



Und Deine Welt  
hat wieder ein Gesicht.

EGH

Entwicklungsgemeinschaft Holzbau  
in der  
Deutschen Gesellschaft für Holzforschung

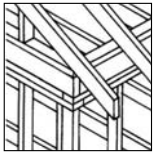
# INFORMATIONSDIENST **HOLZ**

## Holzhäuser Werthaltigkeit und Lebensdauer





## Inhaltsverzeichnis



### Systeme im Holzbau

Seite 4 + 5

### Entwicklung des Wärmeschutzes



Seite 6



### Entwicklung des Feuchteschutzes

Seite 7

### Entwicklung des Holzschutzes



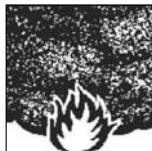
Seite 8



### Entwicklung des Schallschutzes

Seite 9

### Entwicklung des Brandschutzes



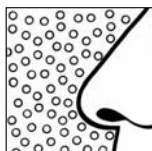
Seite 10 + 11



### Entwicklung der Ausführung und Werkstoffe

Seite 11

### Entwicklung der Raumluftqualität



Seite 12



### Werthaltigkeit von Holzhäusern

Seite 13



## Impressum

Das holzbau handbuch ist eine gemeinsame Schriftenreihe von der Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V., München

### Herausgeber:

DGfH Innovations- und Service GmbH  
Postfach 31 01 31, D-80102 München  
mail@dgfh.de  
www.dgfh.de

(089) 51 61 70-0

(089) 53 16 57 fax

und

HOLZABSATZFONDS

Absatzförderungsfonds der deutschen

Forst- und Holzwirtschaft, Bonn

www.holzabsatzfonds.de

www.infoholz.de

### Technische Anfragen an:

Arbeitsgemeinschaft Holz e.V.

Postfach 30 01 41

D-40401 Düsseldorf

argeholz@argeholz.de

www.argeholz.de

(0211) 47 81 80

(0211) 45 23 14 fax

### Bearbeitung/Verfasser:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Kehl

Universität Leipzig

Lehrstuhl für Stahlbau und Holzbau

www.uni-leipzig.de/holzbau

Erschienen: April 2002

ISSN-Nr. 0466-2114

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung den anerkannten Regeln der Technik. Eine Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältigster Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden.

In diese Broschüre sind Ergebnisse aus zahlreichen Forschungsprojekten eingeflossen. Für deren Förderung danken wir der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), dem Holzabsatzfonds, Bonn, den Forst- und Wirtschaftsministerien des Bundes und der Länder sowie der Holzwirtschaft.

## Einführung

Der Kauf oder Bau eines Gebäudes ist für alle Bauherren ein großer Schritt – in ganz besonderem Maße bei Wohnhäusern. Man möchte möglichst sein Leben lang in dem Haus wohnen, es eventuell an die Kinder oder Enkel vererben. Es soll also ein Bau für die „Ewigkeit“ – mindestens aber für eine generationsübergreifende Lebensdauer – sein.

Die Entscheidung für eine bestimmte Bauweise wird dabei von vielen Faktoren beeinflusst – von den persönlichen Vorlieben bis hin zu „Stammtisch-Argumenten“. Immerhin haben sich seit etwa 1995 immer mehr Bauherren auch in Deutschland für ein Holzhaus entschieden. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern stieg der Marktanteil von ca. 7,5% auf derzeit etwa 15–20%. Und das, obwohl die Holzhausbauweisen sich nach wie vor vielen, nicht zu rechtfertigenden Behauptungen bis hin zu werblichen Diffamierungen der Baustoffkonkurrenten ausgesetzt sehen. Dabei tauchen immer wieder die gleichen **Vorurteile** und Fragen auf:

- Überdauert ein Holzhaus mehr als eine Generation, d.h. ist die technische Lebensdauer überhaupt ausreichend?
- Im Winter warm, aber im Sommer heiß?
- Schlechter Schallschutz – hellhörig!
- Holzschutzmittel und Formaldehyd belastet!
- Sind Holzhäuser nicht brandgefährlich?

Auch die bisherige Beleihungs- und Bewertungspraxis der meisten Banken und Sachwertermittler, teilweise beruhend auf Festlegungen aus den siebziger Jahren, benachteiligt den Holzhausbau.

Der Holzhausbau ist dadurch zum Teil in eine Verteidigungshaltung gedrängt worden, die ungerechtfertigt erscheint. Durch viele Faktoren ist zu belegen, dass moderne Holzhäuser eine innovative, hoch energieeffiziente und qualitätsgesicherte High-Tech-Bauweise darstellen.

Viele der Vorurteile und Annahmen beruhen noch auf den Behelfsbauten nach 1945 (Barackenbauweise) und den einfacheren Holzbauweisen der 60er und 70er Jahre, obwohl die Gebäude dieser Jahre den damaligen Anforderungen genügten und der Preis- und Bedarfsdruck auch bei allen anderen Bauweisen nicht zur Übererfüllung der Anforderungen geführt hat. Beispielsweise spielten wegen der niedrigen Energiepreise energiesparende Bauweisen keine

Rolle und Bausünden wie das Durchbetonieren von Geschossdecken zur Herstellung auskragender Balkone waren selbstverständlich.

Dieses Heft soll auf der Grundlage einer wissenschaftlichen Arbeit der Universität Leipzig [2] zur Objektivierung beitragen. In dieser Forschungsarbeit wurde die Entwicklung der Holztafel-/Holzrahmenbauweise seit etwa 1965 untersucht, dokumentiert, mit anderen Bauweisen verglichen und daraus resultierende, sinnvolle Auswirkungen auf die Praxis der Beleihungswert- und Sachwertermittlung in Abstimmung mit Banken und Verkehrswertermittlungsgremien vorgeschlagen. Sie beschränkt sich auf die Untersuchung von Holztafel- und Holzrahmenbauten, da diese mit geschätzt 85% Marktanteil führend im Holzhausbau sind.

Die Arbeit spiegelt indirekt die Ergebnisse vieler Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wieder, die der Holzhausbau seit den sechziger Jahren zur Verbesserung der Bauweise initiiert und erfolgreich abgeschlossen hat. Besonders die Holzbauten der letzten zwei Jahrzehnte erfüllen die heutigen Ansprüche. Sie sind zukunftsorientierte Neubauten. Die technische Lebensdauer und die Gesamtnutzungsdauer moderner Holzhäuser entsprechen denen von Häusern aus Mauerwerk und Beton.

Diese Schrift stellt Informationen für die Wertermittlung von Holzhäusern durch Banken, Versicherungen und freischaffenden Sachverständigen zur Verfügung. Sie soll darüber hinaus dazu anregen, die bauphysikalischen Eigenschaften, die qualitätsgesicherte Erstellung und die eindeutige und umfassende Deklaration der eingesetzten Baustoffe differenzierter zu berücksichtigen.

Für weniger mit der Materie vertraute Leser wird nachfolgend ein Glossar mit Beispielen vorangestellt:

Die **Technische Lebensdauer** – ist der Zeitraum von der Errichtung bis zum Abriss eines Gebäudes. Sie ist erreicht, wenn mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand die statischen und bauphysikalischen Eigenschaften des Gebäudes den Anforderungen nicht mehr angepasst werden können.

Die technische Lebensdauer von Fachwerkhäusern beträgt oft weit mehr als 300 Jahre! Moderne Holzgebäude mit ihren wesentlich verbesserten Eigenschaften werden bei ordnungsgemäßer Wartung und Instandhaltung ebenfalls entsprechende Zeitspannen erreichen.

Die **Gesamtnutzungsdauer (GND)** – ist der Zeitraum, in dem ein Gebäude bei normaler Instandhaltung wirtschaftlich nutzbar ist und den Ansprüchen der Nutzer gerecht wird.

Die **Restnutzungsdauer (RND)** – ist der verbleibende Zeitraum zwischen Wertermittlungstichtag bis zum Ablauf der Gesamtnutzungsdauer, d.h. die Gesamtnutzungsdauer abzüglich dem Lebensalter des Gebäudes.

Gesamt- und Restnutzungsdauer sind von vielen Faktoren abhängig.

Entspricht das Gebäude noch den aktuellen Ansprüchen an Wärmeschutz oder Raumgröße? Sind die tragenden Bauteile in einem guten Zustand? Sind Grundriss und Ausstattung annehmbar? Was vor 20 Jahren den Ansprüchen gerecht wurde, ist heute vielleicht nicht mehr zeitgemäß.

Zusätzliche Einflüsse sind:

- der Schallschutz von Decken und Wänden
- der Brandschutz des Gebäudes
- die verwendeten Baustoffe
- die Qualität der Ausführung

Entspricht ein Gebäude zumindest noch teilweise den Nutzeranforderungen, so ist seine Gesamtnutzungsdauer noch nicht abgelaufen. Das Gebäude kann noch einige Jahre genutzt werden, es weist noch eine Restnutzungsdauer auf. Wird ein Gebäude modernisiert, indem beispielsweise der Wärmeschutz verbessert und die Raumaufteilung verändert wird und damit eine Anpassung an die Nutzeranforderungen erfolgt, verlängert sich die Restnutzungsdauer. Je besser ein Gebäude die Anforderungen der Nutzer erfüllt, umso länger ist seine Gesamt- und Restnutzungsdauer und umso höher ist damit auch sein aktueller Wert.

