstellen, je nach Anordnung, Jahreszeit und Beheizung des Gebäudes. Somit ist festzustellen, daß eine deutliche Nachtrocknung der Blockbohlen insgesamt, verbunden mit Setzungserscheinungen, noch zu erwarten ist.

Um über die Undichtigkeiten in der Konstruktion nähere Aussagen treffen zu können, wurde im Erdgeschoß eine Dichtigkeitsprüfung durchgeführt. Hierzu wurde die Windfangtüre im EG geöffnet und mit einem luftundurchlässigen Verschlusvorhang wieder dicht gemacht. Innerhalb dieses Verschlusvorhanges befindet sich ein regelbarer Gebläsemotor, welcher Raumluft nach außen bläst. Hierdurch kann ein konstanter Unterdruck im EG erzeugt werden. Instrumente zeigen hierbei die Druckdifferenz zwischen Außen und Innenbereich an, auch diejenige Luftmenge, welche je Stunde vom Gebläse nach außen gedrückt wird (*Blower-Door-Verfahren*). Bei einem Unterdruck von 50 Pascal können die Außenfugen nach deren Dichtigkeit hin untersucht werden. Hierzu wird ein Thermoanemometer verwendet, welches die Stromgeschwindigkeit der Luft in Meter/Sekunde mißt.

Im Bereich der Eckverkämmungen an den Blockbohlen-Außenwänden war festzustellen, daß diese teilweise vollständig luftdicht sind, sich somit keine meßbare Luftgeschwindigkeit ergibt. An mehreren Stellen der Gebäude-Außenecken, sowie an Übergängen der Außenwand zur quer einlaufenden Innenwand konnten Luftgeschwindigkeiten bis zu ca. 0,25 m/s gemessen werden. Diese Strömungen traten jedoch nur punktuell auf. Auch konnte ein Zusammenhang hergestellt werden, zwischen Stellen mit Wassereintritt, sowie gemessenen Undichtigkeiten. Wassereintritt fand nahezu ausnahmslos an Stellen statt, welche Undichtigkeit ergaben, wenn auch teilweise nur mit geringer Strömungsgeschwindigkeit. Die horizontalen Verbindungen der Blockbohlen zueinander, mit Nut und Feder ausgeführt, zeigten keine oder unbedeutende Luftströme bis max. 0,03 m/s.

Ursachen

Die sich deutlich abzeichnenden Wasserränder an den Eckverkämmungen der Wetterseite sind teilweise mehr als 20 cm entlang der Blockbohlen gewandert. Dieser Umstand ist auf eine Sogwirkung im Innenbereich des Hauses zurückzuführen. Bei Wind ist stets die windzugewandte Seite einem Druck ausgesetzt, die gegenüberliegende Hausfassade einem Unterdruck. Herrscht auch insgesamt am Gebäude eine gewisse Undichtigkeit im Innenbereich vor, so entsteht ein Unterdruck im Hausinneren. Begünstigt wird diese Erscheinung immer dann, wenn wenig Trennwände und Türen vorhanden sind, oder aber mehrere Geschosse keine ausreichende Dichtigkeit zueinander aufweisen. Auch der Standort eines Hauses selbst hat maßgeblichen Einfluß auf die Druck- und Sogverhältnisse. Diese Sachverhalte erklären die sehr augenfälligen, teils mehr als 20 Zentimeter breiten Feuchteränder im Bereich der Eckverkämmungen.

Mit der durchgeführten Unterdruck-Methode konnten gewisse Undichtigkeiten im Bereich der Eckverkämmungen festgestellt werden. Es handelt sich hierbei um punktuelle Leckagen. Die Ursache hierfür konnte ohne Zerstörung der Blockwände nicht festgestellt werden. Es wird vermutet, daß im Bereich der Eckverkämmungen bei der Montage zusätzliche Dichtungsbänder eingebracht wurden. Es wäre dann denkbar, daß diese an diversen Stellen fehlen, verletzt oder unsachgemäß eingebaut wurden.

Von Bedeutung ist weiterhin die Tatsache, daß der Nachtrocknungsprozeß an den Blockbohlen zum Zeitpunkt des Ortstermines noch keinesfalls abgeschlossen war. Dies bedingt einen naturgemäßen Schwund des Holzes. Im Bereich der Überplattungen und Verschränkungen in den Verkämmungen wird damit die Paßgenauigkeit herabgesetzt, es entstehen Fugen und Luftkanäle. Somit wird sich das Dichtungsverhalten der Eckverkämmungen nochmals etwas abschwächen.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Wassereintritt, insbesondere an der Wetterseite mit der festzustellenden Intensität, ist für den Bewohner unzumutbar und bedarf einer gründlichen Nachbesserung. Die Geometrien der Gebäudeecken mit den Vorköpfen bieten eine Fülle von möglichen Wassereintrittsstellen. Nachbesserungsversuche beispielsweise mit U-Schalen-Verkleidungen an den Vorköpfen, lassen eine Verbesserung, jedoch keine vollständige Behebung der vorgefundenen Mängel erwarten. Auch die „Silikonmethode“ muß angezweifelt werden, da wegen der einwirkenden UV-Strahlung mit zunehmender Lebensdauer eine gewisse Porösität und Rißbildung entstehen. Alternativ könnte versucht werden, Bohrungen diagonal in die Eckverkämmungen zu setzen, und die dann zugänglichen Hohlräume mit Schäumen, Klebern oder dergleichen auszufüllen. Hier gilt es zu bedenken, daß wahrscheinlich nicht alle Fugen und Hohlräume erreicht werden, und auf diese Weise wieder nur eine teilweise Verbesserung erzielt werden kann.

Für eine dauerhafte und sichere Abdichtung der Wetterseite sieht der Verfasser keine andere Möglichkeit, als die Anbringung eines vollständigen Wettermantels, möglicherweise in Verbindung mit einer zusätzlichen Winddichtpappe unmittelbar an der Außenseite der Blockwände. Die Beplankung könnte dann mit waagrecht oder senkrecht angeordneter Hobelschalung, oder auch mit Holzschindeln erfolgen.

Stichworte → Abschnitt:

| | |
|------------------------------|-----------------|
| Fugenbildung durch Schwinden | → Abschn. 2.1.2 |
| Fugenabdichtung | → Abschn. 3.3.2 |
| Konstruktive Durchbildung | → Abschn. 4.2 |

[3-05] Mangelhafte Ausführung (Paßgenauigkeit) [Ostermair]

Allgemeines

Auf Wunsch des Bauherrn sollte das Giebeldach (Ortgang) möglichst weit vorgezogen werden. Hierzu wurden über der Garage neue Fußpfetten eingezogen, welche die Flugsparren tragen sollten.

Sachverhalt, Schadensbild

An der Garagenvorderseite lag der Flugsparren nur mit halber Breite auf der Fußpfette auf. Zur Vergrößerung des Dachüberstandes wurde an diesem Flugsparren ein zusätzlicher Sparren seitlich angeschraubt (Bild 1).

An der Garagenrückseite fehlt der Flugsparren, so daß die auskragende Fußpfette derzeit ohne Funktion ist (Bild 2).



Bild 1: angeschraubter zusätzlicher Sparren

Ursachen

Die Ausführung zur Erreichung des gewünschten Dachüberstandes an der Garagenvorderseite ist falsch. Um die Tiefe des Vordaches zu erreichen, hätte die ausführende Firma die Fußpfetten weiter auskragen lassen müssen. Die jetzige Ausführung kann als „Flickschusterei“ bezeichnet werden.

Der an der Garagenrückseite fehlende Sparren ist am Gelände vorhanden. Er kann jedoch nicht montiert werden, weil er zu kurz ist.



Bild 2: Auskragende Fußpfette, ohne Funktion

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Der angeschraubte Sparren stellt einen optischen Mangel dar, der die Standsicherheit des Gebäudes jedoch nicht beeinträchtigt. An der Garagenrückseite ist ein neuer, längerer Sparren anzufertigen und zu montieren.

Stichworte → Abschnitt:

mangelhafte Ausführung, Paßgenauigkeit

→ Abschn. 3.2.3

[3-06] Feuchteschaden aufgrund von falsch verlegten Dämmpaneelen sowie des nicht fachgerecht abgedichteten Ortgangs [Galiläa]

Allgemeines

An dem neu erstellten Wohnhaus wurden vom Bauherrn die Ausführung der Verlegung sowie die Abdichtung der Wärmedämmung des Daches bemängelt. Daraufhin wurde die Dachfläche im Bereich des Ortgangs geöffnet.

Sachverhalt, Schadensbild

An der geöffneten Ostseite des Daches wurde festgestellt, daß die Dämmpaneele mit den Nutöffnungen zum First hin verlegt und die traufparallelen Stöße der Dämmpaneelen nicht abgedichtet waren (Bild 1 & 2).

Die festgestellte Ausführung wurde von der ausführenden Firma auch für die nördliche Dachhälfte bestätigt.



Bild 1: geöffnete Dachfläche

Der Übergang zwischen Dach und Giebelmauer (Ortgang) wurde mit einem Batu – Band (Dichtungsband, Alu kaschiert) auf den Giebel- und Traufwänden abgedichtet.

Am westlichen Ortgang waren insbesondere im Bereich der Profilierung der Schalung sichtbare Fugen und Feuchtigkeitsflecken vorhanden (Bild 3).



Bild 2: Beispiel für die Verlegung der Dämmpaneele

Ursachen

Die Dämmpaneele auf der Nordseite des Daches wurden falsch verlegt, da eindringendes Oberflächen- und Tauwasser nicht abfließen kann, sondern sich in den Nuten sammelt und so in die Isolierung eindringen kann.

In den Montagehinweisen des Paneelherstellers wird des weiteren empfohlen, die Stöße und Fugen mit einem Batu - Band von oben abzudichten.

Die empfohlene Stoßabdeckung, die ein dichtes Unterdach und damit das Eindringen von Flugschnee und Treibwasser verhindert ist jedoch nicht ausgeführt worden.

Die Verlegung der Dämmpaneele ist daher mangelhaft.

An den Ortgängen und an der Traufe hätten nicht die Batu - Bänder, sondern sogenannte vorkomprimierte Dichtungsbänder eingelegt werden müssen.

Bei dem Batu - Band handelt es sich um ein Dichtungsband das ausschließlich für das Abdichten der außenseitigen Fugen der Dachpaneele geeignet ist.

Infolge der fehlenden Abdichtung, insbesondere im Bereich der profilierten Schalungen, dringt zwangsläufig kalte Luft ein bzw. warme Luft aus, was durch die Feuchtigkeitsflecken an der Unterseite der Dachschalung ersichtlich ist (Bild 3). Die Ausführung der Ortgang- und Traufabdichtung entspricht daher nicht den Regeln der Technik



Bild 3: Feuchtflecken an der Unterseite der Dachschalung

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Da eine Demontage der Dämmpaneele und eine Neuverlegung äußerst schwierig und aufwendig ist, wäre es völlig ausreichend sämtliche Fugen und Stöße der Dämmpaneele außenseitig mit einem Batu - Band abzudichten.

Sofern die Fugen und Stöße der Dämmpaneele abgedichtet werden, kann man davon ausgehen, daß kein Wasser mehr eintreten kann.

Eine fachgerechte Ausführung der Ortgangabdichtung wäre nur durch eine Neuerstellung möglich. Alternativ hierzu ist eine nachträgliche Fugenabdichtung mit vorkomprimierten Dichtungsbändern, Glaswolle, Montageschaum usw. möglich. Hierzu wäre es erforderlich, jede einzelne Fuge mit einem hierzu geeigneten Mittel abzudichten.

Stichworte → Abschnitt:

mangelhafter Abbund

→ Abschn. 3.2.3

Abdichtung der Gebäudehülle

→ Abschn. 5.4.1

[3-07] Trocknungsbedingte Risse und schlechte Ausführung der Stabdübelverbindungen in einem Pavillon [Frech]

Allgemeines

Die Pavillons, bestehend aus vier Einzelpavillons und einem zentralen Innenhof, wurden im Sommer 1995 errichtet. Nach durchgeführter Abnahme des Bauwerkes wurden an der Holzkonstruktion verschiedene Mängel festgestellt.

Die festgestellten Schäden traten insbesondere im Bereich des zentralen Innenhofes auf. Dieser Bereich ist, wie auch die Pavillons selbst, zur Zeit nur schwach beheizt. Die Holzfeuchtigkeit wurde an einer Stütze zu rd. 11,5 % gemessen.

Sachverhalt, Schadendbild

Bei den Sparrenanschlüssen (Bild 1) war festzustellen, daß sowohl bei den Bauteilen mit einem Querschnitt von 10 cm x 16 cm als auch bei den auskragenden Hauptsparren mit 10 cm x 28 cm Risse im Bereich der Leimfugen vorhanden sind. Diese Risse gehen vereinzelt bis zu den innenliegenden Stahlteilen durch.

Die schrägen Sparren mit einem Querschnitt von 10 cm x 28 cm zeigen ebenfalls, weniger tiefe Risse im Bereich der Leimfugen, sowohl außerhalb, als auch im direkten Bereich der Verbindungsmittel.

An den Unterseiten der Brettschichtholzbinder sind teilweise in den Längsmitten der Deckbretter,



*Bild 1: Detail eines Sparrenanschlusses
Ein Riß verläuft direkt unterhalb der eingelassenen Verbindungsmitteln; kleinere Risse sind zusätzlich im Bereich der Verbindungsmittel/Stabdübel vorhanden.*



Bild 2: Riß an der Unterseite eines Brettschichtholzbinders.

ausgehend von den Keilzinkungen, klaffende Risse in einer Tiefe entsprechend der Lamellendicke vorhanden (Bild 2).

Entsprechend der hier stärkeren Beheizung wurde die Holzfeuchtigkeit mit einem niedrigeren Wert von rd. 7 % gemessen, was darauf schließen läßt, daß in diesem Bereich die Austrocknung weitgehend abgeschlossen ist.

Im Bereich der 4 Ecken des Innenhofes sind je 3 Gratsparren unter Winkeln von 135° bzw. 2 x 112,5° miteinander verbunden.

Der Anschluß sollte über ein innenliegendes, sternförmiges Stahlteil mit je 4 Stabdübeln \varnothing 8 mm auf der Seite der 34 cm hohen Sparren und 2 Stabdübel auf der Seite der Gratsparren ausgeführt werden.

Bei der tatsächlichen Ausführung sind hier entscheidende Abweichungen vorhanden. In einer Ecke sind die Bohrlöcher für die Dübel, abweichend vom Plan, nicht mit Holzpfropfen verschlossen. Eine Überprüfung ergab hier, daß nur 2 Stabdübel eingesetzt sind (Bild 3).

Bei weiteren Ecken ist festzustellen, daß sich angeschlossene Gratsparren um bis zu 20 mm abgesenkt haben, was u.a. zu größeren Fugen bei den Stößen und auch in der oben angrenzenden Schalung geführt hat (Bild 4). Eine Überprüfung der vier Anschlüsse ergab, daß bei den höheren Hauptträgern und auch bei den niedrigeren Gratsparren nicht die planmäßige Anzahl von Verbindungsmitteln eingebaut wurde.



*Bild 3: Ansicht eines Knotenpunktes; offene Bohr-
löcher und fehlende Stabdübel*



*Bild 4: Ansicht eines Knotens von unten; große
Fuge zwischen den Sparren*

Ursachen

Im Bereich der Sparrenanschlüsse traten die Risse im Holz und im Bereich der Leim-fugen bedingt durch den weißen Lasuranstrich optisch verstärkt in Erscheinung. Das Tragverhalten ist durch diese Risse nicht beeinflusst. Entsprechend der kommenden Nutzung und partiell noch fortschreitenden Austrocknung wird aber noch mit einer Zunahme von Rissen zu rechnen sein.

Die klaffenden Risse in den Decklamellen sind fertigungsbedingt und aus Sicht der Statik ohne jede Bedeutung. Solche Risse können im Ansatz entstehen durch die Beanspruchung der Lamellen beim Vorgang der Keilzinkung und bei der Belastung beim eigentlichen Pressvorgang bereits angebrochen werden. Eine weitere Austrocknung im Einbauzustand, wie z.B. von 12 % auf 7 % Holzfeuchtigkeit, führt dann zu diesen Längsrissen, die in aller Regel nie tiefer als die Decklamelle sind, hier also rd. 32 mm.

Sehr viel kritischer zu beurteilen sind die unvollständigen und mangelhaften Anschlüsse bei den vier Eckbereichen des Innenhofes. Die Ursache für diese Abweichung zwischen Planung und Ausführung sind nicht bekannt. Zu vermuten sind größere Probleme bei der Montage bei diesem nicht gerade einfachen Knotenbereich.

Das Fehlen der Verbindungsmittel stellt einen gravierenden Mangel dar, der direkt das Tragverhalten zumindest in diesen Bereichen direkt beeinflusst.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Ergibt bei den Rissen in den Sparrenanschlüssen eine spätere Nachkontrolle, daß sich Leimfugen über ein zulässiges Maß hinaus geöffnet haben, wären für sie Sanierungs-arbeiten vorzusehen. Solche Maßnahmen sollten jedoch so lange zurückgestellt werden, bis die Austrocknungsprozesse abgeschlossen sind.

Für die Längsrisse in den Decklamellen wäre eine Nacharbeit denkbar, ist aber aus Sicht der Statik und auch Optik nicht zu empfehlen.

Bei den Anschlußknoten der Gratsparren sind umgehend Nacharbeiten erforderlich. Diese bestehen darin, daß nach dem vertikalen Ausrichten der Knoten und ggf. Einsatz fehlender Stahlteile passgenaue Bohrungen angebracht und die erforderliche Anzahl von Stabdübel eingebaut werden. Beim Ausrichten der Ecken ist selbstverständlich darauf zu achten, daß angrenzende Gewerke nicht beschädigt werden.

Stichworte →Abschnitt:

Abweichung von Planungsvorgaben

→ Abschn. 3.7

Ausführung von Verbindungen

→ Abschn. 3.2.4

Rißbildung

→ Abschn. 2.1.3

[3-08] Schwindrisse im Anschlußbereich der Stabdübel infolge trocknungsbedingten Schwindens der Hölzer und Beschädigungen beim Einbau [Schmidt]

Allgemeines

Im Obergeschoß einer Schule wurde ein Musiksaal eingerichtet. Der Saal wird überspannt mit Greim-Vollholzbindern in ca. 2,2 m Abstand, die im Raum sichtbar sind (Bild 1).

Die Binderauflager wurden nach Angabe auf der Baustelle mit der Kettensäge hergestellt. Der Binderuntergurt und die letzte Druckdiagonale wurden danach mit der Kettensäge geschlitzt. In den Schlitz wurde ein Stahlblech-Auflagerknoten geschoben, der mittels dreireihig angeordneter Stabdübel



Bild 1: Mit Greim-Vollholzbindern überspannter Musiksaal

bel \varnothing 10 mm mit den Hölzern verbunden wurde.

Die Vollhölzer der Gurte und Füllstäbe zeigen teilweise deutliche Risse. Die Diagonalstäbe haben nicht an allen Stellen direkten Kontakt zu den Gurtstäben. Es wird befürchtet, daß dadurch eine ausreichende Tragfähigkeit der Stabdübelanschlüsse nicht mehr gegeben ist.

Sachverhalt, Schadensbild

Das Stahlblech ragt aus dem Holz heraus. Zwischen Untergurt und durchgehendem Druckstab klafft ein deutlicher Spalt (Bild 2). Der Untergurt an einem Binderauflager weist erhebliche Risse und mechanische Beschädigungen auf. An der mittleren Dübelreihe läuft einseitig ein Trocknungsriß vorbei, der bis auf das eingeschlitzte Blech reicht. Auch im Bereich der unteren und oberen Dübelreihe dieses Untergurtes ist das Holz gerissen und gespalten.



Bild 2: Ansicht des herausragenden Stahlblechs und der Risse im Knotenpunkt

Die anderen Binderauflager zeigen keine oder doch erheblich verringerte Risse. An einem weiteren Binder läuft ein Trocknungsriß ebenfalls neben der Stabdübelreihe vorbei. Der Riß geht

jedoch nicht winkeltgerecht ins Holz, sondern entsprechend der Faserneigung schräg (Bild 3).

Ursachen

Die Risse in den Hölzern deuten darauf hin, daß das Holz der Dachbinder höchstens halbtrocken (≤ 30 % Holzfeuchte) beim Einbau war. Die fehlenden Kontakte zwischen Gurt und Füllstäben sind weitere Indizien dafür. Das trocknungsbedingte Schwinden der Hölzer quer zur Faser hat zu einer Querschnittsreduzierung und zur Bildung von Trockenrissen im Holz geführt.

Die mechanischen Beschädigungen im Bereich des Auflagerknotens sind eindeutig auf das nicht handwerksgerechte Eintreiben der Stabdübel zurückzuführen. Hier wurde nicht mit der notwendigen Sorgfalt gearbeitet.

Die Trockenrisse und herstellungsbedingten Aufspaltungen im Bereich des einen Auflagerpunktes sind so umfangreich, daß keine ausreichende Tragkraftreserven mehr vorhanden sind. Alle anderen Knotenpunkte sind noch ausreichend tragfähig.

Trockenrisse treten bei Vollholzkonstruktionen regelmäßig auf. Das Auftreten von Trockenrisse wurde bei der Festlegung der zulässigen Spannungen/Belastungen in der DIN 1052 Teil 1 berücksichtigt. Insoweit sind Trockenrisse im Holzstab in statischer Hinsicht regelmäßig hinnehmbar.

Zusätzliche Risse und Aufspaltungen des Holzes wurden verursacht durch das unfachmännische Eintreiben der Stabdübel. Die Abspaltungen weisen darauf hin, daß die Stabdübel zumindest teilweise neben der Bohrung durch das Holz getrieben wurden.



Bild 3: Ansicht der Diagonalstäbe die keinen Kontakt zu den Gurtstäben haben / deutliche Risse im Holz

Der Statischen Berechnung ist zu entnehmen:

| | |
|------------------------|----------------------|
| Stabkraft 1-3: | vorh N = 60,24 kN |
| vorh. 12 StD. Ø 10 mit | eff. Zul N = 92,4 kN |
| <hr/> | |
| Differenz : | 32,16 kN |

→ Tragkraftreserve = ca. 53 %

Bei Ausfall der mittleren Stabdübelreihe hätten die beiden äußeren Stabdübelreihen mit $2 \times 4 \times 7,7 = 61,6$ kN die gesamte Anschlußkraft von 60,24 kN aufnehmen können. Stabdübel mit kleinem Durchmesser besitzen eine Tragfähigkeit, die tatsächlich um 10 bis 15% höher ist als nach DIN 1052 zulässig. Diese Tragkraftreserve hätte ausgereicht, um die Ausmittigkeit des Auflageranschlusses auszugleichen.

Die herstellungsbedingten Aufspaltungen des Obergurtes reduzieren jedoch die Tragfähigkeit der äußeren Dübelreihen soweit, daß sie nicht voll in Ansatz gebracht werden können und somit keine ausreichenden Tragkraftreserven vorhanden sind.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Standsicherheit des einen Fachwerkbinders ist durch die Risse und Aufspaltungen gefährdet. Der Knoten muß durch teilweisen Ausbau des vorhandenen und Einbau eines neuen Stabes und durch Anschluß des Stabteiles mittels beidseitiger Laschen an den verbleibenden, restlichen Stabteil saniert werden. Der Fachwerkstab muß im Knotenpunktbereich ausgetauscht und kann an den verbleibenden Stababschnitt mittels beidseitiger Beihölzer 6/10 cm NH II angeschlossen werden.

Stichworte → Abschnitt:

Ausführung von Verbindungen
Rißbildung

→ Abschn. 3.2.4

→ Abschn. 2.1.2

[3-09] Schrägstellung einer Giebelwand wegen mangelhafter Ausführung
[Steinmetz]

Allgemeines

An einem Einfamilienhaus in Holzrahmenbauweise wurde bereits kurz nach Fertigstellung eine Schrägstellung der Giebelwand und ein Knick in der Dachfläche festgestellt (Bild 1).

Bild 1: Knick in der Dachfläche



Sachverhalt, Schadensbild

An der betreffenden Giebelwand wurde auf eine Höhe von 271 cm eine Lotabweichung von ca. 4 cm festgestellt.

Die Windrispen am Giebel zur Loggia sind schlaff und mit großen Ausbeulungen versehen (Bild 2).

Bild 2: Schlaffe Windrispen



Die Windrispen an der gegenüberliegenden Giebelwand hingegen waren straff gespannt.

Ursachen

Bei der Untersuchung des Ortanges an der Loggia stellte sich heraus, daß die überstehende Dachhaut nicht von einem auskragenden Balken im Sinne eines Kragarmes getragen wird. Vielmehr wurde an der Giebelwand ein Balken von außen mittels Stahlschuh befestigt, am Ende des Dachvorsprungs „hing“ der Balken an der Dachschalung.

Infolge der unzureichenden Einspannwirkung des Stahlschuhes kam es zu Absenkungen des Ortanges und zu dem Knick in der Dachhaut. Darüber hinaus wurde die Giebelwand durch die auftretenden Verformungen „nach vorne“ gezogen.

Durch die nur zugfeste Ausbildung der Windrispenbänder konnten die auftretenden Beanspruchungen nicht von den an dieser Giebelseite vorhandenen Rispenbänder aufgenommen werden. Die betroffene Giebelwand hingte sich somit über die Firstpfette an die Windrispen der gegenüberliegenden Giebelwand. Infolge des ursprünglich nicht straffen Einbaus dieser Bänder kam es zu Schiefstellungen der Sparren (und damit auch der Giebelwand) bis die Rispenbänder gespannt waren und die Kräfte aufnehmen konnten.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Zur Behebung der Mängel wird vorgeschlagen, die Lasten aus dem auskragenden Dach auf zusätzliche Bauteile zu verteilen. Hierzu werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Abdeckung des Daches,
- Einbau einer First- und Mittelpfette,
- Einbau von gekreuzten Rispenbändern an beiden Giebelseiten,
- Wiedereindeckung des Daches.

Stichworte → Abschnitt:

Eigenverantwortliche Planung

→ Abschn. 3.6

Mangelhafte Aussteifungen

→ Abschn. 4.4

Ausführung von Verbindungen

→ Abschn. 3.2.4

[3-10] Unzulässige Durchbiegung eines Hängewerks durch die fehlerhafte Ausführung der Verblattungen [Weka]

Allgemeines

Über die Wohnhalle eines oberbayerischen Hauses spannt sich ein Hängewerk mit 6,20 m lichter Weite bzw. 6,50 m Stützweite (Bild 1).

Die Holzbauarbeiten am Dachstuhl sind aus Nadelholz der Güteklasse II nach DIN 4074 ausgeführt worden.

Nach Fertigstellung der Arbeiten bemerkte der Bauherr im Bereich der Wohnhalle, vor allem am dortigen einfachen Hängewerk, außerplanmäßige Durchbiegungen. Der Bauherr hatte Bedenken hinsichtlich der Standsicherheit des Hängewerkes.

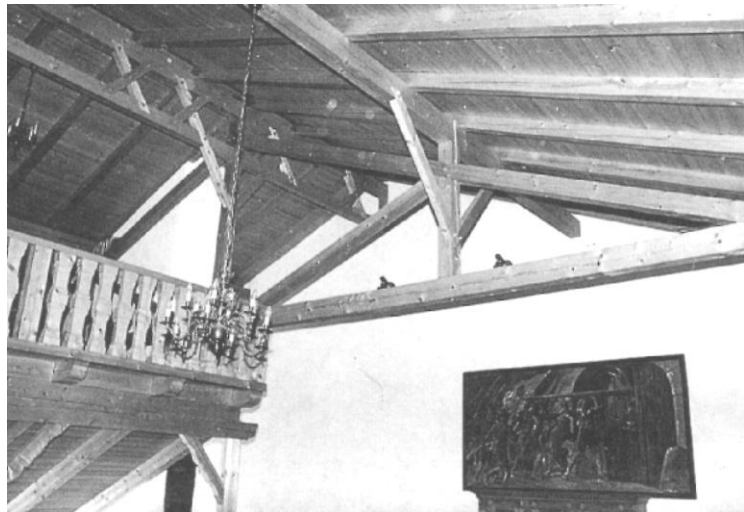


Bild 1: Ansicht des Hängewerks; Durchbiegung des Streckbalkens

Es war zu untersuchen, ob in dem Hängewerk konstruktive und statische Schwächen vorhanden sind und dadurch die Standsicherheit gewährleistet ist.

Sachverhalt, Schadensbild

Eine am Untergurt gespannte Schnur ließ einen vorhandenen Durchhang von knapp 3,0 cm erkennen. Diese vorhandene Durchbiegung des Streckbalkens des Hängewerkes deutete auf eine außerplanmäßige Biegebeanspruchung hin. Bei einem einwandfrei tragenden Hängewerk wären Durchbiegungserscheinungen ausgeschlossen, da der Untergurtbalken nur Zugkräfte erhalten würde.

Ursachen

Das Hängewerk ist konstruktiv falsch ausgebildet. Eine statische Berechnung war gar nicht notwendig, um diese Feststellung treffen zu können.

Wenigstens zwei schwerwiegende konstruktive Fehler sind erkennbar:

Die zimmermannsmäßige halbseitige Verblattung (Bild 2) der beiden Druckstreben mit dem durchlaufenden Untergurtbalken ist zur Aufnahme der vollen Druckkraft (nach der statischen Überschlagsrechnung 63,3 kN) unzureichend. Die Konstruktion eines doppelten Versatzes wäre richtig gewesen, und zwar über den ganzen Querschnitt verlaufend.

Überlastungen in diesen Punkten haben zu Lastumlagerungen geführt. Der mittige V-Stab (normal spannungslos) hat einen Lastanteil als ungewollte Druckkraft übernommen und leitet diese



Bild 2: Anschluß der Hängewerkstrebe an den Untergurt mit seitlichem Zierblatt

jetzt mittig als Biegung in den Untergurtbalken. Dieser ist aber für Biegung gar nicht dimensioniert, sondern sollte nur Zugkräfte aufnehmen.

Eine Nachbesserung dieses Mangels, d. h. die nachträgliche Ausbildung eines richtigen Versatzes, ist auf einfache Weise nicht möglich.

Auf der Nordseite greift die Wirkungslinie der Strebe (Bild 3) etwa 40 cm vor dem Auflagerpunkt am Untergurt an.

Das hat zur Folge, daß eine starke Exzentrizität am Nordauflager vorliegt. Die Vertikalkomponente der Strebenkraft bringt eine außerplanmäßige Biegung in das System. Die Exzentrizität ist nicht mehr vernachlässigbar und trägt zu der nicht gewollten, unplanmäßigen Durchbiegung von 3 cm für den Streckbalken bei.

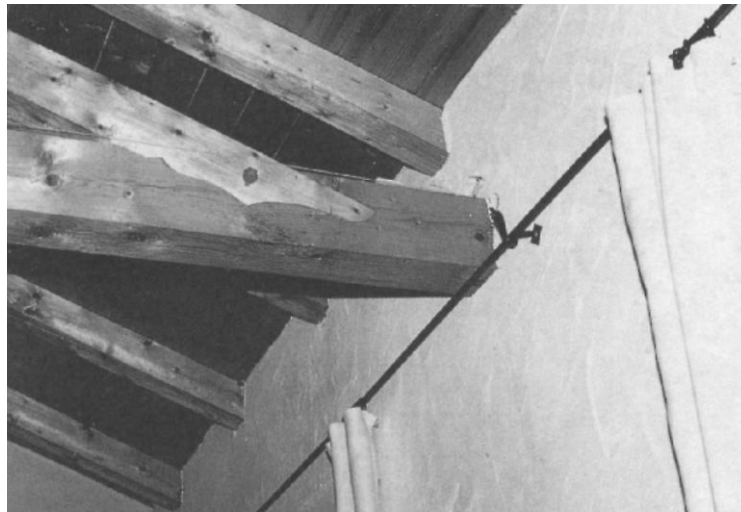


Bild 3: Halbseitige Zierverblattung, statisch unzureichend; Exzentrische Krafteinleitung durch die Strebe am nördlichen Auflager

Nach DIN 1052 muß die Wirkungslinie innerhalb der Ansichtsfläche des durchgehenden Gurtstabes/Streckbalkens schneiden, also hinter der Mauerkante.

Bei dem ausmittigen Strebenanschluß schneidet sich die Wirkungslinie etwa 40 cm vor der Mauerkante. Dies ist nicht zulässig.

Ohne die einzelnen Querschnitte des Hängewerks nachzurechnen, bestätigen allein die zwei aufgezeigten konstruktiven Mängel die fehlerhafte Ausführung des Hängewerks, die dann zu der großen Durchbiegung führten.

Dem Dach fehlt die notwendige statische Sicherheit, so daß bei Auslastung Schäden nicht auszuschließen sind.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Eine Nachbesserung des eingebauten Hängewerks war ohne größere Eingriffe nicht möglich. Der Bauherr sowie der Architekt entschieden daraufhin, die Lasten aus dem Sprengwerk mittels eines unter dem Streckbalken angeordneten Parallelfachwerks mit Rauten abzufangen.

Stichworte → Abschnitt:

Eigenverantwortliche Planung

→ Abschn. 3.6

Statische Durchbildung

→ Abschn. 4.4

Ausführung von Verbindungen

→ Abschn. 3.2.4

[3-11] Gravierende Schäden durch die Veränderung des statischen Systems des Daches eines Blockhauses, infolge Abweichung der Ausführung von der Planung [Macha]

Allgemeines

Bei dem Objekt handelt es sich um ein Blockhaus, das als Montagesatz geliefert wurde.

Die lastabtragenden Wände des Blockhauses sind im Erdgeschoß aus profilierten Blockbohlen (70/150 mm). Zur Aussteifung der Wände wurden sogenannte Wandvorstöße im Viertelblattverband angeordnet.

Im Obergeschoß bestehen die Giebelwände aus einer Ständerwerkskonstruktion mit einer Außenverbreterung in Blockbohlencharakter.

Das Dach ist gemäß Statik als Kehlbalkendach (Nagelplatten Binderkonstruktion) konzipiert, wurde jedoch teilweise auch als Pfettendach ausgeführt.

Die Balken der Deckenkonstruktion über dem Erdgeschoß sind gleichzeitig die Untergurte für die Dachbinderkonstruktion. Wegen der großen Spannweite der Deckenbalken wurden im Wohnzimmer zwei Unterzüge aus Brettschichtholz eingebaut.

Sachverhalt, Schadensbild

Bereits unmittelbar nach der Montage des Wohnhaus stellten sich im Laufe der Zeit eine Vielzahl von Mängeln heraus. An der südlichen Traufwand ist von außen eine Schrägstellung der Blockhauswand deutlich erkennbar. Die Wand steht nicht im Lot, sondern ist nach außen geneigt. Die Abweichung



Bild 1: Messung der Schiefstellung der südlichen Traufwand

von der Senkrechten beträgt im oberen Bereich (am Dachkasten) ca. 4,0 cm. (Bild 1)

Die ausgeführte Dachkonstruktion entspricht nicht der in den Bauantragsunterlagen dargestellten Konstruktion. Es wurde eine stark modifizierte Dachkonstruktion ausgeführt, für die weder Planunterlagen noch eine statische Berechnung vorliegen.

Oberhalb des Kehltriebs wurden – offensichtlich als Auflager für die Sparren gedacht – Brettschichtholzbinder eingebaut, deren Funktion aus der vorliegenden statischen Berechnung nicht zu erkennen ist und auf denen die Sparren nicht aufliegen. Diese Pfetten

waren in der vorliegenden statischen Berechnung nicht vorgesehen. Im eingebauten Zustand sind die Pfetten jedoch statisch unwirksam, da weder die Sparren aufliegen, noch die Pfetten selbst auf dem Blockhauswänden aufgelagert sind.

Die Sparren haben zwar im Bereich des Spitzbodens zur Auflage auf den Brettschichtholzbalken Klauen (Kerven), liegen aber auf den Balken nicht auf. Der Zwischenraum zwischen Sparren und Brettschichtholzpfeilen beträgt an allen Sparren mindestens 5 cm, z. T. auch 14 cm (Bild 2).

Durch die Einkerbungen in den Sparren ist der tragende Sparrenquerschnitt um ca. 30 % reduziert.

Im Bereich des Wohnzimmers im Erdgeschoß wurden entgegen den Angaben in der statischen Berechnung zwei Unterzüge aus Brettschichtholz (100 / 320 mm) in die Decke über dem Erdgeschoß eingebaut. Die Dielen der Fußböden in den östlichen Kinderzimmern des Obergeschosses (über dem Wohnzimmer im Erdgeschoß) hat sich im Bereich über den Unterzügen in bis zu 2,8 mm breite Fugen geöffnet. (Bild 3)

Um die Ursachen der Fugenbildung zu finden, mußte die Dielung in diesem Bereich geöffnet werden. Dabei wurde offensichtlich, daß eine Verbindung der Deckenbalken, die gleichzeitig zugbeanspruchte Untergurte der Dachbinderkonstruktion sind, nicht besteht.

An den Unterzügen wurden die Deckenbalken getrennt (durchgeschnitten) und lediglich mit Blechformteilen (Balkenschuhen) mit den Unterzügen verbunden.

Die Balkenschuhe sind normalerweise zur Erzielung einer kraftschlüssigen Verbindung der Holzbauerteile untereinander (für vertikal wirkende Lasten) mit einer entsprechenden Anzahl von Kammnägeln anzuschließen. Im vorliegenden Fall fehlen an den aufliegenden Deckenbalken diese Nägel (Bild 4 & 5).

Für eine zulässige Zugverbindung sind die Balkenschuhe aber ungeeignet. Es hätten, zumindest an der Oberseite der Deckenbalken, Lochbleche, jeweils mit mindestens 8 Kammnägeln 4/40 mm eingebaut werden müssen.

Aufgrund der fehlenden Nagelverbindungen der Deckenbalken an den Brettschichtholzbalken ist es zu erheblichen Formänderungen am Auflager der Deckenbalken gekommen.

Die Deckenbalken haben sich aus den Balkenschuhen bereits ca. 50 mm herausgezogen, so daß nur noch ca. 40 % der erforderlichen Auflagerfläche existiert und eine zugfeste Verbindung nicht vorhanden ist.

Durch diesen Umstand ist die Standfestigkeit des gesamten Gebäudes akut gefährdet.

Ursachen

Das Blockhaus entspricht in mehrfacher Hinsicht nicht den technischen Regeln. Es liegen Planungsfehler vor und auch die Montagearbeiten wurden nicht fachgerecht durchgeführt. Die errichtete Blockhauskonstruktion weicht erheblich von den Bauantragszeichnungen und der statische Berechnung ab.

So wurde z. B. eine völlig andere, als in Statik und Bauantragsunterlagen dargestellte, Dachkonstruktion ausgeführt.

Das ausgeführte Dach besteht aus einer Nagelbinderkonstruktion. Die Holzdimensionen der ausgeführten Konstruktion sind kleiner, als die in der ursprünglichen statischen Berechnung ermittelten Querschnittswerte.

Um überhaupt Aussagen über das Tragverhalten der ausgeführten Dachkonstruktion machen zu können, wurde eine statische Kontrollrechnung durchgeführt.

Da offensichtlich auch das Dachsystem von dem ursprünglichen Kehlbalkendach in eine Mischung zwischen Kehlbalkendach und Pfettendach geändert wurde, war zunächst ein entsprechendes statisches System zu wählen. Jedoch wurde, aufgrund der Feststellung, daß die montierten Pfetten statisch wirkungslos sind, in der Kontrollrechnung von einem Kehlbalkendach ausgegangen.

Die Ergebnisse der Berechnung zeigen, daß die vorhandenen Sparrenquerschnitte mit 45/200 mm



Bild 2: Ansicht der Dachkonstruktion des Blockhauses; die Sparren liegen nicht auf der Brettschichtholzpette auf



Bild 3: deutlich sichtbarer Spalt in der Fußbodendielung im Bereich über dem Unterzug der Decke über dem EG

ausreichend dimensioniert sind. Wird jedoch die Schwächung der Sparren, die durch die Einkerbungen für eine Auflage auf den Pfetten vorhanden sind berücksichtigt, so ergibt sich eine, um ca. 25 % unzulässige Spannungsüberschreitung.

Für die Untergurte der Dachbinder (45/220 mm), die gleichzeitig auch als Deckenbalken für die Decke über dem Erdgeschoß dienen, ergibt sich auf Grund der angenommenen Deckenbelastungen eine ausreichende Dimensionierung.

Da die Untergurte der Dachbinder im Bereich der in der Decke über dem Erdgeschoß angeordneten Brettschichtunterzüge unterbrochen wurden, können sie aber infolge dieses gravierenden Fehlers keine Zugkräfte (im ungünstigsten Falle ca. 6,2 kN / Untergurt) übertragen. Die Dachkonstruktion und Deckenkonstruktion ist daher zumindest im Bereich des Wohnzimmers in der ausgeführten Form nicht mehr tragfähig.

Das sogenannte „Auseinanderdriften“ der Wände, wie es durch die Schrägstellung der Außenwand im südöstlichen Bereich des Hauses ersichtlich ist, beruht auf der Unwirksamkeit der Untergurte im Bereich der Decke über dem Wohnzimmer.

Diese Untergurte können keine Zugkräfte mehr übertragen, so daß diese Kräfte nun als Druckkräfte

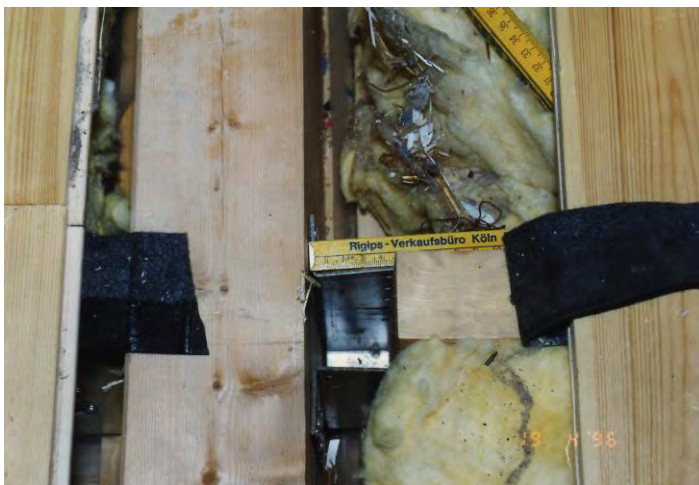


Bild 4: Draufsicht des Auflagers der Deckenbalkens; der Deckenbalken wurde schon ca. 5 cm aus dem Balkenschuh herausgezogen und liegt nur noch ca. 3 cm auf



Bild 5: Ansicht des Auflagers der Deckenbalkens; infolge der fehlenden Vernagelung ist keine kraftschlüssige Verbindung der Balken mit dem Unterzug vorhanden

auf die Außenwände wirken und so die Außenwände im Auflagerbereich der Deckenbalken nach außen drücken.

Für die Dachkonstruktion bedeutet dies, daß die Sparren am Fußpunkt (Traufe) die Horizontalkräfte ($H = 10,82 \text{ kN/m}$) auf die Außenwände übertragen. Da die Wände diese Horizontalkräfte nicht aufnehmen können, weichen sie nach außen aus und das Dach beginnt sich zu senken.

An den Verbindungen der geteilten Untergurte (Deckenbalken) mit den Unterzügen mit Balkenschuhen sind z.T. keine bzw. zu wenig Nägel eingeschlagen worden (Bild 5).

Obwohl eine Beanspruchung der Nägel auf Herausziehen in diesem Fall unzulässig ist, wäre aber bei einer ordnungsgemäßen Ausführung der Verbindung, die Bewegung der Außenwände erheblich eingeschränkt worden und es hätten Nachbesserungen in Form von Zugverbindungen mit Lochblechen ausgeführt werden können. Diese Möglichkeit erscheint jetzt nicht mehr gegeben.

Wie bereits erwähnt, wird vermutet, daß durch die Anordnung von Pfetten im Spitzbodenbereich eine Auflagermöglichkeit für die Dachsparren geschaffen werden sollte. Damit wäre in statischer Hinsicht kein reines Kehlbal-

kendach mehr vorhanden.

Da diese Pfetten im eingebauten Zustand jedoch keine Auflagermöglichkeit für die Dachsparren bieten, sind sie im derzeitigen Zustand statisch völlig wirkungslos.

Die Pfetten selbst sind außerdem nicht entsprechend auf dem Ständerwerk der Giebelwände aufgelagert, sondern „schweben“ frei und können somit keine Lasten übertragen. Schließlich wurden die Pfetten offensichtlich auch noch falsch montiert und nicht kraftschlüssig miteinander verbunden.

Die Brettschichtholzpfeilen haben daher im jetzigen eingebauten Zustand keine statische Funktion und sind praktisch überflüssig.

Die ausgeführte Dachkonstruktion entspricht im augenblicklichen Zustand nicht den Regeln der Technik und ist nicht mehr standsicher.

Für diese Dachkonstruktion wurden Nagelplattenbinder verwendet, deren Untergurte gleichzeitig die Deckenbalken der Decke über dem Erdgeschoß sind.

Diese Untergurte haben die aus der Belastung des Daches resultierenden Horizontalkräfte aufzunehmen und werden als Zugstäbe belastet. Im Bereich des östlichen Teiles des Hauses (über dem Wohnzimmer) wurden diese Untergurte zwecks Anschluß an einen in der Decke angeordneten Unterzug getrennt und nicht mehr fachgerecht verbunden, so daß die auftretenden Zugkräfte nicht mehr aufgenommen werden konnten.

Dieser schwerwiegende Fehler hatte zur Folge, daß die Horizontalkräfte direkt auf die Außenwände des Blockhauses wirkten und verständlicherweise zu einer Verschiebung dieser Wände nach außen führte. Ebenso ist dieser Fehler in der Konstruktion die Ursache für das Entstehen der 3 cm breiten Fugen in der Dichtung des Kinderzimmers.

Die Tragfähigkeit des Gebäudes ist durch die fehlerhaft geplante sowie ausgeführte Dachkonstruktion nicht mehr gegeben.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Das Blockhaus besitzt im jetzigen Zustand keine ausreichende Standfestigkeit mehr, so daß eine akute Gefährdung der Bewohner besteht. Aus diesem Grunde sind sofort Maßnahmen zu treffen, die eine weitere Verschlechterung des Zustandes oder sogar den Einsturz des Gebäudes verhindern.

Derartige Maßnahmen müssen bewirken, daß die fehlende Zugverbindung in den Untergurten der Dachbinder im Bereich des östlichen Teiles des Gebäudes wieder hergestellt wird.

Theoretisch könnte durch ein Zusammenziehen der Außenwände und den Einbau von Zuggliedern eine Verbesserung erreicht werden. Angesichts der Größenordnung (50 mm Aufweitung) der fortgeschrittenen Verformungen erscheint ein solches Verfahren derzeit nicht mehr erfolgversprechend.

Eine völlige Sanierung des Gebäudes ist nur durch den Abbau des Daches und der Decken – zumindest im östlichen Bereich (Wohnzimmer) – durch Richten der Außenwände und den Wiederaufbau einer entsprechend dimensionierten und montierten Dachkonstruktion möglich. Hierzu ist zunächst eine völlig neue Sanierungsstatik zu erstellen, bei der ggf. bestimmte Bauteile des derzeitigen Daches berücksichtigt werden könnten.

Erfahrungsgemäß ist jedoch die Herstellung und Montage einer neuen Dachkonstruktion nur unwesentlich kostenaufwendiger. In jedem Falle sind jedoch bereits vor Abbau der Daches und der Decken Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Solche Maßnahmen können in der Abstützung der Außenwände oder aber durch Einziehen von Stahllankern mit Spannschlössern in die Deckenkonstruktion bestehen.

Stichworte → Abschnitt:

Abweichung von Planungsvorgaben

→ Abschn. 3.7

Änderung des Dachtragwerks

→ Abschn. 4.4

[3-12] Fehlerhafte Dachgaubenkonstruktion durch Abweichung der Ausführung von den geplanten Abmessungen [Galiläa]

Allgemeines

Es handelt sich um ein zweigeschossiges Wohnhaus in konventioneller Massivbauweise. Die zimmermannsmäßig erstellte Dachkonstruktion ist als Pfettendachstuhl ausgebildet.

Sachverhalt, Schadensbild

Bei der Dachgaubenkonstruktion (Spitzgaube) wurde festgestellt, daß die beiden Kehlsparren im Gaubenfirstbereich spitz zusammenlaufen und provisorisch durch eine Stahlrohrstütze unterstützt sind (Bild 1 & 2). Eine Gaubenfirstpfette, auf der die Kehlsparren aufliegen könnten, ist nicht vorhanden.



Bild 1: Innenansicht der Gaubenkonstruktion

Ursachen

Die Dachgaube ist ursprünglich mit einer Breite von 3,0 m (Basisbreite), einer lichten Höhe von 1,55 m und einer Gaubenneigung von 45° geplant und auch statisch berechnet worden.

Tatsächlich ausgeführt wurde eine lichte Gaubenbreite (Basisbreite) von ca. 2,18 m und eine lichte Gaubenhöhe von ca. 1,08 m.

Die Ausführungsdifferenz beträgt somit bei der lichten Gaubenbreite (Basisbreite):

$3,00 - 2,18 = 0,82 \text{ m}$ und bei der lichten Gaubenhöhe: $1,55 - 1,08 = 0,47 \text{ m}$

Aus der statischen Berechnung und den dazugehörigen Planunterlagen war ersichtlich, daß die Gaubenkonstruktion mit einer Gaubenfirstpfette in Höhe der Balkenlage und einer statisch tragenden Abstrebung im Fensterbereich ausgeführt werden sollte (Bild 3).

Ausgeführt wurde aber weder eine Gaubenfirstpfette, noch eine Abstrebung, wie in der Statik angegeben.

Die Abweichung von den planerischen Vorgaben führte bei der vorhandenen Ausführung dazu, daß die Kehlsparren nicht wie vorgesehen auf der Hilfspfette aufliegen, sondern statt dessen in der Luft hängen und somit kein Auflager haben (Bild 4).



Bild 2: Provisorisch unterstützte Kehlsparren der Dachgaube

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Um die Dachgaubenkonstruktion plangerecht und entsprechend den statischen Vorgaben herzustellen

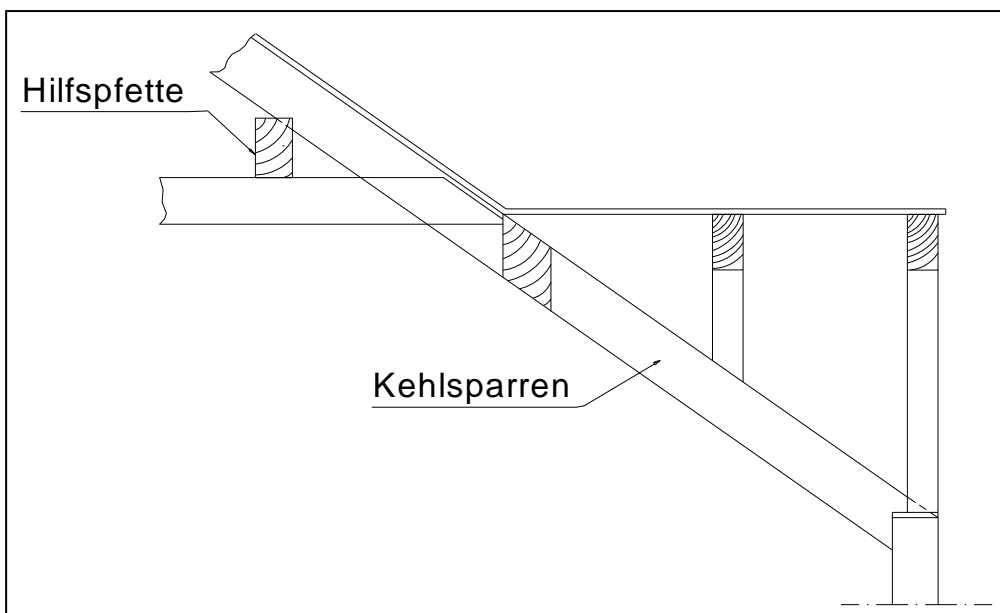
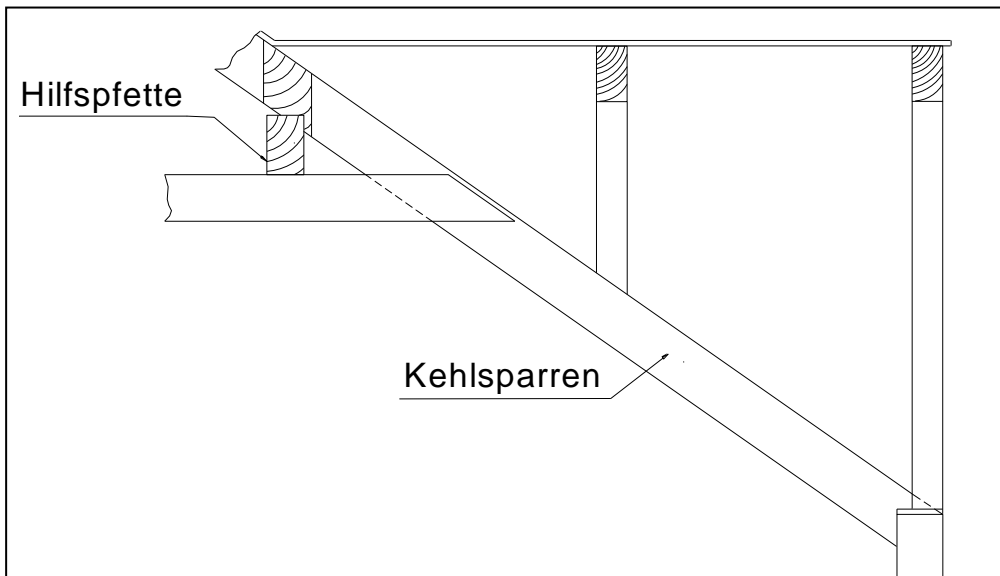


Bild 4: Ausgeführte Dachgaubenkonstruktion: wegen der kleineren Gaubenabmessungen haben die Kehlsparren kein Auflager mehr und hängen in der Luft

Stichworte → Abschnitt:

Abweichung von Planungsvorgaben

→ Abschn. 3.7

[4-01] Mehrere Schäden an einem Blockhaus aufgrund einer zu hohen Einbaufeuchte und der konstruktiven Mißachtung der großen Setzungen [Schmidt]

Allgemeines

Die Außenwände des Blockhauses bestehen aus ca. 20 cm dicken, gerundeten Blockhölzern, deren unteres Auflager jeweils eine umgekehrte Rinne bildet (Bild 1). Zwischen den Blockhölzern wurden Neopren- oder Gummidichtungen eingebaut.

Die Blockhölzer werden an den Ecken und den inneren Blockwand-einbindungen überkämmt, d.h. die Durchdringungen wurden passend bearbeitet und ausgeklinkt. An einer großen Zahl dieser Verkämmungen schimmert Tageslicht nach innen durch. Hier ist keine Winddichtigkeit gegeben.

Die Holzfeuchte in der Außenwand beträgt in 40 mm Tiefe gut 14 %.

Die Innenwände des Wohnhauses wurden in Leichtbauweise errichtet.