## Systeme im Holzbau



Bild 4: Morgens auf der Baustelle: vorbereitete Bodenplatte mit Gerüst



Bild 5: 12.00 Uhr: Das Erdgeschoss ist fertig, die Decke wird aufgelegt



Bild 6: 15.00 Uhr: Montage des Dachgeschosses

Der Holzhausbau weist eine Vielzahl unterschiedlicher Konstruktionsweisen auf. Vom Fachwerkhaus über Blockhäuser bis hin zu hochmodernen Massivholzkonstruktionen werden alle Möglichkeiten angeboten. Die kurze Vorstellung der Systeme im Holzbau soll zur Begriffsklärung beitragen. Eine vollständige Übersicht ist in [1] enthalten.

### Fachwerkhaus

Die Fachwerkbauweise ist eine historische Bauweise, die im Neubau nur noch selten Anwendung findet. Zumeist besteht die Ausfachung aus Lehm, in einigen Fällen aus anderen Mauerwerksteinen oder es erfolgte eine Bekleidung aus Holzwoleleichtbauplatten und Putz. Die Aussteifung des Gebäudes wird durch Diagonalen erzeugt. Die verwendeten Holzquerschnitte sind sehr groß gewählt und weisen dadurch teilweise starke Verformungen und Risse auf. In vielen Gegenden ist das Fachwerk sichtbar und somit der direkten Witterung ausgesetzt. Trotz dieser konstruktiv ungünstigen Einbausituation für das Holz beträgt die technische Lebensdauer von Fachwerkhäusern oft mehr als 300 Jahre.



Bild 1: Fachwerkhaus

### Blockhausbau

Der Blockhausbau ist eine der ältesten Bauweisen. Früher wurde er mit Rundhölzern gebaut. Die heutige Blockhausbauweise verwendet meist Blockbohlen. Sie sind mit Nut und Feder versehen, und werden an den Ecken und Wänden überblattet. Bedingt durch die massiven Holzquerschnitte lassen sich Setzungen der Wände durch Schwinden nicht vermeiden. Dies muss bei der Planung berücksichtigt und konstruktiv umgesetzt werden. Dennoch ist mit Rissbildungen zu rechnen. „Unbestritten ist, dass die Besonderheiten dieser Bauweise hohe Anforderungen an die Sorgfalt und Qualität der Planung und Ausführung stellen.“[3]



Bild 2: Blockhausbau

### Holztafel-/Holzrahmenbau

Kennzeichnend für diese Holzbauweise ist ein tragender Rahmen aus stumpf gestoßenen Hölzern und aussteifenden Beplankungen aus Holz- bzw. Gipswerkstoffplatten. Die Beplankung wird durch Nägel, Klammern oder Schrauben befestigt. Während die Stiele der vertikalen Lastabtragung dienen, steifen die eingesetzten

Werkstoffplatten das Gebäude aus. Die verwendeten Hölzer sind im Vergleich zu alten Fachwerkbauten wesentlich kleiner, technisch getrocknet und damit maßhaltig. Das Konstruktionsraster ist von den Plattenwerkstoffen abhängig.

Die vertikalen Hölzer werden im Raster von 625–1000 mm angeordnet. Die Gefache zwischen den Hölzern werden vollständig gedämmt. Die Fassadengestaltung kann frei gewählt werden. Putze auf Wärmedämmverbundsystemen, Mauerwerkvorsatzschalen oder Außenbekleidungen aus Holz sind nur einige Beispiele. Durch die durchgehenden Fassaden ist die tragende Konstruktion der Häuser vor der Witterung geschützt.

Im Holztafel- und Holzrahmenbau werden vorgefertigte Elemente eingesetzt, die kurze Richtzeiten und damit den schnellen Witterungsschutz des Rohbaus gewährleisten.

Der Unterschied beider Bauweisen besteht nur im Grad der Vorfertigung, das Konstruktionsprinzip ist identisch. Beide Bauweisen erlauben die regendichte Montage eines Ein- und Zweifamilienhauses in einem Arbeitstag. Heute üblich ist die „platform-frame“ Bauweise, bei der die Wände stockwerkshoch ausgeführt werden. Die Bilder 4–8 zeigen die Montage eines Holzrahmenbaugeschäftes durch ein Zimmereiuunternehmen. Die Deckenelemente liegen auf der darunter stehenden Wand auf, das nächste Geschosselement wird wiederum auf die Decke gestellt. Die Bilder zeigen auch, dass nicht nur Holzrahmenbau und Holztafelbau praktisch baugleich sind, sondern dass auch der Vorfertigungsgrad moderner Zimmereibetriebe die wind- und wasserdichte Hülle mit Fenstern und Fassade umfasst.



## Systeme im Holzbau



Bild 7: 19.00 Uhr: Verlegen des letzten Dachelementes



Bild 8: 20.00 Uhr: Fertig: Das Haus ist regendicht

Der Übergang zwischen den Bauweisen und der Übergang zwischen Zimmereibetrieben und den klassischen Fertigbauunternehmen ist heute gleitend.

Als alternative Konstruktion steht die sogenannte „balloon-frame“ Bauweise zur Verfügung. In diesem Fall gehen die Wandelemente über die gesamte Gebäudehöhe durch und bilden eine vollständige Außenhülle (balloon). Wegen der sehr hohen Elemente kann in dieser Bauweise jedoch keine Vorfertigung von Großtafeln erfolgen. Aus der Kombination beider Bauweisen hat sich das „quasi-balloon-framing“ entwickelt. Auch hier wird im Prinzip eine durchgehende Hülle erzeugt. Es erfolgt jedoch eine Trennung der Tafel Elemente oberhalb der Rohdecke.

Vor allem Ein- und Zweifamilienhäuser werden in Holztafel-/Holzrahmenbauweise errichtet.

Mit den neuen Landesbauordnungen sind heute dreigeschossige und zukünftig bis zu fünfgeschossige Wohn- und Bürobauten in Holzbauweise möglich. Breite Anwendung finden die Bauweisen zusätzlich bei Aufstockungen im Bestand.

Der Holztafelbau wird im Volksmund als Fertigbauweise bezeichnet, da die Vorfertigung sehr groß ist und geschlossene Wandelemente inklusive Wärmedämmung und Fenstern in der Werkhalle erstellt werden. Die gesamten geschosshohen Tafeln werden dann auf die Baustelle transportiert und montiert. Die hohe Vorfertigung kommt dem Holztafel-/Holzrahmenbau zugute, da die Elemente im Trockenen gefertigt und die Qualität gesichert werden kann. Neben der normalen Qualitätskontrolle werden weiterführende Standards der deutschen Qualitätsgemeinschaften durch unabhängige Institute überwacht.

### Holzskelettbau

Charakteristisch für den Skelettbau ist die stabförmige Tragstruktur aus senkrechten Stützen und waagerechten Trägern. Diese Bauweise unterscheidet sich von den anderen Konstruktionsprinzipien durch den großen Stützenabstand von bis zu 5 m und die Trennung der tragenden von der raumbildenden Struktur. Die Aussteifung wird über Verbände erreicht und nicht wie bei der Holztafel-/Holzrahmenbauweise über die Beplankung. Durch die nichttragenden und raumabschließenden Wände ist die Grundrissgestaltung noch flexibler.

### Holzmassivbau

Der Holzmassivbau verwendet als tragende und raumabschließende Bauteile Brettstapel- (genagelt), Brettlagen- oder Brett-schichtholzelemente (geleimt). Sie werden als massive, flächige Decken- oder Wandelemente eingesetzt. Die häufig zum Raum hin sichtbaren Konstruktionen erzeugen durch ihre Masse und ihr Feuchtespeichervermögen ein sehr angenehmes Raumklima. Die sehr robusten Konstruktionen werden meist werksseitig vollautomatisch bearbeitet. Die Dämmung der Bauteile erfolgt im Normalfall auf der Außenseite durch vollflächige Dämmlagen oder durch Gefachdämmungen zwischen aufgeschraubten Trägerkonstruktionen. Innen- und Außenbekleidungen sind wie im Holztafel-/Holzrahmenbau frei wählbar. Soweit die Bauteile nicht nach geltenden Bemessungsnormen beurteilbar sind, liegen allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen vor. Für Brand- und Schallschutzeigenschaften liegen zahlreiche Prüfzeugnisse vor, vgl. auch [23].

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass häufig der Übergang zwischen den Bauweisen gleitend ist. Beispielsweise werden Holzrahmenbauten mit Brettstapeldecken oder Holztafel- mit Holzskelettbau kombiniert. Der Phantasie sind keine Grenzen gesetzt.



Bild 3: Holzrahmenbau



Bild 9: Holzskelettbau



Bild 10: Holzmassivbau

## Entwicklung des Wärmeschutzes

In dem oben erwähnten Forschungsvorhaben [2] ist die Entwicklung der Außenwände, Innenwände, Decken und Dächer in Bezug auf die wichtigen bauphysikalischen Schutzfunktionen untersucht worden. Die nachfolgend dargestellten Entwicklungen im Wärme-, Feuchte-, Holz-, Schall- und Brandschutz sind anhand der Konstruktionskataloge von Fertighausunternehmen, des Holzrahmenbaukataloges und anderen Literaturquellen im Zeitraum von 1965 bis heute recherchiert und zusammengestellt. Vergleichend dazu wurde aus Konstruktionsunterlagen anderer Baustoffe deren Entwicklung gegenübergestellt. Die nachfolgenden Grafiken sind auf der Grundlage des ermittelten Datenmaterials erarbeitet. Die Bedeutung des Wärmeschutzes hat im Laufe der letzten Jahrzehnte erheblich zugenommen. Vor der Energiekrise Anfang der siebziger Jahre, haben sich Gebäudenutzer über den Energieverbrauch wenig Gedanken gemacht. Inzwischen sind die gesetzlichen Anforderungen durch die Wärmeschutzverordnung mehrmals angehoben worden. Seit dem 01.02.2002 gilt die Energieeinsparverordnung. Das Niedrigenergiehaus wird zum baulichen Standard. Der erhöhte Wärmeschutz erzeugt Energieeinsparung und wärmere Innenflächen der Außenwände, wodurch ein behagliches Innenraumklima erreicht wird.

### Winterlicher Wärmeschutz

Holzhäuser weisen einen überdurchschnittlichen Wärmeschutz auf. Die Dämmung wird einfach zwischen die tragende Holzkonstruktion gelegt. Dadurch entsprechen sogar 25 Jahre alte Konstruktionen den Anforderungen an Einzelbauteile der Wärmeschutzverordnung von 1995. Und sogar die Bedingungen der gerade eingeführten Energieeinsparverordnung werden teilweise schon seit 1980 erfüllt. Folglich liegen Holzhäuser auf höchstem Wärmeschutzniveau.

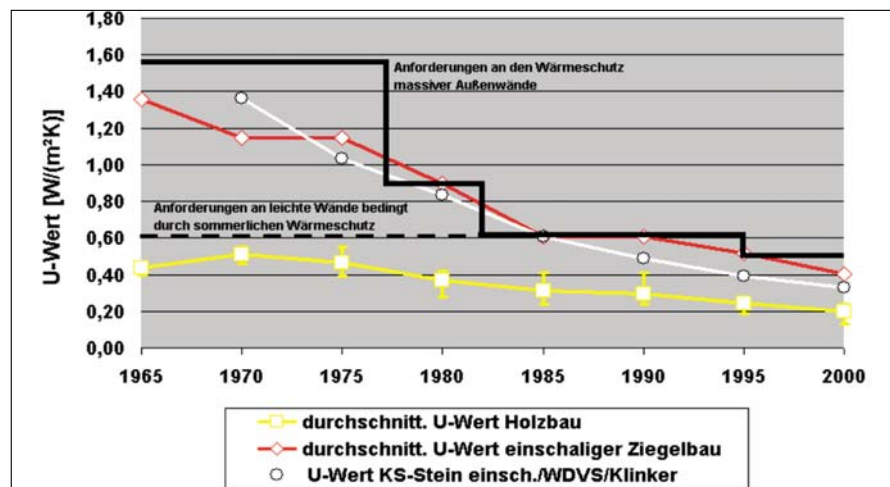


Bild 11: Entwicklung des Wärmeschutzes von Holztafel-, einschaligen Ziegel- und Kalksandsteinaußenwänden [2]

Bild 11 verdeutlicht, dass der durchschnittliche U-Wert (früher k-Wert) der Holzbauten die Anforderungen schon immer übererfüllt hat.

Und das bei sehr geringem Flächenverbrauch der Konstruktion. Die in Bild 12 dargestellte Wand von 1972 entspricht etwa einem Ziegelmauerwerk von 36,5 cm! Dieser Trend setzt sich fort – der Holzhausbau ist auch heute bei der Entwicklung hochgedämmter Konstruktionen führend.

### Sommerlicher Wärmeschutz

Behagliche Innenraumtemperaturen im Sommer werden von vielen Randbedingungen beeinflusst. Die Wärmedämmung der Gebäudehülle, die darauf abgestimmten Speichermassen, aber vor allen Dingen die Verschattungen auf West- und Südseite, sind die entscheidenden Faktoren. Die Temperaturverhältnisse unter einem hochgedämmten Dach sind z.B. mit den überhitzten Wohnräumen in Dächern mit viel zu dünner Dachdämmung nicht mehr vergleichbar. „Was warm hält, hält auch kalt“ – diese alte Volksweisheit gilt auch für die Gebäudehülle. Und moderne Holzäu-

ser verfügen über die erforderlichen Speichermassen, um den sommerlichen Wärmeschutz sicherzustellen.

Estriche, Einbauten, Gipsbauplatten und massive Holzbauteile reichen bei weitem aus, um die erforderlichen Nachweise für den sommerlichen Wärmeschutz nach E DIN EN ISO 13792 [11] zu erbringen.

Der wesentliche Einflussfaktor in Massiv- und Holzbauweisen aber ist der Sonnenschutz der süd- und westorientierten verglasten Flächen, denn übermäßige Sonneneinstrahlung ist in jeder Bauweise die Quelle der Überhitzung der Räume. Eine Untersuchung von Hauser [26] hat gezeigt, dass selbst bei gering gedämmten Holzhäusern (U-Wert ca.  $0,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ; normale Verschattung) sich nur eine um  $1,5 \text{ K}$  höhere Temperatur gegenüber der Innenraumtemperatur in einem vergleichbaren Massivbau einstellt. Solche Konstruktionen gibt es im Holzrahmenbau seit 1980 nicht mehr. Heutige Konstruktionen weisen U-Werte unter  $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  und besser auf. Bewohnererfahrungen zeigen, dass die Behaglichkeit und das Raumklima in Holzgebäuden gute Noten bekommt – auch im Sommer. [27]

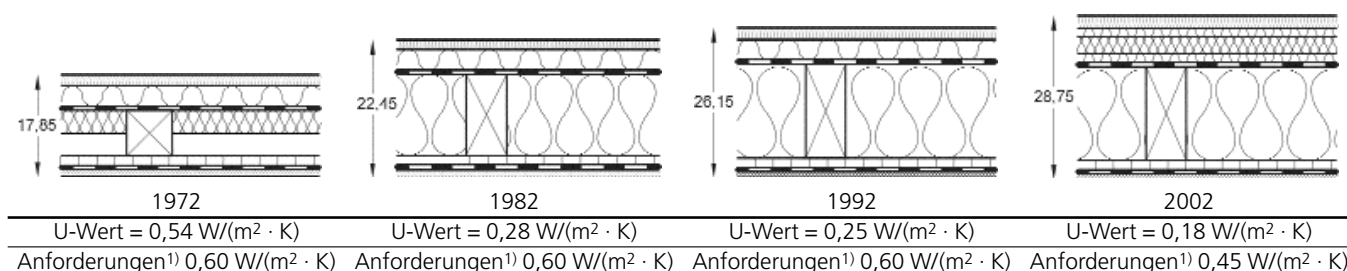


Bild 12: Entwicklung von Außenwänden im Holztafelbau im Laufe von 30 Jahren und deren Anforderungen [2] 1) Anforderungen entsprechend der zum jeweiligen Zeitpunkt geltenden Verordnungen.

## Entwicklung des Feuchteschutzes

Dringt Feuchte in ein Bauwerk ein, wird – unabhängig ob Massiv- oder Holzbauweise – die Funktion der Bauteile beeinträchtigt. Die Dämmwirkung wird vermindert, bei Frost kann es zu Abplatzungen kommen oder die Ansiedlung von Pilzen und Algen wird begünstigt.

Der erforderliche Feuchteschutz umfasst den Schutz vor Niederschlagsfeuchte und vor nutzungsbedingter Feuchte.

Von besonderer Bedeutung sind:

- Ein ausreichender Schlagregenschutz durch hinterlüftete Fassaden oder Putz auf Wärmedämm-Verbundsystemen.
- Funktionale Anschlussdetails aller Leibungen und Übergänge. Die Dichtheit sollte mechanisch, nicht durch wartungsbedürftige Dichtstoffe hergestellt werden.
- Der Spritzwasserschutz in Bädern und Küchen durch die Verwendung von Dichtungssystemen für Rohrdurchführungen und Wandbeplankungen.
- Eine luftdichte Gebäudehülle zur Vermeidung des Feuchteintrags in die Konstruktion durch Warmluftströmungen von innen nach außen (Tauwasser durch Konvektion!).
- Möglichst diffusionsoffene Konstruktionen mit ausreichendem Rücktrocksungsvermögen – so diffusionsdicht wie nötig, so offen wie möglich!
- Ausreichend gedämmte Kaltwasserrohre usw.

Die genannten Anforderungen werden von modernen Holzhäusern sicher erfüllt. Und in den letzten beiden Jahrzehnten ist eine deutliche Erhöhung der Anwendungs- und Ausführungssicherheit festzustellen.

Hinterlüftete Fassaden erzeugen eine durchgängige „Drainageebene“ vor der eigentlichen Wand. Ungewollt eindringende Feuchte wird durch eine zweite wasserführende Schicht unmittelbar auf der Konstruktion sicher abgeleitet.

Diese zweite wasserführende Schicht wird heute aus diffusionsoffenen, hochdichten Polyethylenvliesen oder aus bituminierten oder paraffinierten Holzwerkstoffen hergestellt.