Bild 1: Form der Blockhölzer der Außenwand

Sachverhalt, Schadensbild

Im Bereich des Wohnzimmers im Erdgeschoß wurde eine tragende Wand durch einen Unterzug aus drei aufeinander gestapelte Blockhölzer ersetzt.

Der Unterzug wird an der einen Treppenhauswand durch beidseitig angeordnete Brettschichtholzstützen und an der anderen Treppenhauswand durch eine halbrunde Vollholzstütze getragen. Die Stützen sind nicht mit einer Höhenkorrekturvorrichtung zum Ausgleich der Schwindverformung der Blockhölzer versehen.



Bild 2: Halbrunde Stütze an der Treppenhauswand; klaffende Fugen zwischen den Blockhölzern

Die Blockhölzer neben der Stütze zeigen klaffende, durchgehende Fugen, die keilförmig auslaufen. (Bild 2)

Quer zum First wird das Gebäude durch leichte, statisch als nichttragend angesetzte, beidseitig mit Profilbrettern bekleidete Lattenwände in einzelne Räume getrennt.

Im Treppenhaus beult die Bekleidung der Leichtwände in Höhe der Erdgeschoßdecke aus. Nach Angaben des Bauherrn wurden diese Beulen schon einmal beseitigt. Der dabei entstandene Schlitz in der Bekleidung wurde mit einer Leiste abgedeckt. Zur Zeit der Besichtigung beult die Bekleidung erneut aus (Bild 3).

Die Bekleidung der Leichtwände wurde der Form der runden Blockhölzer angepaßt, da die Blockwände nicht für die Anbindung der Leichtwände ausgebildet waren.

In der Nordwestecke des Wohnzimmers sind mehrere Bretter der Bekleidung aufgerissen (Bild 4). Oberhalb der runden Blockhölzer hat sich eine offene Fuge zur Bekleidung gebildet, während die Unterseite der Blockhölzer knirsch auf der Bekleidung aufliegt.



Bild 3: Ausgebeulte Bekleidung der Treppenhaus Leichtwand

An einigen Stellen lagert sich der Sturzbalken auf den Blendrahmen von Türen und Fenster auf (Bild 5). Zwischen dem Blendrahmen eines Giebelfensters und dem Sturzbalken befindet sich noch eine Fuge von ca. 1 cm, diese Fuge ist stramm mit Mineralwolle ausgefüllt. Diese Fuge war bei Einbau des Fensters ca. 5 cm groß.

Die Mehrzahl der Fenster und Türen in den Blockwänden ebenso wie in den Leichtwänden klemmen, teilweise lassen sie sich nur mit Kraftanstrengung öffnen. Nach Angaben des Bauherrn gingen alle Fenster und Türen nach dem Einsetzen einwandfrei.

Die lichte Raumhöhe beträgt im Wohnzimmer an der südlichen Traufwand 2,39 m und in der nordwestlichen Raumecke 2,42 m. Nach Angaben des Bauherrn betrug die lichte Raumhöhe z.Zt. der Leichtwandmontage 2,54 m. In der Entwurfszeichnung wird die lichte Raumhöhe mit 2,49 m angegeben.

Ursachen

Das Wohnblockhaus wurde aus nordischer Kiefer erstellt. Dieses Kiefernholz besaß offensichtlich zum

Zeitpunkt der Montage des Gebäudes eine Holzfeuchte, die höher war als die zum Zeitpunkt der Be-sichtigung gemessene Holzausgleichsfeuchte. Es kann als sicher angenommen werden, daß das Holz zur Zeit der Montage eine Einbaufeuchte von 30 % oder mehr besaß.

Unterhalb des Fasersättigungspunktes (bei Kiefer 26 bis 30 % Holzleuchte) schwindet Holz quer zur Faser linear zur weiteren Abnahme der Holzleuchte.

Kiefer besitzt ein mittleres Schwindmaß von 0,19 bis 0,36 % je Prozent Feuchteänderung. Die DIN 1052, Teil 1 Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung gibt das mittlere Schwindmaß mit 0,24 % an. Das Kiefernholz mit einer Einbaufeuchte von 30 % und einer Ausgleichsfeuchte von 10 % schwindet folglich rechnerisch um:

$$\Delta s = 100 \times (30-10) \times 0,24/100 = 4,8 \text{ cm/m}$$

Die DIN 68 800 T 2 Holzschutz im Hochbau „Vorbeugende bauliche Maßnahmen“ (*alte Fassung*) fordert unter Ziffer 3.2.1: Holz ist möglichst mit dem Feuchtegehalt einzubauen, der während der Nutzung als Mittelwert zu erwarten ist. Für die Gleichgewichtsholzfeuchte gelten die in der DIN 1052 T1 angegebenen Werte:

15 bis 18 ± 3 % für Außenbauteile und 9 ± 3 % für Innenbauteile in geheizten Räumen.

Die DIN 1052 T1 erlaubt den Einsatz von feuchterem Holz nur für die Bauwerke, die gegenüber den auftretenden Schwindverformungen nicht empfindlich sind.

Blockhäuser sind gegenüber Schwindverformungen des Holzes sehr empfindlich. Aus diesem Grunde wurden schon in der Vergangenheit möglichst luftgetrocknete Hölzer verwendet. Das trotzdem auftretende Schwindmaß mit den entsprechenden Verformungen wurde durch konstruktive Maßnahmen weitgehend ausgeglichen. Diese alten Regeln gelten auch heute noch. In Anbetracht des erhöhten Energiebewußtseins und der darauf aufbauenden Gesetzgebung werden heute sogar höhere Anforderungen z.B. an die Winddichtigkeit von Bauten gestellt.

Beim Einbau von Holz, das noch nicht die Ausgleichsfeuchte besitzt, sind die konstruktiven Details mit besonderer Sorgfalt zu beachten.

Die ca. 5 cm breite Fuge zwischen Sturzbalken und Blendrahmen der Fenster schrumpfte auf ca. 1 cm zusammen. Die Mineralfaserdämmung wurde dadurch dicht zusammengepreßt, drückt folglich schon auf den Blendrahmen.

Geht man von einem Schwindmaß der Blockhölzer von 4 cm innerhalb der Fensterhöhe von 120 cm

aus, so kann eine Feuchtedifferenz $\Delta u = 4 \times 100 / 0,24 \times 120 = 13,9 \% \sim 14 \%$ ermittelt werden. Addiert man zu dieser Differenz die vorhandene Holzfeuchte von 14 %, so erhält man eine Einbaufeuchte von mindestens 28 %.

Die ausführende Firma war sich dieser Tatsache offensichtlich bewußt und formte die Auflagerfläche der Blockhölzer schweinsrückenartig und legte zusätzlich eine Dichtungsschnur ein. Die Dichtungsschnur wurde jedoch nicht lückenlos verlegt, wie das durchschimmernde Tageslicht im Bereich der Verkämmungen und im Spitzboden-Giebelndreieck beweist.

An diesen Stellen sind die Außenwände des Gebäudes nicht ausreichend abgedichtet und entsprechen somit nicht den Anforderungen der DIN 4108 T 2 Abs. 6.2.1, sowie der Wärmeschutzverordnung.

Die Nachbesserungsarbeiten mit Dichtstoffen waren nicht ausreichend.

Das Schwindverhalten von Holz längs zur Faser ist vernachlässigbar gering.

Folglich sollten Stützen in Verbindung mit Blockwänden vermieden oder mit einer Höhenkorrekturvorrichtung versehen werden.

Diese Vorrichtung hätte die rechnerisch zu ermittelnde Schwindverformung der Blockwand, von ca. 12 cm zuzüglich eines Sicherheitszuschlages im Zuge des Austrocknungsprozesses, ausgleichen müssen. Das Fehlen dieser Korrekturvorrichtung führte zu offenen Fugen in den Wänden.

Das vorgesehene Setzmaß von 8 cm zwischen Erdgeschoßdecke und den Leichtwänden aus senkrecht stehenden Latten reichte nicht aus. Aufgrund des zu geringen Setzmaßes lagert sich die Erdgeschoßdecke jetzt auf die ursprünglich nichttragende Leichtwandkonstruktion auf. Dadurch kam es im Bereich der Decke zu Stauchungen und Verformungen, die zum Ausweichen und Ausbeulen der Profilbrettbekleidung führten.

Ebenfalls wurden beim seitlichen Anschluß der Leichtwände an die Blockwände die Schwindverformungen der Blockwände nicht berücksichtigt. Die Blockwände hätten an dieser Stelle einen senkrechten Schlitz erhalten müssen und zwischen den Decken hätten senkrechte Pfosten mit ausreichend Setzmaß angeordnet werden sollen.

Sinnvoller wäre es gewesen, die Trennwände des Erdgeschosses ebenfalls in Blockbauweise zu erstellen. Diese Trennwände hätten durchaus aus dünneren Hölzern erstellt werden können. Sie wären, bei gleicher Einbaufeuchte mit den anderen Blockhölzern geschwunden und hätten diese darüberhinaus sicher ausgesteift.



Bild 5: Zimmertür; Sturzbalken lagert auf Futter und Bekleidung auf

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Schwindverformungen der Blockwände nähern sich dem Ende, da der Austrocknungsprozeß im wesentlichen abgeschlossen ist. In Zukunft ist nur noch mit den jahreszeitlich bedingten Quell- und Schwindverformungen zu rechnen.

In die offenen Fugen zwischen den Blockhölzern, insbesondere bei den Verkämmungen sind elastische Dichtstoffe zu injizieren und damit möglichst dauerhaft zu dichten.

Alle Außenwandecken sind mit Spannstählen vom Dach bis zum Fundament zu sichern. Die Spannstähle werden auf dem Hirnholz der durchbindenden Blockhölzer angeordnet und mit einer Bohle abgedeckt. An das Fundament werden die Spannstähle über feuerverzinkte Stahlkonsolen verankert. Dadurch ist es möglich, die Spannstähle zu überprüfen und bei Bedarf nachzuziehen.

Die Dichtung zwischen den Blockhölzern wird hiermit komprimiert und so die notwendige Wind- und Regendichtigkeit hergestellt.

Alle Stützen sind nach der Schließung der klaffenden Fugen neu einzubauen. Auf den Einbau einer Höhenkorrekturvorrichtung kann verzichtet werden, da der Austrocknungsprozeß abgeschlossen ist.

Die Leichtbauwände sind entsprechend dem eingetretenen Setzmaß der Blockwand in der Höhe zu korrigieren.

Alle Fenster und Türen einschließlich Futter und Bekleidung sind auszubauen und auf Rechtwinkligkeit zu überprüfen. Je nach Einbausituation sind die Öffnungen nachzuarbeiten. Anschließend sind alle Fenster und Türen wieder fachmännisch einzubauen.

Stichworte → Abschnitt

unterschiedliches Setzungsverhalten

Abschn. 4.4

gleitende Unterkonstruktion

Abschn. 4.2

Einbaufeuchte

Abschn. 2.1.5

Abdichtung von Fugen

Abschn. 3.3

Anmerkung des Gutachters:

„Nach zwischenzeitlichen Erfahrungen erscheinen heute andere Maßnahmen zur Behebung der Mängel erforderlich. So haben sich elastische Dichtstoffe in den Fugen nicht bewährt. Auch können Spannstähle den notwendigen Druck nur punktuell aufbringen.“

[4-02] Risse in den Fliesen eines Badezimmers infolge der nicht fachgerecht abgedichteten Anschlüsse und einer ungeeigneten Unterkonstruktion [Macha]

Allgemeines

Bei dem in Blockbauweise mit Rundbohlen erstellten Wohnhaus zeigten sich nach der Fertigstellung eine Reihe von Schäden. Einer dieser Mängel betrifft das Badezimmer im Erdgeschoß des Gebäudes. An den verfliesen Wänden zeigten sich nach einem halben Jahr Risse in den Fliesen sowie an den Durchdringungen der Armaturen.

Sachverhalt, Schadensbild

In dem Bad des Erdgeschosses sind die Wände teilweise mit keramischen Fliesen 20/30 cm versehen.

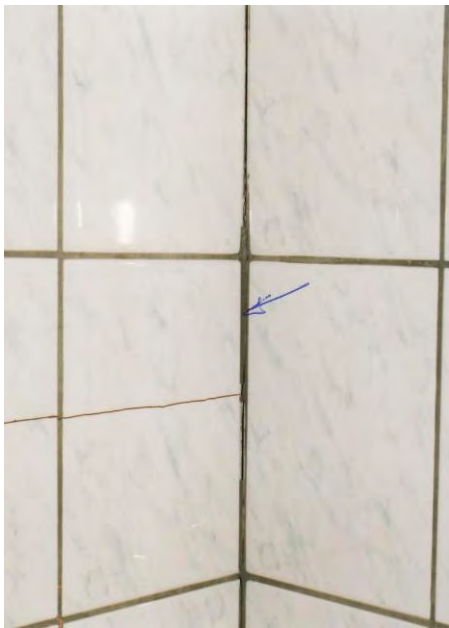


Bild 1: Eckfuge des Fliesenspiegels; Riß in der Fliese

Die Unterkonstruktion der verfliesen Wände im Bad besteht aus 10 mm dicken Gipsfaserplatten, die an vertikalen Holzleisten befestigt sind. Querlatten für die waagrechten Stöße dieser Platten sind nicht vorhanden. Die Holzlatten (entgegen der Vorschrift nach DIN 68800, Teil 2 und 3 nicht imprägniert!) haben Langlöcher bzw. Schlitz, die die Bewegungen der Blockwand ausgleichen sollen.

Die Gipsfaserplatten wurden mit einem Haftgrund versehen, auf den direkt ein mineralischer Fliesenkleber aufgebracht wurde. Die Fugen zwischen den Fliesen (20/30 mm vertikal verlegt) wurden mit einem mineralischen Fugenfüller geschlossen. Für Eck- und Anschlußfugen wurde ebenfalls dieser mineralische Fugenfüller und keine dauerelastischen Dichtungsmassen verwendet. Im Eckbereich wurden die Fliesen dicht, praktisch ohne Fugen verlegt. Die Durchdringungen an den Armaturen haben keine speziellen Dichtungsmanschetten.

In den verfliesen Flächen an der Außenwand sind deutlich Risse erkennbar (Bild 1). An den Durchdringungen der Badewannenarmaturen sind die Fliesen ebenfalls gerissen und abgeplatzt (Bild 2).

Ursachen

Zum besseren Verständnis der Problematik von Feuchtraumwänden sollen zunächst einige allgemeine Aussagen getroffen werden. Feuchträume sind dadurch gekennzeichnet, daß in ihnen - wenn auch zeitweilig - höhere Luftfeuchtigkeiten als in normalen Aufenthaltsräumen auftreten können. Die in Feuchträumen zu verwendenden Werkstoffe sollen daher möglichst unempfindlich auf Feuchteänderungen reagieren. Für Holzwerkstoffplatten ergeben sich dabei wesentlich größere Formänderungen als z.B. für Gipsbauplatten.

In allen Fällen ist daher durch geeignete Maßnahmen dafür Sorge zu tragen, daß die Plattenwerkstoffe eine Mindestdicke von > 12,5 mm haben und möglichst keine Feuchte aufnehmen können. Letzteres wird durch Aufbringen einer entsprechenden Abdichtung aus wasserundurchlässigen Stoffen erreicht. Bei direkter Wasserbeaufschlagung der Wände sind solche Abdichtungen des Untergrundes besonders sorgfältig (ggf. 2 - schichtig) durchzuführen.

Besonders kritische Punkte sind die Anschlüsse von Badewannen oder Duschtassen und die Durchdringungen für Armaturen. Für feuchteempfindliche Bauteile gibt es seit einigen Jahren Duschtassen mit besonderen Randausbildungen auf dem Markt, die einen einwandfreien Anschluß gewährleisten. Auch für den Anschluß üblicher Unterputz - oder Aufputz - Armaturen gibt es spezielle Dichtungseinheiten.

In der Praxis haben sich insbesondere bei Konstruktionen mit großen Formänderungen sogenannte vorgesetzte Wände bewährt. Dabei handelt es sich um voll hinterlüftete Wände mit dahinter liegenden wasserabweisenden Dichtungsbahnen.

Im vorliegenden Falle wurden alle oben erwähnten Voraussetzungen und Bedingungen nicht beachtet. Zunächst bietet die Befestigung der vertikalen Latten mittels Schrauben in Schlitz an der Blockwand keine Gewähr für eine einwandfreie Beweglichkeit dieser Verbindung. Es hätten hierfür feuchteunempfindliche Gleitprofile aus Metall verwendet werden müssen. Für die waagrechten Stöße der Gipsfaserplatten ist außerdem keine spezielle Auflage vorhanden, die Stöße hängen praktisch in der



Bild 2: Nicht fachgerechte Abdichtung der Badewannenarmatur; Wasser kann ungehindert in die Wandkonstruktion eindringen



Bild 3: Abgerissene Verfugung im Anschluß der Badewanne an den Fliesenspiegel

Luft. Die Fugen zwischen den Platten wurden nicht mit einem PU-Kleber verklebt, sondern lediglich gespachtelt.

Des Weiteren haben die Gipsfaserplatten nicht die notwendige Mindestdicke ($> 12,5$ mm). Eine entsprechende Dichtungsschicht aus Bitumen-, Kautschuk-, Zweikomponenten- oder PU-Material o. ä. fehlt völlig. Die Eckanschlüsse sind weder mit dauerelastischen Dichtungsmassen noch mit Klebebändern versehen. Die Anschlüsse an die Duschtasse und Badewanne sind nicht fachgerecht mit dauerelastischen Materialien ausgeführt (Bild 3). Dasselbe gilt für die Eckfugen. Auch die Durchdringungen für die Armaturen haben keinerlei Dichtungen. Die zahlreichen nicht beachteten Regeln und Voraussetzungen zeigen, daß die ausgeführte Wandkonstruktion der verfliesenden Wände absolut unfachmännisch und unzureichend ist, so daß als logische Folge dieser Fehler die vorliegenden Schäden aufgetreten sind und auch weiter auftreten werden.

Behebung des Mängel/Schäden, Sanierung

Die vorhandene Unterkonstruktion ist für die Fliesen ist völlig ungeeignet, nicht fachmännisch geplant und ausgeführt und entspricht auch nicht annähernd der Erfordernissen. Auch die Ausführung der Fliesenlegerarbeiten und die entsprechenden Andichtungen an Badewanne/Duschtasse und Armaturen ist absolut unzureichend.

Es liegen daher grundsätzliche Planungsfehler und auch grobe Ausführungsfehler vor. Wenn nicht weitere Schäden in Kauf genommen werden sollen, ist ein totaler Ersatz der Wandkonstruktion zwingend erforderlich.

Stichworte → Abschnitt

Gips-Bauplatten
Gleitende Unterkonstruktion
Naßbereiche

Abschn. 2.4.1
Abschn. 4.2
Abschn. 6.2.7

[4-03] Schiefstellung der Treppe aufgrund von Nichtbeachtung der trocknungsbedingten Setzungen in einem Blockhaus [Macha]

Allgemeines

Die viertelgewendelte Treppe vom Erdgeschoß zum Obergeschoß besteht aus Wangen und Trittstufen. Die eingebaute Treppe weist zahlreiche Mängel auf und wurde nicht entsprechend den Gegebenheiten geplant und montiert.

Sachverhalt, Schadensbild

Der Treppenaustritt zum Obergeschoß liegt um ca. 4 cm über dem Niveau der Fußbodendielung im Obergeschoß.

Die linke Treppenwange wurde an die Blockhausinnenwand mit Schrauben angeschlossen. Als Abstandshalter wurden hierzu ungehobelte Lattenabschnitte verwendet (Bild 2).

Im oberen Bereich liegt die Treppe nicht auf dem dort angeordneten Brettschichtholzbalken auf.

Die Treppe hat sich wegen der festen Verbindung der Wange mit der Wand aufgrund der Setzungen der Blockhauswand so verformt, daß die Trittstufen nicht mehr waagerecht sind und zur Blockhauswand hin um ca. 2 cm hängen (Bild 2).

Ursachen

Da Blockhäuser erfahrungsgemäß besonders großen Setzungen unterliegen, sind die Treppenkonstruktionen den Verhältnissen so anzupassen, daß nach Abklingen der wesentlichen Setzungen (ca. ein bis zwei Jahre), die angestrebten Verhältnisse vorliegen.

Diese technische Anforderung wurde bei der ausgeführten Treppe nicht beachtet. Die gesamte Treppenkonstruktion paßt offensichtlich nicht zu den Gegebenheiten des Blockhauses.

Die üblichen Setzungen der Blockhauskonstruktionen wurden nicht ausreichend berücksichtigt und führten durch die Verschraubung der Treppenwange mit der Außenwand zur Schiefstellung der Trittstufen.



Bild 1: Unteransicht der Treppe

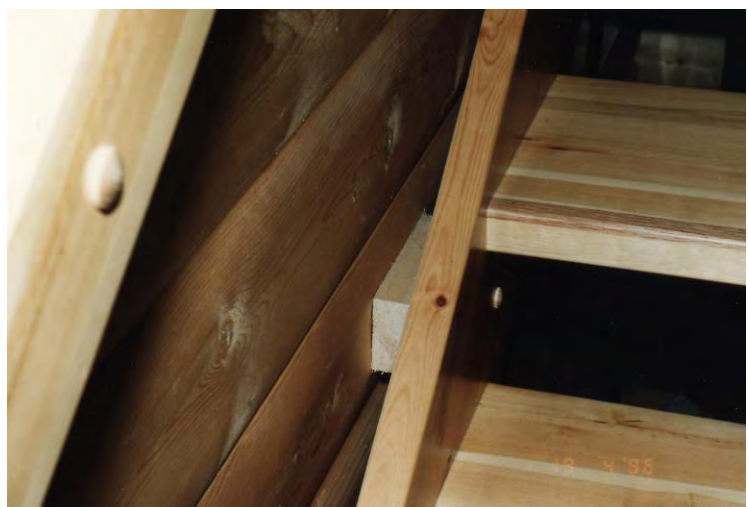


Bild 2: die linke Treppenwange ist mit der Blockhauswand verschraubt



Bild 3: Schiefstellung der Treppenstufen infolge der Setzungen der Blockhauswand

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Im vorliegenden Fall kann davon ausgegangen werden, daß der wesentlichste Teil der Setzungen bereits abgeklungen ist und nunmehr die angestrebten Verhältnisse vorliegen müßten.

Ein Umbau der Treppe ist nur bedingt möglich. Sinnvoller ist es die eingebaute Treppe auszubauen und durch eine neu angefertigte Treppe, die die Erfordernisse des Gebäudes berücksichtigt, zu ersetzen.

Gegebenenfalls sind die Trittstufen der Treppe wieder verwendbar. Die Wangen der Treppe müssen in jedem Falle erneuert werden.

Stichworte → Abschnitt

Konstruktive Durchbildung
Schwinden/Quellen

*Abschn. 4.2
Abschn. 2.1.2*

[4-04] Unzulässige Durchbiegung der Firstpfette und eines Unterzuges infolge der fehlerhaften statischen Berechnung und Ausführung [Macha]

Allgemeines

Die ausgeführte Dachkonstruktion des Blockhauses wurde vom Bauherrn wegen unzulässig großer Durchbiegungen der Zwischen- und Mittelpfette sowie eines Unterzuges bemängelt.

Sachverhalt, Schadensbild

Eine „klassische“ Firstpfette ist in der Dachkonstruktion nicht vorhanden. Die Funktion der Firstpfette wird zum Teil durch die mittlere Blockwand, im wesentlichen aber, an den Öffnungen dieser Wand, durch sechs übereinanderliegende Blockbalken 12/14 cm übernommen.

Die Blockbohlen der Firstpfette sind weder verschraubt noch verdübelt und weisen eine unzulässige große Durchbiegung auf. Die Firstpfette wurde nicht als Durchlaufträger ausgeführt, sondern etwa in der Mitte des Firstes an der querlaufenden Mittelwand unterbrochen (Bild 1).

Als Zwischenpfetten wurden ebenfalls übereinanderliegende Blockbalken 2 x 11/17 cm ohne Verdübelung oder Verbolzung eingebaut. (Bild 2)

Der Unterzug in der Mittelwand besteht aus drei aufeinanderliegenden Profilhölzern 12/14 cm. Der oberste Blockbalken ist durch die Auflage einer Zwischenpfette geschwächt. Auch dieser Unterzug hat eine unzulässige Durchbiegung.



Bild 1: Kreuzungspunkt Mittelwand – Firstwand (Firstpfette)
Rechts im Bild: die sechs übereinander angeordneten Blockbalken
Links im Bild: Auflagerung der Zwischenpfette auf dem Unterzug, der sich unter der Last durchbiegt

Ursachen

In der statischen Berechnung wurde die Firstpfette mit drei aufeinanderliegenden Blockbohlen 12/12 cm dimensioniert, die alle 70 cm mit Bolzen verschraubt werden sollten. Diese nachgiebig verschraubten Querschnitte wurden aber in der Berechnung fälschlicherweise als Vollquerschnitte angenommen, was einen gravierenden Fehler darstellt. Eine solche Annahme wäre nur bei verleimten Querschnitten bzw. bei verdübelten Querschnitten (dann allerdings mit entsprechenden Abschlägen) zulässig.

Für die verdübelten Blockbohlen hätten in einer richtigen statischen Berechnung lediglich die Summe der einzelnen Flächenmomente angesetzt werden dürfen.

Das hat zur Folge, daß die Werte für die zulässige Durchbiegung der Pfette um das zweifache ($f_{\text{vorh.}} = 53,3 \text{ mm}$; $f_{\text{zul}} = 21 \text{ mm}$) und die zulässigen Spannungen ebenfalls deutlich überschritten werden.

Da bei der ausgeführten Firstpfettenkonstruktion sogar auf die Verbindung der Block-balken mit Bolzen gänzlich verzichtet wurde, kann davon ausgegangen werden, daß die tatsächlichen Durchbiegungs- und Spannungswerte die zulässigen Werte noch erheblich mehr überschreiten.

Dadurch, daß die Firstpfette auf der Mittelwand gestoßen ist, ist sie nicht über die gesamte Firstlänge durchgehend und im statischen Sinne kein Durchlaufträger. Theoretisch ist eine, auf einem entsprechenden Auflager, gestoßene Firstpfette möglich. Jedoch ist im vorliegenden Fall eine durchgehende Firstpfette (als Durchlaufträger) einer gestoßenen Firstpfette (bestehend aus zwei Einfeldträgern) vorzuziehen.



Bild 2: Ansicht einer Zwischenpfette

Der Unterzug senkrecht zur Firstlinie überbrückt im Bereich der Galerie die dort vorhandene Blockwandöffnung.

Auch dieser Unterzug besteht, ähnlich wie die Firstpfette und die anderen Pfetten, aus lediglich drei übereinander angeordneten Blockbalken 12/14 cm, ohne jede Verbolzung, Verdübelung oder Verleimung. Statisch wirksam ist auch in diesem Falle nur die Summe der Einzelflächenmomente der Blockbalken.

Zudem wird der Unterzug durch die Auflagerung einer Zwischenpfette geschwächt.

Durch die gravierenden Fehler in der statischen Berechnung ist der Unterzug völlig unterdimensioniert und hat eine unzulässig große Durchbiegung. Die zulässige Durchbiegung des Unterzuges wäre $f_{\text{zul}} = 1,33 \text{ cm}$. Die vorhandene Durchbiegung ist jedoch $f_{\text{vorh}} = 8,0 \text{ cm}$ etwa der sechsfache zulässige Wert.

Der Unterzug entspricht also nicht den anerkannten Regeln der Technik und der Baukunst.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Eine Beseitigung des Schadens ohne gravierende Eingriffe ist nicht möglich, da die Dachkonstruktion bereits geschlossen ist.

Stichworte → Abschnitt
statische Durchbildung

Abschn. 4.4

[4-05] Verschiedene Schäden an einem Blockhaus infolge statischer und konstruktiver Mängel [Schmidt]

Allgemeines

Bei der Fertigung eines Blockhaus-Bausatzes wurden offensichtlich weder die Regeln des Blockbaues noch die Regeln des Skelettbaues beachtet. Der Bausatz war von daher total mangelhaft. Bei der Montage konnte dieser Mangel nicht behoben werden. Unabhängig davon wurde zudem noch fehlerhaft montiert.

Die gesamte Giebelwandkonstruktion, der Dachaufbau und die Deckenbalken entsprechen weder der Montageanleitung noch der gerechneten Statik.

Sachverhalt, Schadensbild

Die Mittelfetten bestehen aus 5 Blockbohlen 7/13 cm NH II/S 10. Diese Blockbohlen können sogar bei unzulässiger Annahme einer funktionierenden Durchlaufwirkung der Blockbohlen die planmäßig anzusetzenden Lasten nicht entsprechend der DIN 1052 auf die Querwände ableiten (Bild 1). Die zulässige Spannung wird um 40 % überschritten.

Die Mittelfetten lagern auf Blockbohlenwände auf, die in unzulässiger Weise beansprucht werden und folglich unter der Last ausweichen und ausbeulen (Bild 2).

Hier hätten Kegelwände oder Stützen mit verstellbaren Fuß- oder Kopfkonstruktion oder Kegelwände angeordnet werden müssen.

Ursachen

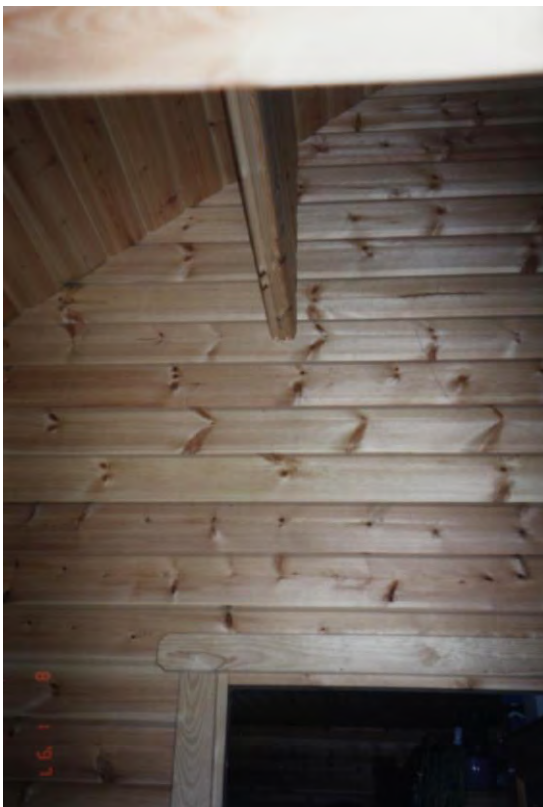


Bild 1: unterdimensionierte Mittelfette



Bild 2: Verformung der Treppenhauswand im Erdgeschoß

Die vorliegende statische Berechnung geht von einem Holzskelett aus, das alle vertikalen Kräfte in die Gründung leitet. Ein Nachweis der Ableitung der horizontalen Kräfte im Erdgeschoß fehlt. Daraus wird gefolgert, daß horizontale Kräfte, wie z.B. Wind, durch die Erdgeschoß-Blockbohlenwände aufgenommen und so in die Gründung geleitet werden sollten.

Andererseits sollen die Blockbohlen so an die Stützen angeschlossen werden, daß sie entsprechend der Austrocknung schwinden können. Durch das Schwinden der Blockbohlen setzen sich die Blockbohlen, während die Stützen des Skeletts unverändert lang bleiben. Es bildet sich logischerweise eine klaffende Fuge zwischen Decke und Dach einerseits und Blockbohlenwand andererseits. Dies ist nicht zulässig.

Das angenommene statische System entspricht weder den Regeln der Blockbauweise noch den Regeln der Skelettbauweise. Es mischt beide Systeme. Das ist unzulässig.

Die Dachsparren sind auf der Mittelpfette/dem Mittelaufleger aus Blockbohlen mit Stichnägeln verankert worden. Dies verhindert unzulässig das in der Blockbauweise setzungsbedingte Gleiten der Sparren auf dem Mittelaufleger. Es kann angenommen werden, daß auch an der Traufe eine Vernagelung der Sparren mit der Traufbohle erfolgte. Auch dies widerspricht den Regeln der Blockbauweise.

Die Einleitung von vertikalen Lasten in schräg angeschnittene und damit nicht ausgesteifte Blockbohlen wurde nicht untersucht. Ein Nachweis der Standsicherheit der Giebel- und der Zwischenwände ist folglich nicht möglich. Hier hätten in jedem Fall gesonderte Stützen oder Kreuzungspunkte (Kegelswände) angeordnet werden müssen.

Die großen und schräg entsprechend der Dachneigung gestalteten Fenster in den Giebeln eignen sich nicht für die Blockbauweise. Der Hersteller des Bausatzes empfand dies augenscheinlich auch so und sah eine Vielzahl von "Angstbolzen" in den kurzen Blockbohlenabschnitten vor.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die gravierenden, im Bausatz schon enthaltenen, statisch-konstruktiven Mängel des Wohnblockhauses ließen eine Sanierung nur zu, wenn alle Dach-, Wand- und Deckenbekleidungen, zumindest in Teilbereichen der Erdgeschoßfußboden und die Giebeldreiecke entfernt würden und ein tragendes und aussteifendes Skelett eingezogen würde.

Die festgestellte Durchfeuchtung der Blockbohlenverkämmungen stellt darüber hinaus jedoch einen Mangel der Holzkonstruktion dar, der -wie der Schimmelpilzbefall schon zeigt- ein Pilzwachstum initiiert und damit auch den Befall mit holzerstörenden Pilzen erwarten läßt, der dann die Blockbohlenwände zerstören würde.

Aus diesem Grunde kann kein Sanierungskonzept vorschlagen werden. Es wird zum Abbruch und Neubau des Wohnhauses in fachlich einwandfreier, neu zu erstellender Konzeption geraten. Dabei wären die Anforderungen des Blockhausbaues im Entwurf und in der statisch-konstruktiven Ausbildung zu beachten.

Stichworte → Abschnitt

Abweichung von Planungsvorgaben
statische Durchbildung

Abschn. 3.7
Abschn. 4.4

[4-06] Verformung der Erdgeschoßdecke aufgrund der Schwindverformungen von Schwelle und Rähm [Schmidt]

Allgemeines

Im Jahre 1985 wurde das Einfamilienwohnhaus mit Einliegerwohnung erstellt. Es ist ein Mauerwerksbau mit Holzbalkendecken. Die Holzbalkendecke wird im Wohn-, Eß- und Wintergartenbereich durch eine hölzerne Skelettkonstruktion getragen. Ansonsten liegen die Deckenbalken auf Mauerwerk auf. Die Dachgeschoßdecke wird durch Holzbalken (Zangen) getragen, die unter die Mittelpfetten gehängt wurden.

Sachverhalt, Schadensbild

Die Erdgeschoßdecke hängt von den beiden massiven Seitenwänden zur Mitte hin sichtbar durch und zwar im Bereich der tragenden, hölzernen Skelettkonstruktion. Am westlichen Auflager des Streichbalkens beträgt das Gefälle zum benachbarten Balken ca. 16 mm, wie aus der klaffenden, keilförmigen Fuge unter dem Streichbalken zu erkennen ist (Bild 1).

Der Streichbalken am östlichen Auflager liegt nicht auf der zum Tragen vorgesehene Skelettkonstruktion auf. Er schwebt ca. 16 mm darüber und liegt erst ca. 70 cm weiter im Wintergarten auf einer Holzstütze auf, die direkt von der Rohdecke bis zum Streichbalken durchgeht, also keine Schwelle und kein Rähm zwischengeschaltet hat.



*Bild 1: Auflager des westlichen Streichbalkens :
Klaffende Fuge zwischen Streichbalken und Rähm*

Ursachen

Die Nichtbeachtung der Schwindverformungen des Bauholzes bei der Berechnung und der Ausführung der tragenden Holzkonstruktion führte zu den Auflagersenkungen. Dies führte zu den erheblichen schädlichen Verformungen der Erdgeschoßdecke mit ebenfalls negativen Auswirkungen an den auf der Decke stehenden Trennwänden (Bilder 2 & 3).

Unterhalb des Fasersättigungspunktes (bei Fichte und Tanne ca. 30 %) schwindet Holz linear zur weiteren Abnahme der Holzfeuchte. Die europäischen Nadelhölzer, also auch Kiefer, Fichte und Tanne besitzen ein mittleres Schwindmaß von 0,24 % je Prozent Feuchteänderung.

Dieses Schwinden der Hölzer ist bei der Berechnung und der Ausführung von Holzbauwerken zu beachten. Darauf wird in „DIN 1052 Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung- Ausgabe 89 Absatz 3.2“ ausdrücklich hingewiesen.



Bild 2: Fuge zwischen der Leichtwand im DG und der Dachgeschoßdecken-Konstruktion als Maß für die Absenkung der Erdgeschoßdecke gegenüber der unabhängig davon gelagerten Dachkonstruktion

Die Verformung der Erdgeschoß-Holzbalkendecke im Bereich der unterstützenden Skelettwand ist auf das Schwinden des Holzes zurückzuführen. Dies ergibt sich aus der folgenden Berechnung und Überlegung:

In allseits geschlossenen Gebäuden mit Heizung stellt sich ein Normalwert des Feuchtigkeitsgehaltes von $(9 \pm 3) \%$ ein (DIN 1052 (69) Abs. 3.2.1). Bei Annahme einer Einbau-Holzfeuchte von 30 % und einer sommerlichen Normalfeuchte von 10 % zur Zeit des Ortstermines ergibt sich ein rechnerisches Schwindmaß von Schwelle und Rähm von:

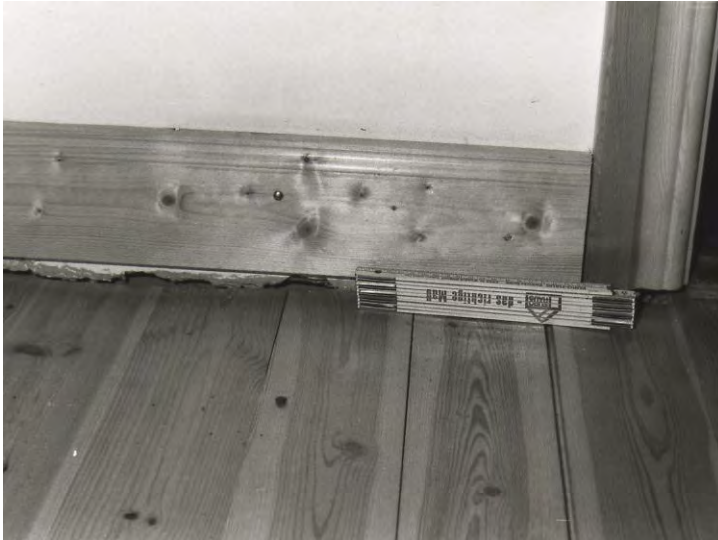


Bild 3: Fuge zwischen den Fußbodendielen und der Fußleiste als Maß für die Fußbodenabsenkung

$\Delta h = (100 + 200) \times (30 - 10) \times 0,24/100$
 $= 14,4 \text{ mm}$. Dieses errechnete Schwindmaß korreliert gut mit dem vor Ort gemessenen Wert von 16 mm. Bei der vom Zimmerer angegebenen Einbaufeuchte von 20 % hätte das Schwindmaß nur 7,2 mm betragen. Das Maß der Deckenbalken-Auflager Absenkung wäre jedoch immer noch zu groß gewesen und die festgestellten keilförmigen Fugen wären, wenn auch kleiner, ebenfalls aufgetreten. Die Streichbalken liegen im Gegensatz zu den benachbarten Feldbalken direkt auf Stützen auf, die von der Rohdecke bis Unterkante Balken reichen. Holz schwindet in Faserrichtung nur vernachlässigbar gering. Deshalb folgten die Streichbalken der Absenkung

des Auflagerrähms nicht. Zwischen Streichbalken und Rähm ergab sich ein Zwischenraum, der dem Schwindmaß von Schwelle und Rähm entspricht (Bild 1).

Bei der Tragwerksplanung sowie Ausführung wurden die zu erwartenden Schwindmaße nicht beachtet, die in DIN 1052 (69) Tabelle 2 angegeben sind. Dort wird in Abs. 3.2.2 gefordert, daß Holz mit einer vom Normalwert abweichenden Feuchte nur dort verwendet werden darf, wo die durch die Nachtrocknung auftretenden Schwindverformungen nicht schaden. Das Bauwerk war jedoch gegenüber den aufgetretenen Schwindverformungen empfindlich. Die Ausführung entsprach folglich nicht den Regeln der Technik.

Durch Auflagerung der Deckenbalken direkt auf Stützen wären die Schwindverformungen von Rähm und Schwelle ausgeschaltet und die Absenkung der Balkenaufleger vermieden worden.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Verformung der Erdgeschoßdecke auf Grund der Schwindverformung von Schwelle und Rähm ist durch Anheben der Deckenbalken über den Rähmen und durch Anordnung eines Ausgleichsbrettes zu beseitigen. Es ist möglich und denkbar, daß die Verformung teilweise nicht wieder rückgängig zu machen ist. Die Verformung der Erdgeschoßdeckenkonstruktion durch die Auflagersenkung ist so weit wie möglich rückgängig zu machen.

Stichworte → Abschnitt

Schwinden/Quellen

unterschiedliches Setzungsverhalten

Abschn. 2.1.2

Abschn. 4.4

[4-07] Rißbildung an Brettschichtholzträgern [Steinmetz]

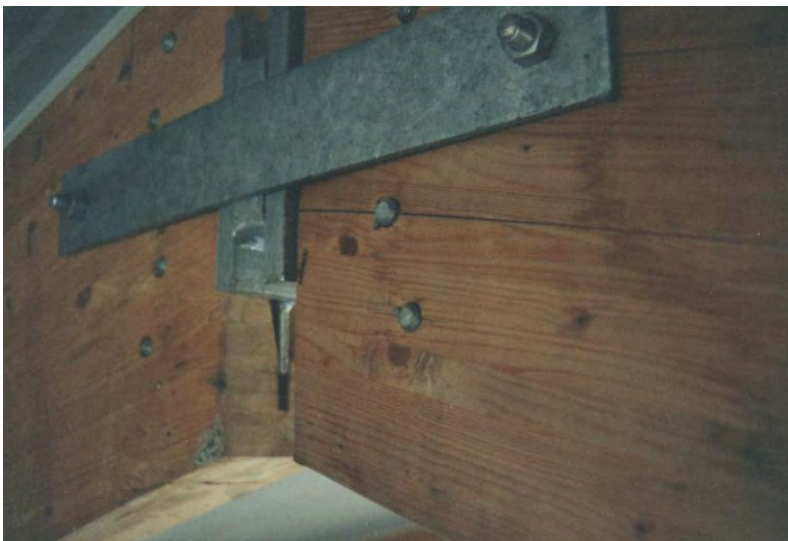
Allgemeines

Die Überdachung einer Tennishalle wurde mittels 14 cm breiten gekrümmten BSH-Trägern als Dreigelenkrahmen ausgeführt. An den Trägern selbst und im Bereich der Firstgelenke wurden Risse bemängelt.

Sachverhalt, Schadensbild

Alle Binder wiesen mehr oder weniger große Risse auf (Bild 1). Die Mehrzahl der Risse wies nur geringe Tiefen auf. Einzelne Risse verliefen bis etwa 45 mm ins Holz.

Bild 1: bereits nachgebesserte Risse in BSH-Träger



Am First wurden Risse festgestellt, die teilweise durch die Stabdübel verlaufen und – soweit erkennbar – bis zur Querschnittsmitte verlaufen.

Bild 2 (unten): starker Harzfluß bei Balkonbrettern

Ursachen

Bei allen Rissen handelt es sich um Schwindrisse. Die Risse im Bereich der Binder selbst beeinträchtigen die Standsicherheit nicht in unzulässigem Maße. Rißtiefen, die geringer als $\frac{1}{6}$ der Breite sind, gelten als natürlich und unschädlich, da sie bei der Festlegung der zulässigen Spannungen berücksichtigt wurden. Bei größeren Rißtiefen hängt der Einfluß auf die Standsicherheit vom Ort und Verlauf der Risse, sowie von der Beanspruchung ab (Druck, Biegung, Schub).

Im vorliegenden Fall verlaufen die Risse parallel zu den Leimfugen und haben somit nur Einfluß auf die Schubspannungen. In Anbetracht der nur geringen Spannungsausnutzung von maximal 44% ist die Standsicherheit trotz der vorhandenen größeren Risse nicht gefährdet.

Die Risse im Firstgelenk sind auf behinderte Schwindverformungen zurückzuführen: die eingeschlitzten Stahlbleche und die über die Höhe verteilten Stabdübel behindern die Schwindverformungen des Trägers. Hierdurch bauen sich Spannungen im Holz auf, die zur Bildung der Risse geführt haben. Diese Risse beeinträchtigen sowohl die Aufnahme von Schubspannungen (infolge Querkraft) als auch die Tragfähigkeit der Verbindung: die maximal auftretenden Kräfte können nicht mehr mit hinreichender Sicherheit aufgenommen werden. Durch den Riß wirkt der Anschluß wie eine Ausklinkung, bei der hohe Querkzugspannungen auftreten.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Risse im Firstbereich sind mit einem für die Sanierung vor Ort zugelassenen Epoxidharz zu verpressen. Die Ausführung muß von einem hierfür zugelassenen Sachverständigen überwacht werden.

Darüber hinaus ist die Aufnahme der Schub- und Querkzugspannungen im Firstbereich durch Einleimen einer Gewindestange oder durch beidseitig aufgeleimte BFU-Platten sicherzustellen.

Stichworte → Abschnitt

Rißbildung

Abschn. 2.1.3

großflächige Stahlverbindungen

Abschn. 4.4

[5-01] Eindringen von Regenwasser durch die Fugen im Anschlußbereich verschiedener Bauteile des Blockhauses [Trübswetter]

Allgemeines

Es handelt sich um ein Blockhaus mit Vollblockwänden, d.h. Wänden, die nur durch die 140 mm dicke Blockwand gebildet werden. Die Fugen sind durch dreifache Nuten und Federn ausgebildet.

Die Innenwände durchstoßen die Außenwände und sind außen als Wandstützen sichtbar. Ebenso sind die Balkenköpfe der Decke über dem EG außen sichtbar (Bild 1).

Sachverhalt, Schadensbild

Auf der Nordwestseite tritt entlang der Raumtrennwänden Regenwasser ins Innere des Hauses ein (Bild 2). Dies betrifft drei Wände sowohl im 1. OG als auch im EG. Dabei handelt es sich um die Giebelseite, die besonders dem Wetter ausgesetzt ist.

Auf der Südwestseite dringt bisher Wasser nur an Trennwänden des 1. OG ein. Diese Seite ist von Schlagregen offensichtlich weniger betroffen

Ebenso dringt auf der Südwestseite entlang der Eckverbindungen der Blockwände Wasser in die Dachgaube ein. Dieses Wasser ist nicht nur in den betroffenen Räumen des 1. OG zu finden, sondern läuft auch in die darunter liegenden Räume des EG.



Bild 1: Südostseite des Hauses. Die Balken der Decke durchdringen die Außenwand. Dort kann Regenwasser eindringen.



Bild 2: Balkon-Unterseite auf der Nordwestseite. Wasser dringt entlang der Stichbalken ins Innere.

Des weiteren läuft entlang der Balkon-Stichbalken an der Nordwestseite (Bild 2) Regenwasser ins Wohnzimmer des EG. Nordostseitig läuft Wasser entlang der herausstehenden Deckenbalken (Bild 1) ins Innere des Hauses im EG.

An allen Fenstern auf der Nordwestseite dringt Wasser ein. Undicht sind aber nicht die Fenster, sondern die Anschlüsse der Fensterstöcke zur Blockwand (Bild 3). Hier läuft das Wasser hinter der Verkleidung herunter und dringt unterhalb des Fensters ins Innere des Hauses (Bild 3). Zur Feststellung wurde die Verkleidung eines Fensters abgenommen, die Bilder sind ohne Verkleidung aufgenommen. Auf der Südwestseite trifft dies auf die Fenster des 1. OG zu.



*Bild 3: Obere Ecke eines Fensters
Die Vorhandene Dichtungsbänder
sind unzureichend.*



*Bild 4: Innenwand durchdringt die
Außenwand; Entlang der Fugen der
Blöcke dringt Regenwasser ins Innere*

Ursachen

Die Außenwände des Blockhauses sind nicht regendicht. Die Nordwestseite ist gegen die Wetterseite stark exponiert, mit Schlagregen ist daher von vornherein zu rechnen.

Schlagregendichtheit ist bei jedem zu Wohnzwecken errichteten Gebäude unerlässlich. Davon kann auch nicht die Tatsache befreien, daß Blockhäuser der vorliegenden Art in der Regel nicht schlagregendicht sind, wenn keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden.

Bei den fehlenden notwendigen Dichtungsmaßnahmen an sämtlichen Durchdringungen und Anschlüssen handelt es sich um Arbeiten, die ausgeführt werden müssen, um das Haus funktionstauglich zu machen. Ohne diese Maßnahmen ist die Gebrauchstauglichkeit nicht gegeben. Es kann auch nicht Stand der Technik sein, ein undichtes Haus dem Bauherrn zu übergeben.

Am Rande ist noch auf die DIN 68 800-2 hinzuweisen, die bauaufsichtlich eingeführt ist. In dieser Norm wird der bauliche Holzschutz festgeschrieben. Dort steht als oberster Leitsatz, daß Holz im Hochbau trocken zu verbauen und zu halten sei; wenn es aber durchfeuchtet werde, müsse es rasch wieder austrocknen können. Gegen diesen Grundsatz wurde verstoßen. Bei wiederholter Befeuchtung ist an unzugänglichen Stellen baldige Fäulnis am Holz zu erwarten.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Sämtliche undichte Durchdringungen von Zwischenwänden und Balkenstützen der nach außen zeigenden Wand- und Balkenstützen sind so abzudecken, daß sich Regenwasser dort nicht mehr fangen und ins Hausinnere eindringen kann. Zu diesem Zweck können die Wandstützen der Zwischenwände und der Gauben z.B. mit einem Brettkasten verkleidet werden.

Bei den die Außenwand durchdringenden Deckenbalken bzw. Stichbalken kann direkt auf den Balken ein entsprechend gefalztes Abweisblech montiert werden. Die undichten Fensteranschlüsse müssen mit zusätzlichen Dichtungsbändern versehen werden.

Stichworte → Abschnitt

Fugenabdichtung

Dichte Gebäudehülle

Abschn. 3.3

Abschn. 5.4.1

[5-02] Eintritt von Schlagregen wegen der fehlenden Abdichtung der Fuge zwischen Blendrahmen und Fachwerkgiebel [Schmidt]

Allgemeines

An dem Fachwerkhaus sind im Bereich der verglasten Flächen Durchfeuchtungen des Fachwerkgiebels festgestellt worden (Bild 1).

Bei Regenbeanspruchung tritt an der Innenseite der Fachwerkkonstruktion aus den Löchern der Holznägel Wasser aus. Das Wasser dringt aus den Knotenpunkten von Riegelwerk und Stütze der Fassadenkonstruktion. An den Stellen, an denen die Stütze mit Zapfen seitlich an die Riegel angeschlossen ist, fließt kein Wasser aus.

In den mit Ziegelverblendmauerwerk ausgefachten Bereichen der Fassade wurden keine Durchfeuchtungen festgestellt.

Sachverhalt, Schadensbild

Nach der Öffnung der äußeren Verleistung konnte die Versiegelung im waagerechten Bereich problemlos vom Blendrahmen abgezogen werden. Der horizontale Riegel war feucht bis naß (Bild 2). Ein Messer ließ sich bis zum Anschlag in die Fugen zwischen Blendrahmen und Riegelwerk hineinstecken.

Die Blendrahmen der Fenster sind ursprünglich nur von innen mit Silikon versiegelt worden. Von außen wurde eine Versiegelung erst nachträglich aufgebracht. Außer diesen beiden Abdichtungen sind keine weiteren vorhanden.

Das Eichenholz hatte im Kreuzungspunkt zwischen Stütze und Riegel eine Holzfeuchte von 33%. In der Mitte des Stieles wurde eine Holzfeuchtigkeit von 14,4 % gemessen.

Ursachen

Zwischen Fenster und Fachwerk ist planmäßig eine Fuge anzuordnen. Diese Fuge muß für Dichtstoffe mit einer aufnehmbaren Rückstellfähigkeit von 25% mindestens 10 mm breit sein, ohne daß dabei bauwerksbedingte Bewegungen berücksichtigt werden. Die vorhandene Fuge mit ca. 5 mm ist folglich zu klein. Die Anschlußfuge zwischen Blendrahmen und Riegelwerk muß außerdem geeignet sein, das Wasser daran zu hindern; in die Fuge einzudringen. Dazu hätte die Versiegelung außen sein müssen und nicht nur innen.

Zum anderen muß die Fuge definiert geschlossen werden. In den meisten Fällen, so auch hier, sind die Fugen, bedingt durch die Abmessungen der Bauteile, tiefer als notwendig und dadurch für eine funktionsfähige Abdichtung mit Silikon ungeeignet. Daher muß durch entsprechende Vorarbeiten der auszufüllende Fugenraum begrenzt werden. Dies kann unter Verwendung eines i.d.R. rund geformten Schaummaterials geschehen. Als Hinterfüllmaterial eignet sich ein nicht wassersaugendes Schaumstoffprofil. Aus dampfdiffusionstechnischen Gründen ist es notwendig, auch raumseitig eine funktionierende Versiegelung auf Dichtband anzubringen.

Angesichts der Bewegungen aus dem Quellen und Schwinden des Riegelwerks ist es sinnvoll, die äußere Abdichtung zwischen Blendrahmen und hölzernem Riegelwerk durch eine Kombination der Versiegelung mit einem vorkomprimierten und imprägnierten Dichtband herzustellen.



Bild 1: Detail der Verbindungsstelle zwischen Stütze und Riegel



Bild 2: Ansicht der entfernten äußeren Verleistung und der darunterliegenden offenen Fuge

Als unterer Abschluß an Fenstern wird im Regelfall eine Sohlbank angebracht. Besonders gute Erfahrungen wurden damit gemacht, die Sohlbank bis hinter das Fensterblendrahmenprofil, d.h. raumseitig des Blendrahmens, zu fassen und seitlich aufzukanten. Die Fuge zwischen Blendrahmen, Sohl-

bank, Riegelwerk und Aufkantung ist dabei von außen einwandfrei zu versiegeln. Die seitliche Verleistung des Fensters gegen die Fachwerkkriegel schützt dabei auch gleichzeitig die waagerechte Anschlußfuge zwischen Blechsohlbank und Riegelwerk. Ohne die Sohlbank gelangt Wasser aus Schlagregenbeanspruchung auf das horizontale Riegelwerk, dringt durch die Fugen zwischen Blendrahmen und Riegelwerk ein und fließt im Zapfenanschluß der Stütze ab (Bild 3).

Wie vorstehend dargelegt, ist die fehlende Schlagregensicherheit der Fassade einerseits zurückzuführen auf die fehlende Sohlbank, die planmäßig vom Architekten vorgesehen hätte werden müssen und andererseits auf die fehlende bzw. mangelhafte Abdichtung der Fuge zwischen dem Blendrahmen und der tragenden Holzkonstruktion.