Auch Wärmedämm-Verbundsysteme und Putze wurden technisch deutlich weiterentwickelt. So weisen viele standardmäßigen Dünnputze gegenüber früher verwendeten Putzsystemen eine geringere Wasseraufnahmefähigkeit auf. Und Wärmedämm-

Verbundsysteme bedürfen entsprechend einer Grundsatzentscheidung des Deutschen Instituts für Bautechnik seit dem Jahr 1992 grundsätzlich einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung. Sie unterliegen damit exakten Prüfbedingungen und einer kontinuierlichen Eigen- und Fremdüberwachung. Da sie häufig als Gesamtsystem mit entsprechenden Vorgaben zur Ausführung der Anschluss- und Eckdetails vertrieben werden, kann heute von einer sehr hohen Ausführungssicherheit ausgegangen werden. Zusätzlich steht für Putzfassaden die seit Jahrzehnten bewährte Ausführung mit Holzwole-Leichtbauplatten und Putzen nach DIN 1101 zur Verfügung. Eine aktuelle Erhebung [20] bestehender Holzgebäude, die seit 1870 errichtet wurden, zeigt, dass selbst Blockbauweisen und ungedämmte Holztafelbauten mit Holz- und Putzfassaden eine sehr lange technische Lebensdauer von Holzgebäuden zulassen.

Bei den untersuchten und dokumentierten Gebäuden mit 55–130 Jahren Lebensdauer wurde bei 99 % der Gebäude die Bauzustandsstufe I – volle Funktionsfähigkeit, guter Erhaltungszustand, keine oder nur unbedeutende Mängel, keine Schäden – ermittelt.

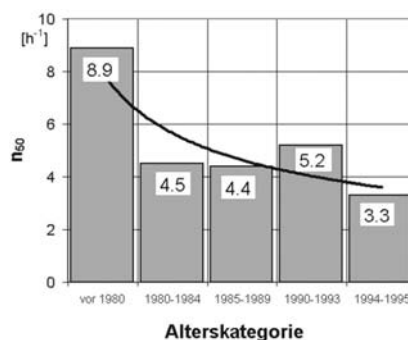


Bild 13: Entwicklung der Luftdichtheit im Holztafelbau anhand von 52 Bauten (leicht verändert aus [9])

### Luftdichtheit

Die Luftdichtheit ist für den Wärme- und Schallschutz und im besonderen Maße den Feuchteschutz einer Konstruktion von Bedeutung. Planer und Konstrukteure von Holzhäusern sind die Vorreiter bei der Prüfung der Luftdichtheit der Gebäudehülle gewesen. Bereits frühzeitig wurde die Messung der Luftdichtheit mit dem Blower-Door Verfahren begonnen. Bild 13 zeigt die Entwicklung. Kenngröße für die Luftdichtheit ist der sogenannte n<sub>50</sub>-Wert, der die Anzahl der Luftwechsel des Gebäudevolumens je Stun-

de bei 50 Pascal Unter- oder Überdruck angibt. Je kleiner er ist, desto geringer ist die Gefahr von Feuchteschäden im Bauteil, desto besser gleichzeitig der Wärme-, Schall- und Brandschutz der Konstruktion.

Bei vielen Holzbaubetrieben ist die Messung der Luftdichtheit heute ein gängiges Qualitätskriterium. Aus den vorgenannten Gründen braucht die Holzbauweise den Vergleich mit massiven Baustoffen nicht zu scheuen [9,10].

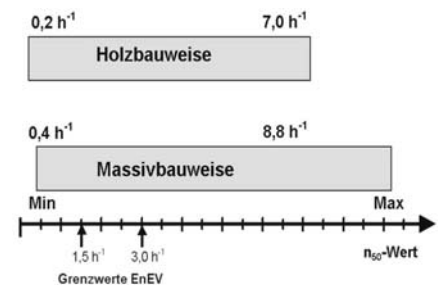


Bild 14: Vergleich der Luftdichtheit anhand von 320 Gebäuden in Abhängigkeit der Bauweise (leicht verändert aus [10]) – je geringer der n<sub>50</sub>-Wert desto besser!

### Diffusionsoffene Bauweisen

Neben den luftdichten Konstruktionen entwickelte sich insbesondere im Holzrahmenbau die diffusionsoffene Bauweise. Die Bauteile weisen bezüglich des Sperrwertes (diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s<sub>d</sub>) wesentlich reduzierte Dampfbremsschichten auf und haben dadurch ein hohes Austrocknungsvermögen nach innen und außen.

**Diffusion** – Feuchtetransport durch geschlossene Bauteilflächen infolge unterschiedlicher Teildampfdrücke auf beiden Wandseiten = langsamer Feuchteintrag mit geringen Mengen (Schnapsglas)

**Konvektion** – Feuchtetransport mittels einer Luftströmung = schneller Feuchteintrag mit großen Mengen (Wassereimer)

Diffusionsoffene Konstruktionen, deren Verbreitung durch die Entwicklung extrem diffusionsoffener Kunststoff-Bahnen (z.B. HD-PE-Spinnvlies), armierten Baupappen und diffusionsoffenen Holzwerkstoffen unterstützt wurde, erlauben feuchtetechnisch sehr robuste Konstruktionen.

Die positive Wirkung diffusionsoffener Bauweisen, die verbesserte Fassadentechnik und die Verbesserung und Standardisierung aller Anschlussdetails verbunden mit einer erhöhten Qualitätssicherung sollte bei der Beurteilung der Konstruktionen im Rahmen der Wertermittlung berücksichtigt werden.



## Entwicklung des Holzschutzes

Ein guter baulicher Holzschutz ist die Lebensversicherung eines Holzgebäudes. Der wesentliche Bestandteil ist ein ausreichender Feuchteschutz, der durch konstruktive Maßnahmen und gute Luftdichtheit der Gebäudehülle sichergestellt wird.

Die Normenreihe der DIN 68 800 „Holzschutz“ stellt den baulich konstruktiven, über den chemisch vorbeugenden Holzschutz.

Der Teil 2 dieser Normenreihe enthält Konstruktionen und Regeln, bei deren Einhaltung die Bauteile in die **Gefährdungsklasse 0** eingeordnet werden und damit **keinen chemisch vorbeugenden Holzschutz** mehr benötigen.

Auf die Entwicklung der Verwendung von Holzschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland wird im Kapitel „Raumluftqualität“ eingegangen. Dass insgesamt der vorbeugende chemische Holzschutz zurückgenommen wurde, basiert auf wissenschaftlichen Untersuchungen, deren Ergebnis die Neuerscheinung von DIN 68 800-3 „Holzschutz: Vorbeugender chemischer Holzschutz“ im Jahr 1990 war. Mit dieser Norm wurde erstmals die Gefährdungsklasse 0 eingeführt. Der Normenteil DIN 68 800-2 „Holzschutz: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau“ erschien im Mai 1996. Die dort vorgenommenen Einstufungen der Bauteile beruhen auf umfangreichen empirischen Untersuchungen, vgl. z.B. [21]. Sie basieren zudem auf der jahrhundertealten Erfahrung, dass eine kurzzeitige Befeuchtung von Holzbauteilen vollkommen unschädlich ist, solange eine rasche Austrocknung der Hölzer gewährleistet ist. Die immer noch bestehende und fortdauernde technische Lebensdauer jahrhundertalter Holzbauwerke – von überdachten Brücken bis zu Fachwerkbauten –

beweisen dies. Besonderer Wert wird auf die Herstellung von Bauteilen gelegt, die über ein ausreichendes Austrocknungsvermögen, bei ungewollt eindringender Feuchte verfügen.

Bild 15 zeigt das ausgeglichene Feuchteverhalten einer Außenwand in Holztafelbauweise mit diffusionsdichtem Aufbau über einen Jahreszyklus hinweg. Wenn – wie dargestellt – eine dauerhafte Holzfeuchte der tragenden Holzbauteile unterhalb von 20% realisiert werden kann, ist die Gefahr eines Befalls mit holzerstörenden Pilzen nicht gegeben.

**Fazit:** Moderne Holzhäuser ohne vorbeugenden chemischen Holzschutz entsprechen dem Stand der Technik!

Durch die Neueinstufungen der Bauteile in die Gefährdungsklasse 0 im Rahmen der Normenreihe DIN 68 800 wurde die Erkenntnis wieder umgesetzt, dass ein vorbeugender chemischer Holzschutz ohne ausreichenden konstruktiven Holzschutz langfristig nicht wirksam sein kann – aber umgekehrt ein guter konstruktiver Holzschutz ohne chemischen Holzschutz auskommt. Die zahlreichen Veröffentlichungen zu Beginn der 90-iger Jahre zu diesem Thema, die zunehmende Standardisierung insbesondere der Anschlussdetails sowie die Verbesserung der Dichtstoffe und Feuchteschutzbahnen führen – verbunden mit einer durchgängigen Qualitätssicherung – zur Erreichung einer langen technischen Lebensdauer moderner Holzhäuser.

Eine technische Lebensdauer von mehreren hundert Jahren kann bei ordnungsgemäßer Errichtung und Pflege sicher vorausgesetzt werden.

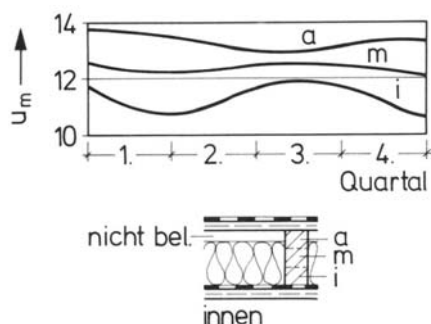


Bild 15: Holzfeuchte innerhalb einer Außenwand im Laufe eines Jahres [21]



Bild 16: Das Rathaus von Alsfeld – Baujahr 1512-1516



Bild 17: Kleiner Bootschuppen in Schweden



Bild 18: Moderner Holzrahmenbau

Insbesondere der gegenüber früheren Bauweisen deutlich verbesserte Schutz gegen Niederschlagswasser dürfte dazu wesentlich beitragen. Und dabei können schon die mitteleuropäischen Fachwerkbauweisen oder die „Schwedenhäuser“ aus Skandinavien bekanntermaßen technische Lebensdauern von 400 Jahren und mehr erreichen.

Einen guten zusammenfassenden Überblick zu heutigen Holzschutzmaßnahmen gibt [22].

## Entwicklung des Schallschutzes

Die bisher betrachteten Aspekte haben direkten Einfluss auf die Bausubstanz und somit auf die technische Lebensdauer des Gebäudes. Der Bewohner stellt aber darüber hinaus weitere Anforderungen an ein Bauwerk. Dabei steht häufig der Schallschutz im Mittelpunkt. Der Schutz durch Außenlärm und innere Lärmquellen ist wesentlicher Bestandteil heutiger Wohnqualität. Der Holzhausbau hat die Entwicklung erkannt und Verbesserungen umgesetzt. In intensiven Forschungen wurden die Schallschutzeigenschaften aller Holzbauteile untersucht. Heutige Holzbauten weisen daher sehr gute Schalldämm-Eigenschaften auf. Eine Vielzahl von Ausführungsbeispielen ist bspw. für Decken in [23] enthalten. Besonders die Holzbauten der letzten zwei Jahrzehnte erfüllen die heutigen Ansprüche und sind zukunftsorientierte Neubauten.

### Schallschutz

Im Schallschutz arbeitet der Holzbau weniger mit Masse als mit intelligenten Kombinationen der Werkstoffe und der Schichtenanordnung.

An Einfamilienhäuser werden entsprechend den Landesbauordnungen in Verbindung mit DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ außer an die Außenbauteile zunächst keine Anforderungen an den Schallschutz gestellt. Allerdings sind in der Normung Empfehlungen für den eigenen Wohnbereich d.h. Decken, Innenwände etc. enthalten, die aber gesondert mit den Bauherren vereinbart werden müssen. Und infolge der aktuellen Rechtsprechung ist als Mindestanforderung für den Trittschallschutz von Decken heute ein Trittschallpegel von  $L'_{n,w} \leq 63$  dB innerhalb des eigenen Wohnbereichs einzuhalten.

Richtig geplant sind ohne Weiteres auch gehobene Ansprüche an den Schallschutz erfüllbar.

### Außenwände

Beim Schallschutz gegen Außenlärm ist nicht nur eine gute Schalldämmung der Außenwand ausschlaggebend. Erst das Zusammenspiel zwischen Außenwand und Fenster und die jeweiligen Flächenanteile, entscheiden über die Qualität der gesamten Konstruktion. Die meisten Ein- und Zweifamilienhäuser liegen maximal im

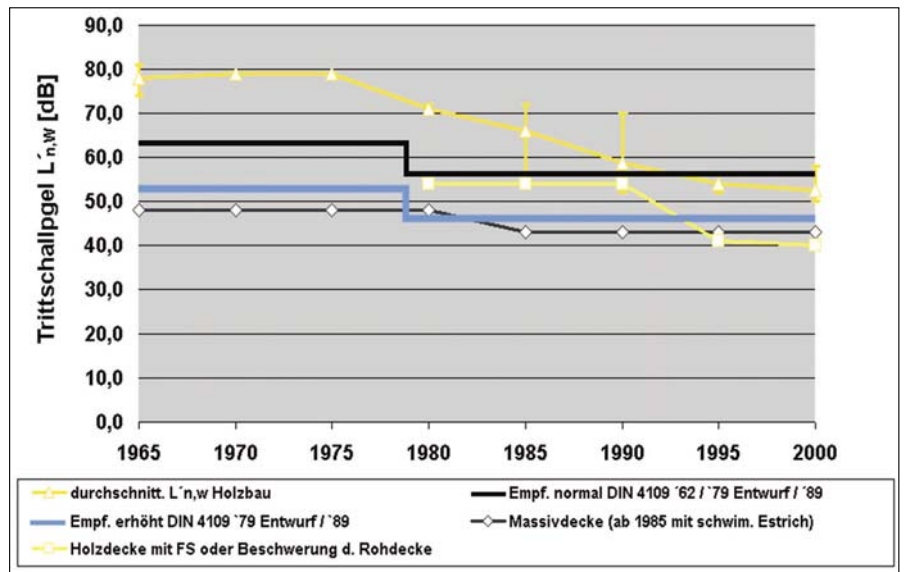


Bild 19: Entwicklung des Trittschallschutzes von geschlossenen Holzdecken in verschiedenen Ausführungen im Vergleich [2]

Lärmpegelbereich III. Dies bedeutet für eine Hauptverkehrsstraße mit 7 m Abstand vom Haus zur Straßenmitte und offener Bebauung eine Belastung von 1000 Kraftfahrzeugen am Tag. Das erforderliche Mindest-Luftschalldämmmaß der Außenbauteile beträgt dann  $R'_w \leq 35$  dB und wird von allen Holzbauwerken bei entsprechendem Bauteilaufbau leicht erfüllt.

### Decken

Der Schallschutz bei Decken kann durch verschiedene Maßnahmen verbessert werden. Auch hier gilt: Mit geschickter Materialwahl und richtigem Einbau sind hervorragende Ergebnisse zu erreichen. Folglich können, je nach Vorgabe, alle Anforderungen erfüllt werden. „Untersuchungen von Gösele ... haben inzwischen ... gezeigt, dass alle Holzbalkendecken ... sehr guter Schallschutz erreicht werden kann, der dem von guten Massivdecken praktisch nicht nachsteht.“ [4] Dies kann auch anhand der zugrundeliegenden Untersuchung der Decken der letzten 40 Jahre bestätigt werden (Bild 19).

Heute werden für die Erzielung einer guten Tritt- und Luftschalldämmung verschiedene Materialkombinationen eingesetzt.

Je nach Bedarf können durch kleine Änderungen am System die gewünschten Anforderungen erfüllt werden (Bild 20). Wird z.B. statt einer Lattung eine Federschiene eingesetzt, verbessert sich der Schallschutz um 6 dB!

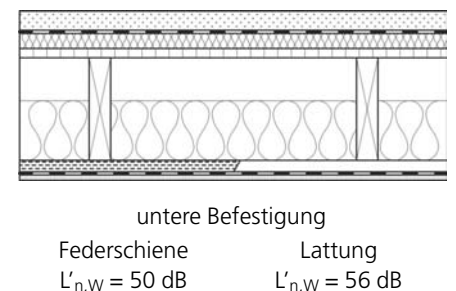


Bild 20: Typische Geschossdecke im Holzbau – kleiner Mehraufwand, große Wirkung [2]

### Innenwände

Der Schallschutz der Innenwände hat sich ebenso gewandelt wie der Schallschutz der Decken. Während noch 1970 einfache Wände ohne Hohlraumdämmung und mit einfacher Beplankung eingesetzt wurden, finden heute verschiedene aufbauten Anwendung, die bei Bedarf auch die Anforderungen eines erhöhten Schallschutzes erfüllen.

**Fazit:** Nicht jedes Holzgebäude weist einen schlechten Schallschutz auf, nur weil es ein Holzbau ist – und nicht jedes Massivgebäude weist einen guten Schallschutz auf, nur weil es gemauert ist!

Es sollte und muss eine differenzierte Beurteilung bei der Wertermittlung erfolgen.

## Entwicklung des Brandschutzes

In den Landesbauordnungen der Länder werden bezüglich des Feuerwiderstandes von tragenden, raumbildenden und aussteifenden Bauteilen keine Anforderungen an Einfamilienhäuser gestellt. Einzige generelle Forderung ist die Verwendung mindestens normalentflammbarer Baustoffe, zu denen die mit bauüblichen Abmessungen verwendeten Holz- und Holzwerkstoffprodukte uneingeschränkt gehören.

Sind in einem Gebäude trennende Bauteile zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten vorhanden, so müssen diese in Gebäuden geringer Höhe feuerhemmend sein, d.h. der Feuerwiderstandsklasse F30-B angehören. Damit sind zwar vollständig hölzerne Konstruktionen, wie z.B. Blockhäuser oder Holzrahmenbauten mit brennbaren Bekleidungen zulässig, die meisten Holztafel-/Holzrahmenbauten werden jedoch mit einer nichtbrennbaren Innenbekleidung aus Gipsbauplatten ausgeführt. Die statistischen Auswertungen von Brandfällen belegen, dass Holzhäuser keine erhöhte Brandgefährdung verursachen.

Eine schwedische Studie aus dem Jahr 1994 [14] hat z.B. gezeigt, dass die Verteilung der Brände mit Todesfällen in Massiv- oder Holzbauweisen mit der prozentualen Verteilung der Bewohnerzahl in der jeweiligen Bauweise identisch ist. Die Studie zeigte damit, dass die Bauweise für die Häufigkeit der Brände nicht ausschlaggebend ist.

Die Brandursachen sind ohnehin nicht bei der Konstruktion, sondern bei der Ausstattung, dem leichtfertigen Umgang mit offenem Feuer, selbstgebastelten Elektroinstallationen, leicht entzündlichen Flüssigkeiten usw. zu suchen.

Diese Zündquellen führen zunächst zur Entzündung der in der Nähe befindlichen Brandlast, also der Innenausstattung. Die größte Gefahr stellt dann die Entwicklung von Rauch- und giftigen Brandgasen dar. Diese breiten sich sehr schnell über die in Einfamilienhäusern typischen, offenen Grundrisse oder über undichte Bauteile aus. Die Konstruktionen selbst beteiligen sich (wenn überhaupt) erst wesentlich später am Brandgeschehen.