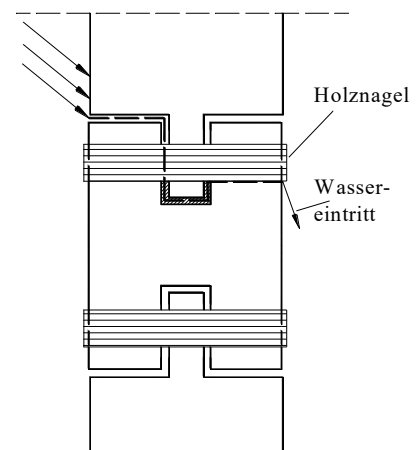


Bild 3: Wassereintritt über Holznagel

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Alle Fenster und auch die Terrassentür sind auszubauen. Die Blendrahmen sind zu nutzen oder zu fälzen um eine ausreichende Fugenbreite zu erzielen. Auf dem horizontalen Riegelwerk sind Sohlbänke mit hinterer und seitlicher Aufkantung einzubauen. In diese Aufkantung werden die Blendrahmen der Fenster hineingestellt. Nach mechanischer Befestigung der Fenster erhalten diese die vorher angesprochene Dichtungsausbildung mit Dichtstoff und Versiegelung. Anschließend sind die Dichtungen der Fenster zu verleisten.

Stichworte → Abschnitt

Abdichtung mit Kompribändern

Abschn. 3.3.2

Abdichtung mit Silikon

Abschn. 3.3.3

Schlagregensicherheit der Gebäudehülle

Abschn. 5.4.1

[5-03] Eintritt von Schlagregen wegen der nicht fachgerechten Abdichtung einer Blechverwahrung und der durch die Nachtrocknung der Bohlen entstandenen Fugen [Macha]

Allgemeines

Bei dem nachfolgend beschriebenen Gebäude handelt es sich um eine Blockhauskonstruktion, bei der die Fugen entgegen der sonst üblichen Bauweise nicht waagerecht, sondern senkrecht verlaufen. Die Außenwände im Erdgeschoß der Süd- und Westseite bestehen aus architektonischen Gründen aus einer ausgefachten Fachwerkkonstruktion, während das Giebeldreieck als Blockhauswand ebenfalls senkrechte Fugen aufweist.

Der Anschluß im Übergangsbereich zwischen Giebeldreieck und Erdgeschoßwand wurde mit einer Blechverwahrung ausgeführt und mit dauerelastischem Fugenmaterial abgedichtet.

Sachverhalt, Schadensbild

Die Fugen der Blockwandkonstruktion haben sich durch die Austrocknung des Holzes mehr oder weniger unterschiedlich weit geöffnet (Bild 1). Dies hat zur Folge, daß bei starker Wind- und Schlagregenbelastung des südlichen Giebels, Wasser in das Balkenwerk eindringt und sich dort unkontrolliert verteilt, um im Fensterbereich des Wohnzimmers dann auf der Innenseite auszutreten.

An den im Erdgeschoß in Fachwerkbauweise mit Gasbetonsteinen ausgefachten, mit außen liegender Heraklithplatte und Putz versehenen Erdgeschoßwänden, sind auf der Innenseite Wasserspuren erkennbar. Im Brüstungsbereich der Fenster hat sich die Tapete gelöst.

Zur Demonstration des Mangels wurde während eines Ortstermines

aus dem Fenster des Kinderzimmers im Obergeschoß die Fugen der Blockwand des westlichen Giebeldreiecks im Brüstungsbereich mit ca. 1 Liter Wasser beaufschlagt (Bild 3). Bereits nach ca. einer Minute trat auf der Innenseite der darunter liegenden Erdgeschoßwand im Fenstersturzbereich das Wasser in erheblichem Umfang aus (Bild 4).



Bild 1: Fugen zwischen den Blockbalken

Ursachen

Durch die Nachtrocknung des Holzes haben sich die Fugen der Blockwandkonstruktion teilweise bis zu einer Breite von 12 mm geöffnet. Ein weiterer Mangel besteht in den in einigen Fugen des Balkenwerkes fehlenden hölzernen Federn.

Der Anschluß des Giebeldreiecks der westlichen Giebelwand an die Wand des Erdgeschosses mit einer Blechverwahrung wurde nicht fachgerecht mit einem Dichtungsprofil ausgebildet. Anstelle dessen wurden die Fugen im Anschlußbereich nur mit einem dauerelastischem Fugenmaterial abgedichtet (Bild 2).



Bild 2: Abschluß der Blechverwahrung mit dauerelastischem Fugenmaterial; Fugen zwischen den Bohlen

Durch die vorbezeichneten Öffnungen dringt Regenwasser in das Balkenwerk ein und kann wegen der senkrechten Verlegung der Blockbalken, dem teilweise durch Trocknungsprozesse geschrumpften Federkern, bzw. den fehlenden Federn senkrecht ablaufen.

Am Übergang zwischen der Giebel- und Erdgeschoßwand wird wegen der fehlerhaften Ausführung des Anschlusses das eingedrungene Wasser nicht einwandfrei nach außen abgeleitet, sondern tritt an der Innenseite im Fensterbereich des Wohnzimmers wieder aus.

Langfristig besteht dabei die Gefahr, daß das Holz fault oder Pilzbefall auftritt und sich dadurch ein Folgeschaden durch Innenraumnässe ergibt.



Bild 3: Wasserbeaufschlagung im Obergeschoß der westlichen Giebelwand



Bild 4: Ansicht des Fenstersturzes und des eintretenden Wassers

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Der wesentlichste Mangel besteht, bei der nicht üblichen senkrechten Anordnung der einzelnen Blockbalken, in der Problematik der einwandfreien Ableitung des in die Fugen eindringenden Wassers. Als ein kritischer Punkt ist dabei besonders die Fuge zwischen der Fußsohlschwelle und den senkrechten Blockbalken anzusehen. Hier wurde kein entsprechendes metallisches oder aus Kunststoff bestehendes Dichtungsprofil eingebaut.

Der Mangel ist praktisch nicht mehr zu beseitigen.

Eine Möglichkeit den Mangel zu beseitigen, wäre nur durch eine grundlegende Veränderung der Fassadekonstruktion mit einer vorgesetzten Fassade bzw. durch das Abdecken aller senkrechten Fugen in diesem Bereich gegeben. Diese Maßnahme beeinflusst jedoch, wenn auch unwesentlich das Erscheinungsbild des Blockhauses.

Stichworte → Abschnitt

Schwinden/Quellen

Abschn. 2.1.2

Undichter Außenbereich

Abschn. 5.4.1

Fugen

Abschn. 3.3

[5-04] Luft- und Schallbrücken in einem Wohnhaus infolge der großen Schwindverformungen der tragenden Vollholzkonstruktion [Frech]

Allgemeines

Bei dem Wohnhaus handelt es sich um das mittlere von insgesamt drei Reihenhäusern. Die tragende Konstruktion des Hauses besteht aus einem Holzskelett, d.h., die statischen Funktionen werden durch rasterförmig angeordnete Balkenlagen sowie Innen- und Außenstützen aus Vollhölzern übernommen. Die Wandgefache bestehen jeweils aus Spanplatten und Gipskartonplatten mit dazwischenliegender Wärmedämmung.

Sachverhalt, Schadensbild

Infolge von Schwindvorgängen bei den Massivhölzern der eigentlichen Tragkonstruktion sind an den angrenzenden Flächen zu den Stellbrettern, Span- und Rigisplatten Fugen in einer Breite von bis zu 10 mm entstanden (Bilder 1,2 & 3).

Dies führt bei den Außenwänden zu Zuglufterscheinungen, zu Mängeln in der Wärmedämmung und im Inneren des Gebäudes zu Luft- und Schallbrücken.



Bild 1: Stütze und Zange mit umlaufend offenen Anschlüssen

Ursachen

Im Wohnhaus sind insgesamt ca. 125 Stück Einzelstellbretter zwischen den Balkengefachen innerhalb der Räume und im Bereich der Außenwände vorhanden.

Infolge der Schwindverformungen wegen der zu großen Einbaufeuchte der angrenzenden Vollholzbauteile sind die verschiedenen Räume zueinander und vor allem die Außenwandbereiche nicht mehr ausreichend abgedichtet. Ebenso sind wegen des Schwindens des Holzes im Bereich der Bauteilanschlüsse zwischen den Zangenverbindungen und den angrenzenden tapezierten Gipskartonplatten Fugen entstanden.

Diese Bereiche sind wegen der dort vorhandenen Undichtigkeiten die größten Schwachpunkte in dem Gebäude für die Übertragung von Zugluft, Schall und Gerüchen.

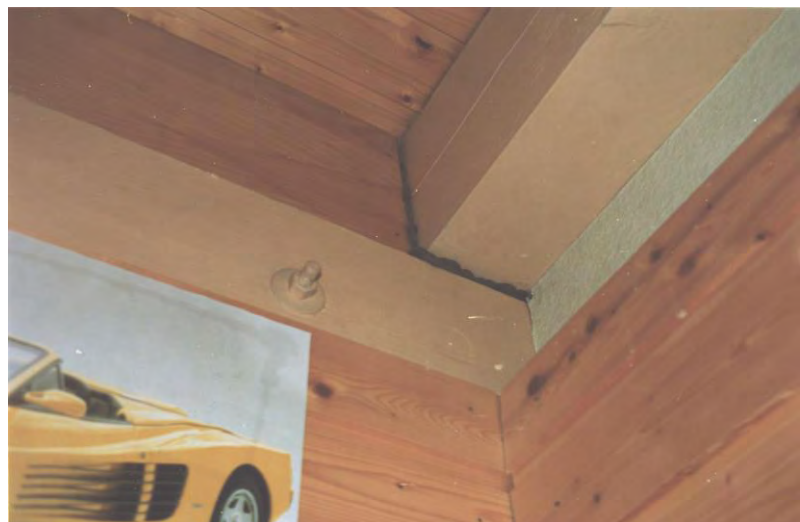


Bild 2: Fugenbildung seitlich und unterhalb eines Deckenbalkens; die Fuge zwischen Stellbrett und Balken wurde vom Bauherrn provisorisch abgedichtet

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Fugen zwischen den Balken und den Wandflächen sind mit geeigneten Maßnahmen von innen nach außen aufbauend dicht zu verschließen. Dies kann z.B. durch Ausschäumen der tieferen Bereiche, Einlegen einer kompressiblen Rundschnurdichtung und äußere Abdichtung mit einem vorkomprimierten Dichtband geschehen. Bei schmälere Fugen sind diese vorher mit einem Sägeschnitt auf ein einheitliches Breitenmaß aufzuweiten. Die Fugen selbst können als sichtbare Schattenfugen belassen werden, oder aber falls erwünscht, mit Deckbrettern oder Randleisten abgedeckt werden.



Bild 3: Durch eine Fuge von Außen durchgewachsener Efeu

Die Fugen an den Stellbrettern sind unter Verwendung neuer und etwas breiterer Stellbretter von innen und außen durchgängig dicht auf-

zubauen. Die inneren Bereiche sind mit Mineralwolle auszustopfen; hierzu kann evtl. eine passend zugeschnittene Mineralfaserplatte seitenbündig eingelegt werden. Davor ist umlaufend ein Holzrahmen mit äußeren Nuten für die Aufnahme von Fugenbänder einzubauen.

Die eigentlichen Stellbretter sind dann auf diesem Rahmen zu befestigen, wobei rückseitig vorkomprimierte Fugenbänder zwischen Rahmen und Stellbrett einzulegen sind. Gleichzeitig sind die Fugen zwischen den angrenzenden Vollhölzern in allen Bereichen abzudichten, wobei dies ggf. auch für durchgehende Schwindrisse in den Bauteillängsrichtungen gilt.

Stichworte → Abschnitt

Fugen durch Schwinden

Undichtigkeiten durch Fugen

Abschn. 2.1.2

Abschn. 5.4.1, 5.4.3

[5-05] Tauwasserbildung an der Unterseite der Dachschalung infolge nicht fachgerechter Abdichtung der Nut + Federschalung [Frech]

Allgemeines

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um eine Aufstockung mit neuem Dachstuhl auf ein bestehendes, älteres Gebäude.

Sachverhalt, Schadensbild

Im Bereich der Außenwände ist die Dachschalung, bestehend aus Nut- und Federbrettern, von innen nach außen über die Randsparren und -balken durchgeführt.

Die Schalungsbretter sind an den Kanten abgerundet. Hierdurch entstehen an der Auflage auf die Außenwand im Bereich der abgerundeten Kanten tunnelähnliche Öffnungen, durch die Kaltluft in die Wohnung strömen kann. Diese Öffnungen wurden teilweise geringfügig mit Schaumstoff ausgestopft, jedoch nur 2 cm tief. Durch Kältebrücken bildete sich an der Unterseite der Schalung Schwitzwasser, das zur Fäulnis der Bretter führen kann (Bild 1).



Bild 1: Tauwasserbildung an der Unterseite der Dachschalung

Durch Kältebrücken bildete sich an der Unterseite der Schalung Schwitzwasser, das zur Fäulnis der Bretter führen kann (Bild 1).

Ursachen

Die Ursache hierfür ist, daß über die durchgehenden Öffnungen im Bereich der eingesteckten Federn Warmluft nach außen dringt und dort in der kalten Luft kondensiert. Bei den Öffnungen ist also eine wirkungsvolle und durchgängige Abdichtung nicht vorhanden. Durch die nach Angabe eingelegten Dichtungsbänder konnte eine zuverlässige Abdichtung nicht erreicht werden.

In den Außenbereichen ist eine vertikale Deckelschalung angebracht, die eine Durchlüftung von unten nach oben unterhalb des äußeren vertikalen Deckbretts zulassen sollte. Da im vorliegenden Fall diese Schalung jedoch bis direkt an die oben durchlaufende Dachschalung herangeführt ist, (Bild 1) kann eine Entlüftung der Außenwandschalung nur sehr schlecht erfolgen.

Die nach oben durchgeführte Außenschalung verstärkt den Effekt der Kondenswasserbildung dadurch, daß die nach außen durchdringende Warmluft auf die unterhalb der vertikalen Außenschalung stehende Kaltluft trifft. Dies hat zu einer ständigen Durchfeuchtung und an einigen Stellen auch zu Schimmelbildung geführt.

Im vorliegenden Fall überlagern und ergänzen sich die beiden Schwachstellen negativ im Bereich von Dach- und Außenschalung. Eine Außenwandschalung ohne obere Entlüftung funktioniert nur dann, wenn die Dachschalung durchweg luftdicht abschließen würde.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Öffnungen in der Nut + Federschalung sind von außen und innen, z.B. durch Ausschäumen sorgfältig, abzudichten. Da hierfür die äußere Deckelschalung oben ohnehin gekürzt werden muß, erledigt sich damit gleichzeitig auch das Problem einer hier erforderlichen Hinterlüftung.

Stichworte → Abschnitt

Konvektion bei Durchdringungen

Abschn. 5.4.1

[5-06] **Tauwasserausfall und Schimmelpilzbefall im Außenbereich der Blockbohlenwände durch Undichtigkeiten in der Konstruktion [Egle]**

Allgemeines

An den Außenwänden eines Blockhauses sind, insbesondere am Übergang zwischen unterschiedlichen Bauteilen und im Bereich von Anschlüssen, Fugenbildungen erkennbar. Hiervon betroffen sind zunächst die Dachsparren, welche die Außenwand durchdringen. Ebenso ergeben sich Undichtigkeiten oberhalb des EG im Bereich der Deckenbalken, die ebenfalls durch die Außenwände hindurchlaufen.

Sachverhalt, Schadensbild

Einige Längsstöße in den Blockbohlen weisen Fugen auf, welche größer als bautechnisch erforderlich sind. An der Nord-West-Seite des Hauses wurden Vorköpfe zusätzlich mit Silikon bestrichen, nach Angabe des Bauherrn sind diese Vorköpfe nach wie vor undicht. Dies hat zur Folge, daß über die nach außen durchlaufende Zwischenwand bei Schlagregen Wasser in den Innenbereich des Hauses gelangt.



Bild 1: Tauwasseranfall an der Blockwandkonstruktion

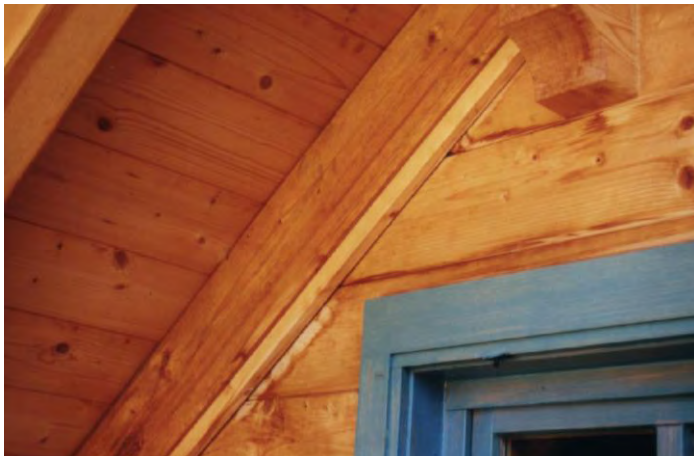


Bild 2: Tauwasseranfall an einem Dachsparren

langt.

Während der Montage wurde nicht auf eine wechselseitige Lage der Blockbohlen geachtet.

Unmittelbar mit dem vorigen Punkt hängt Tauwasserausfall an undichten Stellen der Außenfassade zusammen (Bild 1). An den Übergangsstellen zwischen der Außenwand und den Sparren, den Deckenbalken über dem EG, sowie an Eckverkämmungen sind an der Außenseite des Hauses dunkle Verfärbungen am Holz erkennbar. Diese dunklen Stellen werden durch Schimmelpilze verursacht, welche sich an der Holzoberfläche bei geeigneter hoher Feuchtigkeit ansiedeln. Dunkelverfärbungen sind auch an den Giebelwänden erkennbar, die bereits in einer früheren nachträglichen Baumaßnahme mit einer Verschalung versehen wurden (Bild 2). Auch an Längsstößen der Blockbohlen, die, wie bereits erwähnt, eine zu große Fuge aufwiesen, sind teilweise Tauwasserbildungen erkennbar (Bild 3).

Ursachen

An den Wandverkämmungen, den Durchdringungen der Sparren und der Deckenbalken sind im Außenbereich der Blockbohlenwände Schimmelpilzrasen

zu erkennen (Bild 4). Die Ursache hierfür sind Undichtigkeiten in der Konstruktion, die in der kalten Winterszeit den Austritt feuchtebeladener Raumluft nach außen ermöglichen.

Durch Abkühlung der Luft in den äußeren Zonen wird Wasserdampf abgegeben. Dieser kondensiert an der Oberfläche und bildet unterschiedlich augenfällige Wasserränder sowie eine Nahrungsgrundlage für Schimmelpilze. Die Pilzrasen selbst konnten ohne nähere Untersuchungen der Gattung der Ascomyceten zugeordnet werden. Diese Spezies sind holzverfärbender Natur (nicht holzerstörend) und finden bei ausreichender Holzfeuchte an aufgeschnittenen Holzzellen genügend Inhaltsstoffe. Die Pilzsporen bleiben an der Holzoberfläche und sterben nach der Trocknung des Holzes ab. Den-

noch müssen diese Schimmelpilze als Indikator für ungünstige Feuchteentwicklungen gesehen werden, welche auf Dauer holzerstörende Pilze oder Insekten anziehen könnten. Eine dauerhafte Vermeidung von Tauwasser ist daher unumgänglich.

Bemerkenswert erscheint die Tatsache, daß die Giebelwand des DG an der Hausrückseite bereits mit einer zusätzlichen Verschalung versehen wurde. Dennoch konnte ein Tauwasserausfall an der überstehenden Zwischenwand festgestellt werden. Die Fugen wurden im Zuge dieser bereits erfolgten Maßnahme offensichtlich zu wenig abgedichtet.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Um insgesamt die Tauwasserausfälle an den beiden Giebelwänden des DG wirksam unterbinden zu können, wird die neuerliche Verschalung beider Wände des DG vorgeschlagen. Die nach außen durchlaufenden Zwischenwände sind hierbei mittels einer U-Schale abzudecken. An den Wandverkämmungen und auch im Übergang zum Dach sind Dichtungsbänder einzusetzen. Um den Taupunkt in der Wand wirksam nach innen verlagern zu können, ist die neuerliche Verschalung mit einer diffusionsoffenen Wärmedämmung (z.B. Holzweichfaserplatten) in einer Stärke 30 - 40 mm zu versehen. Die exakte Abdichtung zu Dach und Zwischenwänden hat unmittelbar an der Blockwand, nicht etwa an der äußeren Seite der Verschalung zu erfolgen.

An vielen Stellen im DG, wo Dachsparren durch die Außenwände hindurchlaufen, sind Fugen und Luftspalten zu erkennen, welche nachträglicher Abdichtungsmaßnahmen bedürfen. Auch die Durchdringungen der Holzbalkendecke über dem EG nach außen zeigen teilweise Undichtigkeiten. Gemäß der vorgeschlagenen Konstruktion zur nachträglichen raumseitigen Abdichtung der Sparren, ist auch hier eine zweiteilige Verkleidung mit Ausfaltungen und Dichtungsbändern vorzusehen. Auffällig ist ein Deckenbalken, welcher unmittelbar neben einer Trennwand nach außen läuft und im Bereich eines Trocknungsrisse Undichtigkeit aufweist. Dieser Balken ist im Innenbereich zwischen Wand und Balken von der Unterseite her mit stopffähigem Material (z.B. Schafwolle) dicht auszufüllen. Die Dämmung sollte soweit nach oben geschoben werden, daß sie unterseitig nicht mehr augenfällig ist. Sollte dies nicht möglich sein, müßte unterseitig noch zusätzlich eine dezente Abdeckleiste angebracht werden.

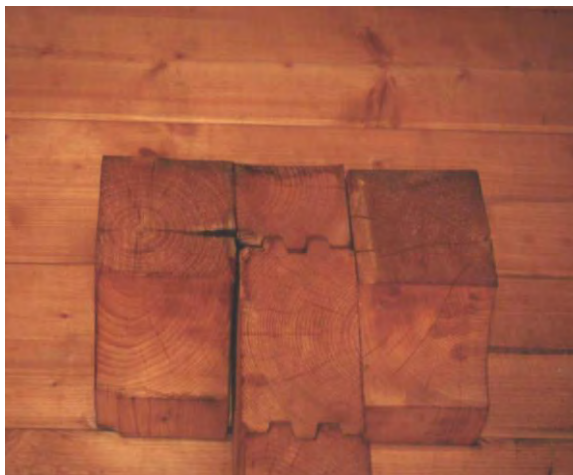


Bild 4: Tauwasserbildung an einem Zwischendeckenbalken



Bild 3: Tauwasserausfall an einem Längsstoß der Außenwand

dringungen der Holzbalkendecke über dem EG nach außen zeigen teilweise Undichtigkeiten. Gemäß der vorgeschlagenen Konstruktion zur nachträglichen raumseitigen Abdichtung der Sparren, ist auch hier eine zweiteilige Verkleidung mit Ausfaltungen und Dichtungsbändern vorzusehen. Auffällig ist ein Deckenbalken, welcher unmittelbar neben einer Trennwand nach außen läuft und im Bereich eines Trocknungsrisse Undichtigkeit aufweist. Dieser Balken ist im Innenbereich zwischen Wand und Balken von der Unterseite her mit stopffähigem Material (z.B. Schafwolle) dicht auszufüllen. Die Dämmung sollte soweit nach oben geschoben werden, daß sie unterseitig nicht mehr augenfällig ist. Sollte dies nicht möglich sein, müßte unterseitig noch zusätzlich eine dezente Abdeckleiste

Stichworte → Abschnitt

wechselseitige Anordnung der Blockbohlen
Luftdichtheit der Gebäudehülle (Konvektion)

Abschn. 3.2.3

Abschn. 5.4.1

[5-07] Unzureichende Winddichtung durch die nicht fachgerechte Ausführung im Eckbereich eines Wohnhauses [Galiläa]

Allgemeines

Die Bauherrn bemängelten die handwerkliche Ausführung der Doppelhaushälften in Holzrahmenbauweise. Das Haus wurde außen mit einer Holzschalung verkleidet. Unter der Holzlattung der Schalung wurde eine Winddichtung angebracht.

Sachverhalt, Schadensbild

Während der Baufertigstellung wurde festgestellt, daß die außenseitige Winddichtung an den einsehbaren Elementstößen und Wandecken weder überlappt, noch in irgendeiner anderen Art und Weise abgedichtet war (Bild 1 & 2). Des weiteren endete die Winddichtung oberhalb des Betonsockels.

Ursachen

Aufgrund der unzureichenden Abdichtung der Stöße, Rand- und Eckanschlüsse ist eine ausreichende Winddichtigkeit des Wohnhauses nicht vorhanden. Dadurch entstehen im Eckbereich der Außenwand Wärmeverluste infolge „Durchblasens“. Ebenso kann Oberflächenwasser in die Konstruktion eindringen, wodurch die Gefahr von Tauwasserausfall und Schimmelpilzbildung besteht.

Die Ausführung des Sockelbereiches ist auf Grund der fehlenden Luft- und Winddichtung sowie einer unzureichenden Wärmedämmung ebenso mangelhaft (Bild 3).



Bild 1: Ansicht Eckausbildung des Wohnhauses



Bild 2: Detail der mangelhaft ausgeführten Winddichtung



Bild 3: Ausführung des Sockels

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Winddichtung entspricht nicht den anerkannten Regeln der Technik. Die Fehler bei der Ausführung der Winddichtung sind zu beseitigen, indem die Fugen abgeklebt werden und dadurch eine ausreichende Winddichtigkeit wieder hergestellt wird.

Stichworte → Abschnitt

Undichte Gebäudehülle
Mangelhafte Ausführung

Abschn. 5.4.1
Abschn. 3.2.3

[5-08] Ausführungsmängel an der hinterlüfteten Fachwerkfassade beim Umbau eines älteren Fachwerkgebäudes [Schmidt]

Allgemeines

Ein ehemals landwirtschaftlich genutztes Fachwerkgebäude mit Stein-Gefach-Ausmauerungen sollte zu einem Mehrfamilienwohnhaus umgebaut werden.

Die neuen Eigentümer der Wohnungen hatten Bedenken, daß die Fachwerkfassaden nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprechen und befürchteten Durchfeuchtungen der Außenwände und daraus resultierende Schäden der Holzkonstruktion, sowie Mängel am Wärmeschutz.

Die Außenwände sind von außen nach innen wie folgt aufgebaut:

- ausgemauertes Eichenfachwerk, Schwelle breiter als der Ständer
- Holzleisten auf dem Steinfachwerk zur Fixierung der Entlüftungsschicht
- Wärmedämmung
- innenseitig 17,5 cm Kalksandsteinmauerwerk

Sachverhalt, Schadensbild

Die geplante Luftschicht war teilweise mit Kerndämmung und partiell mit Mörtelresten verfüllt (Bild 1). Die Hinterlüftung der Steinfachwerkfassade war nicht gesichert, da der Abstand zwischen der Fachwerkwand und der Mineralfaserdämmung zu gering war. Teilweise war der gesamte Luftspalt mit Dämmstoff gefüllt (Bild 2) oder die Dämmung pendelte in der Lage zwischen dem Hintermauerwerk und der Fachwerkfassade hin und her (Bild 3).

Eine planmäßige Entwässerung der Luftschicht unterhalb der Schwelle wurde nicht ausgeführt. Eine Z-Sperre, wie in der DIN 1053 „Mauerwerksbau“ gefordert, fehlt ebenso wie Entlüftungs- und Entwässerungsöffnungen im Sockelbereich.

Der gemauerte Sockel unter der Schwelle war mit einer schräg nach unten vorspringenden Rollschicht ausgeführt. An einzelnen Stellen wurde die Rollschicht unterhalb der Schwelle angebohrt, um eine Entwässerung zu ermöglichen.

In den Leibungen war das Holz der Ständer teilweise vermodert (Bild 2) und konnte mit einem Messer bis auf eine Tiefe von 1 cm leicht entfernt werden.



Bild 1: die Luftschicht ist teilweise mit Mörtelresten verfüllt



Bild 2: vermodertes Holz in der Leibung; keine ausreichende Luftschicht

Ursachen

Die Fachwerkkonstruktion wurde nicht auf Schädigungen durch holzerstörende Pilze untersucht. Die vermulmten, d.h. die durch Pilzbefall zerstörten Holzteile wurden jedenfalls nicht entfernt, der Schwammbefall folglich nicht ordnungsgemäß bekämpft. Es konnte nicht ausgeschlossen werden, daß nicht einsehbare Teile des Fachwerks zerstört sind, auch wenn Teile des Eichenfachwerks erneuert wurden.



Bild 3: pendelnde Dämmung in der Luftschicht

Die vermulmten Teile der westlichen Traufwand zeigen eindeutig, daß die Fachwerkfassade hier in der Vergangenheit langandauernder Durchfeuchtung ausgesetzt war. Der Nordgiebel wird in noch geringerem Umfang vor Witterung geschützt und ist dem Schlagregen weitgehend ungeschützt ausgesetzt.

Bei der bisherigen Nutzung konnte die Durchfeuchtung der Fachwerkfassade sowohl nach innen als auch nach außen verdunsten. Die Anordnung einer Luftschicht zwischen der Fachwerkfassade und der Wärmedämmung sollte diesen Effekt auch nach der Umgestaltung und Umnutzung erhalten. Jedoch wurde die Luftschicht nur teilweise und nicht ordnungsgemäß ausgeführt. Dadurch wird der vertikale Luftstrom unterbunden und eine Abführung der durch die Fassade durchschlagenden Feuchtigkeit durch Lüftung verhindert.

Fachwerkfassaden sind generell nicht schlagregensicher. Dies hat sich in der Praxis der vergangenen Jahre gezeigt und wurde auch durch Versuche bestätigt.

Die durch die Fassade durchschlagende Feuchtigkeit, fließt an der Innenseite nach unten ab und muß am Fußpunkt nach außen abgeführt werden. Die dazu notwendigen Öffnungen (z.B. offene Stoßfugen) müssen eine Fläche von 375 mm² je m² Wandfläche haben.

Jedoch wurden eine durchgehende Luftschicht sowie die notwendigen Entlüftungsöffnungen nicht ausgeführt. Dadurch besteht die Gefahr, daß Wasser bis auf die Stahlbetonsohlplatte abfließt und sich dort horizontal in die neue Innenschale oder in den alten Sockel aus Ziegelverblendmauerwerk ausbreitet. Sowohl die Innenschale als auch der Sockel werden dadurch durchfeuchtet.

In beiden Schalen kann das Wasser kapillar aufsteigen, da hier eine zweite Sperrpappe fehlt. Ebenso kann nicht ausgeschlossen werden, daß Wasser unter oder oberhalb der horizontalen Sperrpappe nach innen gelangt, sich dort ausbreitet und zu Feuchteschäden führt.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Der Pilzbefall an den zerstörten Holzteilen muß entfernt werden. Ebenso muß die Wärmedämmung neu verlegt und dabei fachgerecht mit einer Luftschicht ausgeführt werden. Am Fußpunkt ist für die notwendigen Entlüftungsöffnungen und eine ordnungsgemäße Abdichtung zu sorgen.

Die Vorschläge zur Behebung der Mängel können ohne gravierenden Eingriff in den Bestand nicht ausgeführt werden.

[5-09] Bestimmung der Luftwechselrate eines Reihenmittelhauses im Rahmen einer Blower-Door-Messung [VHT]

Allgemeines

Das betrachtete Reihenmittelhaus war zum Zeitpunkt der Messung noch nicht bezogen. Es handelt sich um ein Haus mit drei Geschossen in Holzrahmenbauweise. Das Gebäude ist mit einem verputzten Wärmedämmverbundsystem versehen. Die Decke oberhalb des 2. OG ist wärmegeklämmt, das darüberliegende Pultdach ist als Kaltdach ausgeführt und nicht zugänglich.

Der Treppenraum im Inneren des Gebäudes ist offen ausgeführt.

Auf der Eingangsseite besitzt das Gebäude im EG einen halbseitigen Vorbau, in dem sich seitlich der Hauseingang selber und ein Kellerersatzraum befinden. Der Vorbau steht Rücken an Rücken mit dem dazu symmetrischen Vorbau jeweils eines Nachbargebäudes.

Die aneinandergebauten Vorräume sind mit einem gemeinsamen Satteldach als Kaltdach versehen.

Das bei der Messung zugrunde gelegte beheizte Gebäudevolumen setzt sich aus dem EG, dem 1. OG und dem 2. OG sowie dem Kellerersatzraum zusammen.

Das Reihenendhaus hat ein belüftetes Volumen (Gebäude-Innenvolumen ohne Wand/Decken-Volumen) von ca. 372,3 m³

Vorbereitungen

Vor der Messung wurden noch nicht angeschlossene Abflußrohre, der Bodenablauf im Kellerersatzraum sowie die Bad/WC-Entlüftungen abgeklebt.

Die Messungen wurden mit einem Blower-Door-Meßgerät durchgeführt. Das Gerät wurde im Türrahmen der Eingangstür installiert. Zur Ermittlung der Abhängigkeit des Volumenstroms von der Druckdifferenz wurden für Unter- bzw. Überdruck Meßwerte bei 40 Pa, 50 Pa und 60 Pa aufgenommen.

| | Überdruck [Pa] | | | Unterdruck [Pa] | | |
|----------------------------------|----------------|------|------|-----------------|------|------|
| | 40 | 50 | 60 | 40 | 50 | 60 |
| Volumenstrom [m ³ /h] | 1280 | 1430 | 1600 | 2300 | 2400 | 2600 |

Auswertung

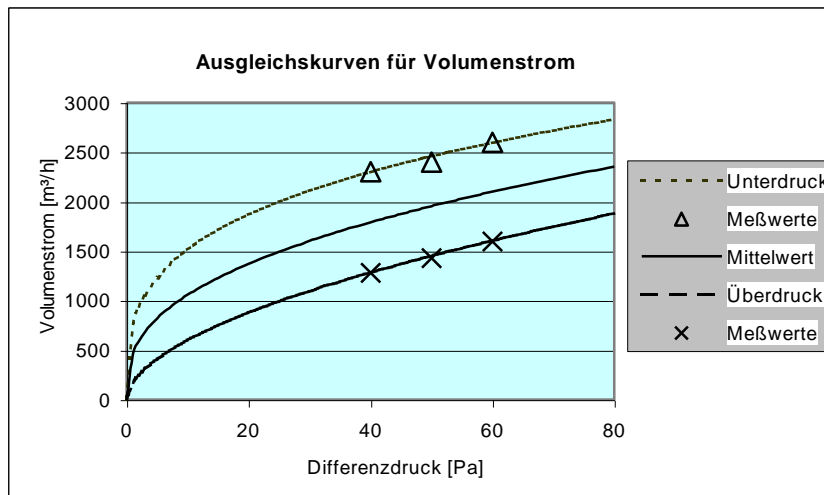
Die Meßwerte bilden die Stützpunkte für die Funktion zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Volumenstrom q und der Druckdifferenz p.

$$q = C \cdot p^n \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Die Koeffizienten C und n werden mit Hilfe der Regressionsrechnung aus den Meßwerten ermittelt.

| Kurvenparameter | Überdruck | Unterdruck |
|---|-----------|------------|
| C [m ³ /(hPa ⁿ)] | 168,7 | 759,7 |
| N [-] | 0,55 | 0,30 |

Mit diesen Parametern wird der Wert für den maßgebenden Volumenstrom bei 50 Pa Druckdifferenz berechnet. Darüber hinaus kann mit dieser Funktion die Abhängigkeit des Volumenstroms vom Differenzdruck graphisch dargestellt werden.



Die berechneten Werte für den Volumenstrom bei 50 Pa Über bzw. Unterdruck werden gemittelt. Dieser Mittelwert liefert durch Division mit dem belüfteten Volumen den maßgebenden Kennwert n_{50} [1/h] für die Luftdichtheit.

| | Überdruck 50 Pa | Unterdruck 50 Pa |
|--------------------------|--------------------|---------------------|
| Berechneter Volumenstrom | 1441,4 m³/h | 2440,1 m³/h |
| Mittelwert | 1940,8 m³/h | |
| Belüftetes Volumen | 372,3 m³ | |
| Luftdichtheit | 5,2 1/h | |

Sachverhalt, Schadensbild

Für das Reihenendhaus wurde eine Luftwechselrate n_{50} von 5,2 1/h ermittelt. Dieser Wert erfüllt die Anforderungen der DIN 4108-7 nicht, die für Gebäude ohne mechanische Lüftungsanlage einen Maximalwert von $n_{50} = 3,0$ 1/h fest schreibt.

Ursachen

Die hohe Luftwechselrate ist hauptsächlich auf folgende Punkte zurückzuführen:
 Undichte Ausführung von Schächten und Rohrdurchführungen zum Kaltdach des Hauptgebäudes.
 Undichte Ausführung zu den Gebäudetrennwänden und der Gebäudetrennfuge nach außen oberhalb des Omega-Bandes.
 Sehr undichte Ausführung des Anschlüsse zwischen Hauptgebäude und Kellerersatzraum mit Verbindungen zum Kaltdach des Kellerersatzraumes.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die festgestellten Undichtigkeiten im Bereich der Anschlüsse und der Gebäudetrennwände sind vor dem Bezug des Hauses noch fachgerecht abzudichten.

Stichworte → Abschnitt

Luftdichtheit, Blower-door Abschn. 5.4.2

[5-10] Feuchteschaden durch nicht ordnungsgemäß angeschlossene und verklebte PE-Folie in der Giebelwand eines Schwimmbades [Galiläa]

Allgemeines

Die Giebelwand eines Schwimmbades ist von innen nach außen wie folgt aufgebaut:

22 mm OSB – Platte
0,1 mm PE- Folie
120 mm Wärmedämmung
22 mm OSB - Platte
Konterlattung
Lattung
Deckelschalung

Am unteren Tragbalken der Giebelkonstruktion zeigten sich braune Schlieren ab (Bild 1 & 2).

Sachverhalt, Schadensbild

Nach dem Öffnen der innenseitigen Bekleidung (Bild 2) und Entfernen der Dämmung wurden an der außenseitigen OSB - Platte und an der Deckenplatte großflächige Durchfeuchtungen festgestellt (Bild 3 & 4).

Die unterseitige OSB – Platte des Flachdaches wurde im Durchdringungsbereich des Giebelsparrens entsprechend dem Sparrenverlauf ausgeschnitten (Bild 1).

Im Übergangsbereich Flachdach – Giebelwand war im Auflagerbereich der Giebelwand keine geschlossene PE-Folie vorhanden (Bild 2), da in diesem Anschlußbereich die Folie aus dem Flachdach nicht bis zur Giebelfolie geführt wurde.

Im oberen Abschlußbereich der Giebelwand endete die PE-Folie unterhalb des Giebelsparrens. Dichtungsbänder konnten nicht festgestellt werden.



Bild 1: Braune Schlieren an einem Sparren der Giebelkonstruktion



Bild 2: geöffnete Giebelwand braune Schlieren an dem unteren Tragbalken



Bild 3: durchfeuchtete Wärmedämmung und Schlieren an der hinteren OSB-Platte

Ursachen

Die Durchfeuchtung der Giebelkonstruktion ist auf die nicht geschlossene bzw. fehlende PE-Folie im Übergangsbereich Flachdach und Giebelwand und die nicht luft- und dampfdichten Anschlüsse und Durchdringungen zurückzuführen. Infolge dieser Luft- und Dampfdurchlässigkeit werden größere Wasserdampfmassen mit der Raumluft über Konvektion in die kälteren Bereiche des Bauteils transportiert und schlagen sich dort als Tauwasser nieder.

Bei einer luftdichten Ausführung wäre eine 0,1 mm starke PE-Folie entsprechend der durchgeführten Dampfdiffusionsberechnung rechnerisch ausreichend gewesen.

Jedoch stellen die nicht luft- und dampfdichte Ausführung und die damit verbundenen Feuchtigkeitsschäden einen erheblichen Mangel dar.

Da in Schwimmbädern, aus bauphysikalischer Sicht, ungünstige Klimabedingungen vorliegen, ist der Tauwasserschutz nachzuweisen und durch eine entsprechende Planung und Ausführung zu gewährleisten.

Ausführungsdetails aus denen die erforderliche Art der Ausführung (luftdichte Ausbildung, Art und Lage von Dichtungsbändern, Ausbildung und Abdichtung von Durchdringungen und Anschlüssen usw.) hervorgeht, liegen von der ausführenden Firma nicht vor. Gleichfalls ergeben sich aus dem vorliegenden Leistungsverzeichnis keine diesbezüglichen Angaben bzw. Anforderungen.

Die ausführende Firma hätte wissen müssen, daß in Schwimmbädern besondere Maßnahmen hinsichtlich der Art der Ausführung erforderlich sind. Anscheinend wurde jedoch die Dampfsperre verlegt, ohne besondere Maßnahmen an den Überlappungen, Abschlüssen, Durchdringungen usw. zu treffen. In Teilbereichen wurde die PE-Folie überhaupt nicht überlappt.

Die Mängel in der Konstruktion sind auf unzureichende Planvorgaben, eine mangelhafte Ausführung und eine nicht ausreichende Objektüberwachung zurückzuführen.



Bild 4: großer Feuchteffleck auf der rückseitigen OSB-Platte

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Um dauerhafte und noch größere Schäden zu vermeiden, ist eine Mängelbeseitigung zwingend erforderlich, wobei es unbedingt notwendig ist, vor Ausführung der Arbeiten die kritischen Anschließpunkte vorab planerisch (Detailplanung) auszuarbeiten.

Stichworte → Abschnitt

nicht luftdichte Durchdringungen

Abschn. 5.4.3

luftdichte Durchdringungen

Abschn. 5.4.6

[5-11] Feuchteschaden an der Decke unter dem nicht ausgebauten Dachgeschoß wegen Konvektion feuchtebeladener Luft durch die Deckenkonstruktion [Egle]

Allgemeines

An einem neuerstellten Fertighaus in Holztafelbauweise stellte der Bauherr eine Reihe von Mängeln fest. Auf einem Speicherfußboden traten während der ersten Heizperiode an den Fugen der Flachpreßplatten größere Feuchteflecken auf.

Sachverhalt, Schadensbild

Im Dachgeschoß wurde über den Schlafzimmern und dem Bad eine Zwischendecke mit darüber liegendem Kriechspeicher eingezogen. Dieser Speicher wird als Abstellraum genutzt und ist mittels einer Leiter vom Flur des Dachgeschoßes erreichbar.



Bild 1: Feuchtefleck an der Stoßstelle der Sperrholzplatten

Der Speicherraum ist zur Dachseite hin zum größten Teil nicht mehr wärmedämmend. Weiterhin befindet sich in der Giebelaußenwand eine kreisförmige Lüftungsöffnung mit etwa 25 cm Durchmesser. Als Bodenbelag wurden oberhalb der Zwischendeckenkonstruktion Spanplatten eingebracht, die mit stumpfer Kante gestoßen sind. An einer in Firstrichtung verlaufenden Stoßstelle, welche zur Firstkante ca. 25 - 30 cm versetzt ist, sind fleckige Verfärbungen deutlich erkennbar. Zweifelsfrei handelt es sich hierbei um Feuchteflecken. Die teilweise sich überlagernden Feuchteränder weisen auf mehrfach eingetretene, starke Befeuchtung hin. Neben einem großen Feuchtefleck mit einer Länge von ca. 35 cm und einer Weite von ca. 12 cm an der breitesten Stelle ist in Verlängerung der Stoßkante im Abstand von ca. einem Meter am Antennenfuß ein weiteres, schmales Feuchteband von ca. 30 cm Länge und 1 cm Breite zu erkennen (Bild 1).

Eine Durchfeuchtung der Dachhaut, welche ebenfalls Ursache für die Fleckenbildung sein könnte, konnte nicht festgestellt werden.

Ursachen

Die Tatsache, daß die gravierenden Feuchteflecken am Spanplattenboden des Speichers exakt an den (stumpfen und glatten) Plattenstößen auftreten

und darüberhinaus keinerlei Befeuchtung durch eine undichte Dachkonstruktion festgestellt werden kann, läßt auf Feuchtetransport durch die darunter befindliche Deckenkonstruktion schließen.

Bei ungenügender Abdichtung von der Unterseite, also in Schlafzimmer oder Bad, kann während der Heizperiode warme, feuchtebeladene Luft der Wohnräume durch die Deckenkonstruktion in die nach oben zunehmend kühleren Zonen dringen. Durch Abkühlung der Luftmassen kann immer weniger Wasser in Form von Wasserdampf von der Luft aufgenommen werden. Dieses sondert sich also in Form eines Feuchteniederschlages ab. Dies kann bereits in der Deckenkonstruktion oder wie im vorliegenden Fall auch an der Oberseite des Speicherbodens geschehen. Die Erscheinung wird verstärkt durch die Tatsache, daß der Speicher zum Dach hin nicht gedämmt ist und somit im Vergleich zu den darunter liegenden Räumen sehr niedrige Temperaturen auftreten können. Auch ist zu beachten, daß Badezimmer für gewöhnlich weit höhere Luftfeuchtigkeit besitzen als andere Aufenthaltsräume.

Die hier anzutreffende Feuchteerscheinung ist sehr ernst zu nehmen, da hier gravierende Bauschäden bereits innerhalb weniger Jahre zu befürchten sind. Neben den sichtbaren Befeuchtungen der Spanplatte im Speicherboden ist es insbesondere die Deckenkonstruktion selbst, die durch zunächst unbemerkte, länger anhaltende Befeuchtung in den Heizmonaten durch tierische und pflanzliche Schädlinge angegriffen und schließlich zerstört werden kann. Auch ist in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, daß Wärmedämmungen bei Befeuchtung akut an Wirkung verlieren können, und durch erhöhte Abkühlung das Dampfdiffusionsproblem noch zusätzlich verstärkt wird.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Es ist unumgänglich, die Durchströmung zu hoher feuchtebeladener Luftmengen durch die Deckenkonstruktion für die Zukunft dauerhaft und wirkungsvoll zu unterbinden. Dies wird nur möglich sein mit Maßnahmen an der Dampfsperre, die sich unterhalb der Deckenkonstruktion, aber über der sichtbaren Deckenbeplankung in Bad und Schlafzimmer befindet.

Somit sind die von unten sichtbaren Decken in Bad und Schlafzimmer abzunehmen und die dort zwangsläufig benötigte Dampfsperre auszubessern oder gegebenenfalls zu erneuern. Zur Vermeidung von Konvektion (Luftströmung) ist dabei der Dichtigkeit aller Fugen große Aufmerksamkeit zu widmen. Sofern der hier gegenständlichen Zwischendecke eine gängige Fertighaus-Deckenkonstruktion zugrunde liegt, dürfte die Mineralwolledämmung nach Abnahme der unterseitigen Beplankung durchfallen und erneut einzubringen sein, evtl. in Form von Dämmmatten mit höherer Festigkeit. Nur durch diese –zweifelsohne– aufwendige und kostenintensive Maßnahme erscheint es möglich, die Schädigung an der Entstehungsstelle wirksam und dauerhaft zu unterbinden.

Stichworte → Abschnitt

Dampfdiffusion

Abschn. 5.3.3

Feuchteschaden durch Konvektion

Abschn. 5.4.3

Luftdichte Fläche

Abschn. 5.4.4

[5-12] Tauwasseranfall infolge des Aufquellens der Dämmung wegen der nicht fachgerecht verklebten Randleisten [Egle]

Allgemeines

Der Pfettendachstuhl in Nadelholz hat eine Dachneigung von 35 Grad. In einer Höhe von etwa 2,80 m befindet sich eine Zwischendecke, welche konstruktiv als Zangenlage ausgebildet ist. Die Dachschräge ist zwischen den Sparren und die Decke zwischen den Zangen mit Mineralwollebahnen Nenndicke 120 mm gedämmt.

Unterseitig an der Dämmung befindet sich eine Alukaschierung, die seitlich einige Zentimeter übersteht und an die Holzkonstruktion geklammert wurde. Während die Mineralwolle in der Zangenlage nach oben hin derzeit offen ist, füllt sie im Bereich der Dachschräge den Zwischenraum zwischen Unterbau und Dachschalung nahezu vollständig aus. In der überwiegenden Zahl der Sparrenfelder wurden kurze Lattenstücke in einer Länge von ca. 30-40 cm von oben in die Dachschräge gesteckt, vermutlich um eine bessere Hinterlüftung zu gewährleisten.

Die unterseitige Alu-Kaschierung ist mit keiner zusätzlichen Verklebung der Stoßstellen versehen (Bild 4). Weiterhin erfolgte die raumseitige Beplankung mittels Gipsbauplatten. Der Speicher ist nicht begehbar ausgeführt, ein Zugang besteht nur über eine provisorisch ausgeschnittene Luke.

Sachverhalt, Schadensbild

Während der ersten Winterperiode wurden überaus augenfällige Verwerfungen bzw. Wölbungen an der Dachhaut des Wohnhauses festgestellt. (Bild 1). Die Höhe der Wölbungen beträgt ca. 4-6 cm an den am stärksten betroffenen Stellen.

Im Speicherinnenraum konnten Verwerfungen einzelner Bretter in der oberhalb der Sparren verlegten Bauschalung festgestellt werden. Diese erstrecken sich in unregelmäßiger Anordnung meist auf



Bild 1: Verwerfung/Wölbung der Dachhaut

ein Brett teilweise auch auf mehrere aneinanderliegende. Die maximale Höhe der Wölbungen im Bereich des Speicherdreiecks beträgt etwa 22 mm (Bild 2).

Auffallend ist die Tatsache, daß die stärksten Verwerfungen exakt in unmittelbarer Nähe der Verbindungsstelle Sparren-Zangen erkennbar sind. Die Verwerfhöhe beträgt hier teilweise mehr als 30 mm.

Zum Zeitpunkt der Besichtigung wiesen die einzelnen Bretter leichte Luftspalten zueinander auf, je Breitenmeter Dachschalung kann von einer Gesamtfugenbreite von ca. 15-20 mm ausgegangen

werden. Die Befestigung der Dachschalung an den Sparren erfolgte mit Nägeln bzw. Klammern. Eine stichprobenartige Überprüfung der Holzfeuchte der Schalung ergab an ca. 10 Meßstellen Werte von etwa 13 bis 16 % rel. Holzfeuchte, die Feuchte der Sparren lag etwa 2-4 % höher.

Schimmelpilzbefall Dachschalung

Weite Flächen der Dachschalung im Speicherdreieck sind unterseitig mit einem blau-grün bis schwarzen Schimmelpilz (Ascomyceten) befallen (Bilder 6,7,8). Diese Art von Pilzen gehört der Gattung der Schlauchpilze an und kann sich an Holzoberflächen bei ausreichender Feuchtigkeit festsetzen. Es handelt sich hier nicht um einen holzerstörenden sondern holzverfärbenden Pilz. Das Auftreten solcher Schimmelpilze erfordert stets eine Holzfeuchte von mehr als 25 %. Wird die Holzfeuchte von befallenen Holzteilen unter diesen Wert abgesenkt, so stirbt der Pilzrasen zwangsweise ab und kann z.B. durch Abbürsten entfernt werden.

Erwähnenswert scheint die Tatsache, daß die Dachschalung von Sparrenfeld zu Sparrenfeld teilweise recht unterschiedlichen Schimmelpilzbefall vorweist. So sind an einer Reihe von Stellen ein und dasselbe Holzbrett je nach Sparrenfeld unterschiedlich betroffen.



Oben: Bild 3: Starker Schimmelpilzbefall an der Unterseite der Dachschalung

Links: Bild 2: Verwerfung einzelner Bretter in der Dachschalung

Ursachen

Objektiv sichtbare Schäden des Wohnhausdaches sind Verwerfungen der Dachschalung. Die Formveränderungen des Holzes sind nur aufgrund erheblicher Feuchteveränderungen durch Quellen der Schalbretter möglich. Es gilt in diesem Zusammenhang zu bedenken, daß gerade die Dachschalung über offenen Speicherräumen naturgemäß ganz erhebliche Feuchteveränderungen während der Jahreszeiten erfährt.

Die Ursachen für die gravierenden Verwerfungen stehen nicht im Zusammenhang mit der Beschaffenheit und dem Einbau der Dachschalung bzw. Dacheindeckung. Vielmehr ist von nachträglichen erheblichen Feuchteveränderungen auszugehen, welche den Schaden herbeiführten. Das Aufwölben der Schalung zur Oberseite hin ist hierbei ein klares Zeugnis einer Volumenzunahme durch signifikanten Anstieg der Holzfeuchte (Bild 2).

Der Schimmelpilzrasen an der raumseitigen Oberfläche der Dachschalung weist auf das vorübergehende Vorhandensein einer Holzfeuchte von sicherlich mehr als 25 % hin. Der weitflächige Befall läßt auf noch deutlich höhere Werte schließen. Klimaveränderungen im Dachraum führten in der Zwischenzeit zu einer Nachtrocknung der Bretter. Es ist also davon auszugehen, daß die vorübergehende intensive Befeuchtung der Dachschalung von der Unterseite der Schalung, also der Dachraumseite, ausgeht. Ein Pilzbefall bereits während oder unmittelbar nach Einbau der Dachschalung ist überdies unwahrscheinlich, da der Pilzrasen von Sparrenfeld zu Sparrenfeld Unterschiede aufweist. (Bild 3)

Eine Reklamation des Daches erfolgte erstmals im Dezember, also mitten in der Heizperiode, in welcher durch Tauwasserausfall im Dachraum auch unter regulären Bedingungen mit erhöhten Feuchtwerten zu rechnen ist.

Hinterlüftung der Dachkonstruktion

Ausgehend von der Tatsache, daß raumseitig außer der an der Dämmung vorhandenen Alu-Kaschierung keine weiteren Dampfsperren zum Einsatz kamen, wird zur fachgerechten Ausführung der Dämmkonstruktion somit eine ausreichende Hinterlüftung oberhalb der Dämmung stets not-

wendig sein. In diesem Zusammenhang ist es sicherlich von Bedeutung, daß in der Dachschräge über dem Wohnraum zwischen Dämmung und Dachschalung kein nennenswerter Luftzwischenraum mehr verbleibt. Ursache hierfür ist zunächst das stets unvermeidliche Aufquellen der Dämmung. Der nach dem Einbau verbleibende Luftraum wurde weitestgehend durch die Expansion der Dämmung aufgebraucht.

Die DIN 4108 Teil 3 (Tauwasserschutz), sowie die Herstellervorschriften gehen für hinterlüftete Dämmkonstruktionen stets von einem Mindestabstand von 2 cm aus, welcher zwischen Dämmung und oberseitiger Begrenzung frei bleiben muß. Die vorliegende Bauausführung mit nahezu vollständigem Anliegen der Dämmung an der Schalung steht in klarem Widerspruch zu diesen verbindlichen Regelungen.