Die norwegischen Baubehörden haben diese Hauptgefahr erkannt und schreiben seit längerer Zeit unabhängig von der Bauweise

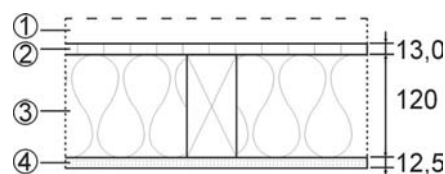
für jede Wohneinheit eine handelsübliche Rauchmeldeeinrichtung vor. Diese einfache und preiswerte Maßnahme wurde in Deutschland bisher nicht in die Regelungen der Landesbauordnungen aufgenommen. Da einfache batteriebetriebene Rauchmelder zwischenzeitlich selbst in Möbelhäusern preiswert angeboten werden, sei bauweiseunabhängig jedem Bauherren dieser kleine Lebensretter sehr zu empfehlen.

Aber selbst wenn es einmal brennt, sind die Brände in Holzhäusern wie in den anderen Bauweisen häufig auf ein Zimmer oder einen kleinen Gebäudebereich zu beschränken. Dies ist mit praktischer Erfahrung und experimentell-wissenschaftlichen Ergebnissen zu belegen.

In der zuvor angeführten schwedischen Untersuchung wird festgestellt, dass 36% der Wohnungsbrände auf einen Zimmerbrand beschränkt werden können, wenn nichtbrennbare Oberflächen vorhanden sind. Und Daten von schwedischen Versicherungen zeigen, dass die Sanierbarkeit problemlos möglich und im Vergleich zum Massivbau kostengleich ist. In zahlreichen nationalen und internationalen Untersuchungen mit Brandprüfungen in bestehenden Gebäuden z.B. [14–16] konnte diese Praxiserfahrung belegt werden.

Wie aber ist nun die Entwicklung des Brandschutzes im betrachteten Zeitraum ab ca. 1965 bei Ein- und Zweifamilienhäusern in Holzbauweise?

Praktisch alle Hersteller von Holztafel-/Holzrahmenbauten – auf die sich die weiteren Ausführungen beziehen – haben von Anfang an Konstruktionen gebaut, die im System feuerhemmend sind. Die in Bild 12 dargestellten Konstruktionen weisen ebenso einen Feuerwiderstand von 30 Minuten auf wie die einfache Holzrahmenwand aus Bild 21.



1: Fassade 2: Holzwerkstoffplatte 3: Dämmung/Holzständer 60 x 120  
4: GKF-Platte

Bild 21: Einfachste Holzrahmenbauwand – systemimmanent F 30-B. (leicht verändert aus [24])

Wie dargestellt können zur Erreichung nichtbrennbarer Oberflächen Gipsbeplanungen verwendet werden. Aber auch viele sichtbare Holzbalkendecken, Massivholzbauweise oder Bauteile mit ausschließlicher Holzwerkstoffbekleidung sind in feuerhemmender Bauweise ausführbar. [17, 19].

Die in Summe positiven Branderfahrungen mit Holzgebäuden spiegeln sich zwischenzeitlich in der Entwicklung der Landesbauordnungen und in der Entwicklung der Versicherungsprämien für Holzhäuser wieder.

Gebäude geringer Höhe mit einer Höhe  $\leq 7$  m des obersten Geschossfußboden über der Geländeoberfläche im Mittel können heute in allen Bundesländern in feuerhemmender Bauweise (F30-B) hergestellt werden. Selbst mehrgeschossige Gebäude besonderer Art und Nutzung in Holzbauweise, z.B. Schulen, sind keine Seltenheit mehr. Entsprechend dem Entwurf zur neuen Musterbauordnung (November 2000) werden erstmals bis zu 5-geschossige Holzgebäude möglich. [18].

Die tatsächlich nicht vorhandene erhöhte Brandgefahr in modernen Holzhäusern der Holztafel- und Holzrahmenbauweise und des Holzskelettbbaus wird zwischenzeitlich auch von der Versicherungswirtschaft honoriert. Eine aktuelle Anfrage für ein Einfamilienhaus erbrachte von drei unterschiedlichen marktführenden Versicherungen die in Tabelle 1 angegebenen Vergleichswerte.

Versicherung	Einfamilienhaus	
	Holzhaus	Massivbau
A	129%	129%
B	100%	100%
C	152%	127%

Tabelle 1: Vergleich von Versicherungsprämien  
100% = 163,20 € bei Gebäudewert ca. 200 T€  
(1914 = 20 TMark). Tarif 2001 inkl. Steuer, höchster Versicherungsumfang

Die Preise sind für die verbundene Wohngebäudeversicherung für Feuer-, Sturm-, Hagel- und Leitungswasserschäden angegeben. Das angefragte Gebäude hat eine Wohnfläche von ca. 150 m<sup>2</sup> und entspricht im Typus dem in der Montagebildfolge auf Seite 4 gezeigten Haus.



## Entwicklung der Ausführung und Werkstoffe

Zusammenfassend sollten in die Beurteilung des Brandschutzes und seiner Bewertung in der Wertermittlung folgende Punkte (zumindest bei Holztafel- und Holzrahmenbauten) einfließen:

- Systemimmanente, feuerhemmende Bauweise mind. F30-B
- Verminderte Gefahr von Hohlraumbränden durch vollgedämmte Konstruktionen
- Luftdichte Konstruktionen vermindern die Brandgasausbreitung
- Keine erhöhten Betriebskosten durch teurere Versicherungen
- Überwiegend nichtbrennbare Oberflächen der Wände durch Gipsbauplatten
- Brände sind bei schneller Branderkennung und -bekämpfung auf Raumbrand begrenzt
- Sanierung nach Zimmerbränden sind bei luftdichten Konstruktionen einfach und ohne erhöhte Kosten durchführbar.

### Ausführung

Unabhängig von der Baustoffwahl schwanken bei allen Bauten die Qualitäten. Im modernen Holzhausbau unterliegen jedoch alle Firmen, die geschlossene Wandelemente fertigen, einer Eigen- und Fremdüberwachung entsprechend der sog. Tafelbau-richtlinie [12]. Darüber hinaus sind viele Firmen freiwillige Mitglieder in Güte- und Qualitätsgemeinschaften. Die Mitgliedsfirmen dieser Gemeinschaften (Adressen im Anhang) sind je nach Satzung verpflichtet, eine weitergehende Eigen- und Fremdüberwachung durchzuführen. Die Fremdüberwachung kann eine Überwachung der Baustelle mit einschließen. Die Fremdüberwachung der Qualitätsgemeinschaften erfolgt in den meisten Fällen durch universitätsnahe Materialforschungs- und Prüfanstalten. Sie trägt dazu bei, dass die Gebäude zum Zeitpunkt der Abnahme mangelfrei sind und keine versteckten Mängel vorliegen. Eine analoge Fremdüberwachung fehlt im Mauerwerksbau weitgehend.

Als Bauherr sollte man darauf achten, dass die ausführende Firma über ein gesichertes Qualitätsmanagement verfügt, nachweislich zum Beispiel durch die Mitgliedschaft in einer Qualitätsgemeinschaft. Eine noch größere Sicherheit erreicht man, wenn bei Fertigstellung des Gebäudes ein „Gebäudebrief“ übergeben wird. Dieser enthält neben allen Bauplänen und der Baubeschreibung eine Volldeklaration aller verwendeten Baustoffe und Bauteile. Es entsteht eine hohe Qualitätssicherheit.

Vor allem gibt es dem Bauherren die Sicherheit wirklich die erbrachte Leistung für sein Geld erhalten zu haben. Bei einem späteren Umbau oder Verkauf sind alle Datengrundlagen einschließlich der Spezifikation der verwendeten Baustoffe vorhanden; zukünftig ein großer geldwerter Vorteil.

Die Qualitätssicherungsstandards und die deklarierten Baustoffe sollten in der Wertermittlung berücksichtigt werden.

### Werkstoffe

Einen wesentlichen Anteil an der Qualitätsverbesserung im Holzhausbau hat die sprunghafte Entwicklung der eingesetzten Werkstoffe. Die standardisierte Verwendung getrockneter Vollhölzer (Konstruktionsvollholz KVH) ist inzwischen in DIN 18 334 – VOB Teil C, Zimmerarbeiten, Ausgabe 2000 – mit zusätzlichen speziellen Regeln für den Holzhausbau verankert. Brettschichtholz wird heute Dank maschineller Festigkeitssortierung der Brettlamellen mit bis zu 1,5 fachen Festigkeiten gegenüber früheren Produkten angeboten und weiterentwickelte Holzwerkstoffe wie Oriented Strand Board (OSB) sind nicht nur wesentlich feuchteunempfindlicher als die früheren Spanplatten sondern tragen als großformatige Platten auch zur Fugenminimierung bei.

Eine Vielzahl weiterer, neuer Werkstoffe und Verbundbauteile machen den heutigen Holzbau zu einer High-Tech-Bauweise mit vielen gestalterischen und konstruktiven Möglichkeiten. Ausführliche Informationen zu den neuen Werkstoffen sind in [1, 25, 28] enthalten.