Des weiteren wurden die waagrechten Dämmbahnen zwischen den Zangen zur Dachschräge hin teilweise so weit ausgelegt, daß wiederum ein Anstehen an der Dachschalung möglich ist. Trotz des an der Traufe vorhandenen Lüftungsschlitzes von 15-20 mm ist durch diese Erscheinung eine Hinterlüftung zwischen den Sparren nur mehr in Bruchteilen vorhanden. Die so unterbundenen Luftströme lassen keine wirksame Zirkulation im Dachraum von der Traufe hin zum First mehr zu. Zwangsweise wird sich daher feuchtebeladene Luft an den kältesten Stellen des Dachraumes stark abkühlen und dort Feuchtigkeit abladen. Offensichtlich in einer nachträglichen Maßnahme wurden in den meisten Sparrenfeldern kurze Lattenreste von der Dachraumseite in die Dachschräge geschoben, vermutlich um die Hinterlüftung der gesamten Konstruktion zu verbessern. Es kann jedoch beobachtet werden, daß häufig neben den Latten die Dämmung wiederum an der Schalung anstößt. Auch ist am Ende der

Latte zur Traufe hin wiederum der gequollene Zustand der Dämmung erkennbar.

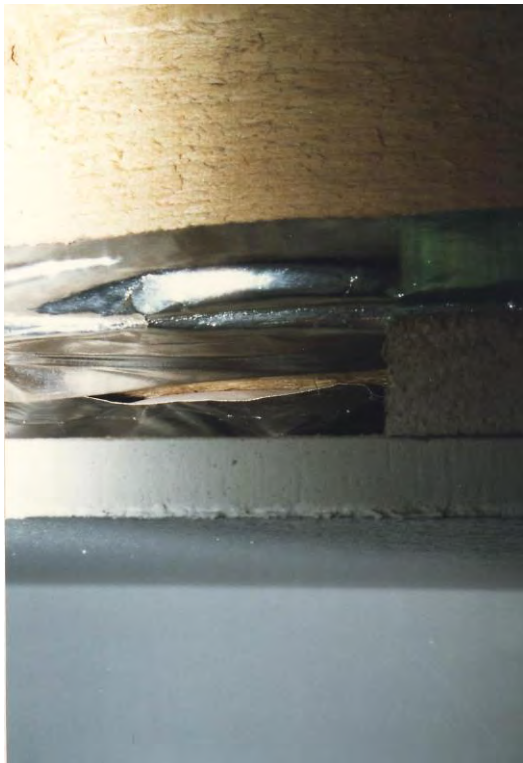


Bild 4: Nichtverklebte Randleisten der Dämmung

Die weitaus gravierendsten Verwerfungen sind exakt im Bereich der Verbindungsstelle der Dachschräge mit der waagrechten Zangenlage zu beobachten. Nachweislich hat die Dachschalung hier die größte Feuchteaufnahme erfahren. Dies könnte ihre Ursache in der mangelnden Hinterlüftung aufgrund der eintretenden waagrechten Dämmung sein. Es liegt jedoch die Vermutung nahe, daß die überaus kritische raumseitige Stoßfuge der Gipsplatten dort zu wenig dampfdicht ausgeführt wurde und gerade in diesem Bereich ganz erhebliche Luftmengen in den Dachraum strömen können.

Tauwasserschutz

Besonders in den Heizperioden dringt feuchtebeladene, temperierte Raumluft in die Dämmkonstruktion sowie in kalte Dachzonen. Aufgrund sehr einfacher physikalischer Zusammenhänge erfolgt durch den Abkühlungsprozeß eine Feuchteabgabe an kalten Oberflächen. Um dieser Erscheinung bautechnisch gezielt entgegenzuwirken, werden Dampfsperren eingebracht.

Die im vorliegenden Fall an der Dämmung befindliche

Alukaschierung darf als Dampfsperre mit einer äquivalenten Luftschichtdicke $s_d > 10$ m angenommen werden. Dies ist jedoch nur dann zu erzielen, wenn die Stöße der Kaschierung sauber luftdicht abgeklebt werden, was hier nicht der Fall ist (Bild 4). (Bei der hier vorgefundenen Ausführung besteht die Gefahr von Konvektion). Auch ist die Alukaschierung nur dann als Dampfsperre ausreichend, wenn eine ausreichende Hinterlüftung (mindestens die angesprochenen 20 mm) vorhanden ist. Zwei ganz wesentliche bauphysikalische Forderungen, nämlich eine wirksame Dampfsperre sowie eine ausreichende Hinterlüftung sind somit nicht eingehalten.

Als Folge der genannten Sachverhalte wird der Dachraum aufgrund weitgehend behinderter Hinterlüftung während der Heizperiode stark befeuchtet. Aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften quillt das Holz der Dachschalung zwangsweise auf, Wölbungen aufgrund fehlender Ausdehnungsmöglichkeit sind die Folge. Der Schimmelpilzbefall ist hierbei sichtbares Zeichen der übermäßigen Feuchteaufnahme am Holz.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Zum Zwecke einer dauerhaft dichten und sicher wasserabweisenden Dachhaut ist für eine glatte und plane Dachschalung als Träger der Bitumeneindeckung zu sorgen. Im Bereich des Speichers (dort ist die Dachschalung raumseitig zugänglich) ist dies durch seitliches Anbringen von Latten an die Oberkante der Sparren möglich. Durch vorgebohrte Löcher können die einzelnen Bretter mit Bauschrauben von der Innenseite her in die Ausgangslage zurückgezogen werden.

Ungleich aufwendiger gestaltet sich die Schadensbehebung im Bereich des Anschlusses Sparren-Zangen, da hier raumseitig keine Zugriffsmöglichkeit besteht. Hier sind an der Dachaußenseite die Bitumeneindeckung stellenweise zu entfernen und die Schalungsbretter mit Bauschrauben an den Sparren zu befestigen.

Der raumseitige Befall der Dachschalung mit Schimmelpilzen stellt an sich keine Gefährdung der Dachkonstruktion dar, da dieser Pilz, wie bereits geschildert, keine Holzzellen zu zerstören vermag und unter regulären Klimabedingungen im Dachraum abstirbt. Andererseits weist er auf zu hohe Feuchtekonzentrationen am Holz und in der umgebenden Luft hin. Unter diesen Voraussetzungen finden nämlich auch gefährliche pflanzliche und tierische Bauholz-Schädlinge geeignete Lebensbedingungen.

Hinterlüftung der Dachkonstruktion

Die Begrenzung der diffundierenden Luftmassen, ist die grundlegende Forderung, um bei Verwendung von Mineralwolle eine dauerhafte Dämmwirkung sowie Vermeidung von Feuchteschäden zu gewährleisten.

Die nachträgliche Herstellung einer fachgerechten raumseitigen Dampfsperre stellt eine überaus aufwendige und teure Maßnahme dar, da eine Abnahme der zwischenzeitlich fertiggestellten Deckenkonstruktion notwendig wäre. Andernfalls ist jedoch mit dem vorzeitigen Versagen der Wärmedämmung zu rechnen, ganz abgesehen von den Folgen erneuter übermäßiger Befeuchtung der Holzteile.

Stichworte → Abschnitt

verstopfte Belüftungshohlräume

Abschn. 5.5

Randleistenmatten sind nicht luftdicht

Abschn. 5.4.3

[5-13] Wassereintritt im Dachschrägenbereich infolge der nicht fachgerechten Verlegung der Dämmung und Dampfbremse [Köhnke]

Allgemeines

Im Dachschrägenbereich des belüfteten Daches eines Einfamilienwohnhaus traten Feuchteschäden auf. Das Gebäude wurde in 1,5-geschossiger Bauweise mit Satteldach errichtet und als Fertigkonstruktion (Holzgroßtafelbauweise) ausgeführt.

Sachverhalt, Schadensbild

Im ausgebauten Dachgeschoß des Wohnhauses sind im Verlauf der Dachschräge die verbliebenen Spuren der Feuchteinwirkung auf das Gebäude ersichtlich.

An mehreren Stellen im Dachschrägenbereich konnten Braunverfärbungen festgestellt werden, die auf das Eindringen von Wasser schließen lassen. Die Wassereintritte waren nach Auskunft der Bauherrin maßgeblich zur kalten Jahreszeit, d.h. im Winter zu beobachten.

Ursachen

In den einsehbaren Gebäudeteilen hinter der Abseitenwand im Dachbereich konnte festgestellt werden, daß ein unkaschierter Steinwolldämmstoff zwischen den Sparrenfeldern eingebracht wurde.



Bild 1: Fehlstellen in der Dämmung und Folie im Schwellenbereich des Daches



Bild 2: Undichter Anschluß der Folie und der Dämmung des Daches im Schwellenbereich

die Dachunterspannbahn erheblich durch die aufgeblähte Mineralwolle bzw. die unsachgemäß verlegte Mineralwolle nach oben aufgewölbt.

Zumindest im sichtbaren Bereich hinter der Abseitenwand war die Dämmung, die bis zum Fußpunkt der Decke durchgezogen wurde, mit einer Plastikfolie abgedeckt.

Sowohl im Fußpunktbereich der Dämmung, die teilweise auch extrem zusammengerutscht war, wie auch im Anschlußbereich Dachschräge / Drempelwand war die Folie nicht luftdicht an der Konstruktion befestigt, so daß in diesen Bereichen ungehindert warme Luft aus dem Inneren des Gebäudes unterhalb der Folie eindringen konnte.

Durch die großen Fehlstellen in der Dämmung (teilweise bis zu 15 cm) kann die hinter der Folie eindringende Warmluft ungehindert in der Gesamtkonstruktion der Dachschräge zirkulieren.

Nach der Besichtigung im Inneren des Gebäudes wurde die Dachfläche von außen geöffnet. Oberhalb der Sparren war eine PVC-Dachunterspannbahn (Gitterfolie) angeordnet. In zwei Feldbereichen wurde die Unterspannbahn beiseite geschoben. Hier konnte festgestellt werden, daß ein Luftraum zur Unterlüftung der Unterspannbahn nicht vorhanden war. In Teilbereichen war

Weiterhin wurde festgestellt, daß im Bereich der letzten Pfannenreihe die Unterspannbahn mit einer Vertiefung in Fließrichtung ausgebildet wurde. In diesem Bereich kann evtl. herablaufendes Wasser verbleiben, und durch die Nadelung bzw. Perforierung der Folie in die Konstruktion eindringen.



Bild 3 Wassersack im unteren Bereich der Unterspannbahn vor der Rinne



Bild 4 Mineralwolle liegt gegen die Unterspannbahn an

Der Aufbau des Daches ist insgesamt als mangelhaft und nicht zeitgemäß zu bezeichnen. Es fehlt eine innen vollflächig angeordnete, sauber ausgebildete Dampfbremse.

Grundsätzlich bleibt jedoch festzustellen, daß reine Diffusionsschäden durch fehlende Dampfbremsen derartig starke Feuchteschäden wie vorgefunden nicht auslösen können.

Vielmehr sind die offenen Stellen im Bereich der Dämmung und der inneren Folie so gravierend, daß ungehindert warme Luft durch Konvektion in den gedämmten Dachbereich, hier auch im wesentlichen unter die Dachunterspannbahn, eindringen kann und dort kondensiert. Konvektionsschäden sind weitaus gravierender und häufiger anzutreffen als reine Diffusionsschäden.

Eine ordnungsgemäße Unterlüftung der Dachunterspannbahn mit einem sehr hohen Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor (s_d -Wert ca. 10) ist ebenfalls nicht vorhanden. Insofern ist der starke Tauwasserausfall erklärlich.

Durch den derzeitigen Ausbaugrad des Gebäudes wird es kaum mehr möglich sein, eine ordnungsgemäße Ausbildung der Dampfbremse im Inneren des Gebäudes herzustellen. Erforderlich ist es vielmehr, den Innenbereich so gut wie nachträglich möglich abzudichten, um Konvektionsschäden zu verhindern. Dabei ist die Mineralwolle ordnungsgemäß zu verlegen.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Sofern nicht der gesamte Innenausbau entfernt und eine ordnungsgemäße Abdichtung der Unterseite der Dämmung vorgenommen wird, sind weitere Feuchteschäden im Dachbereich nicht auszuschließen. In Anbetracht der vorgefundenen Situation scheint es unerlässlich zu sein, die Dachunterspannbahn gegen eine diffusionsoffene Unterspannbahn auszutauschen. Hier sollte eine Unterspannbahn mit einem möglichst geringen Diffusionswiderstandsfaktor gewählt werden (s_d -Wert von 0,02). Hierzu ist das komplette Abdecken der Dachfläche nebst Entfernen von Lattung und Unterlattung und der vorhandenen Unterspannbahn erforderlich. Anschließend ist das Dach neu einzudecken. Dabei ist die Lage und ordnungsgemäße Einbringung der Dämmung sicherzustellen. Öffnungen auf der Innenseite, die eine Luftzirkulation im Bereich der Dachdämmung ermöglichen, sind dabei weitgehend ordnungsgemäß zu schließen.

Stichworte → Abschnitt

Undichtigkeiten

Abschn. 5.4.3

luftdichte Anschlüsse

Abschn. 5.4.5

belüftete Bauteile

Abschn. 5.5

[5-14] Aufquellen der Dachschalung infolge von Wasserdampfkongvektion im undichten Anschlußbereich des Wohnraums [Borsch-Laaks]

Allgemeines

An einem neugeschiefertem Dach entstand in der ersten Heizperiode ein Schaden.

Sachverhalt, Schadensbild

An einigen Stellen des Dachs lagen die Schieferplatten nicht mehr flach und regensicher aufeinander (Bild 1). Die nasse Schalung unter der Vordeckbahn hat sich geschwölbt und die Schieferplatten aufgewölbt (Bild 2). An der Unterseite der Bitumenbahn hingen Tauwassertropfen.

Ursachen

Auf der Unterseite der Sparren war eine PE-Dampf-Bremsfolie angebracht.

Deshalb scheidet Diffusion als Ursache aus. Aufgrund der zur Entstehungszeit vorangegangenen Klimaverhältnisse, hätte die geöffnete Fläche per Diffusion schlimmstenfalls einen Fingerhut voll Tauwasser aufnehmen können.

Die raumseitige Bekleidung bestand aus tapezierten Gipsfaserplatten. Diese ließen an einer starken Luftströmungen zweifeln. Eine Untersuchung des Abseitenraumes offenbarte das Problem (Bild 3): Die Folienbahnen waren nur überlappt und nicht verklebt. Die Anschlüsse an die Dachgeschoßdecke, die Trennwände und der durchdringenden Bauteile und -elemente wurden nicht sorgfältig geplant und deshalb mangelhaft ausgeführt. Des weiteren wurden Beschädigungen in der Folie nicht ausgebessert.



Bild 1: aufgewölbte Schieferdeckung des Dachs



Bild 2: Die durch Dampfkongvektion befeuchtete Schalung ist aufgequollen

Der Bereich der Dachschrägen konnte im dem bewohnten Gebäude nicht inspiziert werden. Da eine Reihe der aufgewölbten Schieferplatten auch weit oberhalb des Abseitenbereichs zu finden waren, lag die Vermutung nahe, daß auch die Verarbeitung der Dampfbremse in der Schräge nicht einwandfrei war. In diesem Bereich fungierte ungewollt, aber sehr „effektiv“, der Hohlraum zwischen der Traglattung und der innere Verkleidung als „Luftverteilungsebene“ zwischen den Lecks in den Gipsbauplatten und den Löchern und Fugen in der Dampfbremse.

Normalerweise ist kein Abseitenraum gegenüber dem Wohnraum dicht. Dafür sorgen meist allein

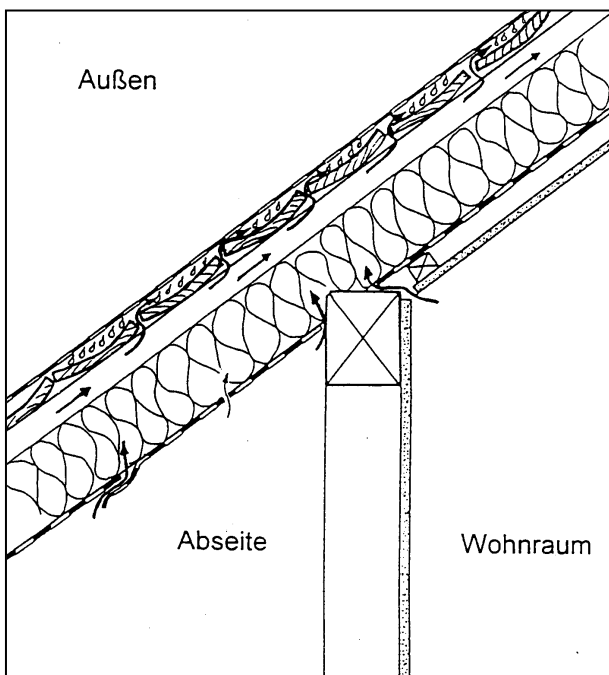


Bild 3: Schnitt durch den Anschlußbereich

schon die systematisch undichten Fußbodenanschlüsse von Abseitenwänden. Luft ist ein wenig Medium und hat keine Schwierigkeiten, unter der Fußleiste, durch den Randdämmstreifen des Estrichs (oder an ihm vorbei) und dann unter der Schwelle der Abseitenwand entlang zu strömen. Steckdosen-, Kabel- und Heizungsrohrdurchbrüche und evtl. Türen zu Wandschränken tragen ein übriges zur Undichtigkeit von Abseitenwänden bei.

Die Bemessung von Hinterlüftungen für dampfdichte Unterdächer, Unterspannbahnen und Eindeckungen orientiert sich an den Erfordernissen zur Abfuhr von Diffusionsfeuchtigkeit. In der Fachliteratur wird immer wieder darauf hingewiesen, daß für den ungleich höheren und lokal konzentrierten konvektiven Dampftransport die nach DIN 4108 (Teil 3.2.3.3) ermittelten Belüftungsquerschnitte nicht ausreichen.

Somit kann nur über die Luftdichtheit das Risiko

potential derartiger Konstruktionen begrenzt werden.

Die notwendige Luftdichtheit des Dachraumes war jedoch in diesem Fall nicht vorhanden und führte zu dem Feuchteschaden.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die innere Verkleidung der Dachschräge im Wohnraum muß entfernt und die Dichtungsfolie fachgerecht, z.B. mit einer Anpreßplatte an der Abseitenwand angeschlossen werden.

Sämtliche Überlappungsstöße sowie vorhandene Schadstellen in der Folie sind mit einem geeigneten Klebeband zu verkleben, um zukünftig die Wasserdampfkonvektion im Wohn- und Abseitenraum zu unterbinden.

Die Schieferplatten in dem geschädigten Bereich müssen abgedeckt und die geschüsselte Dachscha-lung muß ausgetauscht werden.

Stichworte → Abschnitt

Luftdichtheit, Konvektion
luftdichte Anschlüsse

Abschn. 5.4.3

Abschn. 5.4.5

[5-15] Eisschanzenbildung an den Dachsteinen infolge von Wasserdampfkonzektion im undichten Dachbereich oberhalb einer Dachgaube [Borsch-Laaks]

Allgemeines

Bei dem Gebäude wurde im Winter ein Feuchteschaden im Dachbereich festgestellt.

Sachverhalt, Schadensbild

Am Fußpunkt einer mit Betondachsteinen gedeckten Steildachfläche zeigte sich oberhalb einer Dachgaube eine starke Eisschanzenbildung (Bild 1). Der umgedrehte Ziegel auf Bild 2 ist unterseitig stark befeuchtet.

Ebenso waren an der Unterseite der Unterspannbahn Kondensattropfen auf der Folie vorhanden (Bild 3).

Die Witterung der vorangegangenen Frostperiode schließt äußere Ursachen für die Eisbildung aus (kein Schnee, kein gefrierender Regen). Alle erkennbare Feuchtigkeit muß also von innen gekommen sein!

Ursachen

Die raumseitige Verkleidung der Mineralfaserdämmung besteht nur aus einer Profilholzschalung ohne Dampfbremse. Eine Hinterlüftung der konventionellen Unterspannbahn (s_d ca. 3 m) wird verhindert, da die Dämmung zu stark eingepreßt wurde.

Als erstes wurde untersucht, ob die Tropfen an der Unterspannbahn durch Dampfdiffusion entstanden sein konnten:

Ohne Dampfsperre hat die Holzschalung zusammen mit der Dämmung einen s_d -Wert von etwa 0,6 m. Daraus läßt sich der Diffusionsstrom zur Tauwasserebene mit etwa 20 g/m² abschätzen (in 3 Tagen bei einem angenommen Klima von innen 20°C 35% relative Luftfeuchte und außen – 3°C 80% relative Luftfeuchte).

Das entspricht etwa dem Inhalt von zwei Schnapsgläser auf die gesamte betroffene Fläche von etwa 2 m².



Bild 1: Eisschanzenbildung auf den Betondachsteinen



Bild 2: Detail der Eisschanzenbildung; die Unterseite des umgedrehten Dachsteins ist befeuchtet

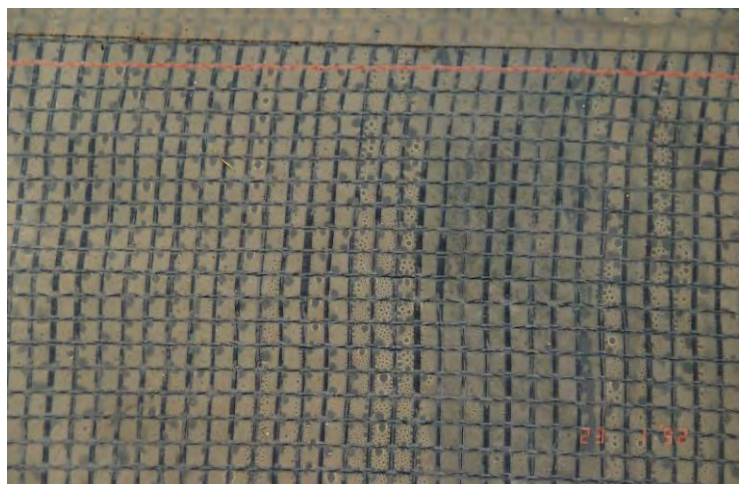


Bild 3: Kondensation an der Unterseite der Unterspannbahn

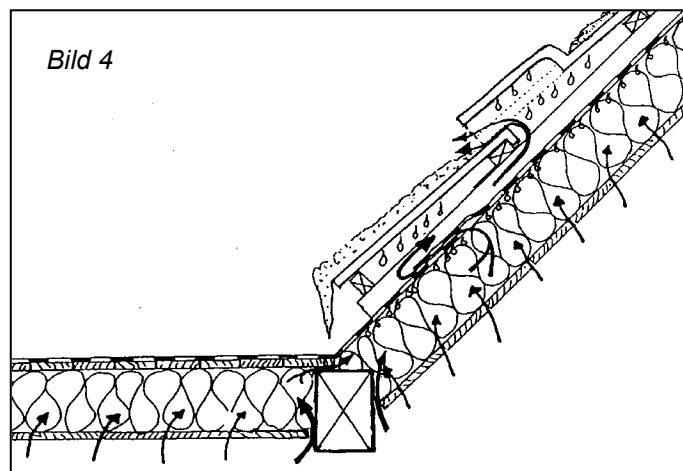
Dies hätte jedoch allenfalls als Erklärung für einen feinen Sprühnebel auf der Folie ausgereicht. Die vielen großen Tropfen und besonders die nasse Ziegelrückseite und die dicken Eiszapfen konnten durch Diffusion nicht entstanden sein.

Somit konnte eine Erklärung für den Schaden nur der Dampftransport durch Luftströmung sein. Hierfür bietet die Profilholzschalung wegen ihres hohen Fugenanteils beste Voraussetzungen. Aufgrund von Labormessungen ist bekannt, daß Schalungen bei einer Druckdifferenz von 20 Pa bis zu 10 m³ Luft pro Stunde und m² durchlassen können [GEISSLER, 1994]. Die Luftströmung in dieser Größenordnung transportiert, bezogen auf die Schadensfläche, etwa 2 Liter Wasser pro Tag.

Zum Zeitpunkt der Schadensentstehung herrschte ein steifer Ostwind (3 Tage Windstärke 3 bis 4). Der dadurch anstehende Überdruck auf der Luvseite und der Unterdruck auf der Leeseite des Gebäudes verstärkten die Wasserdampfkonvektion erheblich.

Somit läßt sich auch die starke Eisschanzenbildung erklären, da die Schadensfläche auf der Leeseite des Gebäudes liegt.

In der Schnittzeichnung (Bild 4) sind die möglichen Strömungswege eingezeichnet: Lufteintritt durch die Bretterfugen, Verteilung in der Dämmebene (Mineralwolle hat nicht nur einen geringen Diffusionswiderstand, sondern ist auch sehr strömungsoffen), Luftaustritt an Stößen der Unterspannbahn und dann zwischen den Dachsteinen und ganz besonders durch die Lüfterziegel (dort war die Eisbildung am dicksten).



Daß die kondensierte Luftfeuchte auf der Außenseite der Ziegel bei einer Lufttemperatur von -3° C als Eis vorliegt, ist nicht weiter verwunderlich. Daß das Wasser an der USB und an der Rückseite der Eindeckung offensichtlich nicht gefroren ist, läßt Rückschlüsse auf die wärmetechnischen Folgen zu: die Fugenströmung schickt soviel Wärme in den Belüftungsraum unter den Ziegeln, daß eine Situation entsteht, die vergleichbar ist mit einem Dachaufbau ist, bei dem die Dämmstärke statt der eingebauten 12 cm bestenfalls 3 cm beträgt.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Profilholzschalung ist zu entfernen. An der Innenseite muß die fehlende Dampfsperre angebracht werden. Außerdem ist die Dämmung so einzubauen, daß eine Hinterlüftung der Unterspannbahn möglich ist.

Stichworte → Abschnitt

Ursache von Undichtigkeiten

Abschn. 5.4.3

luftdichte Flächenausbildungen

Abschn. 5.4.4

Quelle: Geißler, A. (1994): Dichtigkeitsprüfung von Holzverschalungen. AIF-Forschungsvorhaben Nr. 8795, Kassel.

[5-16] Eisbildung an der Giebelwand im Spitzboden eines Massivhauses infolge von Wasserdampfkongvektion durch eine Fuge im Deckenanschluß [Gröger]

Allgemeines

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein eineinhalb geschoßiges Wohnhaus in konventioneller Massivbauweise. Die Dachkonstruktion ist als Pfettendachstuhl ausgebildet. Über den Zagen der Dachkonstruktion wurde ein Spitzboden eingebaut.

Zwischen den Zangen wurde eine Mineralwolldämmung eingebaut und unterseitig Gipskartonplatten angebracht.



Bild 1: Fuge zwischen der Giebelwand und der Obergeschoßdecke

Sachverhalt, Schadensbild

Zwischen der Gipskartonplatte und der Giebelwand hat sich eine ca. 10 mm breite Fuge geöffnet (Bild 1). Im Spitzboden wurde während der Wintermonate an der gemauerten Giebelwand eine starke Eisbildung festgestellt (Bild 2).

Ursachen

Die unterseitig an der Decke angebrachte Dampfsperre wurde an die Giebelwand nicht luftdicht angeschlossen.

Ein fachgerechter Anschluß wäre durch das Einputzen der Dampfbremse an der Giebelwand möglich gewesen. Dies ist jedoch in diesem Fall nicht ausgeführt worden.

Durch die Schwindverformung der Holzbohle hat sich zwischen der Wand und der Decke eine Fuge geöffnet. Dadurch konnte die feuchtebeladene Raumluft in die kälteren Bereiche des Spitzbodens gelangen.



Bild 2: Starke Eisbildung an der Giebelwand im Spitzboden

Infolge der kalten Oberfläche der Ziegel hat sich die Luftfeuchtigkeit dort als Eis niedergeschlagen.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Das nachträgliche Einputzen der Dampfbremse ist nicht mehr möglich. Daher sollte der Anschluß der Dampfbremse an die Massivwand fachgerecht mit einem komprimierten Dichtungsband und einer Anpreßplatte abgedichtet werden.

Stichworte → Abschnitt

Ursache von Undichtigkeiten
luftdichte Anschlußausbildungen

→ Abschn. 5.4.3
→ Abschn. 5.4.5

[5-17] Tauwasserbildung bzw. Eisbildung infolge von Wasserdampfkonvektion durch die Fugen in der Deckenkonstruktion [Gröger]

Allgemeines

Zwischen den Deckenbalken der Obergeschoßdecke wurde eine Profilbrettschalung angebracht (Bild 1).

Sachverhalt, Schadensbild

Während des Winters zeigte sich an der Unterseite der Flachpreßplatten im nicht ausgebauten Dachgeschoß eine Eisbildung. Die Platten hatten sich infolge der Feuchteinwirkung aufgewölbt, so daß keine ebene Oberfläche mehr vorhanden war (Bild 2).



Bild 1: Unteransicht der Obergeschoßdecke

Ursachen

Die Unterseite der Deckenbekleidung wurde nicht luftdicht ausgeführt. Die Ursache hierfür ist eine gänzlich fehlende Dampfsperre zwischen dem Wohnraum und dem nicht ausgebauten Dachgeschoß. Die Profilbrettschalung alleine ist nicht luftdicht. Ebenso sind die Fugen zwischen den Deckenbalken und der Profilholzschalung nicht luftdicht ausgeführt.

Daher ist davon auszugehen, daß während der Heizperioden in den Wintermonaten erwärmte Raumluft mit relativ hoher Luftfeuchtigkeit in die Deckenkonstruktion gelangte, sich dort verteilte und als Tauwasser niederschlug.

Infolge der geringeren Lufttemperatur im nicht ausgebauten Dachgeschoß kondensierte der Wasserdampf an der Unterseite der kalten Spanplatten und es bildete sich bei winterlichen Temperaturen dadurch eine Eisschicht auf dem Speicherfußboden.



Bild 2: Eisbildung an der Unterseite der aufgewölbten Platten

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Sperrholzplatten sowie die Dämmung im Dachgeschoß sind zu ersetzen. Zwischen den Deckenbalken ist die fehlende Dampfsperre fachgerecht einzubauen. Die Fugen zwischen den Balken und der Profilholzschalung sind mit einem vorkomprimierten Dichtungsband abzudichten.

Stichworte → Abschnitt

Feuchteschäden durch Konvektion

→ Abschn. 5.4.3

[5-18] Feuchteschaden und Pilzbefall an einem Flachdach wegen der fehlenden wirksamen Dampfsperre [FMPA]

Allgemeines

Das als Kaltdach ausgeführte Flachdach eines Mehrfamilienhauses zeigte vier Jahre nach der Fertigstellung erhebliche Mängel auf. An der gesamten Dachkonstruktion wurde eine Durchfeuchtung sowie die Bildung eines Schwammes festgestellt.

Sachverhalt, Schadensbild

An der Westseite wurde das Flachdach in einer Breite von rd. 4 m über die ganze Länge geöffnet. Das Dach war von oben nach unten wie folgt aufgebaut:

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Kiesschüttung | 15 – 20 cm |
| Rhenofol-C-Dachhaut verschweißt | 1,0 mm |
| Polystyrolplatten | 5,4 mm |
| Holzschalung | 24 mm |
| Holzbalken im Abstand von 60 cm | 100 x 200 mm |
| zwischen den Balken mit Alu-Folie | |
| kaschierter Mineralfaserdämmstoff | 60 mm |
| Bitumenpappe 500 nackt | |
| Lattung | 24 mm |
| Gipskartonplatten | 9,5 mm |

Der mit Alu-Folie kaschierte Mineralfaserdämmstoff sowie die Bitumenpappe waren von der Unterseite der Balken und zwar quer zu den Balken verlegt. Die Laschen der Alukaschierung waren umgeklappt. Durch die Art der Verlegung war der Mineralfaserdämmstoff unterhalb der Balken ganz zusammengedrückt und somit zwischen den Balken gewölbt. Seine Dicke schwankte hier zwischen 2 cm neben den Balken und 6 cm in Feldmitte. Be- und Entlüftungsöffnungen waren nicht vorhanden.

In der ganzen geöffneten Fläche waren die Balken sehr naß. Die obere Hälfte der Balken war dunkel verfärbt und mit hornartigen Fruchtkörpern bedeckt (Bilder 1,2 & 3). Nach einer Untersuchung handelt es sich hier um Lagerfäulepilze.

Die obere Seite der Gipskartonplatten war mit Schimmelpilzen bedeckt.

Soweit die Dachabdichtung in den nicht geöffneten Teilen des Daches begutachtet werden konnte, war diese nicht beschädigt.



*Bild 1: Befallene Balken des Flachdaches;
verbildete hornartige Fruchtkörper der Lagerfäulepilze*

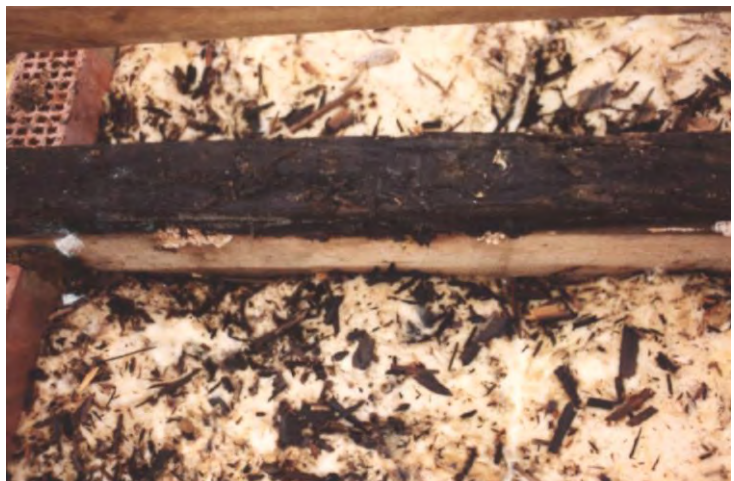


Bild 2: Ansicht eines befallenen Balkens und der Fruchtkörper

Ursachen

Bei dem Dach fehlte eine wirksame Dampfsperre. So konnte nicht verhindert werden, daß der Wasserdampf aus den Wohnräumen an die kalten Balken und Holzschalungsbretter gelangte. Da keinerlei Be- und Entlüftungsöffnungen vorhanden waren, konnte der Wasserdampf nicht abgeführt werden. So kam es zur Feuchtigkeitsanreicherung der Balken und Schalungsbretter. Dadurch wurden sehr günstige Verhältnisse zur Entstehung und Entwicklung der Pilze geschaffen. Da es sich hier um dunkle Räume handelte, wurden die verbildeten (atypischen) hornartigen Fruchtkörper gebildet.



Bild 2: Schimmelpilz an der Oberseite der Gipskartonplatte

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Das Dach ist vollflächig zu öffnen. Die befallene Bretterschalung, sowie der eingebaute Mineralfaserdämmstoff sind zu entfernen.

Alle Balken sind nach dem Zerstörungsgrad zu untersuchen und müssen, soweit erforderlich, ersetzt bzw. verstärkt werden. Das in der Flachdachkonstruktion verbleibende, sowie das neue Holz sind mit einem zugelassenen Holzschutzmittel zu behandeln. Bei den Balken, die im Flachdach erhalten werden können, muß auf eine ausreichende Austrocknung des Holzes geachtet werden. Weiterhin muß eine wirksame Dampfsperre und ein neuer Mineralfaserdämmstoff eingebaut werden.

Durch geeignete konstruktive Maßnahmen ist dafür zu sorgen, daß eine ausreichende Be- und Entlüftung des Daches gewährleistet wird.

Auf die neue Bretterschalung sollte eine Zwischenschicht, z.B. aus geeigneten Polystyrolplatten oder aus steifen Mineralfaserplatten angebracht werden. Anschließend ist noch eine neue UV-beständige Dachhaut sowie die Kiesschüttung anzubringen.

Stichworte → Abschnitt

Dampfdiffusion, Anordnung von Feuchtesperren
belüftete/nicht belüftete Konstruktionen

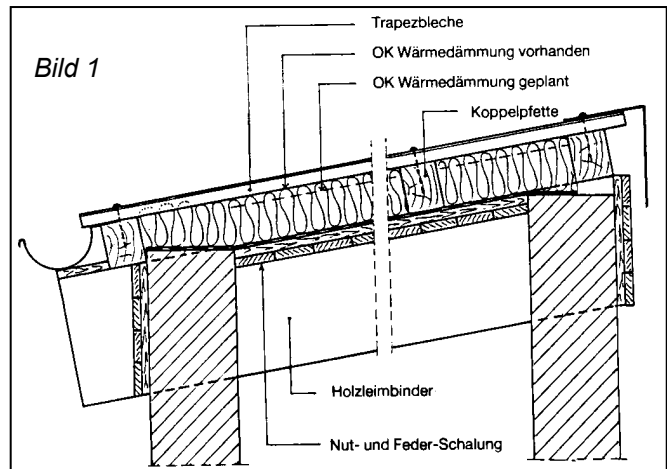
→ Abschn. 5.3.3
→ Abschn. 5.5.2

[5-19] Feuchtigkeitsschaden durch Tauwasserbildung wegen des zu geringen Belüftungsquerschnitts bei einem Pultdach mit Trapezblech-Deckung [Zimmermann]

Allgemeines

Das mit 10° geneigte Pultdach eines Vereinsheims (Dachfläche ca. 10 m x 15 m) ist mit kunststoffbeschichteten Aluminium-Trapezblechen gedeckt. Die Unterkonstruktion besteht aus Holzleimbindern mit Holzkoppelfetten.

Zwischen den Holzkoppelfetten ($h=12\text{ cm}$) sind 10 cm dicke Mineralfaser-Randleistenmatten mit Alu-Kaschierung eingebaut. Die Trapezbleche sind unmittelbar auf die Pfetten aufgeschraubt. Der größte Teil der Dachfläche ist unterseitig mit Nut- und Federbrettern verkleidet (Bild 1).



Sachverhalt, Schadensbild

Bereits kurze Zeit nach Erstellung des Gebäudes tropfte bei niedrigen Außenlufttemperaturen Wasser von der Deckenverschalung ab. Das abtropfende Wasser korrespondierte nicht mit gleichzeitigen Regenfällen.

Bei der Untersuchung des Daches stellte man folgendes fest:

- An der Blechunterseite hingen dicke Wassertropfen (Bild 2).
- Durch abtropfendes Wasser war die Mineralfaserdämmschicht teilweise durchnässt.
- Die ursprünglich 10 cm dicke Dämmschicht hatte sich um zwei und mehr Zentimeter aufgestellt; sie lag oberseitig an der Trapezblechunterseite an.
- An den Holzpfeilen hatten sich vereinzelt Schimmelpilze gebildet.

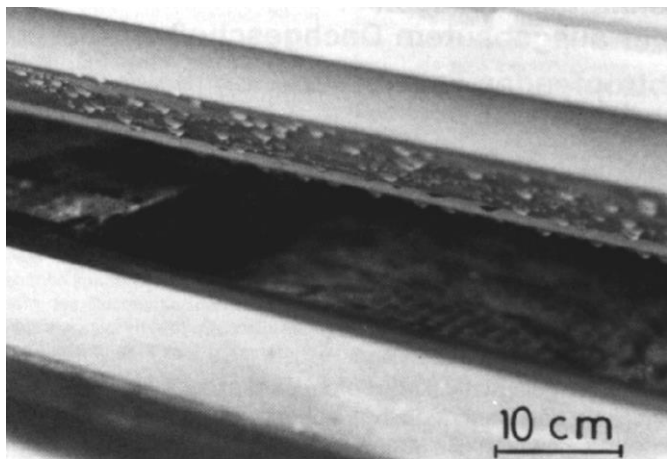


Bild 2: Wassertropfen an der Unterseite der Trapezblech-Eindeckung

Ursachen

Die Kondensatbildung an der Unterseite der Trapezbleche ist in erster Linie auf eine unzureichende Durchlüftung der Luftschicht zwischen Wärmedämmung und Trapezblech-Eindeckung zurückzuführen. Der durch die raumseitige Holzschalung und die Wärmedämmschicht diffundierende Wasserdampf konnte nicht von der durchströmenden Außenluft aufgenommen und abgeführt werden, sondern kondensierte an der kalten Trapezblechunterseite (Bild 2).

Nach DIN 4108, Teil 3, Ausg. 1981, gelten für das vorhandene Dach (Neigung 10°; Dachlänge Traufe/First: 10 m) folgende Anforderungen:

- Der freie Lüftungsquerschnitt an der Traufe muß mindestens 200 cm^2 je m Traufe betragen.
- Der Belüftungsraum innerhalb des Dachbereiches muß eine freie Höhe von mindestens 2 cm aufweisen.
- Am First muß eine Lüftungsöffnung von mindestens 0,5‰ der Dachfläche vorhanden sein.
- Die unterhalb des Belüftungsraumes liegenden Bauteile müssen eine diffusionsäquivalente Luftschichtdicke $s_d \geq 2\text{ m}$ aufweisen.

Die vorstehenden Lüftungsquerschnitte können nur dann unterschritten werden, wenn die untere Schale sehr dampfdicht ($s_d > 100\text{ m}$) ist.

Im vorliegenden Fall wurden die Trapezbleche unmittelbar auf die Pfetten aufgeschraubt; somit standen für den Lufteintritt an der Traufe und die Durchlüftung lediglich die Profilrippen der Bleche mit einem Querschnitt von 80 cm^2 je m zur Verfügung.

Am First war der Lüftungsquerschnitt mit ca. 400 cm^2 je m ausreichend; die Entlüftung konnte jedoch wegen behinderter Luftströmung nicht wirksam werden.



Bild 3: klaffende Fugen infolge fehlender Überlappung der Randleistendämmmatten.

Bei der Planung wurden somit die Anforderungen der DIN 4108 bezüglich der Belüftung an der Traufe und auch innerhalb des Dachbereiches nicht beachtet.

Hierbei ist anzumerken, daß die Belüftungsregeln der DIN 4108 in baupraktischer Hinsicht lediglich eine unterste Grenze darstellen; sie beinhalten keine Sicherheiten. So kann zum Beispiel schon das vielfach zu beobachtende „Aufstellen“ der Faserdämmstoffe die Belüftung blockieren, wenn der Belüftungsraum lediglich nach dem theoretischen Mindestwert der DIN 4108 ausgelegt ist.

Abgesehen von dem planungsbedingten Mangel der unzureichenden Belüftung wies

der Dachaufbau auch Ausführungsmängel auf, die den Schaden gefördert haben:

- An der Traufe wurden die Dämmatten auf die Mauerkrone der Außenwand aufgelegt. Da zwischen Oberkante Mauerwerk und Unterkante Trapezblech bereichsweise lediglich ein Abstand von 8 bis 9 cm vorhanden war, verstopfte das Dämmaterial zwangsläufig die Profilrippen; hierdurch wurde die Belüftung praktisch ganz unterbunden.
- Die Stöße der Dämmbahnen waren stellenweise mangelhaft ausgeführt: klaffende Fugen infolge fehlender Überlappung der Randleisten auf der Unterseite der Holzpfette (Bild 3).

Durch solche Fugen transportiert strömende Luft (Konvektion) erhebliche Mengen an Wasserdampf in den Belüftungszwischenraum; die Frage nach dem Dampfsperrewert der unteren Schale ist dann kaum mehr relevant.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Es wurde vorgeschlagen, die Trapezblecheindeckung durch Auffüttern der Unterkonstruktion anzuheben; im einzelnen:

- Demontage der Trapezbleche.
- Aufbringen von 5 cm hohen Holzklötzen auf die Koppelpfaffen ($a \leq 80 \text{ cm}$).
- Anbringen einer Lattung 3 cm/5 cm auf den Holzklötzen.
- Wiederverlegen der Trapezbleche.

Die stark durchnässten Bereiche der Wärmedämmschicht müssen durch neues Dämmmaterial ersetzt werden. Im übrigen empfiehlt sich die Verlegung einer Unterspannbahn, zumindest im Traufbereich.

Stichworte → Abschnitt

Randleistenmatten nicht luftdicht

→ Abschn. 5.4.3

Belüftungshohlraum

→ Abschn. 5.5

[6-01] Einbau von mit Frischholzschädlingen befallenen Holzbalken [Steinmetz]

Allgemeines

Es handelt sich um eine Decke über einem Anbau. Die Holzbalken liegen frei und sind oben mit einer Schalung abgedeckt. Sie werden durch einen Mittelunterzug getragen.

Die Holzbalken des Anwesens sind von mehreren unterschiedlichen Holzinsekten befallen.

Das Holz wurde vom Zimmermann mit einer Lasur behandelt. Es handelt sich um ein Präparat mit dem Aufdruck *„Holzschutzlasur Dünnschicht-Holzlasur für offeneporige holzschützende Beschichtungen, UV-beständig, wirksam gegen oberflächige Moosalgen- und Schimmelbefall, kein Abblättern und keine Rißbildung“*. Die Verpackung weist kein Prüfzeichen auf.

Sachverhalt, Schadensbild

Die Deckenbalken sind von Holzinsekten befallen. Aus der Form und Größe der Ausfluglöcher sowie der Fraßgänge kann auf den Befall durch Holzwespen geschlossen werden. Auch die fest verstopften Gänge mit hellfarbigem Bohrmehl deuten auf dieses Insekt hin.

Die vom Bauherren übergebenen Käfer konnten eindeutig als „veränderliche Scheibenböcke“ identifiziert werden. Die Ausfluglöcher bei diesem Insekt werden als oval beschrieben, wie dies teilweise auch an den Balken zu erkennen ist. Das zugehörige braunweiße Bohrmehl in den Fraßgängen konnte nicht festgestellt werden.



Bild 1: Untersicht der Balkenlage mit den markierten Ausfluglöchern

Nach Angabe des Bauherren sind nach und nach weitere Löcher aufgetreten. Er hat sie mit Kreide an den einzelnen Balken markiert. Die Markierungen sind auf den Fotos dokumentiert (Bild 1).

Auf einem Stuhl, der unter einem Deckenbalken stand, hatte sich eine größere Menge von sehr grobflockigem Holzmehl angesammelt. Dies deutet daraufhin, daß in den Balken noch lebende Larven sind. Zudem wurden einige Insekten in einem Glas gefangen und begutachtet.

Ursachen

Es sind an praktisch allen Holzbalken deutliche Ausfluglöcher von Holzinsekten zu bemerken. Ein Balken zeigt nur einen geringen Befall, dort sind allerdings sehr große Ausflughöffnungen zu erkennen. Aus dem Schnitt ist zu erkennen, daß die Fraßgänge bereits beim Einschnitt des Holzes vorhanden waren. Es sind senkrechte Schnitte durch die Fraßgänge, aber auch sehr schleifend verlaufende Schnitte zu sehen (Bild 2). Das Holzmehl ist sehr fest eingestopft, es läßt sich mit einer Nadel gerade noch entfernen.

Die Löcher sind im senkrechten Schnitt kreisrund. Der Durchmesser beträgt zwischen 2 und 6 mm im Durchmesser. Es konnten nur zwei Löcher mit einem Durchmesser von 6 mm festgestellt werden. Der Rest der Löcher hat einen Durchmesser von ca. 3 bis 5 mm.



Bild 2: Fraßgänge, ein Ausflugloch ist mit Bohrmehl verstopft

Während eines Ortstermines konnte beobachtet werden, daß Insekten in die Ausfluglöcher dringen. Nach Angabe des Bauherren schaffen diese das Holzmehl heraus. Diese Erscheinungen seien bei warmem Wetter gehäuft zu bemerken, bei kühler Witterung tritt praktisch nichts auf.

Der meistbefallene Balken weist zudem noch Bläuestreifen auf.

Die Holzwespen sind „Frischholzschädlinge“, d.h. sie befallen nur frisches, keinesfalls aber

verbautes Holz. Der Befall war also schon beim Abbund und beim Aufschlagen der Holzkonstruktion gegeben. Dies läßt sich an den Schnittkanten belegen. Dort sind die mit Bohrmehl verstopften Gänge deutlich zu erkennen.

Die Scheibenböcke befallen ebenfalls frisch gefälltes Holz. Sie können aber nach „Grosser“ ebenso trockenes, verbautes Holz befallen, die dann als Nutzholzschädlinge „teilweise in großen Massen in Sägewerken, Holzlagern und Werkstätten auftreten“.

Eine Verarbeitung des so geschädigten Holzes ist daher wahrscheinlich. Andererseits sind die Larven zu ihrer Entwicklung auf Rinde angewiesen, die bei dem hier zu beurteilenden Holz nicht vorgefunden wurde. Ein Ausflug bereits verpuppter Larven aus dem befallenen Holz kann stattfinden.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Holzbalken sind von verschiedenen Bauholzschädlingen befallen. Es sind Bekämpfungsmaßnahmen zum Abtöten der Larven erforderlich, die von einer Spezialfirma auszuführen sind.

Der Befall der Holzbalken muß entsprechend den Angaben der DIN 68 800 Teil 4 „Holzschutz im Hochbau Bekämpfungsmaßnahmen gegen Pilz- und Insektenbefall“ behandelt werden, ein Anstrich mit normalen Holzschutzmitteln ist nicht ausreichend. Hierzu ist eine Schädlingsbekämpfungsfirma heranzuziehen, die über besondere Erfahrungen bei der Bekämpfung von Holzinsekten verfügt. Die Methode und die hierzu erforderlichen Präparate sind von dem Verantwortlichen nach vorherigen Untersuchungen festzulegen.

Nach einer erfolgreichen Bekämpfung bestehen bezüglich der Standsicherheit und der Dauerhaftigkeit der Holzbalken keine Bedenken.

Stichworte → Abschnitt

Insektenbefall

Abschn. 6.1.2

Grosser, D.: Pflanzliche und tierische Bau- und Werkholzschädlinge

[6-02] Schimmelpilzbefall an den mit einem chemischen Holzschutz behandelten Holzbauteilen infolge der hohen Einbaufeuchte [Frech]

Allgemeines

Der Dachstuhl des Wohnhauses wurde im September 1995 errichtet. Nach der Fertigstellung wurde das Dach zügig, d.h. innerhalb von höchstens zwei Wochen geschlossen; eine nennenswerte Beaufschlagung durch Feuchtigkeit erfolgte also nicht. Das Dachgeschoß des Wohnhauses, das später als Wohnung genutzt werden soll, ist bislang noch nicht ausgebaut, d.h., die tragenden Holzteile sind wegen der fehlenden Isolierung und Verschalung in nahezu allen Bereichen sichtbar.

Im Frühjahr des darauffolgenden Jahres wurde an den noch sichtbaren Hölzern des nicht ausgebauten Daches ein farblich auffallender Pilzbefall festgestellt.

Sachverhalt, Schadensbild

Bei diesen Holzteilen, Sparren, Pfetten, Pfosten, Riegel etc. ist in nahezu allen Bereichen und Räumen partiell ein starker, grauweißer bis schwärzlicher Pilzbefall vorhanden.

Es handelt sich hier um die Sporen von Schimmelpilzen, die wie ein Flaum die Hölzer bedecken, wobei interessant ist, daß auch innerhalb einzelner Holzteile Unterschiede in der Befallsstärke vorhanden



Bild 1 & 2: Mit Schimmelpilz befallene Sparren



sind: die weicheren und ehemals feuchteren Bereiche des Splintholzes zeigen einen deutlichen Befall, während direkt daneben im härteren und trockeneren Kernholz ein Befall nicht vorhanden ist.

Durch Anritzen war festzustellen, daß das Holz bereits direkt unter der Holzoberfläche schon keine Verfärbungen mehr aufweist und nach Augenschein gesund ist, was ebenfalls ein Hinweis auf die Pilzarten darstellt.

Bei den im Freien liegenden Holzteilen, Pfetten und Sparren ist teilweise ebenfalls ein sich dunkel abzeichnender Pilzbefall vorhanden.

Der heute bei den Dachbalken vorhandene Holzfeuchtigkeitsgehalt wurde mit Hilfe eines elektrischen Schnellmeßgerätes zu rd. 10,5 % bis 12,0 % gemessen, was bedeutet, daß das Holz zwischenzeitlich seine dem Einbauzustand entsprechende Endfeuchtigkeit erreicht hat.

Ursachen

Für die Entwicklung von Schimmelpilzen ist eine über den Fasersättigungsbereich hinausgehende erhöhte Holzfeuchtigkeit Voraussetzung. Dieser Bereich liegt bei europäischem Nadelholz bei rd. 30 % Holzfeuchtigkeit. Nach den Festlegungen der DIN 1052 und DIN 4074 darf Bauholz allenfalls „halbtrocken“ verbaut werden, sofern anschließend eine zügige Austrocknung gewährleistet ist. Der Begriff „halbtrocken“ ist hierbei definiert durch einen Holzfeuchtigkeitsgehalt von 30 %, bzw. 35 % bei Querschnitten über 200 cm². Insofern besteht hier ein planmäßiger Zusammenhang zwischen den noch zulässigen größten Holzfeuchten und den Bereichen, in denen eine Pilzentwicklung stattfindet.

Für andere und dann weit gefährlichere Bauholzpilze liegen die kritischen Holzfeuchtigkeitsbereiche allerdings noch unter den o.g. 30 % oder 35 %.

Zu der Holzfeuchtigkeit selbst ist anzuführen, daß es sich dabei um in den Zellen oder zwischen den Zellen gebundenes Wasser handelt (in Gewichts-Prozent).

Dieser Wassergehalt kann bei frischem Holz und hier im Bereich des Splintholzes durchaus Werte von 100 % bis 200 % erreichen, d.h., das Gewicht des im Holz enthaltenen Wassers ist bis zu doppelt so groß wie das der eigentlichen Holzmasse.

Das Holz des Dachstuhles des Wohnhauses zeigt in allen Raumbereichen einen partiellen Befall durch Schimmelpilze. Insgesamt liegt der Anteil der so befallenen Hölzer in einem Bereich von 30 bis 40 %.



Bild 3: Mit Schimmelpilzen befallene Mittelpfette

Die Ursachen hierfür liegen darin, daß die Hölzer entgegen der Forderungen der einschlägigen Holz- und Holzbaunormen bei ihrem Einbau eine deutlich über ca. 30 % Holzfeuchte liegende Einbaufeuchte gehabt haben müssen, da ansonsten eine derartige Pilzentwicklung, die offensichtlich durch die höheren Temperaturen im Frühjahr begünstigt wurde, nicht stattgefunden hätte.

Die vorhandene Salzimprägnierung konnte die Pilzentwicklung nicht verhindern, da in diesen Holzschutzmitteln keine Wirkstoffe gegen diese an sich ungefährlichen Pilzarten enthalten sind.

Wie ausgeführt, ist die Schimmelbildung darauf zurückzuführen, daß die Hölzer beim Einbau zu feucht, bzw. zu nass waren. Insofern handelt es sich um einen Materialmangel. Eine Überprüfung der Holzfeuchtigkeit war im Rahmen der Holzbauarbeiten nicht erfolgt.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Bei diesen Arten von Pilzen handelt es sich nicht um Holzschädlinge. Aus der heute vorhandenen Holzfeuchtigkeit kann geschlossen werden, daß das Pilzwachstum beendet ist, die Pilzsporen sind zwischenzeitlich abgestorben.

Daher wären aus Sicht des Schutzes für das Holz eigentlich keine Maßnahmen erforderlich.

Da die Überreste der Schimmelpilze jedoch für die im Haus lebenden Menschen auf dem Weg über die Atemluft über allergische Reaktionen eine gesundheitliche Beeinträchtigung darstellen können, sollte der noch vorhandene Pilzrasen durch gründliches Abbürsten und Absaugen entfernt werden.

Dies kann ggf. im Zuge der weiteren Ausbauarbeiten erfolgen. Bei sichtbar bleibenden Hölzern, wie z.B. den Mittelpfetten und den Sparren im Freien wird ein zusätzliches Abschleifen erforderlich sein.

Stichworte → Abschnitt

| | |
|---------------------|----------------------|
| Einbaufeuchte | <i>Abschn. 2.1.5</i> |
| Schimmelpilzbildung | <i>Abschn. 6.1.2</i> |

[6-03] Verfaulte Deckenbalken infolge undichter Wasserleitung [Steinmetz]

Allgemeines

Bei dem zu beurteilenden Gebäude handelt es sich um einen Altbau in Massivbauweise mit Holzbalkendecken. Bei der Öffnung der Decke zwecks Einbau einer Treppe wurde festgestellt, daß einige Deckenbalken morsch und verfault waren.

Sachverhalt, Schadensbild

Die Fäulnis der Deckenbalken war im Bereich der Außenwand besonders ausgeprägt. In diesem Bereich befanden sich Abfallrohre (\varnothing 100 mm) mit den entsprechenden Anschlußstücken (Bild 1 und 2). Ein zu diesem Zeitpunkt genutzter Anschluß an eine Toilette war nicht vorhanden.

Die Schüttung zwischen den Deckenbalken bestand aus porösem Schüttgut.



Bild 1 (oben) und 2 (unten): Verfaulte Balken mit Abflußrohr

Ursachen

Als Ursache der festgestellten Fäulnis wird ein über längere Zeit undichtiges WC-Entwässerungsrohr vermutet. Das ausgetretene Wasser wurde von der Schüttung aufgenommen und an die Holzbalken weitergegeben.

Infolge der ständigen Feuchtebeanspruchung kam es im Holz zu einem Pilzbefall, der sich weiträumig fortpflanzte.

Wegen der Speicherfähigkeit der porösen Schüttung wurde die Undichtigkeit nicht bemerkt.



Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Bedingt durch die weit fortgeschrittene Fäulnis ist die Standsicherheit nicht mehr gegeben. Eine grundlegende Sanierung des Traggerüsts unter Einschaltung eines Tragwerksplaners ist unverzichtbar. Sämtliche tragende Teile sind soweit freizulegen, daß ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden kann.

Stichworte → Abschnitt

Pilzbefall bei hoher Feuchte

→ Abschn. 6.1.2

Feuchteschaden, Speicherfähigkeit der Deckenschüttung → Abschn. 6.2.1

[6-04] Rißbildung in Tapeten und Fliesen infolge nicht fachgerechter Montage sowie Quellverformungen der zementgebundenen Holzspanplatten [Zimmermann]

Allgemeines

Im Frühjahr 1984 wurde ein Einfamilienhaus in Holzskelettbauweise fertiggestellt. Die Innenwände bestehen aus Holzständern, die mit 16 mm dicken zementgebundenen Holzspanplatten 1250 mm x 2600 mm beplankt sind. Die Innenschale der Außenwände wurde in gleicher Weise ausgeführt. Die Wände sind teilweise mit Steingutfliesten 15 cm x 15 cm bekleidet und teilweise mit einer Rauhfaser-tapete tapeziert.

Sämtliche Wandflächen wurden ohne Dehnungsfugen ausgeführt. Benachbarte Platten wurden nicht kraftschlüssig miteinander verleimt, sondern nur stumpf gestoßen und auf den tragenden Holzstützen im Abstand von etwa 50 cm verschraubt.

Sachverhalt, Schadensbild

Mit Beginn der ersten Heizperiode bildeten sich über den senkrechten Plattenstößen im Abstand von 1,25 m und in den Raumecken Risse in der Rauhfaser-tapete (Bild 1).

An den horizontalen Plattenstößen zeichneten sich an den Wandoberflächen ebenfalls Risse ab. An den gefliesten Wänden des Badezimmers und der Toilette traten die Risse ebenfalls auf. Zusätzlich wölbten sich die Fliesen auf oder lösten sich vom Untergrund (Bild 2).



Bild 1: Risse an dem Beplankungsstoß und der Raumecke

Ursachen

In den Verarbeitungsrichtlinien der herstellenden Firma wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die zementgebundenen Holzspanplatten zu denjenigen Holzwerkstoffen gehören, die infolge Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe „arbeiten“. Diese Bewegungen müssen in der Fuge und an den Befestigungsstellen aufgenommen werden.

Zur Reduzierung der feuchtebedingten Verformungen empfiehlt die Herstellerfirma grundsätzlich den Einsatz von grundierten Platten (Tiefengrund: Lösungsmittelfreie, hydrophobierende Spezialdispersion) auch in Räumen mit normalem Raumklima.

Dieser Empfehlung wurde nicht nachgekommen.



Bild 2: Risse sowie abgelöste Fliesen im Badezimmer

Nach den Verarbeitungsrichtlinien sollten die Schraubenabstände an den Plattenrändern max. 150 mm betragen, damit die Bewegungen auf ein Minimum reduziert werden können. Diese Vorgabe wurde nicht eingehalten, somit waren die Platten nicht ausreichend kraftschlüssig miteinander verbunden.

Bei tapezierten Wänden wird die Verwendung von armierungswirksamen, elastischen Tapeten empfohlen, wobei die Tapeten an den Plattenstößen mit einem etwa 60 mm breiten Schleppstreifen zu unterlegen sind.

Bewegungsfugen sind in den gefliesten Wandflächen alle 3,75 m (= 3 Plattenbreiten) anzuordnen. Plattenstöße, die nicht als Dehnungsfuge ausgebildet werden, sind zu verleimen.

Die beschriebenen Verarbeitungsempfehlungen für die Holzspanplatten wurden bei der Verarbeitung nicht berücksichtigt und so die beschriebenen Schäden verursacht.

Es wurden nicht grundierte Platten verwendet und die Plattenstöße wurden infolge zu großer Schraubenabstände und fehlender Verleimung der Plattenstöße nicht ausreichend kraftschlüssig miteinander verbunden.

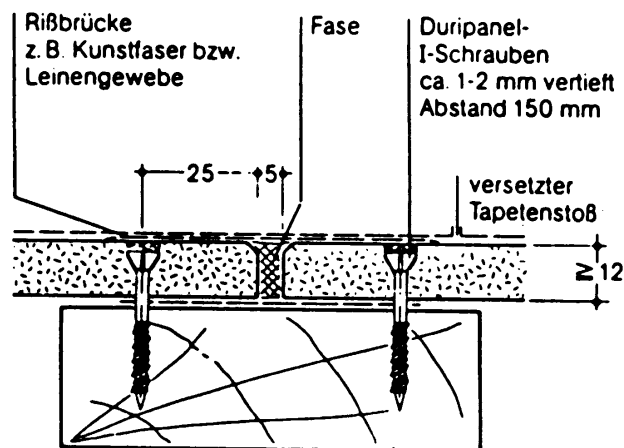
Dadurch verhielt sich jeder Plattenstoß wie eine Bewegungsfuge, die sich bei Schwindverkürzungen öffnet. Die vorhandenen Fliesen und Tapeten konnten die Dehnungen im Fugenbereich nicht aufnehmen und sind gerissen.

Behebung der Mängel/Schäden; Sanierung

Zur Sanierung wurde vorgeschlagen, die vorhandenen eben gebliebenen Holzspanplatten zu belassen, und die Plattenstöße sowie die Bekleidung der Wände nachträglich nach den Verarbeitungsrichtlinien der Plattenherstellerin auszubilden.

Herstellerempfehlung für die Stoßausbildung bei fugenlosen Wandflächen

Ausgespachtelte Fuge



Stichworte → Abschnitt

Flächenabdichtung von Platten in Naßbereichen

Abschn. 6.2.7

[6-05] Schimmelpilzbefall an der Unterseite der Spanplatten infolge des Einbaus zu feuchter HWST-Platten [Frech]

Allgemeines

Die Dacheindeckung des Einfamilienwohnhauses und auch der Einbau des Spanplattenunterdaches oberhalb der Sparren erfolgten nach Angabe des Bauherrn im Dezember. Bereits im Juni des darauffolgenden Jahres wurde an den Unterseiten der Spanplatten ein Schimmelpilzbefall festgestellt.

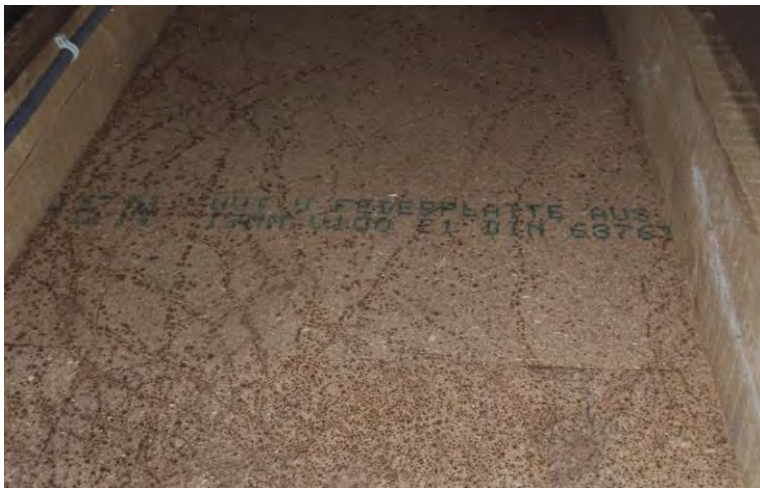
In diesem zeitlichen Ablauf und Zusammenhang ist von Bedeutung, daß der Dachaufbau bei regnerischem Wetter erfolgte, sowie der Umstand, daß das Haus erst im August bezogen wurde. Die Inbetriebnahme der Heizung erfolgte erst im Herbst 1988.

Bei dem Dach des Wohnhauses handelt es sich um ein Kaltdach, das planmäßig von den Traufen zum First von außen in zwei Ebenen belüftet ist:

1. Unterhalb der Dachziegel und oberhalb der Dachdichtungsbahn/Lattung.
2. Unterhalb des Spanplattenunterdachs und oberhalb der Wärmedämmung.

Sachverhalt, Schadensbild

Zum Zeitpunkt der Besichtigung waren im Dachgeschoß des Wohnhauses bereits alle Holzdecken montiert, so daß eine Begutachtung der Spanplatten nur vom Spitzboden aus erfolgen konnte. An den Spanplattenunterseiten wurde ein unterschiedlich starker Pilzbefall festgestellt, wobei es sich



hierbei nach Augenschein um weniger gefährliche Schimmelpilze handelt.

(Bild 1 & 2)

Die Pilzsporen sind im Dachraum auch außerhalb des wärmege-dämmten Bereichs vorhanden.

Die Spanplatten sind an ihren Unterseiten mit DIN 68763 V 100 E1 und dem Namen des Herstellwerkes gekennzeichnet. (Bild 1)

Direkte Schäden oder Durchfeuchtungen wurden an den Platten nicht festgestellt.

*Bild 1: Schimmelpilzsporen an der Spanplattenunterseite
Kennzeichnung V 100 E1 DIN 68763*

Ursachen

Wie alle anderen Pilze benötigen auch die Schimmelpilze für ihr Entstehen und Wachstum eine erhöhte Feuchtigkeit und Nährstoffe aus der Bausubstanz oder Umgebung.

Die erhöhte Feuchtigkeit hätte durch verschiedene Umstände bedingt sein können. Zum einen durch Tauwasserbildung aus der Dachbelüftung, Tauwasserbildung infolge einer undichten Dampfsperre, oder durch den Einbau von witterungsbedingt feuchten Platten.

Im vorliegenden Fall sind, infolge einer Befeuchtung bei der Montage, Bereiche des Spanplattenunterdaches so naß geworden sind, daß in der Folgezeit die Schimmelbildung entstand.

Technische Regeln

Da das durch Wärmeunterschiede entstehende Tauwasser nur zum Teil durch die direkten Luftströme abgeleitet wird, ist bei einem belüfteten Dach zumindest vorübergehend mit schwankenden und auch erhöhten Feuchtigkeiten in den Baumaterialien zu rechnen.

Aus diesem Grund ist für die hier vorhandenen Hölzer und Holzwerkstoffe ein chemischer Holzschutz, vorbeugend wirksam gegen Pilzbefall, vorgeschrieben, wobei dies gemäß DIN 18 334 auch für Dachschalungen aus Holzwerkstoffen gilt, die bei der Verwendung von Spanplatten der Qualität V 100 G entsprechen müssen.



Bild 2: Dichter Pilzrasen neben einem Sparren

Das V 100 steht hierbei für die Verleimungsqualität (Verleimung beständig gegen hohe Luftfeuchtigkeit, begrenzt wetterbeständig) und das G für die Behandlung mit einem Holzschutzmittel, resistent gegen holzerstörende Pilze (Basidiomyceten).

Mit dem Aufbringen der Spanplatten des Typs „V 100 E“ statt der von der DIN 18 334 geforderten Platten „V 100 G“ wurde eindeutig gegen die anerkannten Regeln der Technik verstoßen. Jedoch ist hierzu anzuführen, daß die Schimmelpilze auf den feuchten Platten auch dann hätten auftreten können, wenn die gemäß DIN geforderte Spanplattenqualität V 100 G zum Einsatz gekommen wäre. Der chemische Holzschutz, der in den Spanplatten enthalten ist, verhindert nicht das Entstehen dieses ungefährlichen Schimmelpilzes, sondern nur den Befall mit gefährlichen holzerstörenden Pilzen.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Eine ordnungsgemäße Sanierung des Daches besteht darin, die nicht ordnungsgemäßen Spanplatten auszubauen und gegen solche der vorgeschriebenen Qualität V 100 G zu ersetzen.

Als kostengünstiger Alternative wurde von der ausführenden Firma ein Vorschlag zur Sanierung gemacht, der vorsah die Spanplattenunterseiten mit einem geeigneten Holzschutzmittel nachzurüsten. Dies sollte mit einem oberhalb der Wärmedämmung eingeschobenen „Sprühschlitten“ erfolgen. Das Verfahren hätte jedoch sehr viele Nachteile, da z.B. die Oberseiten der Platten, sowie die Auflagerflächen und Schnittkanten der Platten nicht erreicht werden. Ebenso ist eine ausreichende Schutzmittelaufnahme der Platten wegen der geschliffenen Oberfläche nicht gewährleistet.

Zudem bestehen für die meisten Plattenbereiche im Wohnraumbereich keine Möglichkeiten einer Nachkontrolle, so daß eine unterseitige Nachbehandlung der Spanplatten abzulehnen ist.

Für eine einwandfreie, sichere und dauerhafte Sanierung verbleibt also nur der Austausch der nicht ordnungsgemäßen Spanplatten.

Stichworte → Abschnitt

chemischer Holzschutz bei belüftetem Dach
Anwendungsbereiche von HWSt
Schimmelpilz trotz chem. Holzschutz

*Abschn. 6.1.4
Abschn. 6.2.10
Abschn. 6.1.2*

[6-06] **Starker Pilzbefall an dem Dachtragwerk einer Kirche durch Mißachtung des baulichen sowie chemischen Holzschutzes [Zimmermann]**

Allgemeines

Im Jahre 1976 wurde die Flachdachkonstruktion einer Kirche wie folgt erstellt: Der ein regelmäßiges Achteck bildende Kirchenraum wird von einem stützenfreien Flachdach überdeckt, das von einem Stern von Brettschichtholzbindern von 1,7 m Höhe getragen wird. Die Binder lagern einerseits auf den Außenwänden; über dem Zentrum des Kirchenraums münden alle acht Binder in einen stählernen Knoten biegesteif ein. Das bituminöse Flachdach ist etwa auf Höhe des unteren Drittelpunktes der Binder angeordnet (Bild 1 & 2).

Die wetterbeanspruchten Oberseiten sind mit Abdeckbrettern unter Belassung eines Luftspaltes von 5 mm geschützt. Als chemischer Holzschutz und zugleich als Oberflächenschutz wurde eine offenporige Dünnschichtlasur mit den Prüfprädikaten P, Iv, W, S gemäß DIN 68 800 in zwei Arbeitsgängen auf die Holzoberflächen vor der Montage aufgetragen.

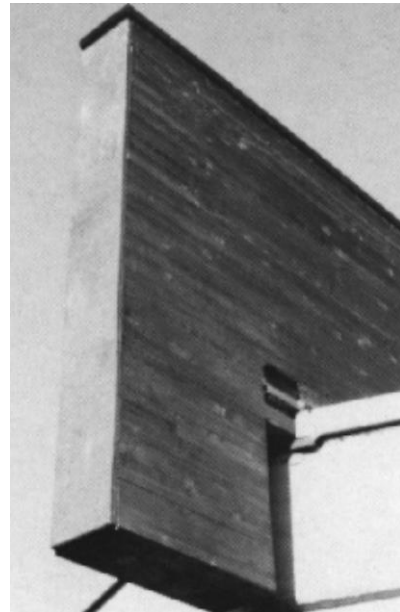


Bild 1: Ende eines Brettschichtholzbinders über der Fassade

Sachverhalt, Schadensbild

Die Holzleimbinder wiesen nach fünf Jahren an den seitlichen Flächen sehr viele, relativ feine Risse und in geringerer Anzahl auch weit klaffende Risse auf (Bild 3).

Die Unterseiten der horizontalen Abdeckbretter sowie die Oberseiten der Leimbinder waren durchfeuchtet. Die wetterbeanspruchte Oberfläche der Leimbinder und der Abdeckbretter war mittelgrau und matt, und es waren keinerlei Reste eines Anstrichfilms mehr zu erkennen.

Bei der genaueren Untersuchung der Holzleimbinder wurden an 15 Stellen aus Rissen austretende Fruchtkörper von offensichtlich im Holz lebenden Pilzen vorgefunden (Bild 5). Diese Fruchtkörper hatten infolge ihres Austritts aus Holzrisen längliche Gestalt, waren von gelblich-bräunlich-rötlicher Farbe und zeigten an ihrer Unterseite meist lamellenartige Einbuchtungen. An vielen Stellen auf der Oberfläche der Holzleimbinder wurden mit einem spitzen Messer Einschnitte in das Holz gemacht und dabei oft eine sehr weiche Konsistenz angetroffen, welche offensichtlich Fäule, d. h. Pilzbefall, anzeigt. Der Umfang des Pilzbefalles wurde nicht exakt eingegrenzt, denn eine solche Bestimmung der Ausbreitung des Pilzbefalles war hier überflüssig: Aus der Zahl und Verteilung der vorgefundenen Fruchtkörper war zu schließen, daß alle acht Brettschichtbinder in weiten Teilen von Pilzen befallen sind.

Dem Prüfbescheid des Instituts für Bautechnik in Berlin für das verwendete Holzschutzmittel war neben anderem folgendes zu entnehmen:

P Das Produkt hat die Prüfprädikate P gegen Pilze wirksam

Iv gegen Insekten vorbeugend wirksam

S zum Streichen und Spritzen geeignet

W bei Wettereinwirkung geeignet

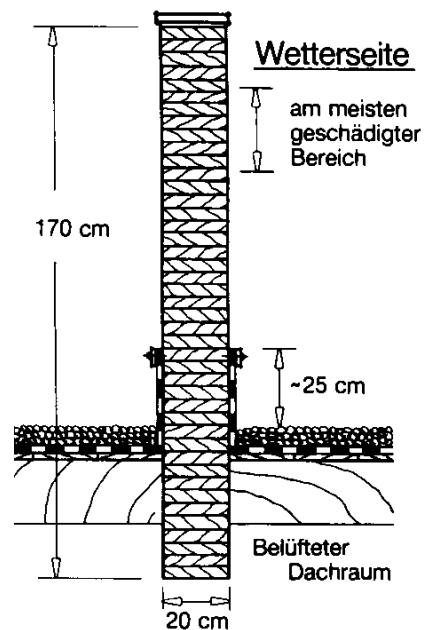


Bild 2: Schnitt durch die Flachdachkonstruktion

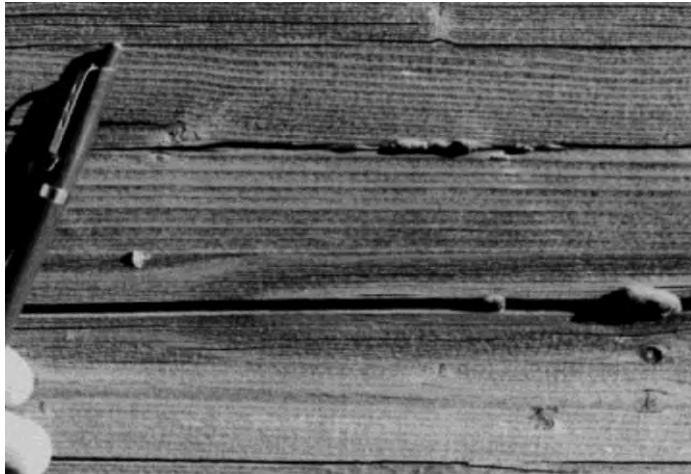


Bild 4: Fruchtkörper, die wegen ihres Austretens aus Holzris- sen eine längliche Gestalt haben

Ursachen

Laut der Untersuchung eines Fruchtkörpers im Labor handelt es sich um einen holzerstörenden Pilz der Familie Polyporaceae bzw. Lenzites.

Die Ursache für den Pilzbefall ist darin zu sehen, daß in Anbetracht der sehr exponierten Lage der Dachbinder der gewählte konstruktive sowie der chemische Holzschutz (gleichzeitig Oberflächenschutz) völlig unzureichend waren.

Die Abdeckbretter an den Oberkanten der Brettschichtbinder hatten wegen zu geringer Überstände (~1 cm) und wegen Undichtigkeiten eine unzureichende Schutzwirkung. Die Abdeckbretter an den Stirnflächen schützen nur wenig, da sie bei vertikaler Ausrichtung wegen ihres Abstandes von der Binderstirnfläche ein Eindringen von Niederschlagswasser kaum verhindern können.

Die gewählte Oberflächenbehandlung der Brettschichtbinder konnte als Dünnschichtlasur nur etwa ein Jahr lang die Holzoberfläche vor Wettereinwirkung schützen. Danach war der Schutzfilm so abgebaut, daß nur noch der ins Holz eingedrungene chemische Schutz verblieb. Eine solche Holzoberflächenzone behindert aber die witterungsbedingte Feuchtigkeitsaufnahme und Feuchtigkeitsabgabe der Binder zu wenig, so daß einerseits die vielen feinen Risse als Folge der Bewitterung und die weitklaffenden Trockenrisse als Folge von Eigenspannungen im Binderquerschnitt auftreten.

In die Risse kann Niederschlagswasser eindringen. Weil das gewählte Holzschutzmittel als Anstrich-Imprägnierung in Fichtenholz maximal wenige Millimeter tief eindringt, finden holzerstörende Pilze in den tiefreichenden Rissen im ungeschützten, feuchten Holz einen guten Nährboden.

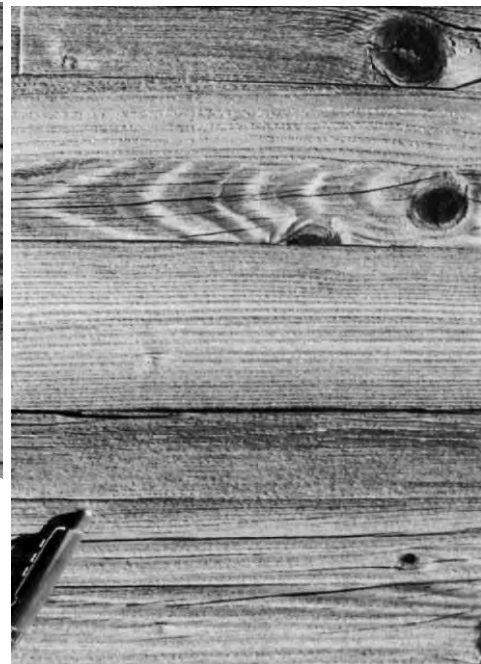


Bild 3: Feine und weit klaffende Risse an der seitlichen Fläche eines Brettschichtholzbinders

Behebung der Schäden/Mängel, Sanierung

Eine Möglichkeit, den Schaden unter völliger oder teilweiser Belassung der Binder als Tragsystem zu beheben, wurde nicht gefunden. Notwendig ist also die Erstellung einer neuen Tragkonstruktion. Denkbar wäre allerdings, an einer neuen Tragkonstruktion die derzeitige Holzkonstruktion zu befestigen. Damit der Pilzbefall in den verbliebenen Binderteilen gestoppt wird, müßten in diesem Fall durch bekämpfende chemische Holzschutz-Maßnahmen die vorhandenen Pilze abgetötet werden. Auch müßten die verbleibenden Binderteile so eingebaut werden, daß sie künftig trocken bleiben.

Stichworte → Abschnitt

| | |
|--------------------------------|---------------|
| Abdeckung, Witterungsschutz | Abschn. 6.3.3 |
| Stirnholz | Abschn. 6.3.5 |
| Grenzen des chem. Holzschutzes | Abschn. 6.1.5 |

[6-07] Schäden an den Hirnholzanschlüssen eines Wintergartens infolge der Hinterwanderung des Anstrichs durch Wasser [Trübswetter]

Allgemeines

Es handelt sich um einen Wintergarten, der an ein Einfamilienhaus südlich vorgebaut wurde. Das tragende Gerüst und die Tür-/Fensterrahmen sind aus Holz. Das Dach ist pultförmig geneigt und ebenfalls verglast. Die Holzrahmen sind dort mit Aluminiumprofilblech abgedeckt. Ein Dachüberstand fehlt. Südseitig befindet sich eine schmale Dachrinne. Als Holzart wurde bei den tragenden Teilen schichtverleimte Fichte, bei den Türfensterrahmen Hemlock verwendet. Das Holz ist allseitig mit einer hellen Dickschichtlasur behandelt.

Sachverhalt, Schadensbild

An zwei Stellen ist das Stirnholz verfault. Beide Male handelt es sich um Fäulnis wegen starker Wasseraufnahme über die Stirnholzflächen von unten, und zwar im Bereich der Bodenanschlüsse (Bild 1). An einem Fruchtkörper auf der Westseite ist zu erkennen, daß es sich beim Fäulnisverursacher um den Pilz Tannenblättling (*Gloeophyllum abietinum*) handelt, einen üblichen Schädling, der an unsachgemäß verbautem Fensterholz auftritt. An weiteren Hirnholzanschlüssen ist eine Hinterwanderung des Anstrichs durch Wasser zu erkennen. Baldige Fäulnis ist auch hier zu erwarten (Bild 2).

Ebenso sind an der Aussenfassade kleine helle Flecken vorhanden, die sich unregelmäßig über die Oberfläche der Holzbauteile verteilen.



*Bild 1: Fäulnis an einem Türstock;
Wasserspuren sind deutlich erkennbar*



*Bild 2: Spuren eingedrungenen Wassers an der
Stirnkante des unteren Frieses*

Ursachen

Wenn sich Wasser über das Hirnholz anreichern kann, ist Fäulnis absehbar. Im vorliegenden Fall war es unvermeidlich, daß über die offenen Brüstungen Wasser über Hirnholz eindringen kann.

Die Lasurschicht wird hinterwandert und behindert die Wiederaustrocknung. Jedoch wäre der Pilz auch entstanden, wenn die Lasur nicht aufgebracht worden wäre. Es hätte sich allenfalls eine Verzögerung beim Pilzwachstum ergeben. Diese Abhängigkeiten wurden im Institut für Fenstertechnik., Rosenheim, bereits frühzeitig publiziert ("Untersuchung über die Ursachen von Schäden an Holzfenstern durch holzerstörende Pilze" Abschlußbericht 1970 zum Forschungsvorhaben F 68/19 der DGfH / AIF).

Als zutreffende Norm kann hier die DIN 68 800 - 2 „Holzschutz im Hochbau- Vorbeugende bauliche Maßnahmen“ herangezogen werden. In der zum Bauzeitpunkt geltenden Fassung von 1984 heißt es zur Feuchte im Gebrauchszustand: „Durch bauliche Maßnahmen sollen Niederschläge vom Holz entweder ferngehalten, oder schnell abgeleitet werden“. Gegen diesen Grundsatz wurde hier verstoßen. Daher kam es zum Pilzbefall mit der beschriebenen Fäulnis, verursacht durch den Wachstum des Blättlings.

Ein besserer Schutz gegen Schlagregen hätte ein größeres Vordach gebracht. Auch eine tiefer herabgezogene Metallverkleidung über die besonders bewitterten oberen Holzteile wäre nützlich gewesen. Diese hätte mit Abstand zum Holz angebracht werden können, damit eine Kontrolle der Holzkonstruktion weiterhin möglich gewesen wäre.

Bei den hellen Flecken an der Außenfassade handelt sich um Anstrichschäden, die naturgemäß nicht aufgetreten wären, wäre der Anstrich nicht aufgetragen worden. Die Entstehung der kleinen Löcher ist nicht mit Sicherheit rekonstruierbar.

Eine wahrscheinliche Erklärung:

Die Löcher sind entstanden, weil sich in den unteren Friesen Feuchte angesammelt hat, möglicherweise aus dem angrenzenden Fliesenboden, der frisch verlegt war. Auch kann durch das an den Scheiben ablaufende Kondensat Feuchte in die unteren Querfrieze eingedrungen sein. Diese Feuchte hat sich unter der Anstrichschicht angesammelt und einen Druck ausgeübt, der dann zu einem Aufplatzen der frischen Anstrichschicht geführt hat im mikroskopischen Bereich:

Wahrscheinlich ist aber die Kraterbildung auf Blasenbildung zurückzuführen, die ebenfalls ihre Ursache in einer zu großen eingeschlossenen Feuchte im Holz hat. In der kalten Jahreszeit stellt sich eine hohe Luftfeuchte im Wintergarten ein. Diese dringt ins Holz, kann an der Außenfläche nicht austreten und sammelt sich so unter der Laserschicht. Dann werden Blasen verursacht, die nach dem Austrocknen der verursachenden Feuchte einfallen. Dieser Prozeß muß bereits im ersten Winter nach der im Herbst erfolgten Montage stattgefunden haben, als die Laserschicht noch nicht voll ausgehärtet und die Feuchte im Holz noch nicht stabilisiert war.

Letztlich ist also Ursache der Flecken immer Feuchte aus dem Holz, die gegen die Laserschicht von innen gedrückt hat. Die damit verbundenen Beschichtungsschäden haben dann das Eindringen von Regenwasser erlaubt, das die helle Verfärbung unter den Schadstellen produziert hat. Dieses Regenwasser hat seine verfärbende Wirkung erst im Lauf der Zeit ausgeübt; die Schäden sind erst nach zwei Jahren bemerkt worden.

Die hier beschriebenen Vorgänge können nur bei einem beschichtenden Material auftreten, wie hier verwendet. Sie sind aber unabhängig vom Hersteller produktspezifisch für Dickschichtlasuren. Die hellen Flecken wären mit einem porenoffenen Anstrich nicht entstanden.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die beiden Faulstellen müssen ausgestemmt werden, die Friesen sind zu ergänzen. Alle anderen Hirnholzstöße müssen im Rahmen der Reparaturen der Beschichtung überprüft und gegebenenfalls auch ausgebessert werden.

Die Ursache der Flecken sind kleine Löcher in der Anstrichschicht. Daher muß der ganze Außenanstrich erneuert werden.

Stichworte → Abschnitt

| | |
|----------------------------|---------------|
| stehendes Wasser | Abschn. 6.3.4 |
| Kapillarwirkung, Stirnholz | Abschn. 6.3.5 |
| Abplatzen von Anstrichen | Abschn. 6.4.5 |

[6-08] Pilzbefall an der Balkonkonstruktion aufgrund der Mißachtung des baulichen und chemischen Holzschutzes [Trübswetter]

Allgemeines

Die Balkone bestehen aus einer Kragplatte aus Beton als Fußboden. Davor ist ein Holzgerüst gehängt, das aus durchlaufenden Stützen, sowie bei jedem Balkon aus unteren und oberen Geländergurten besteht. Die Stützen enden unter dem untersten Balkon, stehen also nicht auf dem Boden auf.

Drei Jahre nach der Erstellung der Wohnanlage wurden von den Eigentümern der Wohnungen Schäden an der Balkonkonstruktion bemängelt.



Bild 1: Ansicht des untersten Balkons

Sachverhalt, Schadensbild

Die Balkonelemente sind vornehmlich bei den untersten Balkonen von Fäulnis befallen. Dort zeigen sich an den durchlaufenden Stützen, an den Brüstungsbrettern und den darunter montierten Kanthölzern dunkle Verfärbungen sowie grüner Schimmel.

Der Balkon des zweiten Obergeschosses zeigt die gleichen Schäden im Anfangsstadium. Die Ecke ist hier noch in Ordnung, nicht aber die Verbindung Stütze – Brüstung.

Ursachen

Fäulnis entsteht durch überhöhte Feuchte im Holz, die nicht austrocknen kann. Daher ist bei der Errichtung von Holzkonstruktionen immer die DIN 68 800 Teil 1 „Holzschutz im Hochbau, vorübergehende bauliche Maßnahmen“ zu beachten. Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Sinn dieser Norm sind alle konstruktiven Maßnahmen, die eine unzulässige Veränderung des Feuchtegehalts im Holz verhindern. Durch bauliche Maßnahmen sollen Niederschläge entweder ferngehalten oder schnell abgeleitet werden.

Gegen die DIN 68 800, Teil 1 ist bei der Konstruktion der Balkone mehrfach verstoßen worden.

Die Hängestützen der Balkone durchdringen die Brüstungselemente. Offensichtlich läuft das Regenwasser an den Stützen jeweils bis zum nächsten unteren Brüstungselement. Dort sammelt sich das an den Stützen ablaufende Wasser und dringt über das Hirnholz in die Bretter und Kanthölzer ein (Bild 2).

In der Balkonkonstruktion fällt von oben nach unten immer mehr Wasser an. Daher ist der unterste Balkon am meisten durchfeuchtet und dementsprechend auch am meisten verfault.



Bild 2: starke Fäulnis an der Hängestütze sowie am Brüstungselement

Die Brüstungsbretter sind nach außen durch die senkrecht stehenden Bretter, die als Blende dienen sollen, abgeschirmt. Diese Blenden halten jedoch den Wind ab und verhindern damit eine schnelle Trocknung der durchfeuchteten Brüstungen (Bild 3). Diese Blenden stellen den schwersten Verstoß gegen die genannte Norm dar. Möglicherweise wäre es ohne diese Blenden nicht zur Fäulnis gekommen.

Die senkrecht montierten Bretter des Balkongeländers stehen unten auf dem Falz des unteren Geländerrahmens auf. Auch hier ergibt sich eine Dauerdurchfeuchtung, da eine Ablüftung nicht gewährleistet ist. Die dort ebenfalls schon bemerkbare Fäulnis hat allerdings noch nicht zur Reklamation geführt, weil sie zunächst nicht bemerkt wurde.

Angesichts der Verstöße gegen die Regeln des konstruktiven Holzschutzes wurde auch untersucht, ob wenigstens eine chemische Vorbeugung vorgesehen wurde. Laut der Analyse der entnommenen Holzproben ist jedoch ein chemischer Holzschutz nicht vorhanden.



Bild 3: Pilzbefall an der durchfeuchteten Ecke des Brüstungselementes

Zur Beurteilung des Sachverhalts ist die DIN 68 800 Teil 3 „Holzschutz im Hochbau, vorbeugender chemischer Schutz“ heranzuziehen. In der damals geltenden Fassung vom Mai 1981 sind die Balkenhölzer in die Schutzklasse 3 (Außenbauteile) einzuordnen. Wenn man die vorhandene Lasur als Wetterschutz betrachtet, kann Schutzklasse 2 (Außenbauteile mit Wetterschutz) in Frage kommen.

Gefordert wird bei beiden Schutzklassen ein Schutzmittel mit den Prüfprädikaten P und Iv. d.h. ein Mittel mit Schutzwirkung gegen Pilze (Fäulnis) und Insekten. Bei Schutzklasse 3 muß das Mittel darüber hinaus nicht auszuwaschen sein.

Selbst wenn man den damals diskutierten Entwurf der neuen Norm oder die 1990 in Kraft getretene Neufassung von DIN 68 800

Teil 3 heranzieht, werden die Anforderungen an den Holzschutz bei diesen Balkonen nicht geringer. Vielmehr wird in der neuen Normfassung präzisiert: „Für Holzteile, die durch Niederschläge beansprucht werden, ist ein Oberflächenanstrich keine ausreichende Schutzmaßnahme. ...“

Damit ist eindeutig auch gegen die Regeln des vorbeugenden Holzschutzes durch chemische Mittel verstoßen worden.

Die verwendete Dickschichtlasur ist kein Holzschutz, sondern nur ein Wetterschutz. Allerdings erfüllt die abgewitterte Lasur auch diese Anforderung nicht. Der Anstrich ist bereits einmal erneuert worden, blättert allerdings schon wieder großflächig ab. Offensichtlich wurden die Herstellervorschriften für einen Wiederholungsanstrich nicht beachtet.

Bei Dickschichtlasuren ist auch bei Renovierungen der Untergrund besonders sorgfältig vorzubereiten. Das Abblättern zeigt, daß dies versäumt wurde. An den stark wetterexponierten Balkonen ist aber eine Wiederholung des Anstrichs im Zeitraum von ca. drei Jahren unerlässlich, wenn ein wirksamer Wetterschutz und ein dekoratives Aussehen gewährleistet werden soll.

Allerdings hätten auch durch einen einwandfreien Lasuranstrich die entstandenen Schäden durch mangelhaften Holzschutz, insbesondere konstruktiver Art, nicht verhindert werden können.

Behebung der Schäden, Sanierung

Eine Verbesserung der Balkone im Detail ist nicht möglich, da tragende Teile angefault oder bereits ganz zerstört sind. Eine Nachbesserung der Konstruktion würde die Ursachen der Fäulnis nicht beseitigen. Notwendig ist daher eine verbesserte Neukonstruktion, unter Beachtung der oben angeführten Grundsätze des konstruktiven Holzschutzes, bei der vor allem für eine ausreichende Belüftung gesorgt ist.

Stichworte → Abschnitt

| | |
|------------------|-------------------------------|
| Dickschichtlasur | <i>Abschn. 6.4.2 u. 6.4.5</i> |
| stehendes Wasser | <i>Abschn. 6.3.4</i> |
| Kapillarwirkung | <i>Abschn. 6.3.5</i> |

[6-09] Insektenbefall und Fäulnis an den Streben einer Balkonkonstruktion infolge der Mißachtung des konstruktiven Holzschutzes [Trübswetter]

Allgemeines

An den Balkonstützen einer Wohnanlage wurde ein Befall von Holzschädlingen festgestellt. Die Balkone sind außen an Stützen aufgehängt. Diese Stützen sind am oberen Ende durch schräg verlaufende Streben an einem Balken angehängt, der wiederum mit der Dachkonstruktion in Verbindung steht. An der Verbindungsstelle zwischen der Strebe und der Stütze entstand eine Fuge. Der Zusammenhalt der beiden Bauteile wird durch beidseits außen aufgeschraubte Stahlbeschläge gewährleistet. Auf der Innenseite der derart entstandenen Kehle ist das Holz an allen fünf Balkonen schadhaft (Bild 1). Die Abdeckung wurde erst nach einigen Jahren aufgebracht.

Sachverhalt, Schadensbild

Zu beobachten sind u.a. kreisrunde Löcher, die bei näherer Prüfung als Fluglöcher von Insekten erkennbar sind. Es handelt sich allerdings nicht um den Hausbock (*Hylotrupes bajulus*); wie vermutet, sondern um Grabwespen oder Holzbienen. Diese Insekten fressen sich Gänge und Brutkammern für ihre Larven. Derartige Aktivitäten sind aber nur möglich, wenn das Holz bereits morsch ist. Daher sind bei einer entnommenen Strebe im Labor tatsächlich nur an vermorschten Stellen Fraßgänge aufgefunden worden. (Bild 2)



Bild 2 oben: Fäulnis in der Holkehle, Insektenlöcher teils verkittet

Bild 1 links: Stütze und Strebe in Hohlkehle verfault

Ursachen

Die Konstruktion der nur teilweise überdachten Balkone entspricht nicht den Regeln der Technik. Insbesondere sind die schräg verlaufenden, an der Dachkonstruktion befestigten Balken waren vor der Abdeckung mittels Stahlblechen jahrelang der Witterung ungeschützt ausgesetzt. Zur Beurteilung der Konstruktion ist die zu dieser Zeit gültige DIN 68 800, Teil 2 „Baulicher Holzschutz“ (1984) heranzuziehen. Grundsätzlich wird nach dieser Norm gefordert, daß Holz so zu verbauen ist, daß es nicht durchnäßt werden kann. Wenn aber eine Befeuchtung unvermeidlich ist, muß die Konstruktion so beschaffen sein, daß eine rasche Wiederaustrocknung gewährleistet wird. Gegen diesen Grundsatz ist bei den Balkonen verstoßen worden.

Alle Schrägstreben hätten problemlos durch das Dach vor Niederschlägen geschützt werden können, wäre das Dach um einen Meter weiter hinausgezogen worden. Da aber aus unerklärlichen Gründen auf diesen Wetterschutz verzichtet wurde, hätte anstelle dessen ein andersartiger Wetterschutz z.B. in Form einer Abdeckung mit einem Kupferblech angebracht werden müssen. Dieser Wetterschutz wurde aber erst, wie es der Zustand des Holzes auch zeigt, nach einigen Jahren der Freibewitterung nachgerüstet.

Durch das Eindringen des Regenwasser hat sich in der Fuge Feuchtigkeit angereichert und zum Wachstum eines Fäulnispilzes geführt hat. Im Labor wurde er als *Gloeophyllum trabeum* bestimmt, bekannt als „Blättling“. Dieser Pilz ist die übliche Strafe bei Verstößen gegen die Prinzipien des baulichen Holzschutzes.

Sämtliche zu beobachtenden Bemühungen um eine Erhaltung der Konstruktion haben entweder nicht gegriffen oder kamen zu spät. An einem Balkon wurde die Schrägstrebe ersetzt. Da aber die Stütze ebenfalls verfault war, ist eine solche Maßnahme nur als Flickwerk anzusehen. Das Balkonholz wurde auch wiederholt - wie am Zustand der Oberflächen erkennbar - mit Lasuren nachbehandelt. Da aber Lasuren keine Holzschutzwirkung in die Tiefe des Holzes besitzen, war damit nichts zu erreichen.

Die konstruktiven Mängel konnten nicht durch eine wie auch immer gestaltete chemische Behandlung kompensiert werden. Die ursprünglich verwendete Lasur war zwar geeignet, die Holzoberfläche vor Abwitterung zu schützen, nicht aber, um das Holz vor Fäulnis an durchnässten Stellen zu bewahren. Auch ständiges Nachstreichen, wie geschehen, hat die Fäulnis nicht aufhalten können.

Bei der hier vorliegenden groben Mißachtung des Baulichen Holzschutzes hätte nicht einmal eine Kesseldruckimprägnierung mit einem geeigneten Schutzmittel den Pilzbefall verhindern können. Mit einer Imprägnierung wären nur die Außenzonen des Holzes geschützt gewesen. Das Holz ist aber von innen her verfault, da durch die Konstruktion die Feuchte im Anschlußbereich eindringen konnte. Eine Kesseldruckimprägnierung hätte allenfalls eine Verzögerung der Fäulnisbildung um wenige Jahre erreicht.

Behebung der Schäden/Mängel, Sanierung

Wären die inzwischen angebrachten Abdeckungen der Streben mit dem Kupferblech gleich nach der Errichtung der Balkone erfolgt, hätte diese Maßnahme zu einer dauerhaften Erhaltung der Konstruktion geführt. Der Zustand der Streben ist aber nun an allen Balkonen derart schlecht, daß nur eine grundlegende Reparatur zu einer Erhaltung der Balkonkonstruktion führen kann. Es sollten alle Streben und mindestens der obere Teil der Stützen ersetzt werden.

Stichworte → Abschnitt

| | |
|--------------------------------|----------------------|
| Grenzen des chem. Holzschutzes | <i>Abschn. 6.1.5</i> |
| Schutz vor Niederschlägen | <i>Abschn. 6.3.3</i> |
| stehendes Wasser | <i>Abschn. 6.3.4</i> |

[6-10] Verfärbungen und Braunfäuleschäden an den Holzstützen durch unzureichenden Bodenabstand [Steinmetz]

Allgemeines

An den Außenstützen eines Schwimmbades wurden Zerstörungen festgestellt, die auf eine Mißachtung der Vorschriften im Bereich des Holzschutzes zurückzuführen sind.

Die Stützen stehen vor der Fassade des Gebäudes und sind zum Teil in das Erdreich eingebunden. Sie weisen Zerstörungen durch Fäulnis im Bereich der Fußpunkte auf (Bild 1). An den Außenstützen zeigen sich, bedingt durch die trockene Witterung, recht große Risse, die teilweise in der Leimfuge verlaufen.

Der Feuchtigkeitsgehalt an den Fußpunkten der Stützen betrug im Mittel ungefähr 22%.

Sachverhalt, Schadensbild

Zur Bestimmung der Art und des Umfanges des Pilzbefalles wurden verschiedene Proben aus den Stützen entnommen, die schwarze Verfärbungen und Braunfäuleschäden aufwiesen (Bild 2).

Eine Untersuchung der Holzproben erbrachte den Nachweis, daß die braun verfärbten Holzproben von holzerstörenden Pilzen, Bakterien und Amöben befallen sind. Das Auftreten der Amöben ist ein Anzeichen, daß die Stütze, aus der die Probe stammt, in dem unteren Bereich einem starken Erdkontakt ausgesetzt war. Die Bakterien sind ein Indikator dafür, daß das Holz zeitweise sehr naß gewesen sein muß.



Bild 1: Stützenfuß mit Holzerstörung, zu nahe am Boden

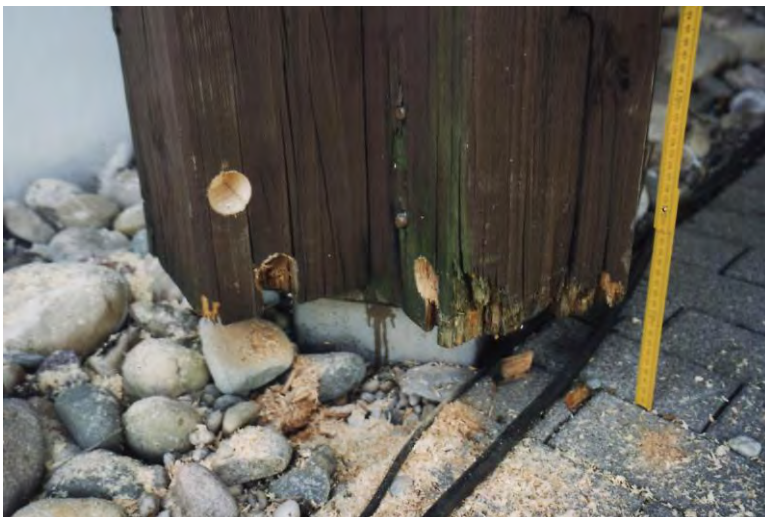


Bild 2: Stützenfuß mit Holzerstörung, Entnahmestellen für Untersuchungen

In den hellen Holzabschnitten, die aus dem Inneren der Holzquerschnitte und den ungeschädigten Bereichen der Stützen entnommen wurden, konnten keine Pilze festgestellt werden.

Ursachen

Bauliche Holzschutzmaßnahmen gegen holzerstörende Pilze haben das Ziel, Feuchtigkeit von Holz und Holzwerkstoffen fernzuhalten. Sie sind entsprechend den Regeln der Technik auszuführen. Durch bauliche Maßnahmen sollen Niederschläge vom Holz entweder ferngehalten oder schnell abgeleitet werden; ist dies aus gestalterischen oder konstruktiven Gründen nicht möglich, sind gegebenenfalls vorbeugende chemische Holzschutzmaßnahmen erforderlich. Die Ausschaltung von Spritzwasser kann z.B. durch einen mindestens 30 cm großen Abstand zwischen der Oberkante des Erdbodens und der Unterkante des Holzteils erreicht werden.

Die Außenstützen hatten keinen ausreichenden Abstand zur Erdoberfläche.

Die unteren Bereiche wurden so stark durchnäßt, daß eine Bildung von holzerstörenden Pilzen ermöglicht wurde.

Bei einigen Stützen wurden bei der Untersuchung Erdamöben festgestellt, ein Anzeichen dafür, daß die Stützen entweder direkten Erdkontakt haben oder daß bei Regen infolge Spritzwasser Erdreich an die Unterseite der Stützen gebracht wird.

Nach DIN 68800-2 ist ein für diese starke Beanspruchung ein vorbeugender chemischer Holzschutz der Schutzklasse 4 erforderlich.

Das vorgesehene Holzschutzmittel und das Einbringverfahren waren nur für die Klassen 1 bis 3 geeignet.

In einer Untersuchung wurde festgestellt, daß im Holz keine fungizid wirkenden Holzschutzmittelbestandteile in relevanten Konzentrationen nachweisbar sind. Es ist darüber hinaus auch sehr unwahrscheinlich, daß zum Zeitpunkt der Errichtung des Bauwerkes eine nach DIN 68 800 Teil 3 entsprechende Menge an Holzschutzmittel eingebracht wurde. Diese Tatsache führt zu der Vermutung, daß auch ein chemischer Holzschutz für die Schutzklasse 3 nicht ordnungsgemäß aufgebracht wurde.

Der Schaden wurde also sowohl durch eine Mißachtung des baulichen Holzschutzes nach DIN 68800-2, als auch des vorbeugenden chemischen Holzschutzes nach DIN 68800-3 verursacht.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Alle von holzerstörenden Pilzen befallenen Bereiche sind grundsätzlich auszuschneiden und zu ersetzen. Darüberhinaus sollte zur Sicherheit eine Zone von etwa 10 cm des „heilen“ Holzes mit entfernt werden.

Die Größe des zu entfernenden Bereiches ist von Stütze zu Stütze unterschiedlich. Sie kann im Zuge der Sanierungsarbeiten festgelegt werden und ist im Zusammenhang mit dem gesamten Sanierungskonzept zu planen.

Vordringliche Ziele der Sanierung sind der Ersatz des zerstörten Holzes, die Erhaltung der Dauerhaftigkeit aller Außenstützen durch einen angemessenen baulichen und chemischen Holzschutz sowie die Bekämpfung des Pilzbefalles durch chemischen Holzschutz. Der bauliche Holzschutz ist dabei bevorzugt zu beachten, da nur hierdurch - wie die Erfahrung gelehrt hat - ein wirklich dauerhafter und wenig pflegeintensiver Holzschutz gewährleistet werden kann.

baulicher Holzschutz

Die Zerstörungen sind hauptsächlich an den unteren Enden der Außenstützen aufgetreten. Der bauliche Holzschutz kann sich daher auf diese Bereiche beschränken. Das Ziel, Wasser und Erdkontakt vom Holz fernzuhalten, kann dabei durch verschiedene Ausführungen erreicht werden: z.B. Schutz des Stützenfußes durch eine Verblendung, bzw. durch eine Art Vordach aus Holz oder durch Auspressen der Kontaktzone an der Stahlplatte mit einem Epoxid Harz.

vorbeugender chemischer Holzschutz

Alle Holzbauteile sind mit einem vorbeugenden chemischen Holzschutz nach DIN 68 800-3, zu versehen. Die oberen Teile der Außenstützen sind in die Schutzklasse 3 nach DIN 68 800, Ausgabe Mai 1996 einzuordnen. Der Holzschutz der unteren Bereiche sollte sicherheitshalber mit Präparaten erfolgen, die für die Schutzklasse 4 geeignet sind.

bekämpfender chemischer Holzschutz

Die unteren Bereiche der Außenstützen sind mit einem bekämpfenden Holzschutzmittel nach DIN 68 800-4 zu behandeln.

Stichworte → Abschnitt

Schutz vor Spritzwasser, Bodenabstand

Abschn. 6.3.3

[6-11] Mögliche Befeuchtung der Holzkonstruktion durch die unsachgemäße Abdichtung der Fenstersohlbänke [Schmidt]

Allgemeines

Es handelt sich um ein eingeschossiges Holzskeletthaus mit ausgebautem Dachgeschoß. Alle tragenden Stützen und Unterzüge sind in Brettschichtholz ausgeführt, die tragenden Deckenbalken in Vollholz. Die Gefache des Holzskelettes wurden teilweise ausgemauert oder mit Fenster- und Brüstungselementen in Leichtbauweise zwischen den Stützen und Unterzügen geschlossen.

Sachverhalt, Schadensbild

Am Fußpunkt der Fenster bzw. der Brüstungselemente wurde eine Aluminiumsohlbank angeordnet. Diese weist im Eckpunkt Mängel auf. Dort ist die Fuge offen und provisorisch mit Silikon abgedichtet (Bild 1).



Bild 1: offene Fuge zwischen der Sohlbank und einem Brüstungselement

Die Fuge zwischen den Aufkantung der Fenstersohlbänke und den Stützen ist ebenfalls nicht vorhanden bzw. nur wenige Millimeter breit und z.T. schon wieder aufgerissen. Die Silikonversiegelung hat hier versagt (Bild 2).

Ursachen

Die Alu-Sohlbank hätte sinnvollerweise hinter die schuppenförmige Stülpchalung fassen sollen. Dann benötigt sie keinerlei Fugenversiegelung, allenfalls eine Dichtung mittels imprägniertem Schaumband. Die Fuge zwischen Sohlbank und Stülpchalung wurde nicht fachgerecht abgedichtet. Die Fuge zwischen den Stützen und der Alu-Sohlbank wurde ebenso nicht ordnungsgemäß abgedichtet. Auch hier hätte eine definierte, z.B. ca. 10 mm breite Fuge ausgebildet werden müssen, die nur seitliche Flankenhaftung besitzen darf. Bei einer zu geringen Fuge und der Haftung der Versiegelung am Untergrund wird die nachhaltige und dauerhafte Rückstellfähigkeit des Versiegelungsmittels überbeansprucht. Dadurch reißt die Versiegelung.

Der Einsatz von Montageschaum wird im Leistungsverzeichnis und damit im Angebot und Auftrag ausdrücklich untersagt. Montageschaum dichtet den Abschluß zwischen Fensterelement und massiven Bauteilen nicht dauerhaft ab. Der Montageschaum ist nicht in der Lage, die Bauteilbewegungen aus Quell- und Schwindverformungen sowie Windsog und -druck dauerhaft aufzunehmen und die Fuge abzudichten. Unter Sonnenbestrahlung zersetzt sich darüberhinaus der Montageschaum.

Auch zwischen Fenster- und Wandelementen und massiven Bauteilen ist eine definierte Fuge zu planen und z.B. mit imprägnierten Dichtungsbändern zu schließen.

Fenstersohlbänke müssen ein gerichtetes Gefälle weg vom Bauwerk haben, um die ihnen zugewiesene Aufgabe erfüllen zu können.

Die unsachgemäße Ausbildung der Anschlußfugen sowie der Sohlfugen kann zu einer Durchfeuchtung des Holzes und dadurch zu einer Schädigung der Holzkonstruktion führen.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Alu-Sohlbänke sind soweit zu kürzen, daß eine andichtfähige Fuge entsteht. Zwischen der Aufkantung und dem Holz ist ein imprägniertes Schaumband einzulegen. Bei Bedarf ist die Fuge zusätzlich zu versiegeln.

Die Aufkantung der Alu-Sohlbank ist hinter die Außenwandbekleidung (Stülpbekleidung) zu führen.