Bild 22 Beispiele neuer High-Tech-Werkstoffe: OSB – Furnierschichtholz – Brettschichtholz [1] [25]; Roboterbearbeitung von Brettschichtholz

## Entwicklung der Raumluftqualität

### Raumklima-Raumluftqualität

Mehr als 90% ihrer Zeit verbringen Menschen in Europa im Innenraum. „Entsprechend groß ist die Sensibilität vieler Menschen gegenüber möglichen oder vermuteten Beeinträchtigungen der Wohnumwelt durch luftverunreinigende Schadstoffe jeglicher Art.“ [5].

Neben den eingesetzten Baumaterialien beeinflusst die Inneneinrichtung wesentlich die Qualität der Raumluft. Baustoffe und Ausbaumaterialien sowie Möbel, Farbstriche, Klebstoffe etc. emittieren verschiedene Stoffe in die Innenraumluft.

Ende der siebziger Jahre ist der Holzbau durch Holzschutzmittel- und Formaldehydbelastungen in der Raumluft in die Diskussion gekommen. Heute sind Holzschutzmittel im Innenbereich nicht mehr gefordert und werden dort nicht mehr eingesetzt, da sie nicht notwendig sind. „Der chemische Holzschutz hat gegenüber dem baulichen Holzschutz in den vergangenen Jahren erheblich an Bedeutung verloren. Im Wohnklima ist eine biologische Gefährdung des Holzes durch Pilze ohnehin nicht und durch Insekten kaum gegeben.“ [5]

Bei Holzwerkstoffen greifen die Holzhaushersteller seit Jahren nur noch auf Plattenwerkstoffe zurück, die der Emissionsklasse E1 angehören und damit zu keiner erhöhten Formaldehydbelastung der Raumluft durch Bauteile führen.

### Nutzerverhalten maßgebend

Die Vermeidung schädlicher Stoffe alleine führt allerdings nicht zu einer guten Raumluftqualität. Das Nutzerverhalten spielt eine entscheidende Rolle. Ohne regelmäßige Lüftung kommt es zu einer unzulässigen Feuchteerhöhung der Innenraumluft. Die Verbreitung von Schimmelpilzen ist häufig die Folge. Zwar sind Holzhäuser wegen der reduzierten Wärmebrücken und ihrer warmen Bauteiloberflächen weniger schimmelgefährdet als Massivbauten, aber eine regelmäßige Lüftung durch Stoßlüftung oder sogar Lüftungsanlagen mit oder ohne Wärmerückgewinnung muss auch hier erfolgen. Eine regelmäßige Lüftung sorgt zudem für die Abfuhr anderer Schadstoffe, die durch Einrichtungsgegenstände oder Rauchen eingetragen werden.

Aus hygienischen Gründen ist eine Luftwechselzahl von  $n \approx 0,5/h$  einzuhalten.

### Entwicklung PCP

„Ab den späten 70er Jahren geriet PCP zunehmend in den Verdacht, Gesundheitsschäden bei Personen hervorzurufen, die sich in Räumen mit PCP-behandelten Materialien, insbesondere Holz, aufhalten. Die Anwendung von Holzschutzmitteln ging in Folge erheblich zurück. Bereits 1978 wurden in den alten Bundesländern Kennzeichnungspflichten für PCP-haltige Zubereitungen eingeführt. Im gleichen Jahr wurde für Präparate mit Prüfzeichen des ehemaligen Instituts für Bautechnik die Anwendung in Räumen zum dauerhaften Aufenthalt von Personen untersagt.“ (PCP-Richtlinie). Seit 1986 wird PCP in der Bundesrepublik nicht mehr hergestellt. Drei Jahre später wurde die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung von PCP sowie PCP-haltigen Produkten in der Pentachlorphenol-Verordnung verboten. Da PCP nur fungizide Wirkungen zeigt, wurde es in den sechziger und siebziger Jahren meist mit dem Insektizid Lindan gemeinsam eingesetzt.

### Entwicklung Lindan

In Folge der geführten Diskussion über Holzschutzmittel wurde auch Lindan immer weniger verwendet und letztendlich ab 1984 nicht mehr in Deutschland hergestellt. „In Holzschutzmitteln, die ... im Rahmen des Prüfzeichenverfahrens beim Deutschen Institut für Bautechnik und im RAL-Gütezeichenverfahren für Holzschutzmittel geprüft werden, ist Lindan nicht mehr enthalten.“ [6]. Dadurch dass Lindan bis heute noch in der Veterinär- und Humanmedizin gegen Milben und Läuse eingesetzt wird, ist es bis heute nicht uneingeschränkt verboten, wird aber im Bauwesen heute nicht mehr eingesetzt, vgl. z.B. [7].

### Entwicklung Formaldehyd

Potentielle Emissionsquellen für flüchtige organische Verbindungen, zu denen auch Formaldehyd gehört, sind Bauteile, Möbel, Dämmstoffe, Schaumstoffe, Fußbodenbeläge, Wandbeläge, Textilien und Leder, Dichtungsmassen, Klebstoffe und Beschichtungssysteme. „Das Spektrum von organischen Verbindungen ist sehr vielfältig. Der wohl bekannteste und am besten untersuchte Stoff in Innenräumen ist Formaldehyd.“ [5]

Es handelt sich um eine sehr häufig vorkommende Verbindung, die als Stoffwechselprodukt u.a. in vielen Pflanzen enthalten

ist und damit zu unserem natürlichen Umfeld gehört. Auch viele Holzarten enthalten Formaldehyd in geringen Konzentrationen. Völlig formaldehydfreie Holzbauteile oder Holzwerkstoffe kann es daher nicht geben. Das Emissionspotenzial von Holzwerkstoffen hängt stark vom Bindemitteltyp, der Menge und den klimatischen Bedingungen im Innenraum ab. Früher eingesetzte Harnstoff-Formaldehyd gebundene Span- und Faserplatten können größere Mengen Formaldehyd abgeben. „Durch neue Klebstoffrezepturen wurde jedoch die Formaldehydabgabe ... immer stärker vermindert. Mit Phenol- und Tannin-Formaldehyd-Leimharzen gebundene Holzwerkstoffe setzen durch den hohen Vernetzungsgrad und die höhere Bindungsstabilität ohnehin nur wenig Formaldehyd frei.“ [5] Daneben gibt es mittlerweile Holzwerkstoffe, die formaldehydfreie Bindemittel einsetzen. Die gesundheitlich bedenkliche Abgabe von Formaldehyd an die Innenraumluft kann somit vermieden werden.

Erstmals wurde 1977 in Deutschland ein Grenzwert für Formaldehydemissionen von 0,1 ppm (parts per million) vom Bundesgesundheitsamt empfohlen. Dieser Grenzwert wurde drei Jahre später in einer Richtlinie zur Vermeidung von unzumutbaren Formaldehydkonzentrationen in der Raumluft, herausgebracht vom Ausschuss für Einheitliche Technische Baubestimmungen (ETB), übernommen. Heute liegt die Richtlinie als überarbeitete Fassung von 1994 vor. Der Grenzwert wurde für alle Holzwerkstoffe in die Chemikalienverbots-Verordnung übernommen und ist einzuhalten. Platten, die diese Anforderungen erfüllen, gehören zur Emissionsklasse E1. Darüber hinaus gibt es Plattenwerkstoffe, die niedrigere Emissionswerte aufweisen ( $\leq 0,05$  ppm) und das RAL-Umweltzeichen „Blauer Engel“ tragen dürfen. Diesen Wert schreibt z.B. auch die Qualitätsgemeinschaft Deutscher Fertigbau ihren Mitgliedsfirmen seit 1989 vor. Er wird auch von der Weltgesundheitsorganisation als unbedenklich erklärt. Zur Bestätigung des geringen Formaldehydgehaltes der Innenraumluft und der eingesetzten Materialien werden mindestens einmal jährlich Messungen nach der Richtlinie „Durchführung von Formaldehydmessungen in Häusern aus Holz und Holzwerkstoffen“ der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) [8] in fertig gestellten Häusern durchgeführt.

## Werthaltigkeit von Holzhäusern

### Verkehrswert

Die vorangegangenen Ausführungen haben gezeigt, dass sich der Holztafel-/Holzrahmenbau in den letzten 40 Jahren erheblich weiterentwickelt und verbessert hat. Durch die Verbesserungen in den entscheidenden bautechnischen Kriterien werden die technische Lebensdauer, die Gesamtnutzungsdauer und die Restnutzungsdauer und somit auch der Wert einer Immobilie entscheidend beeinflusst.

Der gutachterlich ermittelte Verkehrswert ist der Wert, der bei dem nächstliegenden Kauffall voraussichtlich erreicht wird.

Holzhäusern im allgemeinen – d.h. leider ohne genaue Differenzierung hinsichtlich des tatsächlichen Holzbausystems – wird ein geringerer Wiederverkaufswert nachgesagt. Allerdings liegen dazu keine belastbaren statistischen Grundlagen vor. In der Studie von Ohler [13], die auf wenige dokumentierte Daten aus der Bewertungspraxis von Sachverständigen und nicht auf tatsächlich erzielte Verkaufspreise zurückgreift, ist allerdings bereits erkennbar, dass sich die geringere Bewertung auf die einfachen Holztafelbauten vor 1985 bezieht, nicht aber auf moderne, energieeffiziente Holzhausbauten.

Und nicht zuletzt kann man die Frage stellen, ob die Wertermittlung der Sachverständigen die Käufer beeinflusst oder das Kaufverhalten die Wertermittlung – Henne oder Ei?