Die Fuge zwischen Fenster- und Brüstungselementen einerseits und massiven Bauteilen andererseits ist entsprechend dem Leistungsverzeichnis zu schließen. Zusätzlich wird vorgeschlagen, die Fuge mit einem imprägniertem Schaumband zu dichten.

Alle Sohlbänke sind mit Gefälle nach außen neu zu montieren.



Bild 2: aufgerissene Silikonabdichtung zwischen der Alu-Sohlbank und der Holzstütze

Stichworte → Abschnitt

Silikonfugen

Kompribänder

Fenstersohlbank, stehendes Wasser

Abschn. 3.3.3

Abschn. 3.3.2

Abschn. 6.3.4

[6-12] Rißbildung und Pilzbefall an der Oberseite der Brettschichtholzbinder einer Balkonkonstruktion [Frech]

Allgemeines

Es handelte sich hierbei um zwei Halbkreisbögen mit einem Radius von 3,42 m, die aus Brettschichtholz. Diese Bögen bilden bei dem Balkon des Wohnhauses den oberen und unteren Abschluß des Geländers. Der obere Bogen dient zugleich als Gurt und Handlauf, während der untere Bogen als Auflagerbalken und Widerlager für die runden Geländerstakketen fungiert.

An der Oberseite der Brettschichtholzbinder eines Balkons zeigten sich stärkere Rißbildungen.

Sachverhalt, Schadensbild

Bei den rd. 10 cm x 12 cm großen Querschnitten der Balkongeländergurte stehen die insgesamt sechs Einzellamellen senkrecht.

An dem Balkon zeigen die äußeren Decklamellen in nahezu allen Bereichen unschöne Absplitterungen, Abplatzungen sowie Rißbildungen (Bild 1), die zumindest teilweise bereits kurz nach der Herstellung vorhanden gewesen sein müssen. Vereinzelt wurde versucht, Absplittierungen mit Hilfe von Verschraubungen und Leim nachträglich auszubessern.



Bild 1: Ansicht des Balkons und der Risse in der Decklamelle

Auf den sichtbaren Oberseiten der beiden Gurte zeigen sich tiefe und klaffende Risse, die schräg über die Einzellamellen und zum Teil auch im Bereich der Leimfugen verlaufen. Ebenso problematisch bei der Balkonkonstruktion ist die Einbindung der Geländer-Stakketen in den Brettschichtholzgurt, da sich dort durch das Schwinden der Stakketen Fugen gebildet haben.

Diese Risse und Fugen bilden bei der freien Bewitterung des Balkons erhebliche Schwachstellen, da eindringendes Wasser nur sehr langsam wieder entweichen kann (Bild 2 & 3).



Teilweise wurde wenig sachgemäß versucht, die Risse und Fugen mit Silikon auszubessern und sie so gegen eindringendes Wasser abzdichten.

Bild 2: Typische Rißbildungen an der Oberseite des unteren Brettschichtholzbinders; Pilzbildung an der Einbindung der Stakketen

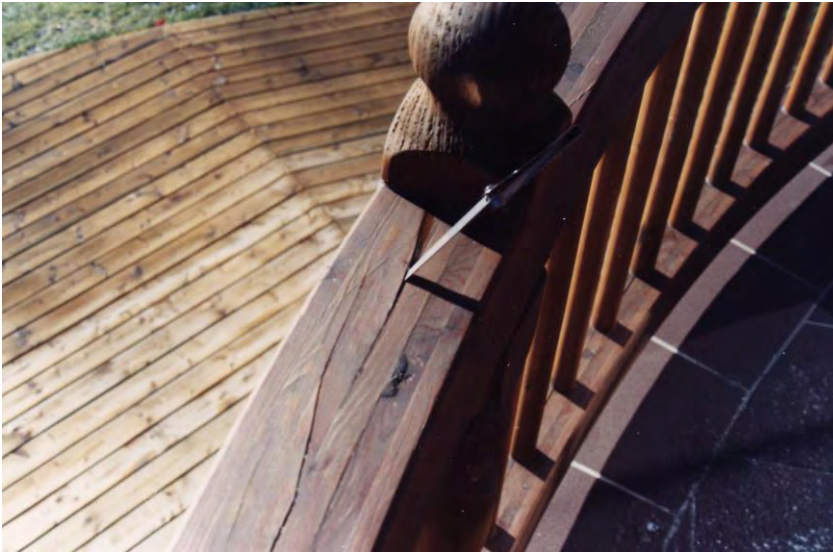


Bild 3: Risse an der Oberseite des Balkongeländergutes

Ursachen

Bei der Fertigung derartiger schichtverleimter Sonderteile mit einer vom üblichen abweichenden Holzart bedarf es im Hinblick auf die Holzauswahl und -sortierung einer besonderen Sorgfalt, d.h. es sind über die genormten Gütekriterien hinausgehende Anforderungen zu stellen.

Dies ist im vorliegenden Fall offensichtlich nicht konsequent genug geschehen.

Das Holz der Lamellen der verleimten Gurte ist mit dem vorhandenen Drehwuchs und der Faserabweichungen von äußerst schlechter Qualität, die bei der Verleimung und im späteren Nutzungszustand zu Problemen führen mußte.

Die Gütebedingungen der vergleichsweise heranzuziehenden DIN 4074 sind hier für die o.a. Merkmale nicht eingehalten.

Aus dem Leimbuch der ausführenden Firma konnten keine Daten entnommen werden, die auf Unregelmäßigkeiten bei der Fertigung schließen lassen.

Auch das Schadensbild weist darauf hin, daß die Verleimungen an sich in Ordnung sind.

Die erheblichen Schäden und Fehlstellen sind primär also darauf zurückzuführen, daß für die Fertigung der Geländergurte Holz mit einer unzureichenden und zu schlechten Qualität verwendet wurde. Eine sorgfältige Auswahl und Sortierung scheint nicht stattgefunden zu haben.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Für die beiden Geländergurte ist eine Sanierung durch Reparatur nicht möglich, d.h. eine Sanierung kann nur darin bestehen, daß diese beiden Teile gegen neu gefertigte ausgetauscht werden. Hierbei ist dann natürlich auf eine sorgfältigere Holzauswahl zu achten. Etwas dünnere Brettlamellen würden den Anteil der Eigenspannungen im Querschnitt verringern.

Der Austausch der Gurte ist vom Aufwand her mit Sicherheit aufwendiger als die ursprüngliche Fertigung, da das Geländer jetzt zunächst demontiert und im Werk wieder zusammengesetzt werden muß.

Weiter sind Aus- und Einbau schwieriger, da der vordere Hausbereich, in dem sich die Balkone befinden, nach der Fertigstellung des Hauses heute nur noch mit Schwierigkeit zugänglich ist

Stichworte → Abschnitt

stehendes Wasser

Abschn. 6.3.4

oberseitige Risse

Abschn. 6.3.4

[6-13] Pilzbefall infolge der fehlenden Abdeckung an der Oberseite der Brettschichtholzbinder einer Vogelfreiflughalle [FMPA]

Allgemeines

Die Vogelfreiflughalle besteht aus 13 Dreigelenkbogenbindern aus Brettschichtholz, die in einem Abstand von ca. 8,0 m angeordnet sind.

Die äußeren Binder sowie der zweite Binder von der Westseite sind durch die in einem Abstand von ca. 2,5 m angeordneten Pfosten, ebenfalls in Brettschichtholz, unterstützt. Der Anschluß der Pfosten an die Binder erfolgte mit einer Stahlblech-Dübelverbindung. Die ganze Halle ist mit einem Maschen-draht ummantelt.

Sowohl die Oberseiten der Binder als auch die oberen Stirnseiten der Pfosten waren nicht abgedeckt. Nach Angabe der Herstellerfirma wurden die Brettschichtholzteile nach der Verleimung mit dem Holzschutzmittel (Xylatekt-J, PA V-951) in einem Streichgang behandelt. Die Nachbehandlung der Teile erfolgte durch zweimaligen Anstrich mit einer dunkelbraunen Dickschichtlasur.

Sachverhalt, Schadensbild

Nach einer Standzeit von vier Jahren wurde erstmals im Bereich der obersten Pfostenenden ein Pilzfruchtkörper festgestellt. In der Folgezeit wurden dieselben Fruchtkörper auch im obersten Bereich einiger Dreigelenkbogenbinder festgestellt.

Nach einer Untersuchung der entnommenen Fruchtkörper handelt es sich um einen Befall durch den Zaunblättling (*Gloeophyllum sepiarium*).



Bild 1: Fruchtkörper des Blättlings im Bereich der 2. und 3. Lamelle von oben, aufgegangene Keilzinkenverbindung in der obersten Lamelle

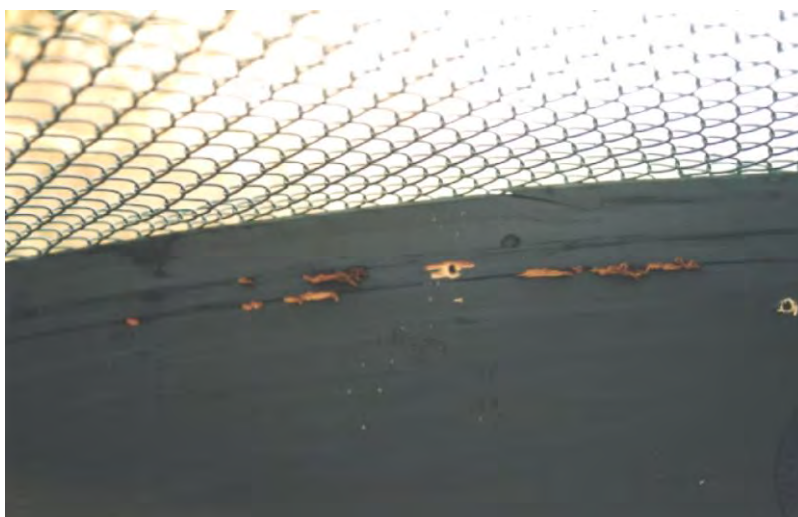


Bild 2: Fruchtkörper des Blättlings an der Nordseite eines Binders

Die Fruchtkörper des Blättlings konnten bei den befallenen Brettschichtholzbindern im Bereich der oberen drei Lamellen festgestellt werden. Teilweise sind in der obersten Lamelle Keilzinkenverbindungen aufgegangen. (Bilder 1 & 2). Die Holzfeuchte der oberen drei Lamellen betrug mehr als 100 %. Die vierte und fünfte Lamelle hatten eine Feuchte zwischen 40 und 25 %. Die Feuchte der übrigen Lamellen betrug zwischen 18 und 20 %.

An einer im Bereich der 3. Lamelle von oben entnommenen Bohrkern konnte eine ziemlich starke Zerstörung des Holzes im inneren Bereich festgestellt werden. Der Holzzustand eines Bohrkerns aus der fünften Lamelle war wiederum einwandfrei.

Ursachen

Der Pilzbefall ist eindeutig auf die Nichtbeachtung des baulichen Holzschutzes zurückzuführen. Bei einer Schutzmittelbehandlung der Binder wie in diesem Fall muß ein optimaler baulicher Holzschutz vorgenommen werden. Die Oberseiten der Binder sowie die oberen Stirnseiten der Pfosten hätten unbedingt abgedeckt werden müssen, z.B. mit einer Blechabdeckung. Da dies nicht erfolgte, konnte das Niederschlagswasser bei den Pfosten über die Stirnseiten und bei den Bindern über die feinen Risse der obersten Lamelle in das Holz eindringen. Mit den feinen Rissen in der obersten Lamelle der Binder muß immer gerechnet werden, vor allem wenn die Binder dunkel gestrichen sind. Die dunklen Flächen erreichen im Sommer eine Temperatur bis zu 70°C. Diese Temperatur führt in Verbindung mit der Feuchteabgabe zu Spannungen im Holz, die u.a. durch Bildung von feinen Rissen abgebaut werden. Nach der Lage der Fruchtkörper ist anzunehmen, daß bei den Bindern höchstens die beiden obersten Lamellen durch Pilze befallen sind. Der größte Teil der übrigen Lamellen befindet sich noch in einem relativ guten Zustand. Der Befall der Pfosten ist im oberen Bereich in einer Länge von bis zu 70 cm festzustellen.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Der Zustand aller Pfosten und Binder ist noch einmal genau zu untersuchen. Von Fall zu Fall ist dann zu entscheiden, ob die befallenen Teile ersetzt werden müssen. Alle Fruchtkörper sind zu entfernen und die oberen Bereiche der Pfosten sind mit einem Holzschutzmittel nachzubehandeln. Anschließend ist auf die Binder sowie Pfosten eine Blechabdeckung über Zwischenhölzern anzubringen. Durch die Blechabdeckung wird verhindert, daß Niederschlagswasser in das Holz eindringt. Das in die oberen Bereiche eingedrungene Niederschlagswasser wird im Laufe der Zeit aus dem Holz entweichen, so daß die Voraussetzung für einen Befall durch den festgestellten Pilz nicht mehr vorhanden sein wird.

An den Stellen, die ohne großen Aufwand mit einem fahrbaren Aufzug erreicht werden können, ist die Holzfeuchte drei und sechs Monate nach der erfolgten Abdeckung zu messen, um die Geschwindigkeit der Austrocknung zu erfassen.

Außerdem sind die Binder in den folgenden drei Jahren in Abständen von ca. sechs Monaten zumindest mit dem Fernglas zu überprüfen. Wenn in dieser Zeit keine neuen Fruchtkörper festgestellt werden, ist anzunehmen, daß der Befall zum Stillstand gekommen ist.

Stichworte → Abschnitt

Abdeckung von bewitterten Bauteilen
Grenzen des chem. Holzschutzes
Risse bei bewitterten Bauteilen

Abschn. 6.3.3
Abschn. 6.1.5
Abschn. 6.3.4

[6-14] Harzaustritt bei Balkon [Steinmetz]

Allgemeines

Bei einem Gebäude wurde der bestehende, teilweise verfaulte Balkon durch eine neue Konstruktion ersetzt. Es handelt sich um einen dreigeschossigen Balkon, der ganz in Douglasienholz errichtet wurde. Beanstandet wurde eine starke „Verschmutzung“ der Hölzer.

Sachverhalt, Schadensbild

Bei der „Verschmutzung“ handelte es sich um Harz, welches aus dem Holz ausgetreten ist. Der Harzaustritt war an nahezu allen Holzteilen festzustellen (Bild 1 und 2).

Bild 1 (rechts): Harzaustritt bei nahezu allen Holzteilen

Bild 2 (unten): starker Harzfluß bei Balkonbrettern



Ursachen

Ursächlich für den vorgefundenen Zustand ist die Verwendung von nicht ausreichend abgelagertem bzw. trockenem Holz. Hier ist insbesondere das Douglasienholz mit seinem hohen Harzanteil und den vielen Harzgängen besonders empfindlich.

Unter Sonneneinstrahlung verflüssigt sich das oberflächennahe Harz und tritt aus. Durch den vorhandenen dunklen Anstrich wird dieser Effekt noch verstärkt: zum einen wird die Oberflächentemperatur höher als bei hellen Anstrichen, und zum anderen ist der Kontrast zum dunklen Untergrund stärker ausgeprägt.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Oberflächen sind abzuschleifen, so daß das ausgetretene Harz entfernt wird. Mit dem anschließenden Anstrich ist solange zu warten, bis praktisch das gesamte Oberflächenharz ausgetreten ist.

Stichworte → Abschnitt

Harzaustritt, dunkler Anstrich

Abschn. 6.4.5

[6-15] Großflächig abgeblätterter Anstrich wegen der Verwendung einer Lackgrundierung Fäulnispilze im unteren Bereich der Hängepfosten [Frech]

Allgemeines

Es handelt sich hierbei um ein über Erdgeschoß und Obergeschoß reichendes Holzskelett mit rasterförmig angeordneten Stützen und Pfosten aus Brettschichtholz mit einer vollflächigen Verglasung der Gefache. Im Obergeschoß verlaufen die Fortsetzungen der Stützen, an ein schmales horizontales Dach anschließend, als unter ca. 45° geneigte Sparren (Bild 1).

Die Anschlüsse in den beiden Knickpunkten sind mit eingeschlitzten Blechen und Stabdübeln ausgeführt. Die Schlitzte sind von außen durch Holzleisten abgedeckt.



Bild 1: Ansicht des wintergartenähnlichen Anbaus und der Anstrichschäden

zu einem späteren Zeitpunkt bei allen Hölzern, -außen und innen- mit einem weißen Anstrich auf Akrylharzbasis.

Sachverhalt, Schadensbild



Bild 2: Anstrichschäden im linken oberen Eckbereich des Anbaus

Im Erdgeschoß befindet sich neben einem Windfang in der Breite von 3 Stützenfeldern der seitliche Eingang zum Treppenhaus.

Wegen eindringendem Niederschlagswasser ist die Dachschräge des Anbaus schon frühzeitig mit einer lichtdurchlässigen Plane abgedeckt worden. Die planmäßig vorgesehene Abdeckung der oben frei liegenden Hölzer und der Anschlußknickpunkte mit Zinkblechen wurde bis heute nicht ausgeführt.

Die Hölzer sind im oberen Bereich mit einem filmbildenden Klarlack, einer Art „Bootslack“ gestrichen worden. Der Endanstrich erfolgte

Die Oberflächen der im Freien liegenden Hölzer sind in einem äußerst schlechten Zustand. Auffallend ist hierbei, daß dies gerade für die Bereiche zutrifft, die mit dem „Bootslack“ gestrichen sind. Hier ist der Anstrich, bestehend aus farblosen Lack und anhaftender weißer Farbe großflächig abgeblättert oder lose (Bild 2).

An den beiden Schmalseiten sind im Obergeschoß die oben schräg angeschnittenen Stützen nicht abgedeckt und somit der freien Bewitterung ausgesetzt. Hier kann Niederschlagswasser über die Stirnholzbereiche in die Stützen eindringen.

Im Bereich des Windfangs sind die freien unteren Enden der „Hängepfosten“ vermutlich aus architektonischen Gründen durch profilierte Holzbrettchen abgedeckt, die in ihren Grundflächen größer sind als die Balkenquerschnitte. Dies bewirkt, daß sich von oben ablaufendes Wasser auf den überstehenden Rändern sammelt und von dort ungehindert und stetig vom Stirnholz der Pfosten aufgesogen werden kann. Als direkte Folge hat es sich hier ergeben, daß diese unteren Pfostenbereiche heute durch Fäulnispilze angegriffen und zerstört sind (Bild 3).

An der Vorderfront des Anbaus ist lediglich im dritten Feld von rechts der Querriegel von oben und teilweise auch von vorne durch ein Fenstersimsprofil geschützt. Solche Abdeckungen sind bei den übrigen Riegeln, obwohl es aus Sicht des Holzschutzes vorteilhaft wäre, nicht vorhanden.

Die Grenze zwischen Lackgrundierung und Nur-Farbanstrich verläuft bei den Stützen von der Unterkante des Querriegels aus schräg nach vorne/unten. Dementsprechend zeichnet sich hier auch eine



Grenze zwischen schadhaftem Anstrich und weniger schadhaftem Anstrich ab.

An einer Stütze wurde in Höhe der Heizkörperoberkante von innen mit Hilfe eines Zuwachsbohrers eine kleine Bohrprobe entnommen; diese ergab keinen auffälligen Befund. An derselben Stelle wurde die heute vorhandene Holzfeuchtigkeit von 10,5 % mit Hilfe eines elektrischen Schnellmeßgerätes gemessen.

Bild 3: Detail des zerstörten unteren Bereichs des Hängepfostens

Ursachen

Im vorliegenden Fall führten mehrere, zusammenwirkende und sich negativ ergänzende Faktoren und Umstände zu den heute noch vorhandenen Schäden. Am schwerwiegendsten wirkte es sich dabei aus, daß die Holzkonstruktion, d.h. die Sparren mit den Knickpunkten beim Dach und bei den vertikalen Stützen mit allen Anschlußbereichen nicht rechtzeitig abgedeckt wurden, obwohl dies entsprechend der Planung eindeutig vorgesehen war.

Unter rechtzeitig ist hierbei nicht ein Zeitraum von ein bis zwei Jahren zu verstehen, sondern von allenfalls ein bis zwei Wochen! Dasselbe gilt für das Aufbringen eines geeigneten Anstrichsystems.

Über die schrägen Sparren, die Glasfalze und die Bauteilanschlüsse mit den eingeschlitzten Stahlblechen, die natürlich nicht wasserdicht sind, konnte Niederschlagswasser sowohl in das Bauwerk als auch in die Hölzer eindringen. Dies führte in der Folge bei den außen zunächst wasserdicht lackierten Bauteilen zu gravierenden Anstrichschäden. Die Lackschicht konnte dem von innen auftretenden Dampfdruck und auch den Quell- und Schwindbewegungen des Holzes nicht standhalten. Es kam zu den heute noch vorhandenen Ablösungen und Abplatzungen dieser absolut ungeeigneten Lackierung, wobei dann der eigentliche Außenanstrich der weißen Akrylharzfarbe natürlich mitbetroffen war.

Im Außenbereich traten zudem Feuchteschäden aufgrund von nicht materialgerechten Konstruktionsdetails auf, wie z.B. die von unten abgedeckten Hängepfosten, bzw. wären noch zu erwarten (Stützenfüße, fehlende Simse, Stützenköpfe).

Mit anderen Worten: Schäden wären nicht aufgetreten, wenn der Anbau umgehend von oben abgedeckt worden wäre, wenn ebenfalls sofort ein korrekter Anstrich, der übrigens einer regelmäßigen Pflege bedarf, vorgenommen worden wäre und wenn einige Details konstruktiv einwandfrei ausgeführt worden wären.

Behebung des Mängel/Schäden, Sanierung

Bei sämtlichen Balken und Kanthölzern ist der schadhafte Anstrich sowie Unebenheiten in den Holzoberflächen vollständig und gründlichst zu entfernen. Danach sind die Holzteile in allen Bereichen auf Schadstellen zu überprüfen.

Soweit erforderlich sind Sanierungsarbeiten auszuführen. Diese können aus Einleimen von passenden Teilstücken aus Brettschichtholz oder auch aus Ersatz von ganzen Teilen mit einem hierfür geeigneten Verfahren bestehen (z.B. BETA-Verfahren unter Verwendung von Glasfaserarmierung und Polymer-Holz, gemäß Zulassung). Die deckend zu streichenden Hölzer gewährleisten, daß eventuelle Reparaturstellen später nicht mehr erkennbar sind.

Nach der Überarbeitung der Holzkonstruktion ist außen ein neues und vollständiges Anstrichsystem aufzubringen, bestehend aus einer bläuewidrigen Imprägnierung, einer Grundierung und einem 2-fachen Endanstrich auf Akrylharzbasis.

Die Schäden an den Enden der Hängepfosten können auf einfache Weise dadurch beseitigt werden, daß die Pfosten bis in die Bereiche von gesundem Holz (geschätzt ca. 20 bis 30 cm) gekürzt werden. Die neuen Enden sind, unabgedeckt, anzuschrägen und mit Tropfnasen zu versehen. Die gesamten Stirnholzflächen sind mit einem fungiziden Holzschutzmittel zu imprägnieren.

Dasselbe gilt für die nach unten durchlaufenden Stützen mit ihren nach hinten abgeschrägten Stirnenden.

Als letzte und wichtigste Maßnahme verbleibt, daß die Dachsparren und ihre Anschlüsse von oben wirkungsvoll so abgedeckt werden, daß unter keinen Umständen Wasser in die Holzkonstruktion eindringen kann.

Gegebenenfalls ist zu überprüfen, ob es nicht sinnvoll ist, bei der Dachschräge des Anbaus oben eine flächige, durchgehende und lichtdurchlässige Eindeckung mit einem Dachüberstand oder einem herabgezogenen Traufwinkel anzubringen. Für das Dach würde dies eine doppelte Verglasung bedeuten, wobei der Zwischenraum zwischen den beiden Verglasungen belüftet sein müßte.

Falls möglich, sind bei den Querriegeln/Schwellen in Höhe der Geschoßdecke wasserableitende Simse anzuordnen.

Stichworte → Abschnitt

| | |
|------------------------------|----------------------|
| Abdeckung von Bauteilen | <i>Abschn. 6.3.3</i> |
| stehendes Wasser | <i>Abschn. 6.3.4</i> |
| Kapillarwirkung | <i>Abschn. 6.3.5</i> |
| Abplatzen von Beschichtungen | <i>Abschn. 6.4.5</i> |

[6-16] Abrißfugen zwischen dem zu Tafeln verklebten Dielenfußboden infolge der Verklebung der Dielenbretter mit Wasserlack [Schmidt]

Allgemeines

Der hölzerne Dielenfußboden, Holzart Fichte, in einer Wohnung weist in unregelmäßigen Abständen signifikant breite Fugen auf. Der Bodenbelag wurde nach der Verlegung mit einem Wasserlack versiegelt, der die einzelnen Dielenbretter miteinander verklebte. Trocknungsbedingt kam es unvermeidbar zu Schwindverformungen, die zu Abrißfugen führten, die sowohl den gestalterischen Eindruck beeinträchtigen, als auch die Bewohner der Wohnung gefährden können.

Die Dielenbretter liegen auf Glattkantbrettern ($d = \text{ca. } 24 \text{ mm}$) auf, die beidseitig an die vorhandenen Deckenbalken angebracht sind. Der Abstand der Deckenbalken beträgt 77 bis 80 cm. Der größte Abstand der Seitenbretter beträgt $\text{ca. } 80 - 16 = 64 \text{ cm}$.

Sachverhalt, Schadensbild

Die Dielenbretter sind von großer Fuge zu großer Fuge zu Tafeln zusammengeklebt. Die Fugen in der Nut- und Federverbindung der Dielenbretter zwischen den großen Fugen tendieren gegen null und sind voll mit Versiegelungsmittel (Bild 1). Im Eßzimmer werden auf 2 m Breite (19 Dielenbretter umfassend) folgende offene Fugenbreiten gemessen: $1,4 \text{ mm} + 7,5 \text{ mm} + 6 \text{ mm} + 2 \text{ mm} + 6,2 \text{ mm} = 23,1 \text{ mm}$.

Im Schlafzimmer hat sich eine Fuge auf 12 mm geöffnet (Bild 2). Zwischen den beiden benachbarten Dielenbrettern wird ein Höhenunterschied von 3,5 mm gemessen. Im Streiflicht ist erkennbar, daß sich die Dielenbretter konkav und konvex geschüsselt haben.

Auch im Wohnzimmer zeigen sich deutliche Fugen von 6,5 mm und 8,5 mm Breite.

Die Dielenbretter sind mit Drahtstiften nach DIN

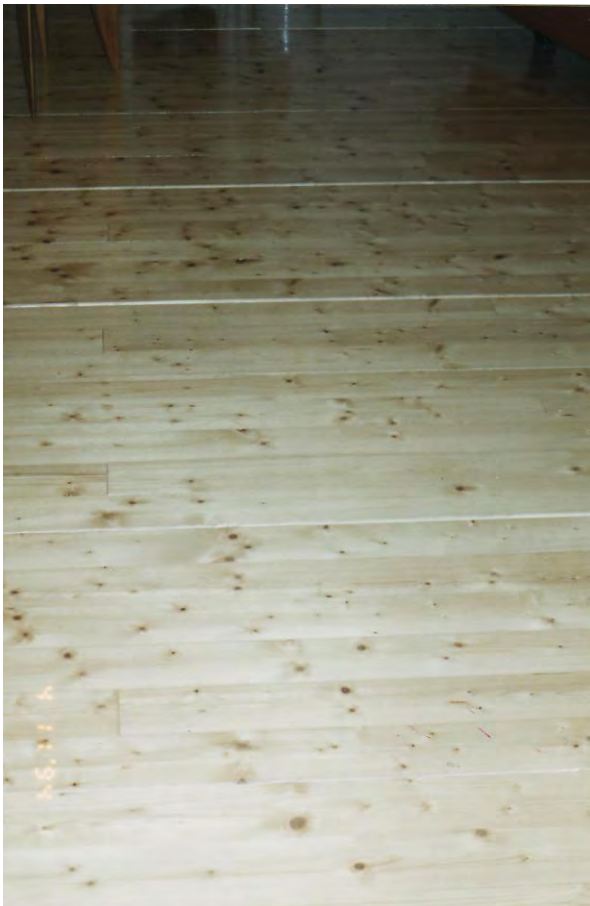


Bild 1: Zu Tafeln verklebter Dielenfußboden, in unregelmäßigen Abständen breite Abrißfugen



Bild 2: Geöffnete Fuge über Deckenbalken und darauf angebrachten Glattkantbrettern

1151 durch die Feder auf der Unterkonstruktion befestigt. Die Längsstöße einzelner Dielenbretter sind ohne Auflager, d.h. schwebend angeordnet. Die freien Enden lassen sich im Bereich der offenen Fugen kräftig, um mehr als 11 mm nach unten, durch Trittbelastung verformen.

Ursachen

Holz arbeitet, d.h. Holz quillt und schwindet je nach Feuchteauf- oder -abnahme. Im Bauwesen macht sich vor allem der Schwindprozeß negativ bemerkbar. Er führte zu einer Reduzierung der Holzabmessungen, im Dielenbodenbereich und folglich zur Fugenbildung. Die Fugen pro Brett würden auf jede Fuge des Bodens verteilt nur $23,1 \text{ mm} / 19 \text{ Bretter} = 1,2 \text{ mm}$ betragen. Dies wäre materialbedingt und unvermeidbar.

In DIN 1052 Teil 1 wird das mittlere Schwindmaß von Fichte mit 0,24% je % Feuchteänderung angegeben. Daraus läßt sich annähernd eine Differenz der Holzfeuchte zwischen dem Einbau und nach der Austrocknung von $\Delta u := 23,1 \times 0,24 = 4,8 \%$ ermitteln.

Die Einbaufeuchte war also ca. 4,8% höher als die jetzige Ausgleichsfeuchte des Holzes. Bei einer jahreszeitlich bedingten, erfahrungsgemäß mit ca. 10% zu erwartenden Holzfeuchte ergibt das eine Einbauholzfeuchte von ca. 15 %. Das Holz war folglich trocken und von daher für den Einsatz als Fußbodendielen geeignet.

Die Holzfeuchte des eingebauten Holzes stellt sich jahreszeitlich bedingt ein. Daraus folgt, daß auch beim Einbau von trockenem Holz noch mit weiteren Schwindverformungen zu rechnen ist. Diese werden i.d.R. in der Nut- und Federverbindung zwischen den einzelnen Brettern schadens- und mangelfrei aufgenommen.

Die nach der Verlegung aufgetragene Versiegelung mit Wasserlack hat jedoch zu einer Verklebung der Dielenbretter miteinander geführt. Das Versiegelungsmittel ist in die Fugen geflossen und hat diese weitgehend irreversibel verleimt. Diese Verbindung bricht erst, wenn die durch die nachträglichen Schwindverformungen auftretenden Spannungen in der verklebten Fuge oder im Holz die aufnehmbaren Kräfte übersteigen. Beides ist hier geschehen und hat zu der Tafelbildung mit anschließend entstandener Abrißfuge geführt.

Der Verklebungseffekt verschiedener Versiegelungsarten ist seit langem bekannt. In „INFORMATIONSDIENST HOLZ - Dielenfußböden (Ausgabe 1988)“ wird folgerichtig darauf hingewiesen. Dort heißt es:

"Filmbildende Lacke und Versiegelungsmittel bewirken je nach Typ (z.B. säurehärtende Versiegelungen, DD-Versiegelungen und Wasserlacke) ein mehr oder weniger starkes Verkleben einzelner Dielen miteinander. Dies kann bei neuverlegten Böden u.a. zu Abrißfugen führen. Bei Imprägniersiegeln oder Einkomponenten-Säurehärtungen tritt dieser Klebeeffekt nicht auf."

Die Breite der Abrißfugen und deren Ausmaß im Verhältnis zu den nicht geöffneten anderen Fugen ist unzuträglich groß. Sie beeinträchtigen in unzumutbarer Weise das Aussehen des Bodens. Darüber hinaus gefährden sie die Gesundheit der Bewohner, da durch die Fugen unkontrolliert und nicht-rückholbar Staub und Schmutzpartikel in den Hohlraum unter den Boden gelangen können, die damit ein Hygieneproblem darstellen können.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Der Fußboden ist in der jetzigen Form nicht brauchbar. Aus diesem Grund ist der Boden zu erneuern. Die Sanierung kann entweder durch den Austausch des vorhandenen Belages, incl. Abschleifen und Versiegeln mit einem nichtverklebenden Mittel, oder durch die Verlegung von Fertigparkettdielen auf den mangelhaften Dielenboden erfolgen.

Stichworte → Abschnitt

Schwinden/Quellen

Abschn. 2.1.2

Verklebung von Wasserlack

Abschn. 6.4.3

[6-17] Farbablösungen im Bereich der horizontalen Kanten einer Profilbrettschalung infolge der mangelhaften Haftung des Anstrichs [Frech]

Allgemeines

Es handelt sich um ein kleineres, eingeschößiges Wohnhaus mit ausgebautem Dachgeschoß, das in Holzskelettbauweise erstellt ist. Die Wetterschutz besteht aus waagrecht angeordneten Nut- und Federbrettern auf vertikaler Lattung.

Nach einer Standzeit von drei Jahren zeigten sich an der Außenfassade deutliche Verwitterungserscheinungen.

Sachverhalt, Schadensbild

Bei dem vorhandenen Anstrich handelt es sich um eine deckende Lasur, Farbton beige bis elfenbein, bei der die Holzstruktur nur teilweise sichtbar bleibt.

Aus größerer Entfernung, wie zum Beispiel von der gegenüberliegenden Straßenseite her, scheint die Holzfassade in einem einwandfreien Zustand zu sein. Dieser Eindruck ändert sich allerdings bei einer näheren Betrachtung.

Insbesondere auf der Westseite in den unteren, durch die Dachvorsprünge weniger oder nicht geschützten Fassadenbereiche, sind Verwitterungsspuren wie z.B. Farbabplatzungen und -ablösungen auf der Holzoberfläche vorhanden (Bild 1).

Dieser Schaden ist verstärkt an den Kanten der einzelnen Bretter ersichtlich.

Das darunter jetzt frei liegende Holz ist vergraut, weil es nicht mehr gegen die Bewitterung geschützt ist.



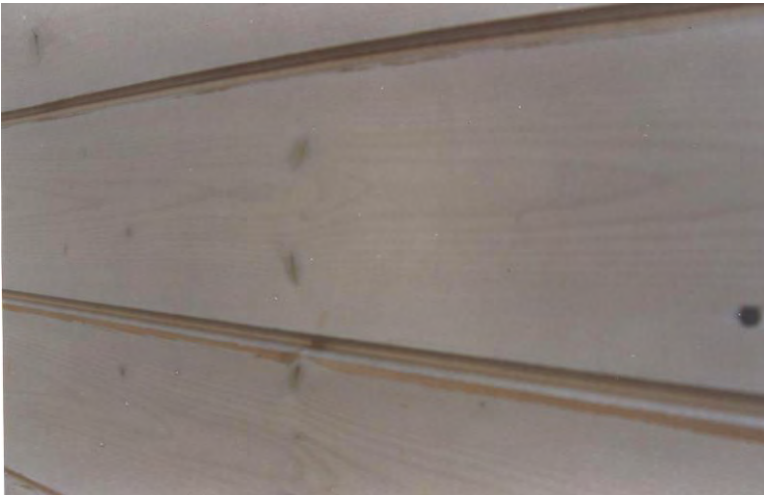
Bild 1: Ansicht der verwitterten Außenfassade

Ursachen

Die Verwitterungserscheinungen an der Fassade sind darauf zurückzuführen, daß ein ungeeignetes Anstrichsystem verwendet wurde und vor allem die einzelnen Bretter der Profilbrettschalung scharfe Kanten aufweisen.

Für die angesprochenen Kanten, von denen die primären Schäden ausgehen, gilt für alle Bereiche, daß sie so scharfkantig sind, wie sie bei der Fertigung die Hobelmaschinen verlassen haben. Dies führte hier auch zu den größten Schadstellen, da der Lasuranstrich in diesen Bereichen nicht in einer ausreichenden Dicke aufzubringen war.

Auf Bildern 2 & 3 sind die typischen Farbablösungen im Bereich der horizontalen Kanten, ebenso wie die mangelhafte Haftung des zusätzlich zu dünnen Anstriches sichtbar, bei dem keineswegs von einem Anstrichsystem gesprochen werden kann



Bilder 2 & 3: Detailansichten der Farbabblösungen an den Kanten der Profilbrettschalung



Gerade bei einem lasierenden und deckenden Anstrichsystem gilt, daß ähnlich wie bei Holzfenstern, die Kanten leicht abgerundet sein sollten, um eine gute Kantenabdeckung zu erreichen. Eine gleichmäßige Schichtdicke bedeutet zudem ein gleichmäßiges Diffusionsverhalten und somit Schutz für Holz und Anstrichsystem.

Auf die Abrundung der Kanten hätte hier z.B. dann verzichtet werden können, wenn für den Anstrich eine offenporige Holzlasur auf Lösungsmittelbasis verwendet worden wäre.

Mit solchen Imprägnierlasuren, die in sehr kurzen Zeitabständen zu wiederholen sind, werden lediglich Farbpigmente in einer kaum vorhandenen Schichtdicke aufgebracht, die das Diffusionsvermögen des Holzes kaum beeinflußt.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Bei der Fassade waren Schäden am Holz infolge von Bewitterung und Feuchtigkeitseinwirkung noch nicht festzustellen.

Der Mangel läßt sich dadurch beseitigen, daß die Außenverschalung bei gleichzeitiger Abrundung der Kanten sorgfältig abgeschliffen und ein korrektes und komplettes Anstrichsystem, bestehend aus Bläueschutz, Grundierung und 2-fachem Endanstrich, aufgebracht wird.

Stichworte → Abschnitt

Kantenausbildung bei Anstrichen

Abschn. 6.4.5

[7-01] Schwingungen bei einer Holzbalkendecke [Schmidt]

Allgemeines

Es handelt sich um ein zweigeschossiges Zweifamilienhaus, welches in Holzrahmenbauweise erstellt wurde. Bei der Holzbalkendecke zwischen Erdgeschoß und Obergeschoß wird das Schwingungsverhalten bemängelt. Vertraglich wurde ein Trittschallschutzmaß von +10 dB vereinbart ($L'_{n,w,eq} = 53$ dB).

Sachverhalt, Schadensbild

Der bislang fertiggestellte Fußbodenaufbau stellt sich wie folgt dar (von oben nach unten):

- Gehwegplatten 50 mm,
- Weichfaserdämmplatten,
- Faserbretter 28 mm,
- sichtbare BSH-Deckenbalken 10/16 cm.

Die Deckenbalken sind z.T. als Einfeldträger mit einer Stützweite von $l = 3,2$ m und z.T. als 3-Feldträger mit Stützweiten von 3,2/1,25/3,25 m ausgeführt (Bild 1).



Bild 1: Unteransicht Decke

Beim Begehen der Decke auf den Gehwegplatten spürt man, wenn auch nur schwach, leichte Schwingungen der Geschoßdecke. Beim Wippen auf den Füßen sind die Schwingungen, auch Nachschwingungen, deutlicher zu spüren, sowohl bei den Durchlaufbalken im Bereich des Wohnzimmers als auch – und stärker – bei den Einfeldbalken im westlichen Giebelzimmer. Durch die Belastung eines im OG springenden Mannes auf die Balkendecke ist im EG eine Verformung des einzelnen Balkens deutlich zu erkennen. Dies wird vom Bauherrn reklamiert, er sieht darin einen Mangel.

Ursachen

Eine statische Berechnung ergab, daß die Durchbiegungen aller Balken das jeweils zulässige Maß nicht überschreitet. Auch die Berechnung des Schwingungsverhaltens nach der vorliegenden Fassung des Eurocode 5 ergab keine unzulässigen Werte. Aus den Berechnungen ist festzustellen, daß die Schwingungen der Balkendecke kein unzulässiges Maß annimmt.

Der geplante Deckenaufbau ist jedoch nicht genormt, auch liegen z.Zt. keinerlei Meßergebnisse vor. Ein vergleichbarer Aufbau, jedoch ohne Gehwegplatten, liefert ein Trittschall-Verbesserungsmaß von –9 dB. Es ist zu bezweifeln, daß auch mit den nicht aufgeklebten Gehwegplatten das in DIN 4109 geforderte Maß von +10 dB erreicht wird.

Weiterhin wird vermutet, daß die Weichfaser-Dämmplatten zwischen Faserbrettern und Beschwerungssteinen möglicherweise eine weiche Federung zwischen Brettbeschwerung und Brettern erzeugt und so die Dämmwirkung der Steine bei mittleren und höheren Frequenzen aufhebt. Dies wurde in der Praxis mit Bitumenfilz leidvoll erfahren.

Die Decke ist schalltechnisch mangelhaft.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Der Geschoßdeckenaufbau ist gegen einen Aufbau entsprechend DIN 4109 auszutauschen. Vorgesprochen wird folgender Aufbau, mit dem ein Verbesserungsmaß von +10 dB erreicht wird (Informationsdienst Holz: Schallschutz bei Holzbalkendecken):

- Fußbodendielen 22 mm,
- Packpapier,
- OSB-Platte 22 mm,
- Mineralfaser-Trittschalldämmplatte 25 mm,
- Beton-Gehwegplatte aufgeklebt 50 mm,
- OSB-Platte 22 mm,
- Packpapier,
- Faserbretter 26 mm,
- sichtbare BSH-Deckenbalken 10/16 cm.

Stichworte → **Abschnitt**

Trittschallschutz bei Holzbalkendecken

Abschn. 7.3.2

[7-02] Unzumutbare Schallübertragung wegen der mangelhaften Planung und Ausführung der Deckenkonstruktion [Köhnke]

Allgemeines

Bei dem Objekt handelt es sich um ein Einfamilienwohnhaus in eineinhalbgeschoßiger Bauweise, d.h. mit ausgebautem Dachgeschoß. Das Gebäude wurde in Holztafelbauweise errichtet. Die Geschoßdecke und das Dach sind als sog. Studiobinder ausgebildet.

Die Binderuntergurte im Abstand von 1,00 m bilden die Deckenbalken. Jeweils mittig in den Feldern der Binderuntergurte ist ein zusätzlicher Deckenbalken der Dimension 45 x 220 mm eingeführt, so daß sich ein Gesamtbalkenabstand von ca. 0,50 m ergibt.

Die Deckenoberseite ist mit einer 22 mm dicken Flachpreßspanplatte beplankt.

Auf dieser Flachpreßplatte ist unmittelbar der Bodenbelag (Teppich bzw. Fliesen) verlegt worden. An der Deckenunterseite ist rechtwinklig zu den Balken eine Lattung von ca. 22 mm angebracht. An dieser Lattung sind 14 mm dicke Fichteprofilbretter (Profil B, mit Nutung) angebracht. Innerhalb der Gefache der Balkenlage ist ca. 100 mm dicke Mineralwolle eingelegt.

Die Deckenhöhe der Dachgeschoßräume beträgt ca. 2,30 m (Oberkante Spanplatte bis Unterkante Kehrlriegel 2,35 m abzügl. Bodenbelag, Lattung und Gipskarton).

Sachverhalt, Schadensbild

Nach Bezug des Bauvorhabens stellten die Bauherren eine unzumutbare Geräuschbelästigung, maßgeblich im Trittschallschutzbereich aus den Wohnräumen im Dachgeschoß des Hauses fest.

Ursachen

Bei Einfamilienwohnhäusern und ggf. Zweifamilienwohnhäusern werden gelegentlich auf dem Markt Konstruktionen aus sog. Studiobindern angetroffen. Diese Nagelplattenbinder bilden sowohl die tragfähige Dachkonstruktion als auch gleichzeitig die Balkenlage.

Insbesondere bei preiswerten Ausbauhäusern sowie hauptsächlich skandinavischen Häusern, wird diese Bauweise des öfteren auch auf dem deutschen Markt angetroffen.

Die Ausführung ohne Gipskartonplatte an der Unterseite (unterhalb der Profilverbretterung) und ohne Trockenunterboden oder Estrich an der Oberseite ist auf dem deutschen Markt als nahezu „unüblich“ zu bezeichnen.

Mit derartigen Konstruktionen werden die ggf. erforderlichen Anforderungen an den Brandschutz und eine Mindestanforderung an den Schallschutz nicht erreicht.

Auch in bezug auf eine erforderliche Luftdichtigkeit der Gebäudehülle (siehe hierzu DIN 4108) ist die Anordnung einer Gipskartonplatte unterhalb der Profilverbretterung allgemein üblich und nötig.

Die vorgefundene Decke wird allgemein als „Rohdecke“ bezeichnet. Rohdecken sind Decken zur Aufnahme eines Estrichs oder auch Trockenunterbodens. Ein derartiger Fußbodenaufbau ist im vorliegenden Fall nicht vorhanden.

Beim Schallschutz eines Bauteiles, hier insbesondere bei Deckenelementen, sind zwei Arten der Schallübertragung zu beachten und zwar der Luftschall und der Trittschall.

Während die erforderlichen Luftschallschutzwerte im allgemeinen relativ unproblematisch zu erreichen sind, so erfordert die Ausführung eine akzeptablen Trittschallschutzes stets eine aufwendigere Konstruktion.

Zu den Vorschriften in Bezug auf einen Mindestschallschutz stellt die DIN 4109 zunächst keine Anforderungen an Geschoßdecken im Bereich eigengenutzter Wohnräume.

Im Beiblatt 2 zur DIN 4109, Ausg. November 1989, werden Empfehlungen gegeben, aber keine zusätzlichen genormten Festlegungen getroffen.

Die Tabelle 3 dieses Beiblattes, „Empfehlungen für normalen und erhöhten Schallschutz, Luft- und Trittschalldämmung von Bauteilen zum Schutz gegen Schallübertragung aus dem eigenen Wohn- und Arbeitsbereich“, empfiehlt jedoch für einen normalen Schallschutz im Bereich des Trittschallschutzes für Decken in Einfamilienwohnhäusern ein Trittschallschutzmaß (TSM) von + 7 dB ($L'_{m,w}$ 56 dB). Als Empfehlung für einen erhöhten Schallschutz führt die gleiche Tabelle ein TSM von + 17 dB auf.

Diese Werte sind jedoch nicht verbindlich. Sie stellen vielmehr das technisch und wirtschaftlich sinnvoll Machbare dar.

Da in der Ausführung Deckenkonstruktionen mit lediglich Profilholzbekleidung an der Deckenunterseite in Deutschland weitgehend unüblich sind, liegen hierüber auch keine konkreten Messungen bzw. Prüfergebnisse vor.

Eine übersichtliche Zusammenstellung der üblichen Konstruktionswerte ist im Holzbauhandbuch, Reihe 3, Bauphysik, Teil 3, Folge 3, „Schallschutz an Holzbalkendecken“ enthalten (Hrsg. Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung).

Gemäß den aufgeführten Schallschutzwerten dieser Literatur wird die eingebaute Rohdecke ein TSM von ca. -10 dB bis -12 dB aufweisen.

Dieser Wert liegt deutlich unter den üblichen Schallschutzwerten von Holzbalkendecken, so daß auch ohne bauakustische Messung die Mangelhaftigkeit der Konstruktion festgehalten werden kann. Auch die vor Ort getroffenen Feststellungen lassen subjektiv den Eindruck einer unzumutbaren Belästigung erkennen.

Die ausgeführte Konstruktion und der damit erreichte Schallschutzwert entsprechen keinesfalls dem Stand der Technik.

Behebung der Mängel/Schäden, Sanierung

Die Erreichung einigermaßen akzeptabler Schalldämmwerte ist im vorliegenden Fall problematisch auszuführen. Zunächst ist das Wohngebäude fertiggestellt und bezogen.

Eine Verbesserung des Trittschallschutzes durch Aufbringung des allgemein üblichen Estrichs auf der Deckenoberseite gestaltet sich insofern als schwierig, als daß die lichte Raumhöhe im Obergeschoß derzeit ohnehin lediglich 2,30 m beträgt.

Ein akustisch wirksamer Estrich- bzw. Trockenestrichaufbau auf der Geschoßdeckenoberseite würde jedoch eine Aufbauhöhe von mindestens 50 mm benötigen.

Abgesehen davon, daß die eingebauten Türen und vermutlich auch Türöffnungen dies nicht zulassen, würde auch die Mindestraumhöhe deutlich unterschritten.

Eine Verbesserung des Schallschutzes durch Veränderungen an der Deckenunterseite würde ebenfalls die lichte Raumhöhe von ca. 2,40 m um ca. 3 cm bis 4 cm reduzieren.

Verbesserungen an der Deckenunterseite wären möglich, in dem die Profilhölzer entfernt werden und statt der Lattung Metallfederschienen angebracht würden. An diesen Federschienen wären zwei Lagen 12,5 mm Gipsplatten anzubringen und darauf wieder die Profilholzdecke.

Mit dieser Verbesserung an der Deckenunterseite sind Trittschallschutzmaße in einer Größenordnung von bis zu + 3 dB bestenfalls erreichbar. Höhere Werte sind lediglich durch Verbesserungen sowohl an der Deckenunter- wie auch an der Deckenoberseite zu erreichen. Der empfohlene Wert von + 7 dB wird mit dieser Veränderung noch nicht erreicht, ist bei preiswerten Häusern jedoch auch nicht üblich bzw. erforderlich.

Nach einem Urteil des OLG Hamm ist für den eigengenutzten Wohnbereich ein Trittschallschutzmaß von 0dB ausreichend.

Stichworte → Abschnitt

Konstruktive Hinweise zum Schallschutz

Abschn. 7.3

Mindestanforderungen an Schallschutz

Abschn. 7.1

[8-01] Schimmelpilzbildung an den inneren Gebäudeecken eines Wohnhauses durch falsches Nutzungsverhalten der Bewohner [Köhnke]

Allgemeines

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein Einfamilienwohnhaus in Fertigbauweise (Holzgroßtafelbau). Das Wohnhaus besitzt ein Walmdach ohne Dachgeschoßausbau.

Die Wandelemente in Holzgroßtafelbau sind von innen nach außen wie folgt aufgebaut:

9,5 mm Gipskartonplatten ·

13 mm Holzspanplatte

95 mm Fachwerk / 80 mm Dämmung WLZ 0,040

13 mm Spanplatte V-100

Bitumenpappe

60 mm Mineralwollkerndämmplatte WLZ 0,040

Luftschicht

ca. 10 cm Vorverblendung

Raumklimadaten

Die Raumlufttemperatur betrug zwischen 20°C und 21 °C; die relative Luftfeuchte 67%. In der äußeren Ecke des Wohnzimmers, die durch einen Wohnzimmerschrank eingeengt war, wurde eine Temperatur von 17°C festgestellt. Die relative Luftfeuchte in diesem Bereich war nahezu mit der Raumluftfeuchte identisch.

Im Kinderzimmer des Wohngebäudes betrug die Raumlufttemperatur 21 °C. In der Raumecke betrug die Temperatur ebenfalls 21°C. Die Luftfeuchtigkeit sowohl im Raum wie auch in der Raumecke betrug ca. 57% bis 58%.

In der geschädigten Gebäudeecke stand zuvor ein Schrank, der eine Luftzirkulation in diesem Bereich unterband. Dieser Schrank wurde vorzeitig vor dem Ortstermin aus dieser Ecke entfernt, so daß dadurch eine Angleichung der Klimadaten stattfand.

Sachverhalt, Schadensbild

In den beanstandeten Gebäudeecken befanden sich sowohl im unteren als auch im oberen Bereich Stockflecken bzw. leichte Schimmelpilzbildung.

Die Holzfeuchtigkeit der in diesem Bereich befindlichen Fußleiste wurde mit 13% festgestellt. An im Raum befindlichen Möbeln wurden Feuchtwerte von ca. 8% bis 9% ermittelt, was darauf schließen läßt, daß bei einer üblichen Raumtemperatur von 20°C die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit zwischen 60% und 70% beträgt.

Insofern kann davon ausgegangen werden, daß die festgestellten Klimadaten den durchschnittlichen Nutzungswerten entsprechen.

Im Bereich des Dachüberstandes wurde von außen die Dacheindeckung incl. der Unterspannbahn geöffnet, so daß ein Einblick in die Dämmstoffe sowohl der Decke wie auch der Außenwand erfolgen konnte.

Dabei konnte festgestellt werden, daß im oberen Deckenanschlußbereich die örtlich eingebrachten Kerndämmplatten die Dämmplatten der Deckenkonstruktion nicht überdeckten, so daß in diesem Bereich eine Kältebrücke vorliegt.

Weitere Untersuchungen am Fußpunkt der Wandelemente ergaben keinen Hinweis auf konstruktive Mängel bzw. Ausführungsmängel. Eine Überprüfung der Dichtigkeit der Kunststoffenster ergab eine überdurchschnittlich gute Funktion (Papierdurchzugstest).

Ursachen

Zunächst muß festgestellt werden, daß die vorgefundenen Luftfeuchtigkeitswerte, hier insbesondere im Wohnzimmer, deutlich über dem üblichen Niveau mit 40% bis 50% Luftfeuchte lagen.

In den geschädigten Bereichen war durch die Möblierung die Luftumwälzung beeinträchtigt. Erschwerend kommt hinzu, daß durch den vorgestellten Schrank mit einem Oberbett eine dämmende Wirkung vor der Wand vorlag, wodurch die Oberflächentemperaturen der dahinter befindlichen Bauteile deutlich abgesenkt wurde.

Der Diffusionsschutznachweis der vorgefundenen Wand wurde auf einem Rechner simuliert. In der Berechnung wurde entgegen der vorgefundenen Konstruktion die Mineralwollkerndämmplatte der Außenseite statt 60 mm mit nur 40 mm angenommen, um Einflüsse durch die geometrischen Formen etwas zu kompensieren. Die Berechnung ergab, daß die Konstruktion den Anforderungen nach DIN 4108 erfüllt. Bis auf die zuvor geschilderten Fehlstellen in der Dämmung liegen insoweit keine konstruktiven Mängel bzw. Ausführungsmängel vor.

Bei den mit Schimmelpilz befallenen Flächen ist davon auszugehen, daß nutzungsbedingte Einflüsse die Ursache sind. Dies soll folgendes Beispiel erläutern:

Die Lufttemperatur an den Oberflächen der Wände ist stets geringer als die Raumlufttemperatur. Bei normal gedämmten Wänden beträgt die Differenz zwischen Oberflächentemperatur der Wandelemente und der Raumluft ca. 2°C bis 3°C. Bei hochgedämmten Wänden, wie im vorliegenden Fall, ergibt die Berechnung eine ca. 1,5°C niedrigere Temperatur als die der Raumluft.

Durch die geometrische Form der Gebäudeecke (große abgebende äußere Oberfläche und geringe aufnehmende innere Oberfläche) kann davon ausgegangen werden, daß insbesondere bei geringer Luftzirkulation, die innere Oberflächentemperatur um weitere 2°C abfällt. Dies haben auch die Messungen bestätigt. Die innere Wandoberfläche hatte eine Temperatur von ca. 17°C.

Besonderes bei größeren Temperaturschwankungen kann es durch Unterschreiten der inneren Oberflächentemperatur zu Tauwasserausfall (Kondensat) kommen.

Bei 20°C und 100% Luftfeuchte beinhaltet die Raumluft 17,6 g Wasser. Das bedeutet, daß bei 20°C und einer vorhandenen Luftfeuchte von 67% der absolute Wassergehalt der Luft 11,8 g/m³ beträgt.

Wird davon ausgegangen, daß geometrisch bedingt die innere Oberflächentemperatur in der Wandecke 1,5°C + 2°C = 3,5°C niedriger ist als die Raumtemperatur, wäre bei einer Nachtabenkung um nur 3,5°C die Temperatur der inneren Oberfläche 7°C geringer als die der tagsüber vorhandenen Raumtemperatur von 20°C.

Luft mit einer Temperatur von 13°C hat eine max. Wasserkapazität von 11,4 g, also weniger als der in der Raumluft tagsüber vorhandene Wassergehalt. Insoweit kommt es dann zu Tauwasserausfall mit anschließender Schimmelpilzbildung bzw. Bildung von Stockflecken.

Beseitigung der Schäden/Mängel, Sanierung

Um derartige Schäden zu vermeiden ist die Nachtabenkungstemperatur mit einer geringeren Spreizung vorzunehmen. Außerdem ist darauf zu achten, daß die Raumluftfeuchtigkeit im üblichen Nutzungsbereich von 40% bis 50% relativer Luftfeuchte liegt. Dies wird durch ggf. mehrmalige kräftige Stoßlüftung erreicht.

Desweiteren ist darauf zu achten, daß vor diesen Wandecken keine großflächigen umfassenden Möblierungen ausgeführt werden, um eine Durchlüftung dieser Eckbereiche sicherzustellen. Besonders nachteilig wirken sich hier vorgelagerte hochdämmende Schränke etc. aus. Diese senken die Temperatur der inneren Oberfläche derart stark ab, daß es bei dem üblichen Raumklima an der Wandoberfläche zwangsläufig zu Kondensat kommt.

Die festgestellten Ausführungsmängel im oberen Deckenanschlußbereich des Kinderzimmers und die dadurch bedingte Kältebrücke sind zu beseitigen.

Stichworte → Abschnitt

Schimmelpilz bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit Abschn. 8.3.1

11 Literatur

3. Bauschadensbericht: Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden. Hrsg. BMBau. 1996
- Anonymus 1998: Säger setzen auf modernen Holzbau – Ergebnisse einer Strukturanalyse der deutschen Sägeindustrie. bauen mit holz 10/98: S. 88 – 89
- BAKA Praxis Nr. 1: Richtig lüften, behaglich wohnen. Hrsg.: Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e.V., Bonn
- Bauschäden Sammlung: Sachverhalt - Ursachen - Sanierung. Hrsg. G. Zimmermann. IRB Verlag
- Baust, E. 1995: Praxishandbuch Dichtstoffe. Hrsg.: Industrieverband Dichtstoffe, Düsseldorf
- Becker, K.; Pfau, J.; Tichelmann, K. 1996: Trockenbau Atlas. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller
- Beuth-Kommentare: Holzschutz – baulich, chemisch, bekämpfend. Erläuterungen zu DIN 68800-2, -3, -4. DIN und DGfH, 1998
- Borsch-Laaks, R.: Wärme- und Feuchteschutz in Holzbauteilen. Seminar „Bauphysik-Holzhaus“ der Akademie des Zimmerer- und Holzbaugewerbes, Kassel
- Brasholz, A. 1998: Anstrichschäden im Bild. IRB-Verlag
- Brüninghoff et al. 1989: Eine ausführliche Erläuterung zu DIN 1052 Teil 1 bis Teil 3. Beuth Kommentare. Hrsg. DIN und DGfH
- DGfH-Merkheft Nr. 11: Oberflächenbehandlung von Holz im Außenbereich. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, 1991
- Diehl, F. (Hrsg.) 1993: Innenraumbelastungen: erkennen, bewerten, sanieren. Beiträge der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF). Bauverlag
- Franz, R.; Strauß, W. 1992: Zimmer- und Holzbauarbeiten. Kommentar zur DIN 18334 und DIN 18299. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller
- Frech, P. 1988: Beurteilungskriterien für Rißbildungen bei Bauholz im konstruktiven Holzbau. Holzbau - Statik - Aktuell, Folge 10
- Geißler, A.; Hauser, G. 1996: Luftdichtheit von Holzhäusern. bauen mit holz 7/96, S. 562-568
- Glos, P. 1995: Qualitätsschnittholz als unternehmerische Notwendigkeit. bauen mit holz 1995: S. 502 – 508
- Gockel, H. 1996: Konstruktiver Holzschutz - Bauen mit Holz ohne Chemie. Beuth Verlag, Werner Verlag
- Gösele, K.; Schüle, W.; Künzel, H. 1997: Schall - Wärme - Feuchte. Bauverlag
- Grosser, D. 1987: Pflanzliche und tierische Bau- und Werkholz - Schädlinge. DRW-Verlag
- Gustafsson, M. 1990: Uptagning av vatten i paneländer (the uptake of water into differently bevelled and treated ends of vertical siding boards). Forschungsbericht, Trätek, Stockholm, Schweden
- Hauser, G.; Stiegel, H. 1992: Wärmebrücken-Atlas für den Holzbau. Bauverlag
- Holzrahmenbau. Bund Dt. Zimmermeister im Zentralverband des Dt. Baugewerbes, 1992
- Holzrahmenbau - mehrgeschossig. Bund Dt. Zimmermeister im Zentralverband des Dt. Baugewerbes, 1996

Holzschutz - Informationen für Bauherren, Architekten und Ingenieure. Hrsg. Wirtschaftsministerium Baden Württemberg

IFO (INFORMATIONSDIENST HOLZ):

- Bauen mit Holz ohne Chemie
- Bauen mit Holzwerkstoffen (holzbau handbuch R1T01F03)
- Baulicher Holzschutz (holzbau handbuch R3T05F02)
- Das Holzhaus
- Das Wohnblockhaus (holzbau handbuch R1T04F05)
- Fugen in Außenwänden (EGH-Bericht)
- Holz-Glaskonstruktionen und Holz-Wintergärten (holzbau handbuch R1T18F01)
- Holzschutz: Bauliche Empfehlungen (holzbau handbuch R3T05F01)
- Holzrahmenbau (holzbau handbuch R1T03F04)
- Holzskelettbau (holzbau handbuch R1T03F06)
- Konstruktionsvollholz - Der Baustoff für den zeitgemäßen Holzbau
- Konstruktionsvollholz (holzbau handbuch R4T02F01)
- Konstruktive Holzwerkstoffe (holzbau handbuch R4T04F01)
- Nachträglicher Dachgeschoßausbau (holzbau handbuch R4T14F03)
- Niedrigenergiehäuser: Planungs- und Ausführungsempfehlungen (holzbau handbuch R1T03F03)
- Niedrigenergiehäuser: Bauphysikalische Entwurfsgrundlagen (holzbau handbuch R1T03F02)
- Schallschutz: Holzbalkendecken (holzbau handbuch R3T04F02)
- Wärmebrücken (holzbau handbuch R3T02F06)
- Wohngesundheits im Holzbau

Jagenburg, W. 1997: Dreißigjährige Gewährleistung als Regelfall? Das Organisationsverschulden. In: Aachener Bausachverständigentage 1997. Bauverlag

Künzel, H. 1985: Richtiges Heizen und Lüften in Wohnungen. Bauforschungsbericht des BMBau. IRB-Verlag, Stuttgart

Neuhaus, H. 1994: Lehrbuch des Ingenieurholzbau. B.G. Teubner

Oswald, R.; Abel, R. 1995: Leitfaden über hinzunehmende Unregelmäßigkeiten bei Neubauten. Forschungsbericht, AlBau. IRB-Verlag

Pohl, W.-H. 1996: Die Chance liegt im Detail. Verein Süddeutscher Kalksandsteinwerke, Vortragsreihe 1996

Radovic, B.; Sievert, R. 1994: Befallswahrscheinlichkeit durch Insekten bei Dachstühlen von Wohngebäuden und vergleichbaren Gebäuden. bauen mit holz 3/94: S. 188 – 194

Rybicki, R. 1974: Schäden und Mängel an Baukonstruktionen. Werner Verlag

Schulze, H. 1990: Vermeidung von Feuchteschäden im Holzbau. Forschungsbericht, DGfH, München

Schulze, H. 1993: Schäden an Wänden und Decken in Holzbauart. Reihe: Schadenfreies Bauen. Hrsg. G. Zimmermann. IRB Verlag

Schulze, H. 1996: Holzbau: Wände - Decken - Dächer. B.G. Teubner

Schulze, H. 1997: Sicherung des baulichen Holzschutzes; Grundlagen und bauliche Auswirkungen der Festlegungen in DIN 68 800-2. Forschungsbericht 1997, DGfH

Seidler, B. 1996: Schäden beim Ausbau von Dachgeschossen. IRB-Verlag, Stuttgart

- Technik im Zimmererhandwerk. Bund Dt. Zimmermeister im Zentralverband des Dt. Baugewerbes
- Wagner, C. 1994: Hinweise auf statische Problemstellen in Dachkonstruktionen und bei der Verbindung mit der Unterkonstruktion. Informationsdienst holzbau technik 7/94. Mitteilungen der Verbände des Bayerischen Zimmerer- und Holzbaugewerbes
- Wagner, H. 1989: Luftdichtheit und Feuchteschutz beim Steildach mit Dämmung zwischen den Sparren. DBZ 12/1989
- WEKA-2: Holzbau für Architekten. Hrsg.: Galiläa/Wossnig/Walloschke. WEKA-Verlag
- WEKA-2: Ursachen und Haftung bei Bauschäden und Baumängeln. Hrsg.: Frey/Motzke et al. WEKA-Verlag
- Willeitner, H. 1996: Holzschutz. In: Holzbau-Taschenbuch, Bd. 1. Ernst&Sohn
- Zellweger, C. et al. 1995: Schadstoffemissionsverhalten von Baustoffen – Methodik und Resultate. Forschungsbericht, EMPA Dübendorf, CH, Abt. Luftfremdstoffe/ Umwelttechnik
- Zimmermann (Hrsg.): Bauschäden-Sammlung, Band 1 - 11. IRB-Verlag

12 Stichwortverzeichnis

| | | | | | |
|--|----------------|--------------------------------|------------|------------------------------|--------|
| 3. Bauschadensbericht der Bundesregierung | 1-11 | Einschnittart | 4-11 | Beschwerungssteine | |
| 4-Augen-Prinzip | 4-1,4-12 | Holzfeuchte | 4-11 | Schallschutz | 7-12 |
| A | | Außenwände | | besondere bauliche Maßnahmen | |
| Abbund, mangelhaft | | Wetterschutz, baulicher | | Holzschutz | 6-13ff |
| handwerk. Qualität | 3-2ff | Holzschutz | 6-17ff | bewitterte Bauteile | |
| Abdeckung | | Aussteifung | | baulicher Holzschutz | 6-31ff |
| baulicher Holzschutz | 6-14 | Abweichung von | | biegeweiche Schale | |
| bewitterte Bauteile | 6-34 | Planungsvorgaben | 3-38 | Schallschutz | 7-8 |
| bewitterte Bauteile | 6-41 | Planung | 4-12 | Bindemittel | |
| Abdeckung mit Überstand | | Auswaschen | | Anstriche, Beschichtungen | 6-59 |
| GK 0 bei bewitterten Bauteilen | 6-53ff | Gefährdungsklassen | 6-7 | Bläue | |
| Abdeckung von Bauteilen | | B | | Anstriche, Beschichtungen | 6-63 |
| Insektenbefall | 6-3 | Balkenaufleger Mauerwerk | 4-10 | Blauer Engel | |
| Abdeckung, diffusionsoffen | | Gefährdungsklasse | 6-24 | Holzschutzmittel | 6-71 |
| GK 0 bei bewitterten Bauteilen | 6-55 | Sperrschicht | 6-53 | Blockhausbau | |
| Abweichung von Planungsvorgaben | 3-36ff | Bau-Furniersperrholz | 2-32ff | Fugen inf. Schwinden | 2-15 |
| Allergien | | Fassade | 2-33, 6-66 | Schadensanfälligkeit | 1-8ff |
| Lufthygiene | 8-9 | bauliche Maßnahmen | | Planung | 4-5ff |
| alternative Holzschutzmittel | 6-72 | Holzschutz | 6-13 | Setzungen | 4-6 |
| alternative Dämmstoffe | | baulicher Holzschutz | | gleitende Anschlüsse | 4-6 |
| Lufthygiene | 8-14 | bewitterte Bauteile | 6-31ff | Gleitlager | 4-8 |
| Anschlüsse | | Bauschadensbericht | | statische Durchbildung | |
| Luftdichtheit | 5-25ff, 5-39ff | der Bundesregierung | 1-11 | | 4-18 |
| Schallschutz | 7-12ff | Baustoffeigenschaften | 2-1ff | Witterungsschutz | 5-16 |
| Anschlüsse, fugenlos | | Bedenken anmelden | 3-1 | Blockhäuser | |
| Luftdichtheit | 5-29, 5-40 | Begriffe | | Gefährdungsklasse | 6-23 |
| Anschlüsse, luftdicht | | Schallschutz | 7-2ff | Blower-door | 5-19ff |
| | 5-39ff | Bekämpfung | | Luftwechsel | 8-3 |
| Anstriche | 6-57ff | Insektenbefall | 6-2 | Bodenabstand | |
| deckend | 6-59 | Bekleidung | | Spritzwasser | 6-38 |
| nicht deckend | 6-59 | Luftdichtheit | 5-36ff | Borsalz | |
| Haltbarkeit | 6-62ff | GK 0 bei bewitterten Bauteilen | 6-53ff | Holzschutzmittel | 6-72 |
| Einflussfaktoren | 6-62ff | | | Brettschichtholz | 2-27 |
| Anwendungsbereiche | | Bekleidung, direkt anliegend | | Butyl-Kautschuk | |
| von Holzwerkstoffen | 6-25ff | GK 0 bei bewitterten Bauteilen | 6-55 | Luftdichtheit | 5-38 |
| atmungsaktive Wände | | Belastung | | chemischer Holzschutz | 6-70ff |
| relative Luftfeuchtigkeit | 8-8 | Lufthygiene | 8-9ff | C | |
| Aufblättern | | Belüftetes Dach | | CO ₂ | |
| Bau-Furniersperrholz | 2-33 | Planung | 4-10 | Lufthygiene | 8-8 |
| Aufwölbung | | Belüftung | 5-50ff | D | |
| Flachpreßplatten | 2-31 | Weiterbildung | 3-33 | Dächer | |
| Ausbauhäuser | | Holzschutz | 5-51 | Wetterschutz, baulicher | |
| Risiken | 5-19 | Belüftungshohlraum | 5-50 | Holzschutz | 6-17ff |
| Ausblühungen | | Feuchteschaden | 5-51 | Dächer, geneigt | |
| Bau-Furniersperrholz | 2-33 | Mauerwerk-Vorsatzschale | 6-19 | baulicher Holzschutz | 6-17ff |
| Ausbluten | | Beplankung | | Dachgauben | |
| Anstriche, Beschichtungen | | Schallschutz | 7-8 | eigenverantw. Planung | 3-36 |
| | 6-63 | Beratung | | | |
| Ausführung | 3-1ff | durch Ausführenden | 3-1 | Dachsystem | |
| Ausgleichsfeuchte | 2-8 | Materialwahl | 3-32 | statische Durchbildung | 4-13 |
| Ausklüftung | | durch Planer | 4-1 | Dachüberstand | |
| eigenverantw. Planung | 3-35 | Beschädigung | | bewitterte Bauteile | 6-32 |
| statische Durchbildung | 4-15 | handwerk. Qualität | 3-3 | Dämmstoffe | |
| Ausschreibung | | Beschichtungen | 6-57ff | Lufthygiene | 8-14 |
| Planung | 4-10 | Beschwerung | 7-8 | | |
| | | Schallschutz | | | |

| | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------|----------------------------------|------------|
| Dämmstreifen | | Einbaufeuchte | 2-24ff | Flächen, luftdicht | 5-39ff |
| <i>Schallschutz</i> | 7-9 | <i>Materialwahl</i> | 3-32 | Flachpreßplatten | 2-30 |
| Dämmung | | <i>Planung</i> | 4-4 | flankierende Bauteile | |
| <i>baulicher Holzschutz</i> | 6-16 | Einflußfaktoren | | <i>Schallschutz</i> | 7-12 |
| Dämmung, falsch eingebaut | | <i>Haltbarkeit von Anstrichen</i> | | Fliesen | |
| <i>Feuchteschaden</i> | 5-51 | | 6-62ff | <i>Flachpreßplatten</i> | 2-31 |
| Dampfbremse | | <i>Schallschutz</i> | 7-7 | flüchtige organische Substanzen | |
| <i>luftdichte Ebene</i> | 5-37 | Einschnittart | | <i>Lufthygiene</i> | 8-9 |
| Dampfdurchlässigkeit | | <i>Rißbildung</i> | 2-22 | Folie | |
| <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | 6-65 | <i>Materialwahl</i> | 3-32 | <i>luftdichte Ebene</i> | 5-37 |
| Decken unter nicht ausgebauten DG | | <i>Ausschreibung</i> | 4-11 | Formaldehyd | |
| <i>Gefährdungsklasse</i> | 6-22 | <i>bewitterte Bauteile</i> | 6-41 | <i>Flachpreßplatten</i> | 2-31 |
| <i>Feuchteschäden</i> | 5-26 | Einzelchale | | <i>Lufthygiene</i> | 8-12 |
| Deckenauflage | | <i>Schallschutz</i> | 7-8 | Frequenz | |
| <i>Schallschutz</i> | 7-11 | Emissionsklasse E1 | | <i>Definition</i> | 7-2 |
| Detailplanung | 4-3 | <i>Formaldehyd</i> | 8-12 | Fugen | 3-20ff |
| <i>Notwendigkeit</i> | 4-1 | Energiesparender Wärmeschutz | | <i>Wärmeverluste</i> | 5-8 |
| Dichtungsmassen, adhärierend | | <i>5-2</i> | | <i>Tauwasseranfall</i> | 5-13 |
| <i>Fugen</i> | 3-24ff | Erscheinungsbild | | <i>Anforderungen</i> | 3-20 |
| Dickschichtlasur | 6-60 | <i>optischer Mangel</i> | 1-3 | <i>Planung</i> | 3-21, 4-3 |
| <i>Pflegemaßnahmen</i> | 6-69 | Estrich, schwimmend | | <i>Wassereintritt</i> | 5-16 |
| Dielenböden | | <i>Schallschutz</i> | 7-12 | <i>Luftdichtheit</i> | 5-32 |
| <i>Schwinden/Quellen</i> | 2-10 | F | | Fugen, luftig | |
| Diffusion | | | | <i>bewitterte Bauteile</i> | 6-51 |
| <i>Tauwasser im Bauteil</i> | 5-10ff | Fachwissen | | Furnierschichtholz | 2-36 |
| diffusionsoffene Bauweise | | <i>Planung</i> | 4-2ff | Fußpunkte von Außenwänden | |
| | 5-55ff | Farben | | <i>Gefährdungsklasse</i> | 6-20 |
| <i>baulicher Holzschutz</i> | 6-16 | <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | 6-60 | G | |
| Doppelständer | | Farb-Kernholz | | Gebäudehülle | |
| <i>Schallschutz</i> | 7-9 | <i>Insektenbefall</i> | 6-4 | <i>Dichtheit</i> | 5-14ff |
| doppelte Beplankung | | <i>Pilzbefall</i> | 6-6 | Gefährdungsklassen | |
| <i>Schallschutz</i> | 7-8, 7-12 | <i>Holzschutz</i> | 6-10 | <i>Holzschutz</i> | 6-7 |
| Drehwuchs | | Farbton | | <i>bei bewitterten Bauteilen</i> | 6-53ff |
| <i>Rißbildung</i> | 2-16ff | <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | 6-67 | Geländersprossen | |
| Dreieck-Fuge | | | | <i>bewitterte Bauteile</i> | 6-44 |
| <i>Silikonfuge</i> | 3-28 | Faserdämmstoffe | | geometrische Wärmebrücken | 5-6 |
| Drei-Flächenhaftung | | <i>Schallschutz</i> | 7-10 | | |
| <i>Silikonfugen</i> | 3-27 | Fassade | | geregelte Lüftung | |
| Dübel | | <i>Stauchung</i> | 2-14 | <i>Lufthygiene</i> | 8-5 |
| <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | 6-32 | <i>bewitterte Bauteile</i> | 6-48 | Gewährleistung | |
| Dünnschichtlasur | 6-59 | Federbügel | | <i>Planung</i> | 4-1 |
| <i>Pflegemaßnahmen</i> | 6-69 | <i>Schallschutz</i> | 7-9 | Gips.Bauplatten | 2-37ff |
| Durchbiegung | | Federschienen | | Gipsfaserplatten | 2-39 |
| <i>statische Durchbildung</i> | 4-13 | <i>Schallschutz</i> | 7-9 | Gipskartonplatten | 2-38 |
| Durchbrüche | | Fensteranschluß | | GK 0 | |
| <i>statische Durchbildung</i> | 4.4 | <i>Luftdichtheit</i> | 5-42 | <i>Gefährdungsklassen</i> | 6-8ff |
| Durchdringung | | Fensterlüftung | | <i>bei bewitterten Bauteilen</i> | 6-53ff |
| <i>Wärmebrücken</i> | 5-5 | <i>Lufthygiene</i> | 8-4 | | |
| <i>Fugen inf. Schwinden</i> | 2-12 | Fenster-Sohlbank | | GK 0* | |
| <i>Luftdichtheit</i> | 5-30, 5-46ff | <i>bewitterte Bauteile</i> | 6-43 | <i>Definition</i> | 6-9 |
| E | | Feuchteleitung | | Gleichgewichtsfeuchte | 2-8 |
| Eckverkämmung | | <i>bewitterte Bauteile</i> | 6-49ff | gleitende Anschlüsse | |
| <i>Planung</i> | 4-9 | Feuchteproduktion | | <i>Blockhausbau</i> | 4-6 |
| <i>Fugen</i> | 3-23 | <i>relative Luftfeuchtigkeit</i> | 8-6 | Gleitlager | |
| Eigenleistung | | | | <i>Blockhausbau</i> | 4-8 |
| <i>Schadensrisiko</i> | 1-13 | Feuchteschutz | 5-8ff | Grenzen | |
| <i>Risiken</i> | 5-19 | Filze | | <i>des chem. Holzschutzes</i> | 6-12, 6-31 |
| Eigenverantwortliche Planung | | <i>Fugen</i> | 3-29 | großflächige Anschlüsse | |
| <i>Ausführung</i> | 3-35ff | fixierende | | <i>Stahlteile</i> | 4-17 |
| | | <i>Holzschutzmittel</i> | 6-71 | Grundprinzipien | |
| | | Flachdach | | <i>bewitterte Bauteile</i> | 6-32 |
| | | <i>Planung</i> | 4-9 | | |
| | | <i>Gefährdungsklasse</i> | 6-21 | | |

| | | | | | |
|----------------------------|-----------|--------------------------------------|------------|--|----------|
| H | | Holzwerkstoffe | 2-29ff | L | |
| | | Anwendungsbereiche | 6-25ff | | |
| | | Holzwerkstoffklassen | 2-29, 6-25 | | |
| Handwerkliche Qualität | 3-2ff | | | Lacke | |
| Harzaustritt | | I | | Anstriche, Beschichtungen | |
| Anstriche, Beschichtungen | | | | | 6-60 |
| | 6-63 | Insektenbefall | 6-2 | Pflegemaßnahmen | 6-70 |
| Hausbock | 6-2 | Gefährdungsklassen | 6-7 | Lagerung | |
| herzfreier Einschnitt | | Installationsebene | | handwerkliche Qualität | 3-3ff |
| Rißbildung | 2-23 | zwingend | 5-37 | Längsleitung | |
| herzgetrennter Einschnitt | | Luftdichtheit | 5-46 | Schallschutz | 7-12 |
| Rißbildung | 2-23 | Installationsleitungen | | (Schall) Definition | 7-3 |
| Hinterlüftung | 5-50 | Luftdichtheit | 5-31 | Lasuren | 6-59 |
| Weiterbildung | 3-33 | | | Lattungen | |
| Fassade | 5-14 | K | | Gefährdungsklasse | 6-20 |
| Hinweispflicht | | | | Leckagen | |
| Ausführung | 1-2 | Kanten | | Luftdichtheit | 5-24ff |
| Hobelung | | Anstriche, Beschichtungen | | sekundäre, Luftdichtheit | 5-33ff |
| Verarbeitung | 3-6 | | 6-66 | | |
| Hohlraumdämmung | | Kapillarwirkung | | Ligninabbau | |
| Schallschutz | 7-9, 7-12 | bewitterte Bauteile | 6-49ff | Anstriche, Beschichtungen | |
| Holzart | | Keilzinkenverbindung | | | 6-67 |
| natürliche Resistenz | 6-10 | Qualität | 2-27 | L _n : Norm-Trittschallpegel | 7-5 |
| Holzbalkendecke | | Kennzeichnung | | Lösungsmittel | |
| Schallschutz | 7-11 | von Bauprodukten | 2-40 | Anstriche, Beschichtungen | |
| Holzbauweisen | 1-5ff | Kernholz | | | 6-59 |
| Holzfaserplatten | 2-34 | Insektenbefall | 6-4 | Luftthygiene | 8-10 |
| Holzfeuchte | | Pilzbefall | 6-6 | Lücke in Dämmschicht | |
| Ausschreibung | 4-11 | Holzschutz | 6-10 | Wärmebrücken | 5-5 |
| Pilzbefall | 6-5 | Klebeband | | Luftdichte Anschlüsse | 5-39ff |
| Schimmelpilz | 6-6 | Luftdichtheit | 5-38 | Luftdichte Fläche | 5-36ff |
| baulicher Holzschutz | 6-15 | Durchdringungen | 5-48 | Luftdichtheit | |
| Anstriche, Beschichtungen | | Kleber, pastös | | Weiterbildung | 3-33 |
| | 6-64 | Luftdichtheit | 5-39 | eigenverantw. Planung | 3-36 |
| Holzinhaltsstoffe | | Klebstoffe | | Anforderungen | 5-19ff |
| Anstriche, Beschichtungen | | Formaldehyd | 8-12 | Meßergebnisse | 5-22ff |
| | 6-63 | Kombination mit bioziden Wirkstoffen | | Undichtigkeiten | 5-24ff |
| Holzqualität | 2-2ff | Anstriche, Beschichtungen | 6-61 | baulicher Holzschutz | 6-14 |
| Festigkeitssortierung | 2-2 | | | Luftthygiene | 8-1, 8-4 |
| optische Qualität | 2-3 | Kompribänder | | Gebäudehülle | 5-17ff |
| Ausschreibung | 2-4 | Fugen | 3-21ff | Lüften | |
| Holzrahmenbau | | Luftdichtheit | 5-29 | Luftthygiene | 8-1, 8-2 |
| Schadensanfälligkeit | 1-5ff | Luftdichtheit | 5-38, 5-39 | Allergien | 8-9 |
| Holzschutz | 6-1ff | Komprimierungsgrad | | Infektionen | 8-9 |
| Belüftung | 5-51 | Kompribänder | 3-22 | VOC-Belastung | 8-9ff |
| chemisch | 6-70ff | Konstruktionsvollholz | 2-26 | Luftthygiene | 8-1ff |
| Holzschutz, baulich | | Konstruktive Durchbildung | | luftige Fugen | |
| Planung | 4-5 | Planung | 4-2ff | bewitterte Bauteile | 6-51 |
| Holzschutzmittel | | kontrollierte Lüftung | | Luftschall | |
| GK, prädikate | 6-11 | Luftthygiene | 8-5 | Definition | 7-2 |
| bauaufsichtliche Zulassung | | Konvektion | | Luftschalldämmung | |
| | 6-70 | Tauwasser im Bauteil | 5-13 | Definition | 7-3 |
| Prüfprädikate | 6-70 | Konvektive Wärmebrücken | 5-8 | Luftumspülung | |
| Arten von | 6-71 | Konzentrationen | | GK 0 bei bewitterten Bauteilen | 6-55 |
| Luftthygiene | 8-13 | Luftthygiene | 8-10 | | |
| Holzskelettbau | | Koordination | | | |
| Schadensanfälligkeit | 1-10 | Bauablauf | 4-2 | | |
| Fugen inf. Schwinden | 2-13 | Körperschall | | | |
| Witterungsschutz | 5-16 | Definition | 7-4 | | |
| | | Schallschutz | 7-12 | | |
| Holztafelbau | | Krankheitserreger | | | |
| Schadensanfälligkeit | 1-5ff | Luftthygiene | 8-9 | | |
| Holzveredelung | | Kunstharzlacke | | | |
| Anstriche, Beschichtungen | | Anstriche, Beschichtungen | | | |
| | 6-57 | | 6-60 | | |

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------|----------------------------------|------------|----------------------------------|------------|
| Lüftungsöffnung | | <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | | Rauchen | |
| <i>Feuchteschaden</i> | 5-52 | | 6-57 | <i>Lufthygiene</i> | 8-12 |
| Lüftungssysteme | | Oberflächentemperatur | | relative Luftfeuchte | 5-9 |
| <i>Lufthygiene</i> | 8-5 | <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | | <i>Lufthygiene</i> | 8-5ff |
| Lüftungswärmeverluste | 5-3 | | 6-68 | Rippenabstand | |
| <i>Energieeinsparung</i> | 8-1 | objektbezogene Holzauswahl | | <i>Schallschutz</i> | 7-9 |
| Luftverunreinigungen | | <i>Materialwahl</i> | 3-30 | Rißbildung | 2-16ff |
| <i>Lufthygiene</i> | 8-10 | ölige Holzschutzmittel | 6-72 | Einschnittart | 2-23 |
| Luftwechsel | | Organisationsverschulden | | <i>optischer Mangel</i> | |
| <i>Lufthygiene</i> | 8-2ff | <i>Gewährleistung</i> | 4-1 | | 2-18, 2-25 |
| Luftwechselrate | | organische Substanzen | | <i>Fugen, Konvektion</i> | 2-19 |
| <i>relative Luftfeuchtigkeit</i> | 8-7 | <i>Lufthygiene</i> | 8-9 | <i>Drehwuchs</i> | 2-20 |
| CO ₂ | 8-8 | Ortschäume | | <i>Luftdichtheit</i> | 5-33 |
| M | | <i>Fugen</i> | 3-28 | <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | 6-58 |
| | | OSB-Platten | 2-37 | Risse | |
| Mangel | | P | | <i>bewitterte Bauteile</i> | 6-41 |
| <i>Definition</i> | 1-1 | | | Robustheit | |
| Manschetten | | Pappe | | <i>Verdunstungspotential</i> | |
| <i>Durchdringungen</i> | 5-47 | <i>luftdichte Ebene</i> | 5-37 | | 5-57ff |
| Masse | | Paßgenauigkeit | | Rosetten | |
| <i>Schallschutz</i> | 7-8 | <i>handwerk. Qualität</i> | 3-9ff | <i>Durchdringungen</i> | 5-47 |
| Materialeigenschaften | | pastöse Kleber | | Rundung von Kanten | |
| <i>Vollholz</i> | 2-1ff | <i>Luftdichtheit</i> | 5-39 | <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | |
| Materialwahl | 3-29ff | Pfettendach | | | 6-66 |
| <i>Abweichung von</i> | | <i>Abweichung von</i> | | S | |
| <i>Planungsvorgaben</i> | 2-38 | <i>Planungsvorgaben</i> | 3-38 | Schaden | |
| Mauerwerk-Vorsatzschale | | <i>statische Durchbildung</i> | 4-13 | <i>Definition</i> | 1-2 |
| <i>Belüftungshohlraum</i> | 6-19 | | | Schadstoffe | |
| Metallständer | | Pflegemaßnahmen | | <i>Lufthygiene</i> | 8-2 |
| <i>Schallschutz</i> | 7-9 | <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | 6-69 | Schale | |
| Mindestanforderungen | | Pigmente | | <i>Schallschutz</i> | 7-8 |
| <i>Schallschutz</i> | 7-1 | <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | 6-59, 6-67 | Schall | |
| Mindestwärmeschutz | 5-2 | | | <i>Definition</i> | 7-2 |
| Mineralfaser | | Pilzbefall | 6-5 | Schallabsorption | |
| <i>Fugen</i> | 3-29 | <i>Gefährdungsklassen</i> | 6-7 | <i>Definition</i> | 7-3 |
| <i>Lufthygiene</i> | 8-14 | Pilzsporen | | Schalldämm-Maß R | |
| Moderfäule | | <i>Lufthygiene</i> | 8-9 | <i>Definition</i> | 7-4 |
| <i>Gefährdungsklassen</i> | 6-8 | Planung | 4-1ff | Schalldruck | |
| Montageschäume | | <i>Fugen</i> | 3-21 | <i>Definition</i> | 7-2 |
| <i>Fugen</i> | 3-28 | <i>Fachwissen</i> | 4-3 | Schall-Längsleitung | |
| N | | Pollen | | <i>Definition</i> | 7-3 |
| | | <i>Lufthygiene</i> | 8-5 | <i>Schallschutz</i> | 7-12 |
| Naßbereiche | | Profilbrettschalung | | Schallpegel | |
| <i>Gefährdungsklasse</i> | 6-23 | <i>Luftdichtheit</i> | 5-24 | <i>Definition</i> | 7-2 |
| natürliche Lüftung | | Prüfprädiat | | Schallschutz | 7-1ff |
| <i>Lufthygiene</i> | 8-3 | <i>Holzschutzmittel</i> | 6-70 | <i>Weiterbildung</i> | 3-33 |
| natürliche Resistenz | | Q | | <i>Planung</i> | 4-5 |
| <i>Holzschutz</i> | 6-10 | | | Schalungen | |
| nicht ausgebautes Dachgeschoß | | Querlattung | | <i>Gefährdungsklasse</i> | 6-20 |
| <i>Feuchteschäden</i> | 5-26 | <i>Schallschutz</i> | 7-9 | Schimmelpilz | |
| <i>Gefährdungsklasse</i> | 6-22 | Querzugriß | | <i>Bau-Furniersperrholz</i> | 2-33 |
| Niederschläge | | <i>Wasserlack</i> | 6-60 | <i>Lagerung</i> | 3-3ff |
| <i>bewitterte Bauteile</i> | 6-32ff | Querzugverstärkungen | | <i>Holzfeuchte</i> | 6-7 |
| <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | 6-58 | <i>statische Durchbildung</i> | | <i>Lüften, Lufthygiene</i> | 8-5 |
| | | | | <i>relative Luftfeuchtigkeit</i> | 8-8 |
| Norm-Trittschallpegel L _n | | | 4-15ff | <i>Allergien</i> | 8-9 |
| <i>Definition</i> | 7-5 | | | Schlafzimmer | |
| O | | R | | <i>Schimmelpilz</i> | 8-5, 8-8 |
| | | | | Schlagregen | |
| Oberflächenbeschaffenheit | | R: <i>Schalldämm-Maß</i> | 7-4 | <i>bewitterte Bauteile</i> | 6-33 |
| <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | 6-62 | Randleistenmatten | | Schlagregensicherheit | |
| Oberflächenschutz | | <i>Luftdichtheit</i> | 5-24 | <i>Witterungsschutz</i> | 5-14 |
| | | | | Schüttung | |

| | | | | | |
|---------------------------------|--------|-----------------------------|------------|----------------------------------|--------|
| Feuchteschaden | 6-16 | T | | Bauprodukte | 2-40 |
| Schwellen von Außenwänden | | | | Holzschutzmittel | 6-70 |
| Gefährdungsklasse | 6-20 | Tabakrauch | | | |
| Sperrschicht | 6-53 | Lufthygiene | 8-12 | V | |
| Schwinden | | Formaldehyd | 8-12 | | |
| Planung | 4-3 | Tauwasser an der Oberfläche | | Verarbeitung | |
| Luftdichtheit | 5-32 | | 5-9 | handwerk. Qualität | 3-6ff |
| Schwinden/Quellen | 2-8ff | Tauwasser im Bauteil | | Anstriche, Beschichtungen | |
| sekundäre Leckagen | | Diffusion | 5-10ff | | 6-69 |
| Luftdichtheit | 5-33ff | Konvektion | 5-13 | Verbindung von Einzelschalen | |
| Setzungen | | Tauwasseranfall | | Schallschutz | 7-9 |
| Blockhausbau | 4-6 | Fuge | 5-13 | Verbindungen | |
| unterschiedliches Verhalten | | relative Luftfeuchtigkeit | | handwerk. Qualität | 3-16ff |
| | 4-14 | | 8-5ff | Abweichung von | |
| Silikon | | Tauwasserfreie Konstruktion | | Planungsvorgaben | 3-37 |
| Fugen | 3-24ff | diffusionsoffen | 5-56 | statische Durchbildung | |
| Luftdichtheit | 5-39 | technische Funktion | | | 4-16 |
| Sockelanschluß | | Mangel | 1-4 | bewitterte Bauteile | 6-46 |
| Wärmebrücken | 5-7 | Technische Trocknung | | Schallschutz | 7-9 |
| Sonneneinstrahlung | | Insektenbefall | 6-4 | Verdrehung | 2-20 |
| Anstriche, Beschichtungen | | Teppichbeläge | | Verdunstungspotential | 5-57ff |
| | 6-58 | Schallschutz | 7-11 | Vergrauung | |
| Sortierklasse | | Textilien | | UV-Strahlung | 6-58 |
| Holzqualität | 2-2 | Fugen | 3-29 | Verkleben | |
| Materialwahl | 3-29 | Trittschall | | Wasserlack | 6-61 |
| Sortierung | | Definition | 7-4 | Verschmutzung | |
| Weiterbildung | 3-35 | Trittschalldämmung | | handwerk. Qualität | 3-3 |
| Spanplatten | | Holzbalkendecken | 7-11 | Verwendungsnachweis | |
| Formaldehyd | 8-12 | Trittschallschutz | | Dämmung, baulicher Holzschutz | 6-16 |
| Sparrendach | | Holzbalkendecken | 7-11 | | |
| Abweichung von | | trockenes Holz | | Verzicht auf chem. Holzschutz | |
| Planungsvorgaben | 3-38 | Einbaufeuchte | 2-24 | | 6-8ff |
| statische Durchbildung | 4-13 | Tropfkanten | | Verzträglichkeit von Komponenten | |
| Sperrschicht | | bewitterte Bauteile | 6-40 | Anstriche, Beschichtungen | |
| Feuchteleitung | 6-53 | | | | 6-69 |
| Spritzwasser | | U | | VOC | |
| bewitterte Bauteile | 6-32 | Überlappungen | | Lufthygiene | 8-9ff |
| Bodenabstand | 6-38 | | | Vollholz | |
| Stahlteile, innenliegend | | Luftdichtheit | 5-27, 5-38 | Materialeigenschaften | 2-1ff |
| bewitterte Bauteile | 6-46 | bewitterte Bauteile | 6-44 | Holzqualität | 2-2ff |
| Stahlteile, seitlich | | Umbau | | | |
| bewitterte Bauteile | 6-35 | Fachwissen | 3-33 | W | |
| Standardquerschnitte | | eigenverantw. Planung | | | |
| Materialwahl | 3-32 | | 3-35 | Wärmebrücken | 5-4ff |
| statische Durchbildung | | Abweichung von | | Wärmeschutz | 5-1ff |
| | 4-18 | Planungsvorgaben | 3-38 | Wärmeverluste | |
| statische Durchbildung | 4-11ff | Planung | 4-10 | Fuge | 5-8 |
| stehendes Wasser | | statische Durchbildung | | Energieeinsparung | 8-1 |
| bewitterte Bauteile | 6-40ff | | 4-13 | Wassereintritt | |
| Stirnholz | | Undichtigkeiten | | Fugen | 5-14ff |
| bewitterte Bauteile | 6-36 | Luftdichtheit | 5-24ff | Wasserlack | |
| stehendes Wasser | 6-40 | unkontrollierte Lüftung | | Anstriche, Beschichtungen | |
| Feuchteleitung, Kapillarwirkung | 6-49 | Lufthygiene | 8-3 | | 6-60 |
| | | Unregelmäßigkeit | | Verkleben von | 6-61 |
| stoffbedingte Wärmebrücken | 5-4 | Definition | 1-1 | wasserlösliche | |
| Stöße, fugenlos | | Diskussion | 1-2ff | Holzschutzmittel | 6-71 |
| Luftdichtheit | 5-40 | untergehängte Decken | | Weiterbildung | 3-33 |
| Stoßfugen | | Fachwissen | 3-34 | Ausführung | 3-2 |
| Feuchteleitung, Kapillarwirkung | 6-51 | statische Durchbildung | | Wetterschutz | |
| | | | 4-16 | baulicher Holzschutz | 6-14 |
| Stützen, aufgeständert | | Unterspannbahn, vereist | 5-55 | Dächer, baulicher Holzschutz | 6-17ff |
| bewitterte Bauteile | 6-45 | UV-Strahlung | | | |
| Stützen, einbetoniert | | Anstriche, Beschichtungen | | Außenwand, baulicher Holzschutz | |
| bewitterte Bauteile | 6-46 | | 6-58, 6-67 | | 6-17ff |
| | | Ü-Zeichen | | Winddichtigkeit | |

| | |
|----------------------------------|------|
| <i>Gebäudehülle</i> | 5-17 |
| Windrispen | |
| <i>Abweichung von</i> | |
| <i>Planungsvorgaben</i> | 3-38 |
| <i>statische Durchbildung</i> | 4-12 |
| Windsogverankerung | |
| <i>eigenverantw. Planung</i> | 3-36 |
| <i>statische Durchbildung</i> | 4-12 |
| Windstärke | |
| <i>Luftdruck</i> | 8-3 |
| Wirksamkeit | |
| <i>von Holzschutzmitteln</i> | 6-70 |
| Witterungseinflüsse | |
| <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | 6-58 |
| Witterungsschutz | |
| <i>Gebäudehülle</i> | 5-14 |

Z

| | |
|----------------------------------|-------|
| Zementgebundene Spanplatten | 2-36 |
| Zusammensetzung | |
| <i>Anstriche, Beschichtungen</i> | 6-59 |
| zweischalige Bauteile | |
| <i>Schallschutz</i> | 7-7ff |

13 Abkürzungen

| | | | |
|------|---|--------|--|
| BFu | Bau-Furniersperrholz(platte) | Pa | Pascal, Maßeinheit für Luftdruck |
| BGB | Bürgerliches Gesetzbuch | PE | Polyethylen |
| Bkl | Bekleidung | PS | Profilschalung |
| BPH | bituminierte Holzfaser(platte) | PU | Polyurethan |
| Bpl | Beplankung | Pu | Putz |
| BSH | Brettschichtholz | QL | Querlattung |
| DA | Dachabdichtung | RS | Rauhspund |
| DS | Dampfsperre/Dampfbremse | Stb | Stahlbeton |
| DWD | Diffusionsoffene Wand-Dachplatte (Produktbezeichnung) | u | Holzfeuchte |
| Elt | Elektro | USB | Unterspannbahn |
| FAH | Formaldehyd | V | Verleimungsart |
| FP | Flachpreß(platte) | VH | Vollholz |
| GB | Gips-Bau(platte) | VOB | Verdingungsordnung für Bauleistungen |
| GF | Gipsfaser(platte) | VOC | flüchtige organische Substanzen (volatile organic compounds) |
| GK | Gefährdungsklasse | WaS | wasserableitende Schicht |
| GKB | Gipskarton-Bau(platte) | WD | Wärmedämmung |
| GKBi | imprägnierte GKB | WLG | Wärmeleitfähigkeitsgruppe |
| GKF | Gipskarton-Feuerschutz(platte) | WS | Wetterschutz |
| GKFi | imprägnierte GKF | WschVo | Wärmeschutzverordnung |
| HF | Holzfaser(platte) | | |
| HFD | Holzfaser-Dämm(platte) | | |
| HFH | harte Holzfaser(platte) | | |
| HFM | mittelharte Holzfaser(platte) | | |
| HOAI | Honorarordnung für Architekten- und Ingenieurleistungen | | |
| HS | Hartschaum(platte) | | |
| HWL | Holzwolle-Leichtbau(platte) | | |
| HWSt | Holzwerkstoff(platte) | | |
| IE | Installationsebene | | |
| KB | Klebeband | | |
| KVH | Konstruktionsvollholz (Produktbezeichnung) | | |
| KZV | Keilzinkenverbindung | | |
| L | Lattung | | |
| LBO | Landesbauordnung | | |
| LS | luftdichte Schicht | | |
| MBO | Musterbauordnung | | |
| MF | Mineralfaser | | |
| MW | Mauerwerk | | |
| NE | Niedrigenergie(haus) | | |
| OSB | Oriented Strand Board | | |

Anhang Statistische Auswertung der Gutachten

A.1 Datenbasis

Während im 3. Bauschadensbericht Schäden an Gebäuden aller Art berücksichtigt wurden, sollten sich die Untersuchungen dieses Vorhabens auf typische Mängel/Schäden bei Wohnhäusern in Holzbauweise beschränken. Bei der Sammlung der Schadensfälle wurden zwei Wege beschritten:

- Auf der Grundlage eines detaillierten Literaturstudiums mit insgesamt über 800 Quellenangaben (IRB-Recherche) wurden die in Fachzeitschriften und Fachbüchern verstreuten Fälle zusammengetragen. Zu der IRB-Recherche ist anzumerken, daß bei weitem nicht alle Literaturhinweise „passend“ und einer Weiterverfolgung wert waren.
- Darüber hinaus wurden 14 ausgewählte Sachverständige auf dem Gebiet des Holzbaus kontaktiert. Dabei wurden insgesamt 240 Gutachten kopiert und studiert.

1036 Einzelfälle

Aus der Vielzahl der behandelten Einzelfälle (bis zu 93 pro Gutachten) wurden insgesamt 1036 Fälle ausgewählt und für die weitere Bearbeitung und Auswertung herangezogen.

Keine allgemeingültigen Aussagen

Aber selbst diese Vielzahl von Einzelfällen stellt nur einen Querschnitt/Überblick über die Fälle einer begrenzten Anzahl von Gutachtern dar, so daß die nachfolgend beschriebene statistische Auswertung nur Tendenzen aufzeigen kann. Es wird ausdrücklich davor gewarnt, die Aussagen überzubewerten und als allgemeingültig anzusehen.

Aufgenommen wurden vorrangig neuere Fälle: 88% der Gutachten handelten von Objekten, die 1988 oder später errichtet wurden (**Bild A.1-1**). Die Datenbasis umfaßt somit typische Fälle aus den letzten 10 Jahre angesehen werden

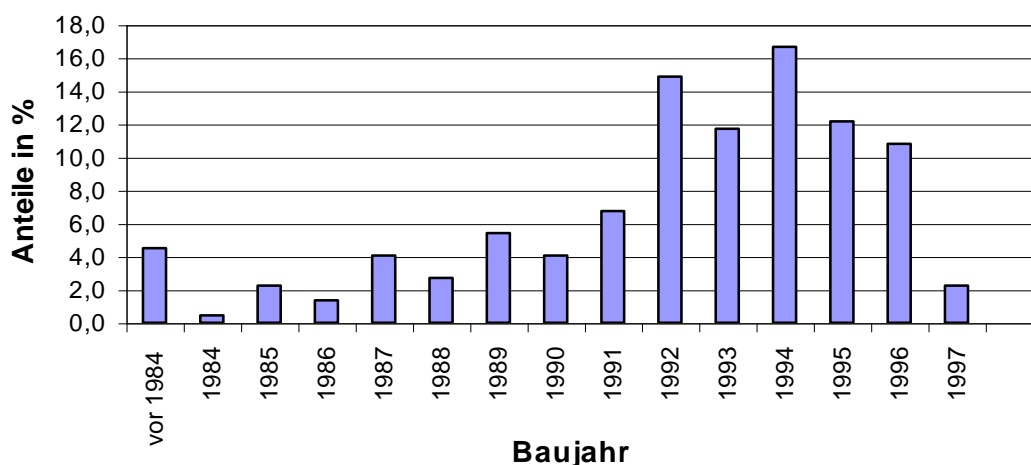


Bild A.1-1

Baujahr der begutachteten Objekte

A.2 Abgrenzung, Auswahlkriterien

Im Kreise der begleitenden Arbeitsgruppe wurde vereinbart, die Fälle nach folgenden Kriterien auszuwählen:

- Die Fälle sollten primär mit dem Holzbau in Verbindung stehen. So wurde z.B. ein Hausschwammbefall in einem massiven Keller nicht weiter berücksichtigt. Ein Putzschaden hingegen, verursacht durch Formänderungen der Beplankung oder der Holzkonstruktion, wurde aufgenommen.
- Fälle, die den Ausbau (Türen, Fenster, Bodenbeläge) betreffen, sollten nur dann aufgenommen werden, wenn ein direkter Zusammenhang mit der Holzkonstruktion gegeben war. So wurden z.B. Mängel bei Fensteranstrichen nicht weiter berücksichtigt, während undichte Fensteranschlüsse zur Holz-Außenwand sehr wohl aufgenommen wurden. Auch Ablösungserscheinungen von Fertigparkett auf Estrich wurden ignoriert, da diese auch in Massivbauten auftreten können.
- Eine Ausnahme hierzu bildeten Dielenböden, bei denen die oft bemängelten Fugenbildungen primär auf das Schwind- und Quellverhalten des Holzes zurückzuführen sind. Solche Fälle wurden berücksichtigt.
- Bei den optischen Mängeln (Risse, Baumkanten, Äste, rauhe Oberflächen, „schlampige“ Ausführung etc.) gestaltete sich die Auswahl als sehr schwierig. Hier lag eine Vielzahl von Beanstandungen vor, die von lächerlichen Bagatellfällen bis hin zu schwerwiegenden optischen Beeinträchtigungen reichten. In Anbetracht der zunehmenden Bedeutung, die dem optischen Erscheinungsbild beigemessen wird, wurden nicht nur solche Fälle aufgenommen, bei denen ein eindeutiger Mangel vorlag, sondern auch solche, die nach den derzeit geltenden Normen nicht als Mangel gelten. Die Grenze zwischen geeigneten und unbedeutenden Fällen ist allerdings fließend, so daß die Auswahl oftmals eher „gefühlsmäßig“ als fachlich fundiert erfolgte. Als Entscheidungshilfe diente dabei auch das vorhandene Bildmaterial.

Zu den optischen Mängeln ist anzumerken, daß auch unter den Sachverständigen unterschiedliche Auffassungen herrschen. So werten die einen einen größeren Riß nicht als Mangel, solange die Tragfähigkeit nicht beeinträchtigt ist, während die anderen die „Funktion“ Optik beeinträchtigt sehen, und einen Mangel aussprechen.

- Nicht aufgenommen wurden die immer wiederkehrenden Streitfälle zum Thema Abrechnung, da dies kein holzbauspezifisches Thema ist.

A.3 Datenbank

Die Vielzahl von Fällen und der damit verbundenen Datenmengen machte eine „händische“ Bearbeitung unmöglich. Zur Handhabung und Verwaltung der Daten wurde eine Datenbank auf ACCESS-Basis programmiert. Diese Datenbank sollte zwei Aufgaben erfüllen:

- zum einen sollte eine statistische Auswertung, wie z.B. nach Schadensbildern oder Schadensursachen möglich sein,
- und zum andern sollte sie die Auswahl geeigneter Muster-Schadensfälle erleichtern.

Textfelder

Hierzu wurden zu jedem Einzelfall sog. Volltextfelder angelegt, in denen folgende textliche Angaben gemacht wurden:

- allgemeine Beschreibung des Gebäudes,
- kurze Beschreibung des Schadensbildes,
- kurze Beschreibung der Schadensursachen,
- Angabe über durchgeführte oder vorgeschlagene Sanierungsmaßnahmen (sofern vorhanden).

Zusätzlich wurden Angaben darüber gemacht, ob der Fall als Musterfall geeignet wäre, ob ein Mangel festgestellt wurde und wie die Qualität des Bildmaterials eingeschätzt wird. Die Bewertung des Bildmaterials erwies sich dabei als recht schwierig, da nur Fotokopien vorlagen, die oftmals nur sehr schwer zu deuten waren.

Mit dieser kurzen Zusammenfassung und Bewertung eines jeden Falles sollte die Grundlage dafür geschaffen werden, bereits am Computer abschätzen zu können, ob sich eine genauere Betrachtung „lohnt“, oder nicht.

Für die gezielte Suche nach einzelnen Themen (z.B. Tauwasseranfall infolge von undichten Fugen, oder große Durchbiegungen bei Deckenbalken) bestand die Möglichkeit, die oben beschriebenen Textfelder nach entsprechenden Stichworten durchsuchen zu lassen. Eine solche Volltextsuche wird bei der SCHADIS-CD des IRB-Verlages angewandt. Sie hat jedoch den Nachteil, daß ein geeigneter Fall nicht gefunden wird, wenn das gesuchte Wort im Text nicht erscheint. Zur Verdeutlichung dieses Problems sollen die nachfolgenden Beispiele dienen.

Beispiel 1: Gesucht werden Fälle, bei denen Tauwasser angefallen ist. Gesucht wird nach dem Wort *Tauwasser*. Fälle, bei denen in der Schadensbeschreibung der Ausfall von *Kondenswasser* oder *Schwitzwasser* beschrieben wird, werden nicht gefunden.
Hier ist der Erfolg einer Suche von der Wortwahl des Gutachters abhängig.

Beispiel 2: Gesucht werden Fälle, bei denen sich Bekleidungen/ Beplankungen infolge von Feuchteaufnahme aufwölbten. Gesucht wird nach den Worten *Beplankung* und *Aufwölbung*.
Wird aber in einer Schadensbeschreibung von *ausgebeulten Spanplatten* gesprochen, so wird ein solcher Fall nicht als Treffer angezeigt.
Neben der Wortwahl besteht hier zusätzlich das Problem, daß Oberbegriffe fehlen. So wäre die Suche effektiver, wenn zusätzlich zu den Begriffen *Spanplatte* und *Beulen* noch die Oberbegriffe *Holzwerkstoff*, *Bekleidung/Beplankung* und *Aufwölben*, *Verformung* angegeben wären.

Eine reine Volltextsuche schien somit für die Ziele dieses Vorhabens nicht geeignet. Aus diesem Grund wurden zu jedem Einzelfall Stichworte zu folgenden Punkten vergeben:

- | |
|------------|
| Stichworte |
|------------|
- Bauwerk
 - z.B. Wohnhaus, Blockhaus, Wintergarten.
 - Übergeordnete Konstruktion
 - z.B. Dach, Decke, Außenwand, Tragkonstruktion.
 - Bauteil lokalisiert
 - z.B. Sparren, Deckenbalken, Verbindung, Anschluß Fenster-Wand, Dielenboden.
 - Schaden
 - z.B. Tauwasseranfall, Paßgenauigkeit, Rißbildung, Durchbiegung, Sicherheitsmangel, Fuge.
 - Ursache
 - z.B. Ausführung, Planung, Abdichtung, Schwinden/Quellen, Konvektion, Einbaufeuchte.

Die Stichwortvergabe erwies sich dabei als schwieriger und aufwendiger als ursprünglich angenommen. Auch nach wiederholter Überprüfung und Angleichung der Stichworte ist davon auszugehen, daß nach wie vor Unschlüssigkeiten und Unzulänglichkeiten bestehen. Eine fehlerfreie und 100%-ig konsequente Stichwortvergabe erfordert nicht nur Sachverstand zum Thema Holzbau, sondern auch fundierte Kenntnisse eines Bibliothekars.

Da aber die Erstellung einer Datenbank nicht das primäre Ziel dieses Vorhabens darstellte, wurde auf eine „Perfektionierung“ verzichtet. Auf jeden Fall stellt die erarbeitete Datenbank ein ausreichendes Hilfsmittel zur Erreichung der eingangs erwähnten Ziele dar. Für eine weitergehende Nutzung ist sie jedoch nicht geeignet.

In **Bild A.3-1a bis 1e** sind die eingegebenen Informationen anhand eines Falles beispielhaft dargestellt.

Bild A3-1a
Eingabe eines Beispielfalles

Bild A3-1b
Eingabe eines Beispielfalles (Fortsetzung)

Schadenfälle im Holzbau
Datei Bearbeiten Datensätze Extras ?

Eingabe

Vorherige Seite Nächste Seite

| Schaden | |
|---------|-----------------|
| ► | Pilzbefall |
| | Feuchteschaden |
| | Tauwasseranfall |
| * | |

| Schaden genauer | |
|-----------------|--------------|
| ► | Schimmelpilz |
| * | |

| Ursache | |
|---------|--------------------|
| ► | Verursacher unklar |
| | Belüftung |
| | Konvektion |
| | Luftdichtheit |
| * | |

| Ursache genauer | |
|-----------------|-------------------|
| ► | Dampfsperre fehlt |
| * | Dämmung |

Datensatz: 1 von 1 (Gefiltert)

Bild A3-1c
Eingabe eines Beispielfalles (Fortsetzung)

Schadenfälle im Holzbau
Datei Bearbeiten Datensätze Extras ?

Eingabe

Vorherige Seite Nächste Seite

Allgemeines

Das 1991 erstellte Holzfertighaus ist in einer Holzriegelkonstruktion mit zwischenliegender Dämmung und beidseitiger Beplankung aus Hobelschalung und teilweise Gipskartonbeplankung versehen. Die Wohnräume des 1.OG befinden sich vollständig in der Dachschräge des Satteldaches. Das Dach hat eine Zwischensparrendämmung aus Mineralfasern und ist raumseitig mit GK-Platten geschlossen. Der verbleibende Speicher über den Zangen ist ein nicht begehbare Kriechspeicher, erreichbar über eine Einschubtreppe. Die Giebelwände sind mit runden Öffnungen für die Hinterlüftung versehen.

Schaden lang

Bei der Besichtigung im Mai 1995 zeigte sich, daß im Speicher sowohl die Dachschalung oberhalb der Sparren als auch teilweise die tragenden Hölzer wie Sparren und Zangen einen grünlich bis schwarzen Pilzrasen aufwiesen.

Datensatz: 1 von 1 (Gefiltert)

Bild A3-1d
Eingabe eines Beispielfalles (Fortsetzung)

Schadenfälle im Holzbau
Datei Bearbeiten Datensätze Extras ?

Eingabe

Vorherige Seite Nächste Seite

Ursache lang

Schimmelpilze sind ein Zeichen für hohe Feuchtigkeitsverhältnisse von ca. 30-33 % Holzfeuchte. Eine Befeuchtung von oben kann wegen einer dichten Dachhaut ausgeschlossen werden. Daher ist davon auszugehen, daß während der Heizperioden erwärmte Raumluft mit relativ hoher Luftfeuchtigkeit in den Speicher gelangt und sich dort als Tauwasser niederschlägt. Ursache hierfür ist eine gänzlich fehlende Dampfsperre zwischen Wohnraum und den kühleren Zonen des Spitzbodens in Verbindung mit einer fehlenden Hinterlüftung, da der Hinterlüftungsquerschnitt durch das Anliegen der Dämmung an die Schalung geschlossen war.

Behebung, Sanierung

Eine Beseitigung des Pilzbefalles ist am wirksamsten durch Austrocknung des Holzes möglich. Allerdings wäre ein erneuter Pilzbefall in den Heizperioden wahrscheinlich. Tatsächlich wurde hier gegen die anerkannten Regeln der Technik verstoßen, indem die Dachkonstruktion nicht gegen Tauwasser gesichert wurde. Daher ist als einzig dauerhafte Lösung eine wirksame Dampfsperre aus PE-Folie oder Alubahnen im Wohnraum einzubringen.

Datensatz: 1 von 1 (Gefiltert)

Bild A.3-1e

Eingabe eines Beispielfalles (Fortsetzung)

Kombination der
Stichworte

Bei der Suche nach geeigneten Fällen können die vergebenen Stichworte miteinander kombiniert (verknüpft) werden, so daß die Suche gezielter durchgeführt und die Treffermenge eingegrenzt werden kann.

In **Bild A.3-2a und b** ist die Suchmaske und die Anzeige eines Treffers dargestellt.

Bild A.3-2a

Beispiel einer Stichwortsuche

Schadensfälle im Holzbau

Datei Bearbeiten ?

Details

Quelle: Mangel: ja Bild: gut Fall Nr.: 93227966

Schmidt -9,1/1

Bauwerk: _Gewerbe und Industriebau_ _Zweiständer-Hallenhaus_

Übergeordn. Konstr.: _Fußboden_

Bauteil lokalisiert: _Dielenboden_

Schaden: _Optisch_Fuge_Rißbildung_ _Querzugriß_

Ursache: _Ausführung_ _Schwinden/Quellen_ _Einbaufeuchte_ _Verklebung_ _Wasserlack_

Schaden lang

Der Fußbodenbelag zeigt ein sehr unregelmäßiges Fugenbild. Zwischen einzelnen Brettern haben sich keine Fugen geöffnet, dann wiederum öffnen sich teilweise sehr breite Fuge. Es bildeten sich Abrißfugen.

Ursache lang

Die Bretter waren mit einer zu hohen Holzfeuchte eingebaut worden und bildeten im Zuge der Trocknung Fugen. Da zu dieser Zeit der Boden schon mit Wasserlack versiegelt wurde, klebten einige Bretter zusammen und es kam zu Abrißfugen.

Datensatz: 5 von 9

Bild A.3-2b
Anzeige eines Treffers

A.4 Auswertung nach Bauwerk und Bauteilen

Bauwerke Bedingt durch die Zielsetzung dieses Vorhabens, Schäden bei Wohnhäusern zu untersuchen, stellen diese auch den größten Anteil der aufgenommenen Bauwerke dar (ca. 800). Darüber hinaus wurden auch Mängel/Schäden aus anderen Bauwerken berücksichtigt, wenn sie auf Wohnbauten übertragbar waren. In **Bild A.4-1** sind die Anteile der einzelnen Bauwerke dargestellt.

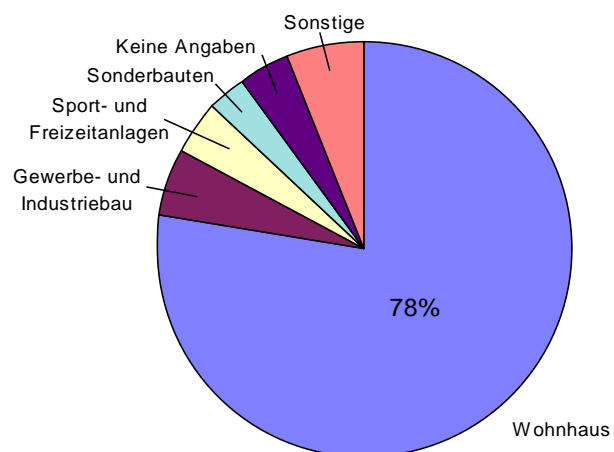


Bild A.4-1
Aufteilung der Fälle nach Bauwerken

Zu den Sonderbauten gehören Garagen, Wintergärten, Gartenhäuser u.ä.

Bei den Wohnhäusern handelte es sich überwiegend um Einfamilienhäuser (ca. 500 Fälle).

Erwähnenswert ist dabei der hohe Anteil an Mängeln/Schäden bei Blockhäusern mit 214 Fällen. Angesichts des eher geringen Marktanteiles dieser Bauweise deutet dies daraufhin, daß bei Blockhäuser besondere Sorgfalt und Maßnahmen zur Qualitätssicherung erforderlich sind.

| | |
|----------------------------|---|
| Übergeordnete Konstruktion | Die Auswertung der Schadensfälle nach der übergeordneten Konstruktion ergab folgende drei Schwerpunkte: |
| 32% Dach | <ul style="list-style-type: none"> Die meisten Schadensfälle waren im Zusammenhang mit dem Dach festzustellen (338 Fälle \approx 32%). Hierin enthalten sind sowohl Feuchteschäden durch fehlerhafte bauphysikalischen Aufbau als auch unzureichende Windsogverankerungen der Sparren. |
| 22% Wände | <ul style="list-style-type: none"> An zweiter Stelle stehen Mängel/Schäden bei Wänden (233 \approx 22%), wobei der größere Anteil auf Außenwände entfällt (139 \approx 13%). Nur 57 Fälle bezogen sich auf Innenwände. Bei den restlichen Fällen (37) traten Mängel/Schäden auf, bei denen eine Unterscheidung nach Innen- oder Außenwand nicht gemacht wurde und/oder auch nicht erforderlich war, wie z.B. bei Rissen im Fliesenbelag, ungenauen Zuschnitten der Beplankungen oder Schiefstellungen der Wände. |
| 12% Decken | <ul style="list-style-type: none"> Mängel/Schäden bei Decken traten in 128 (\approx 12%) Fällen auf. |

Ein Vergleich mit den in *Bild 1.5-1* dargestellten Schadenshäufigkeiten des 3. Bauschadensberichtes zeigt nicht unbeträchtliche Abweichungen. Diese sind aber sicherlich auf die Einschränkung dieses Vorhabens auf Holz-Wohnungsbauten und die nicht repräsentative Auswahl der Fälle zurückzuführen.

In **Bild**
darge:

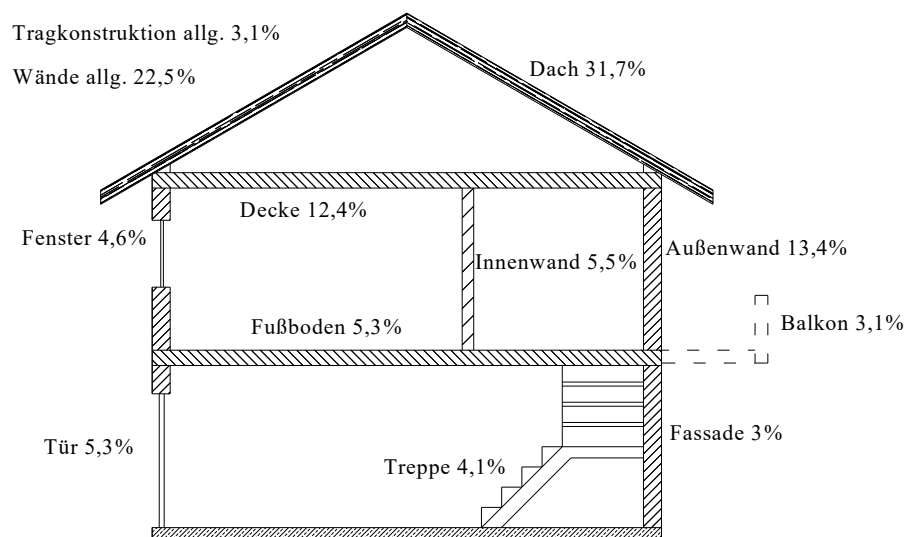


Bild A.4-2
„Schadenshaus“

Hierbei ist zu berücksichtigen - wie bei allen weiteren Auswertungen auch - daß Doppelnennungen möglich sind. So wird z.B. bei Schäden im Anschlußbereich Dach-Wand sowohl die Wand als auch das Dach als übergeordnete Konstruktion angegeben bzw. als Treffer angezeigt.

Zu den Balkonen ist anzumerken, daß diese bei mangelhafter konstruktiver Durchbildung eine sehr hohe Schadensanfälligkeit besitzen. Auftretende Schäden (auch Fäulnis) werden aber meist sehr rasch bemerkt, so daß Instandhaltungsmaßnahmen innerhalb der Gewährleistungsfrist anfallen. Auch aus Kostengründen werden solche Streitfälle meist ohne Einschaltung eines Gutachters beigelegt. Somit ist anzunehmen, daß dieser Bereich in der obigen statistischen Auswertung zu gut „wegkommt“.

Lokalisiert man die Mängel/Schäden genauer, so stellt man fest, daß Bauteilanschlüsse und Durchdringungen jeglicher Art am häufigsten genannt werden (ca. 160 Fälle). Als Beispiele seien Anschlüsse Fenster-Außenwand, Wand-Decke oder Kamin-Dach genannt.

Bauteil lokalisiert

Neben diesen Bauteilanschlüssen werden auch Verbindungen von einzelnen Holzteilen mittels Verbindungsmittel und Auflagerungen beanstandet (ca. 130 Fälle).

Bei den Einzelbauteilen stehen Sparren/Pfetten sowie Deckenbalken/ Unterzüge u.ä. mit jeweils etwa 120 Fällen an erster Stelle.

Schäden an Holzschalungen (Bretterschalungen) (ca. 70) und Bekleidungen/ Beplankungen aus Gips- oder Holzwerkstoffplatten (ca. 55) treten demgegenüber in den Hintergrund.

In **Bild A.4-3** sind die Schadenshäufigkeiten in Abhängigkeit von den meistgenannten Bauteilen nochmals graphisch dargestellt.

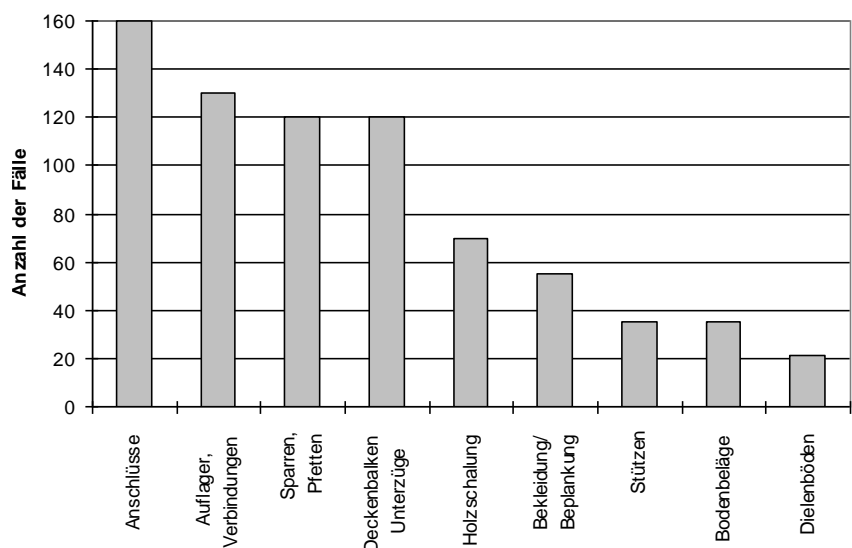


Bild 1-6
Schadenshäufigkeiten

A.5 Auswertung nach Schadensbildern

In diesem Abschnitt werden die am häufigsten aufgetretenen Mängel/Schäden beschrieben. Auf deren Ursachen wird im nächsten Abschnitt eingegangen werden.

26% optische Mängel

Die Auswertung nach den aufgetretenen Mängeln/Schäden bestätigt die Bedeutung, die dem optischen Erscheinungsbild beigemessen wird. Etwa $\frac{1}{4}$ der aufgenommenen Fälle (267) sind als rein optische Beanstandungen einzustufen, bei denen keine technische Funktion beeinträchtigt war.

An erster Stelle ist dabei die Beschaffenheit der Holzteile zu nennen, wie z.B.

- Holzqualität: Äste, Baumkanten, Rindeneinwuchs u.ä.,
- Oberflächenbeschaffenheit: Verfärbungen, rauhe Stellen infolge schlechter Hobelung u.ä.,
- Rißbildung und trocknungsbedingte Verformungen (z.B. Verdrehungen).

Die tatsächliche Zahl der optischen Beanstandungen liegt jedoch viel höher, da - wie bereits erwähnt - eine Vielzahl von Bagatellfällen gar nicht erst aufgenommen wurde.

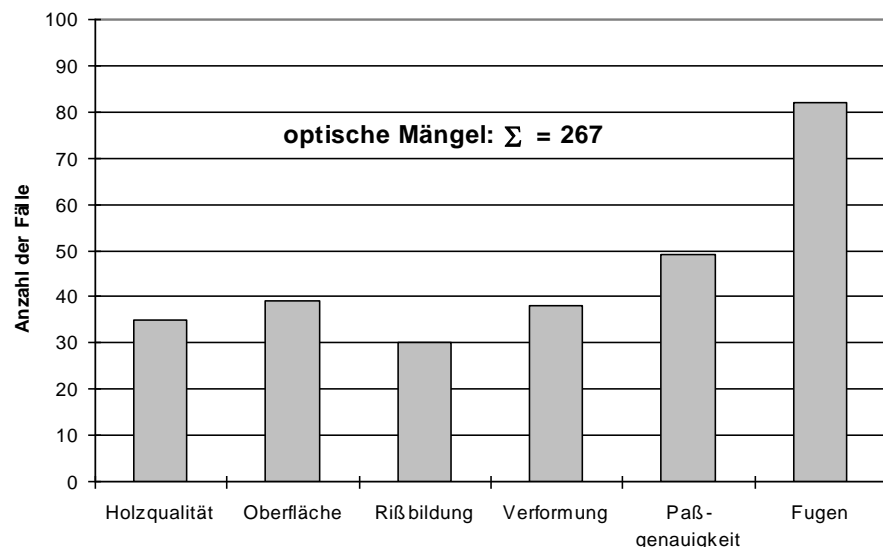
Bezüglich der Bewertung optischer Mängel ist anzumerken, daß auch unter den Sachverständigen keine einheitliche Linie erkennbar ist. Als typisches Beispiel hierzu seien größere Risse an sichtbaren Deckenbalken genannt. Während der eine Gutachter dies als materialbedingt wertet und keinen Mangel erkennt (solange die Tragfähigkeit nicht beeinträchtigt ist), bescheinigt der andere einen optischen Mangel, weil die optische Wirkung der aus gestalterischen Gründen eingebauten Deckenbalken beeinträchtigt ist (optisches Erscheinungsbild als „Funktion“).

In Anbetracht der Tatsache, daß eine Vielzahl optischer Beeinträchtigungen allein durch eine sorgfältigere Holzauswahl einschließlich der Einschnittart und Einbaufeuchte vermieden werden könnten, und im Hinblick auf eine anzustrebende Qualitätsverbesserung tendiert der Verfasser dieses Berichtes zu letztgenannter Einschätzung.

Daher wurden im Rahmen dieses Vorhabens auch solche Fälle berücksichtigt, die von den jeweiligen Gutachtern nicht als Mangel eingestuft wurden.

Weiterhin wurden zahlreiche Ausführungsmängel beanstandet, zu denen z.B. ein ungenauer Abbund (mangelnde Paßgenauigkeit) oder das Vorhandensein von Fugen zu zählen sind.

Bild A.5-1
Meistgenannte optische
Mängel



Bei den in **Bild A.5-1** dargestellten häufigsten optischen Mängeln/ Schäden ist zu beachten, daß in manchen Fällen mehrere Punkte beanstandet wurden, so daß Mehrfachnennungen gegeben sind.

24% Feuchteschäden

In der Literatur sind optische Mängel kaum zu finden, vermutlich weil sie nur selten ausreichend spektakulär und lehrreich sind. Hier dominieren Feuchteschäden, die bei diesem Vorhaben mit insgesamt 249 Fällen.

Als Beispiele für Feuchteschäden sind zu nennen:

- Schimmelpilz,
- Pilzbefall, Fäulnis,
- Tauwasseranfall,
- Wassereintritt, z.B. durch undichte Fugen.

In **Bild A.5-2** sind die meistgenannten Feuchteschäden graphisch dargestellt. Auch hier ist zu berücksichtigen, daß Mehrfachnennungen möglich sind.

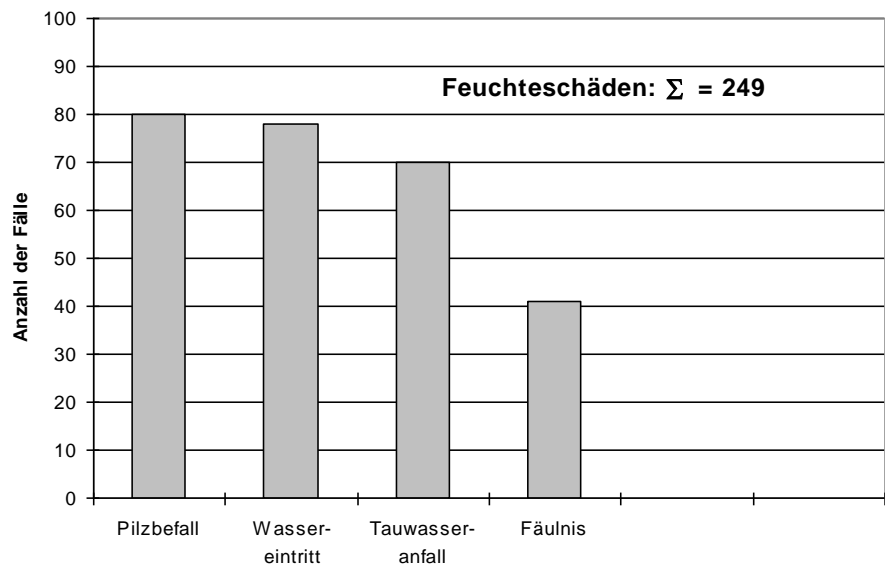


Bild A.5-2
Meistgenannte Feuchteschäden

22% Sicherheitsmängel

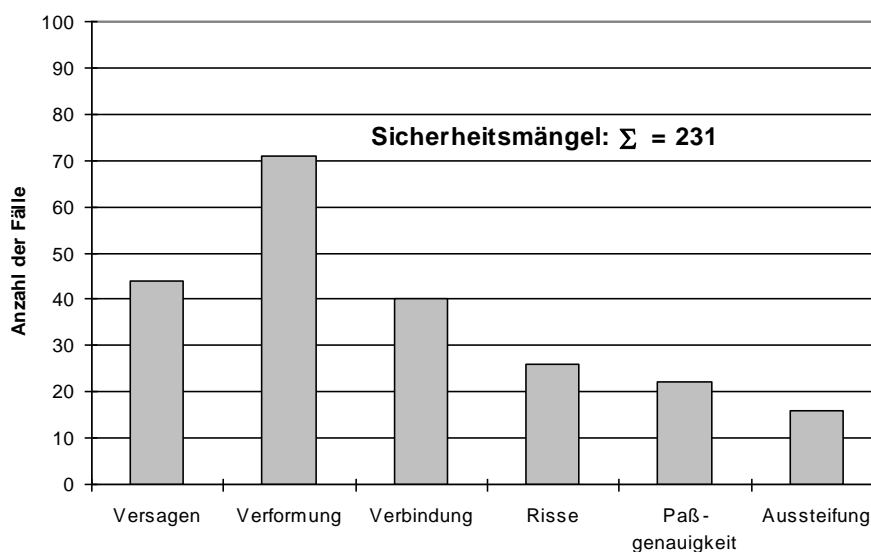
Als dritte große Gruppe der Mängel/Schäden sind solche Fälle zu nennen, bei denen ein Sicherheitsmangel vorlag (231 Fälle). Abgesehen von 44 Fällen, bei denen ein Versagen durch Einsturz, Knicken oder Kippen bereits eingetreten war, waren folgende Punkte am häufigsten zu beanstanden:

- Verformungen, z.B. Durchbiegungen von Deckenbalken oder Schiefstellung von Wänden,
- Verbindungen und Verankerungen,
- Risse, z.B. im Bereich von Verbindungen oder Ausklinkungen und Durchbrüchen,
- ungenügende Paßgenauigkeit, z.B. schwebende Auflager oder unterschiedliche Stufenhöhen bei Treppen,
- Aussteifungen, z.B. von Wänden und Dächern.

Ebenfalls als Sicherheitsmängel wurden lose Treppenstufen oder zu niedrige Geländer eingestuft.

In **Bild A.5-3** sind die häufigsten Sicherheitsmängel nochmals dargestellt (Mehrfachnennungen möglich).

Bild A.5-3
Häufigste Sicherheitsmängel



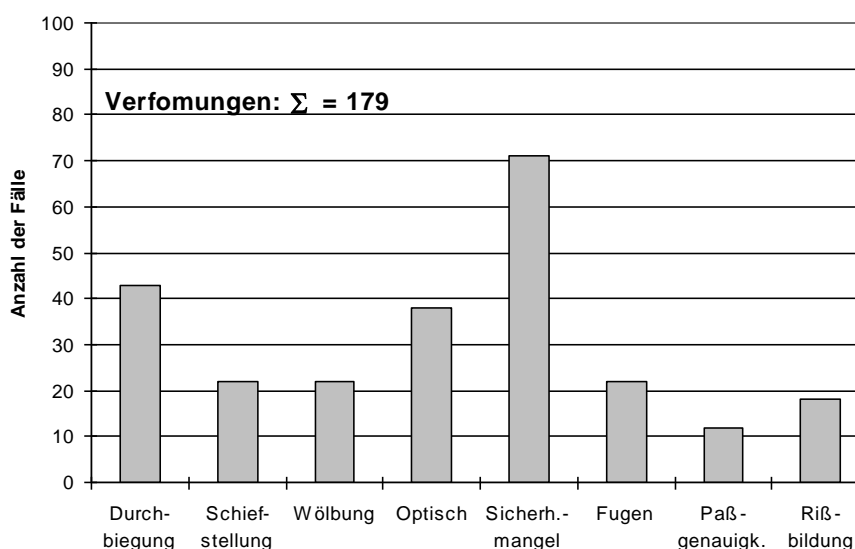
17% Verformungen

In insgesamt 179 Fällen waren aufgetretene Verformungen, wie z.B. Durchbiegungen, Aufwölbungen von Bekleidungen/Beplankungen, Schiefstellung von Wänden oder Setzungen Gegenstand von gutachterlichen Stellungnahmen. In nur 38 Fällen handelte es sich dabei um rein optische Mängel, 71 mal war ein Sicherheitsmangel festzustellen. In den übrigen Fällen waren die aufgetretenen Verformungen Anlaß für Sanierungsmaßnahmen, weil die Funktion der betroffenen Bauteile beeinträchtigt war, wie z.B.

- Rißbildung in Fliesenbelägen,
- Klemmen von Fenstern/Türen (Paßgenauigkeit),
- Bildung von Fugen.

In **Bild A.5-4** sind die häufigsten Mängel/Schäden im Zusammenhang mit Verformungen dargestellt.

Bild A.5-4
Mängel/Schäden im Zusammenhang mit Verformungen



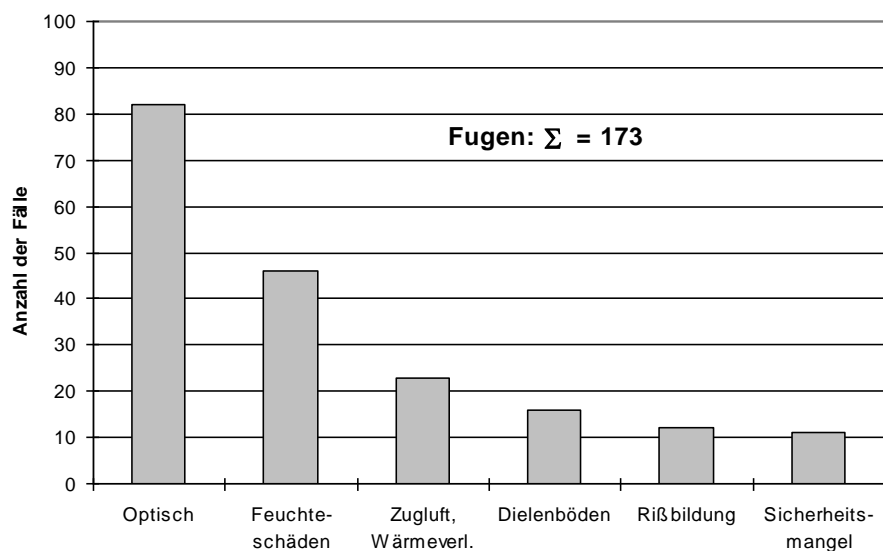
17% Fugen

In insgesamt 173 Fällen wurden Fugen beanstandet, von denen etwa die Hälfte als rein optisch zu werten war. In den übrigen Fällen jedoch waren Fugen im Zusammenhang mit anderen Mängeln/ Schäden zu sehen, wie z.B.

- Feuchteschäden: Tauwasseranfall, Wassereintritt,
- Zuglufterscheinungen und Wärmeverluste,
- Dielenböden,
- Rißbildung, z.B. bei Fliesenbelägen,
- Sicherheitsmängel.

In **Bild A.5-5** sind die häufigsten Mängel und Schäden im Zusammenhang mit Fugen dargestellt.

Bild A.5-5
Mängel/Schäden im Zusammenhang mit Fugen



Darüber hinaus sind solche Fälle zu erwähnen, bei denen vermutet wurde, daß Fugen Ausgangspunkt für spätere Mängel/Schäden sein könnten (z.B. bei unzureichenden Abdichtungsmaßnahmen).

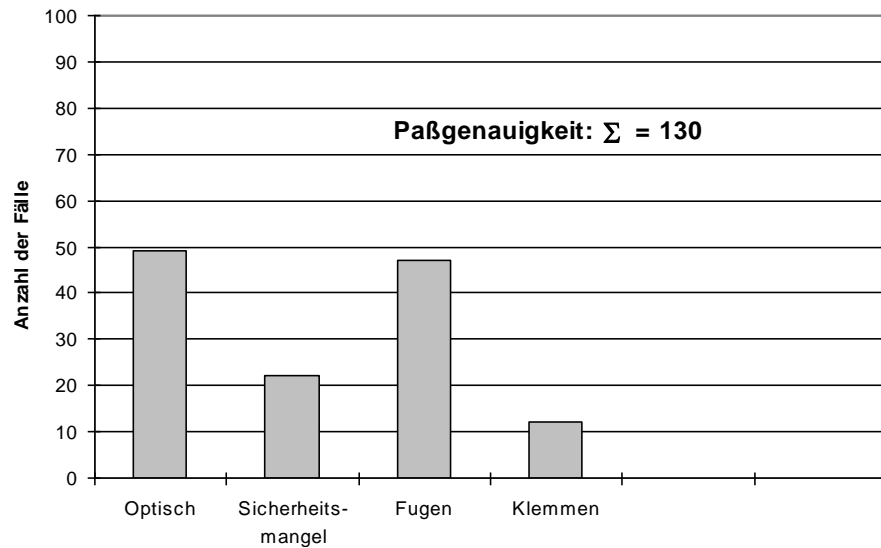
13% Paßgenauigkeit

In 130 Fällen wurden Mängel festgestellt, die unter dem Oberbegriff *Paßgenauigkeit* zusammengefaßt werden können, wie z.B. ungenaue Zuschnitte oder klemmende Fenster und Türen. Fugen traten hierbei am häufigsten auf (47).

In 49 Fällen lag ein rein optischer Mangel vor, in immerhin 22 Fällen führte die mangelnde Paßgenauigkeit zu einem Sicherheitsmangel.

In **Bild A.5-6** sind die häufigsten Mängel/Schäden im Zusammenhang mit einer unzulänglichen Paßgenauigkeit dargestellt.

Bild A.5-6
Mängel/Schäden im Zusammenhang mit unzulänglicher Paßgenauigkeit



7% Rißbildung

Bei den ausgewerteten Fällen wurde insgesamt 71 mal eine Rißbildung beanstandet. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um Risse

- an Holzbauteilen (Trockenrisse),
- an Fliesen, Bodenbelägen und Putz, sowie
- an Wänden im Bereich von Ausfachungen und an Tapeten.

In 30 Fällen handelte es sich um eine rein optische Angelegenheit, während in 18 Fällen ein Sicherheitsrisiko bestand (z.B. bei Quersgrissen bei Ausklinkungen). In **Bild A.5-7** sind die häufigsten Mängel/Schäden im Zusammenhang mit Rissen dargestellt.

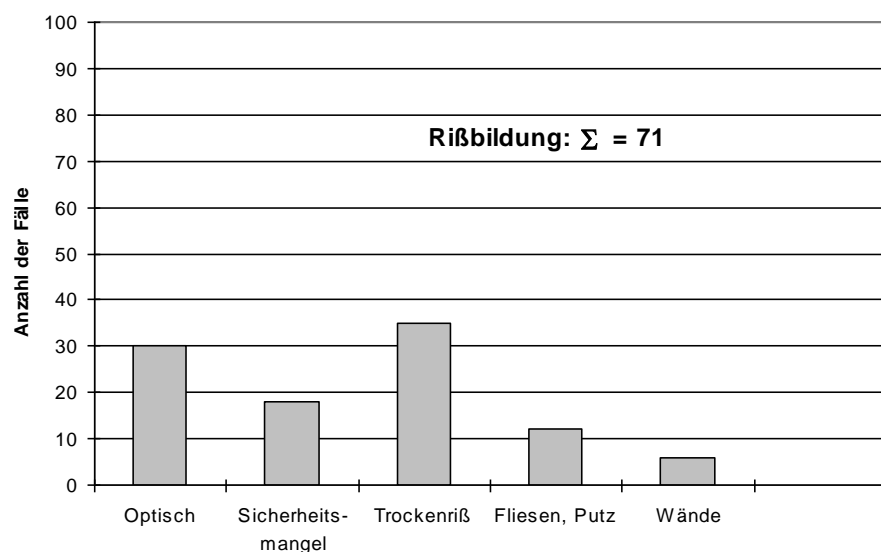


Bild A.5-7
Mängel/Schäden im Zusammenhang mit Rissen

Ein weiterer häufiger Mangel/Schaden liegt im Vorhandensein von Zuglufterscheinungen und/oder Wärmeverlusten, die in einem engen Zusammenhang stehen. Solche Mängel wurden in 58 Fällen behandelt.

Ein unzureichender Schallschutz wurde in nur 22 Fällen beklagt, oder besser gesagt, im Rahmen von Gutachten behandelt. Dies liegt aber im wesentlichen darin begründet, daß es im Einfamilienhausbereich bislang keine behördlich vorgeschriebenen Mindestanforderungen an den Schallschutz gab. Durch ein Gerichtsurteil des OLG Hamm (siehe *Abschn. 7.*) dürfte sich dies aber ändern.

A.6 Auswertung nach Schadensursachen

Die Ursachenermittlung gestaltete sich schwieriger als erwartet. In vielen Gutachten werden nämlich - entsprechend der gezielten Fragestellung des Gerichtes - lediglich die Tatsachen festgehalten und technische Beurteilungen abgegeben (Mangel ja/nein). Auf die Ursache wird nicht immer eingegangen, vermutlich auch deshalb, weil hiermit die Schuldfrage verbunden ist, die zu klären Sache des Richters ist.

So war z.B. aus vielen Fällen gar nicht ersichtlich, ob ein Architekt oder Tragwerksplaner an den Baumaßnahmen überhaupt beteiligt waren, wie z.B. bei kleineren Baumaßnahmen. Ohne dieses Wissen aber war es nicht möglich, den Verursacher festzustellen.

In Fragen der Materialwahl und Holzqualität hingegen wurde „automatisch“ die Ausführung als verantwortlich gewertet, da hierfür der ausführende Betrieb als verantwortlich angesehen wurde.

Gleiches gilt für eine zu hohe Einbaufeuchte, auch wenn die Forderung nach trockenem Holz Bestandteil jeder Ausschreibung sein sollte (siehe auch *Abschn. 4.3*). Da aber der Einbau trockenen Holzes ohnehin für die meisten Einsatzbereiche vorgeschrieben ist (Ausnahme: nicht verformungsempfindliche Konstruktionen, und Konstruktionen, in denen das Holz schadlos nachtrocknen kann; siehe *Abschn. 2.1.5*), sollte die Verwendung von halbtrockenem oder gar frischem Holz die Ausnahme, und nicht die Regel darstellen.

Die häufigsten Schadensursachen sind in **Bild A.6-1** dargestellt und nachfolgend kurz besprochen.

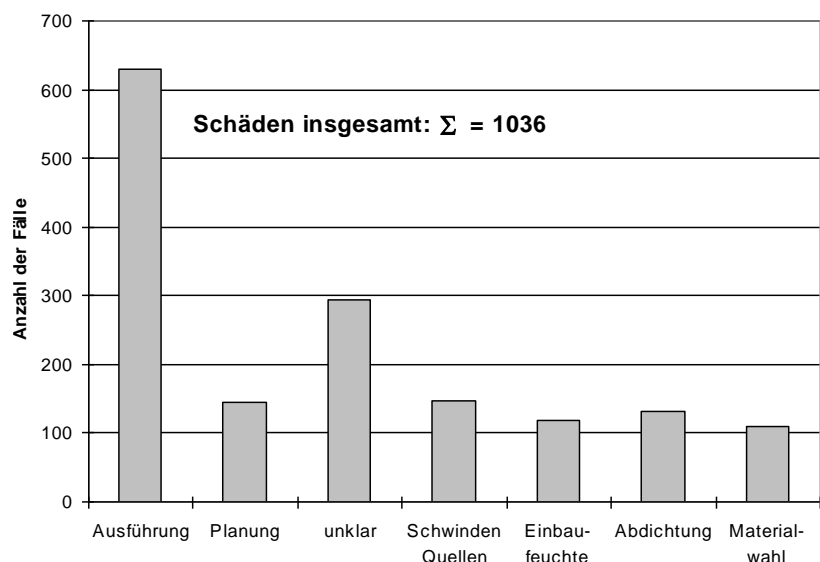


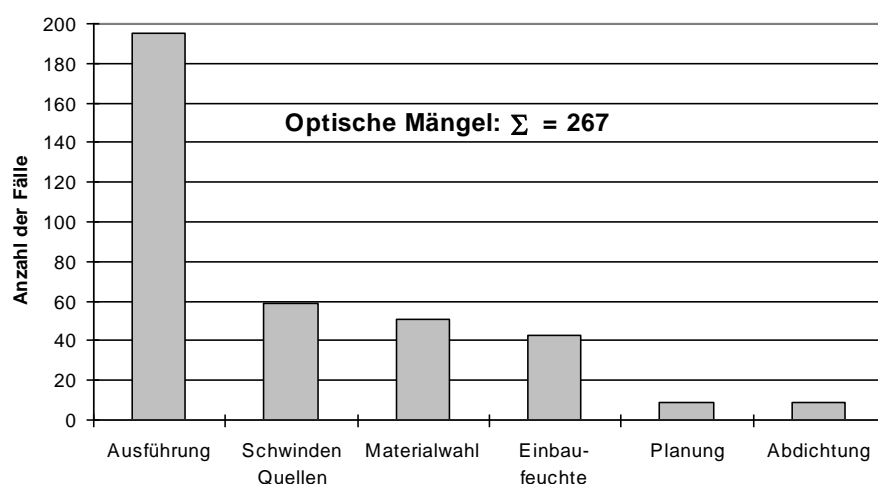
Bild A.6-1
Häufigste Schadensursachen
Mehrfachnennungen möglich

| | |
|---|--|
| 61% Ausführung | Bei der Auswertung des Datenmaterials zeigte sich, daß in der weitaus überwiegenden Zahl der Fälle (629) eine mangelhafte Ausführung als ursächlich für eine Beanstandung zu werten war. Die hiermit verbundenen Mängel/Schäden umfassen dabei das gesamte Spektrum der im vorigen Abschnitt beschriebenen Schadensbilder (vgl. auch Bild A.7-1). Eine Abweichung von Planungsvorgaben war in 62 Fällen zu beklagen. |
| 14% Planung | In 145 Fällen war die Planung für Mängel/Schäden verantwortlich, wobei der Anteil einer mangelnden oder fehlenden statischen Berechnung etwa 50% betrug (75 Fälle). |
| 29% Verursacher unklar | In 293 Fällen lagen keine Angaben über den Verursacher vor, bzw. die Ursache konnte weder der Planung noch der Ausführung eindeutig zugeordnet werden. |
| 15% Schwinden/ Quellen 12% Einbaufeuchte | Das trocknungsbedingte Verhalten (Schwinden/Quellen) des Holzes war in 148 Fällen die Ursache von Beanstandungen, eine zu hohe Einbaufeuchte insgesamt 119 mal. |
| 13% Abdichtung | In 131 Fällen führten mangelhafte Abdichtungsmaßnahmen zu Mängel/Schäden, insbesondere im Zusammenhang mit Fugenproblemen und Feuchteschäden. |
| 11% Materialwahl | Eine ungeeignete Materialwahl war in 109 Fällen zu beanstanden. Hierunter ist nicht nur eine mangelhafte Holzqualität zu verstehen, sondern auch ungeeignete Materialien für Dampfbremsen/-sperrern, Abdichtungen oder Bekleidungen/Beplankungen. |

Die im vorigen Abschnitt beschriebenen häufigsten Mängel/Schäden sind nachfolgend in Abhängigkeit von den zugehörigen meistgenannten Ursachen ausgewertet.

| | |
|-----------------|--|
| Optische Mängel | In Bild A.6-2 sind die häufigsten Ursachen für optische Mängel angegeben. |
|-----------------|--|

Bild 1-15
Häufigste Ursachen für optische Mängel
(Mehrfachnennungen möglich)

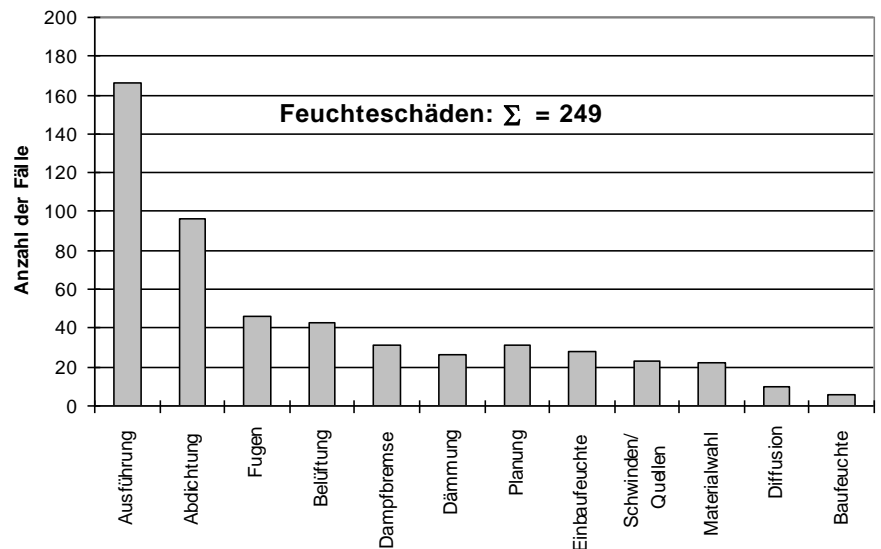


Feuchteschäden

In **Bild A.6-3** sind die häufigsten Ursachen für Feuchteschäden angegeben.

Bild A.6-3

Häufigste Ursachen für Feuchteschäden
(Mehrfachnennungen möglich)

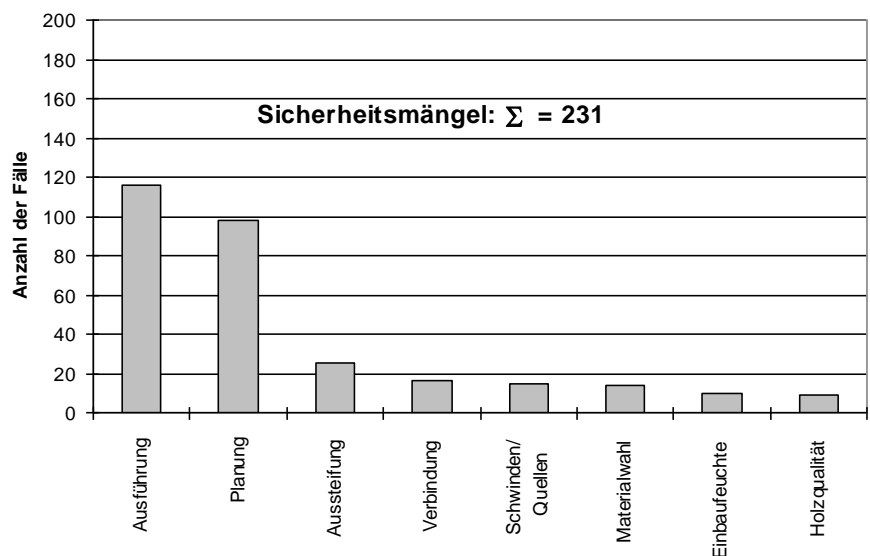


Sicherheitsmängel

In **Bild A.6-4** sind die häufigsten Ursachen für Sicherheitsmängel angegeben. Hierbei ist zu erwähnen, daß Abweichungen von Planungsvorgaben in immerhin 38 Fällen zu Sicherheitsrisiken führten.

Bild A.6-4

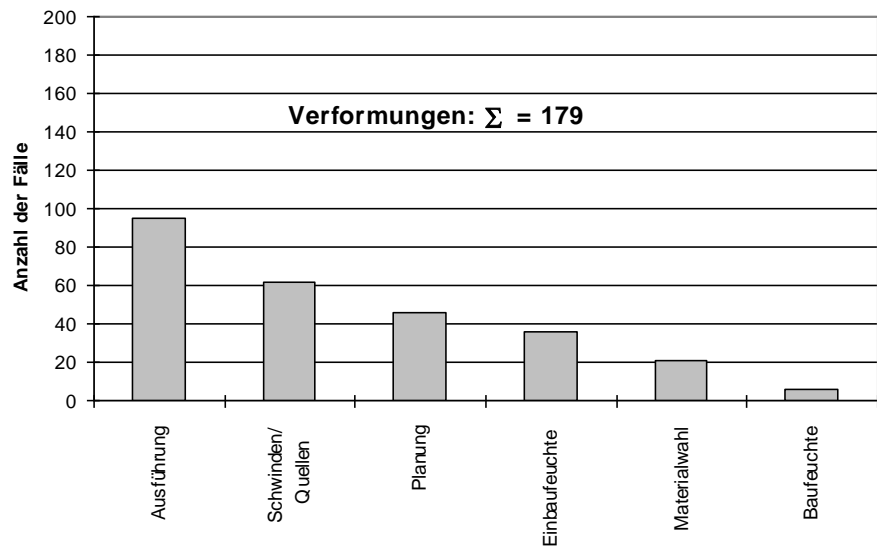
Häufigste Ursachen für Sicherheitsmängel
(Mehrfachnennungen möglich)



Verformungen

In **Bild A.6-5** sind die häufigsten Ursachen für Verformungen angegeben.

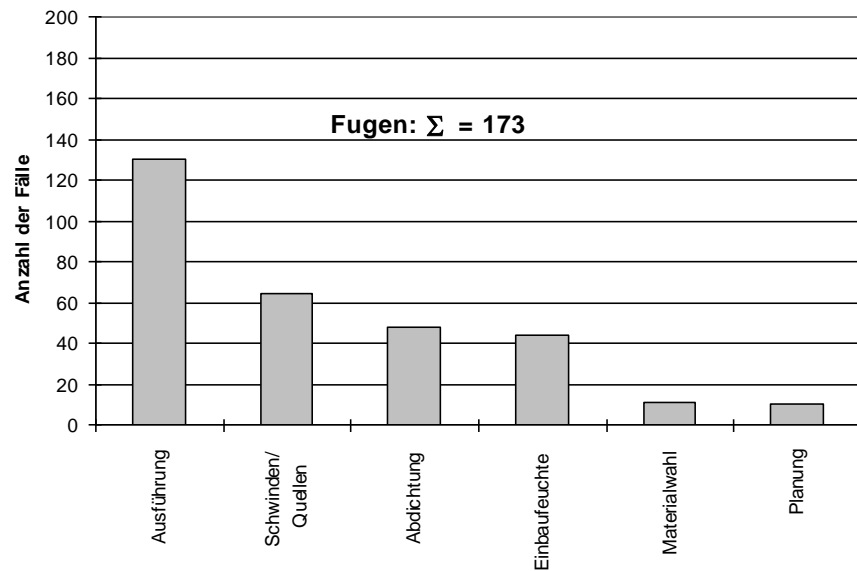
Bild A.6-5
Häufigste Ursachen für Verformungen
(Mehrfachnennungen möglich)



Fugen

In **Bild A.6-6** sind die häufigsten Ursachen für Fugen angegeben.

Bild 1-19
Häufigste Ursachen für Fugen
(Mehrfachnennungen möglich)

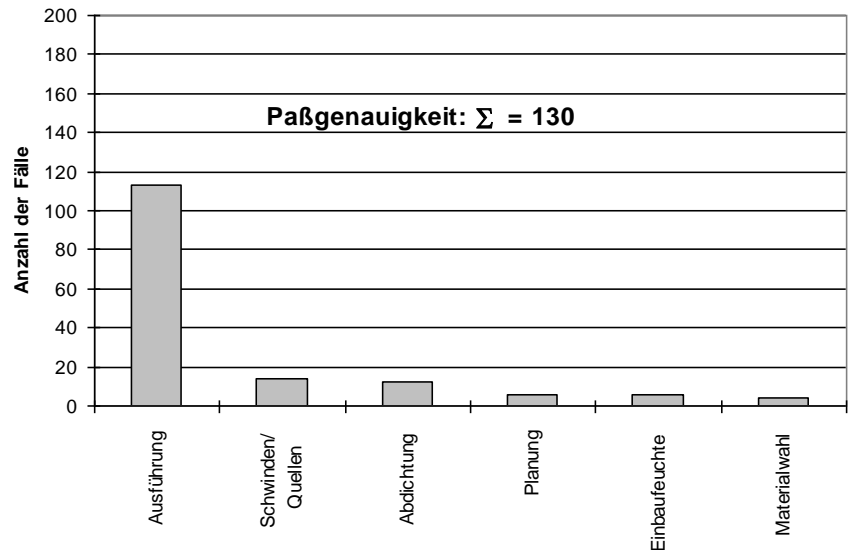


Paßgenauigkeit

In **Bild A.6-7** sind die häufigsten Ursachen für mangelnde Paßgenauigkeiten angegeben.

Bild A.6-7

Häufigste Ursachen für mangelnde Paßgenauigkeiten
(Mehrfachnennungen möglich)

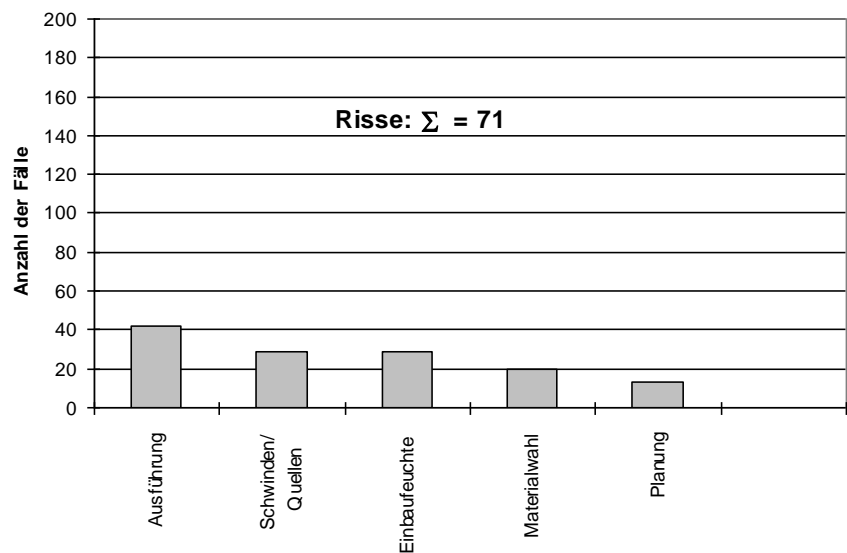


In **Bild A.6-8** sind die häufigsten Ursachen für Rißbildungen angegeben.

Risse

Bild A.6-8

Häufigste Ursachen für Rißbildungen
(Mehrfachnennungen möglich)



A.7 Zusammenfassung

Ein mangelhaftes optisches Aussehen ist am häufigsten Anlaß für Beanstandungen und Streitfälle. Diese Aussage gilt umso mehr, wenn man berücksichtigt, daß eine Vielzahl von Bagatellfällen im Rahmen dieses Vorhabens gar nicht berücksichtigt wurden.

Verantwortlich für optische Mängel zeichnen sich überwiegend Ausführende, die eine mangelhafte Arbeit abliefern. Weitere Hauptursachen sind eine unzureichende Materialwahl und das „Arbeiten“ des Holzes, sprich das Schwind- und Quellverhalten, z.B. infolge zu hoher Einbaufeuchte.

Feuchteschäden sind ebenfalls vorrangig durch eine unzureichende Ausführung, insbesondere im Bereich der Fugenausbildung (Abdichtung) verursacht. Nur in wenigen Fällen konnten solche Schäden eindeutig auf Planungsfehler eines Architekten zurückgeführt werden.

Bei Fehlen einer notwendigen Detailplanung durch den Architekten erfolgte die Planung von Fugen durch den Ausführenden, was zwangsläufig zu den beanstandeten Mängeln/Schäden führte.

Feuchteschäden sind weiterhin häufig auf die unzureichende Berücksichtigung des Schwindverhaltens des Holzes zurückzuführen. Bei zu hoher Einbaufeuchte entstehen Fugen und Undichtigkeiten, die einen Feuchtezutritt erst ermöglichen.

Eine unzureichende Ausführung stellt auch die Hauptursache für Sicherheitsmängel dar. Nicht unwesentlich sind dabei die Risiken, die durch Abweichung von Planungsvorgaben entstehen.

Selbstverständlich ist auch eine fehlerhafte Planung (statische Berechnung) maßgeblich am Auftreten von Sicherheitsmängeln beteiligt.

Die Ursachen für auftretende Verformungen (Durchbiegungen, Aufwölbungen, Verdrehungen) liegen neben in Fehlern bei der Ausführung vorrangig im „Arbeitsverhalten“ des Holzes (Schwinden/ Quellen) und in einer zu hohen Einbaufeuchte. Auch eine falsche Dimensionierung von Bauteilen im Zuge der Tragwerksplanung trat als Ursache auf.

Auftretende Fugen und unzureichende Paßgenauigkeiten sind vorrangig auf eine mangelhafte Ausführung zurückzuführen. Bei den Fugen stellt die unzureichende Berücksichtigung trocknungsbedingter Verformungen eine weitere wichtige Ursache für Mängel und Schäden dar.

Auch die Bildung von Rissen könnte in vielen Fällen reduziert bzw. minimiert werden, wenn dem „Arbeitsverhalten“ des Holzes genügend Aufmerksamkeit geschenkt würde.

In **Bild A.7-1** sind die häufigsten Mängel/Schäden mit den zugehörigen Hauptursachen nochmals zusammenfassend dargestellt.

Bild A.7-1
Häufigste Mängel/Schäden
mit zugehörigen
Hauptursachen (Mehrfach-
nennungen möglich)