Jedenfalls sind bei der Sachwertermittlung folgende Faktoren zu berücksichtigen:

### Herstellungskosten

Die bautechnische Entwicklung des Holzhausbaus lässt sich auch anhand der Herstellungskosten nachweisen. Ohler stellt in seiner Untersuchung fest, dass ältere Holzhäuser wesentlich preiswerter hergestellt wurden. [13] Auf Grund der akuten Wohnungsnot nach 1945 musste in kürzester Zeit viel Wohn- und Arbeitsraum zu niedrigen Preisen geschaffen werden. Die Fertig- hausindustrie bot mit den schnell zu errichtenden Holztafelbauten eine preisgünstige Lösung an.

Nach 1960 entwickelte sich der Holzhausbau sprunghaft weiter. „An den untersuchten Bauvorhaben wird deutlich, dass der moderne Holzständerbau keine „Billigbauweise“ mehr ist, sondern das Preisniveau von Mauerwerksbauten erreicht hat, ...“ [13]. Statt „Billigbauweise“ sollte man allerdings besser von einer dem Markt ange-

passten Bauweise sprechen, die die Anforderungen der Kunden auch damals optimal erfüllt hat. In Anlehnung an die Untersuchung von Ohler ergeben sich folgende Herstellungskosten:

1960–1972	Freistehende EFH/ZFH in Holzbauweise in einfacher bis sehr guter Ausstattung erhalten einen Abschlag bis zu 20 % der Normalherstellungskosten von Massivgebäuden.
1973–1984	Die Holzhäuser erhalten im Mittel einen Abschlag von 14%. Dabei kann noch zwischen Reihenhäusern (10%) und freistehenden Häusern (19%) unterschieden werden.
ab 1985	Ab 1985 gibt es keinen Unterschied mehr in den Herstellungskosten im Vergleich zum Massivbau.

### Wertminderung wegen Alters

Der aktuelle Wert eines Gebäudes ist wesentlich von seiner Restnutzungsdauer (RND) abhängig. Sie errechnet sich aus der Differenz der Gesamtnutzungsdauer (GND) und des Alters. Je nach verwendetem Wertminderungsmodell (Bild 24) ergibt sich der Restwert bezogen auf die Herstellungskosten.

Die in den Rechenmodellen verwendete Gesamtnutzungsdauer (GND) ist „nur“ eine reine Rechengröße und entspricht in keinsten Weise der tatsächlichen Gesamtnutzungsdauer.

Die tatsächlichen Gesamtnutzungsdauern von Ein- und Zweifamilienhäusern schwanken je nach Anspruch der Bewohner sehr stark. Viele dieser Gebäude werden bereits

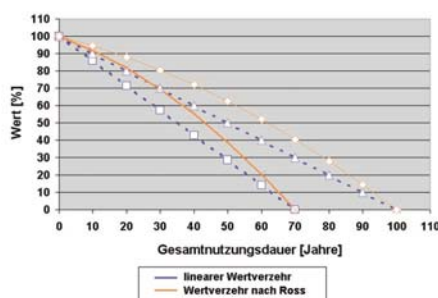


Bild 24 Wertminderungsverläufe – linear und nach Ross

nach kürzeren Zeiträumen (25–50 Jahre) grundlegend renoviert, umgebaut und energetisch ertüchtigt – kurzum modernisiert. Die auf der Grundlage eines Wertminderungsmodells ermittelte Restnutzungsdauer wird in der Wertermittlung daher häufig je nach Gebäudezustand mehr oder weniger subjektiv angepasst, z.B. durch die Einführung eines „fiktiven Baujahres“, u.a. um ggf. durchgeführte Modernisierungen zu berücksichtigen. Bei der Anpassung sollten bauphysikalische Faktoren wie z.B. der Wärmeschutz oder die Grundrissvariabilität berücksichtigt werden. Objektiviert Verfahren zur Berücksichtigung dieser Faktoren, wie sie z.B. von Steuben [29] vorgeschlagen werden, sind bisher (leider) noch nicht weit verbreitet.

Für die einfachen Holztafelbauten früherer Jahre erfolgte die Berücksichtigung geringerer Restnutzungsdauern durch den generell reduzierten Ansatz einer Gesamtnutzungsdauer von 60 Jahren. Zusammen mit dem reduzierten Ansatz der Herstellungskosten konnte damit eine befriedigende Übereinstimmung zwischen Wertermittlung und erzielbaren Preisen erreicht werden.

Die im o.a. Forschungsvorhaben [2] nachgewiesene Qualitätsverbesserung und die daraus resultierenden höheren Restnutzungsdauern moderner Holzhäuser lassen diesen Ansatz als nicht mehr gerechtfertigt erscheinen. Zudem unterliegen alle Bauweisen dem Anforderungsdruck, kostengünstiges Bauen durch materialoptimierte Konstruktionen zu realisieren. Das ist auch in massiven Bauwerken nicht mit maximalem Werterhalt zu kombinieren. Berücksichtigt man gleichzeitig die sich immer rascher verändernden Ansprüche aller Gebäudenutzer, sollten in derzeitiger Ermangelung genauerer Modelle folgende rechnerischen Zeiträume für die Gesamtnutzungsdauer (GND) in der Verkehrswertermittlung verwendet werden:

Gesamtnutzungsdauer von Gebäuden		
Bauweise	Baujahr	GND
Holzrahmen-/ Holztafelbau	1960–84	60–80
	1985–02	80–100
Massivbau	1960–02	80–100



## Werthaltigkeit von Holzhäusern

Die vorgeschlagenen Zeiträume für die Gesamtnutzungsdauer sind mit dem linearen oder dem Ross'schen Verfahren zusammen mit den zugehörigen Marktanpassungsfaktoren zu verwenden.

Die Verlängerung der Gesamt- bzw. Restnutzungsdauer der Holzgebäude wird wie folgt begründet:

- Sehr guter winterlicher Wärmeschutz. Höchste heutige und zukünftige Anforderungen werden erfüllt.
- Seit mindestens 1985 guter sommerlicher Wärmeschutz.
- Seit Beginn des Holzbaus gut ausgebildete Fassaden mit gutem Schutz des Holzes gegen Niederschlag.
- Seit 1980 nachweislich verbesserte und überdurchschnittliche Luftdichtheit.
- Seit 1980 guter bis sehr guter Schallschutz – auch bei Einfamilienhäusern.
- Seit 1978 ist der Gebrauch von PCP im Innenraum untersagt. Lindan spielt beim Holzschutz keine Rolle mehr. Die Anforderungen an Formaldehyd sind gestiegen. Qualitätsgemeinschaften fordern darüber hinaus geringere Grenzwerte.
- Die Qualität der meisten Holzhäuser wird mindestens seit 1989 eigen- und fremdüberwacht.
- Die Brandschutzanforderungen werden durch den Holzbau erfüllt. Die Bauteile sind feuerhemmend bis hochfeuerhemmend und oftmals durch nichtbrennbare Materialien geschützt.

### Wertminderung wegen Baumängeln

Zu Baumängeln und Bauschäden und deren Häufigkeit gibt es keine genaueren Untersuchungen, die zwischen Holz- und Massivbauweise unterscheiden. Im konkreten Fall ist das Einzelobjekt sachverständig zu untersuchen und der Reparaturbedarf abzuschätzen.

### Marktanpassungsfaktoren

Der Marktanpassungsfaktor ergibt sich aus der örtlichen Angebots- und Nachfragesituation und dem ermittelten Verkehrswert. Er basiert auf der Kaufpreissammlung der örtlichen Gutachterausschüsse und/oder eigenen Kaufpreissammlungen des Sachverständigen. Der Marktanpassungsfaktor und das verwendete Wertminderungs-

modell müssen zusammen passen. Differenzierte Marktanpassungsfaktoren für Holz- und Massivbau liegen derzeit nicht vor. Es ist wünschenswert zukünftig entsprechende getrennte Statistiken zu führen, wobei für den Holzbau zusätzlich zwischen Holztafel-/Holzrahmenbau und den anderen Holzbauweisen unterschieden werden muss.

### Literatur

- [1] Cheret, P. et al.: holzbau handbuch, Informationsdienst Holz, R1/T1/F4, Holzbausysteme. Hrsg.: ARGE HOLZ e.V. in Zusammenarbeit mit dem Holzabsatzfonds, Düsseldorf 2000
- [2] Winter, S.; Kehl, D.: Untersuchung zur Objektivierung der Bewertung des Verkehrswertes von Gebäuden in Holzbauweise im Vergleich zu anderen Bauweisen. Abschlussbericht, Leipzig, 2002 – 1
- [3] Colling, F.: Lernen aus Schäden im Holzbau, Hrsg.: DGfH Innovations- und Service GmbH, München 2000
- [4] Lutz, Jenisch, Klopfer: Lehrbuch der Bauphysik, Teubner-Verlag Stuttgart 1997
- [5] Plehn, W.; Marutzky, R.; Salthammer, T.: Beitrag: Einflüsse auf das Wohnklima in Wohngesundheits im Holzbau, Informationsdienst Holz, Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, München 1998
- [6] Fachinformation des Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, [www.umwelt.ministerium.bayern.de](http://www.umwelt.ministerium.bayern.de), Neuherberg 1997
- [7] Holzschutzmittelinhaltsstoffe, Internetbeitrag der Landesgewerbeanstalt Bayern, [www.lga.de](http://www.lga.de), Nürnberg 1998
- [8] Richtlinie: Durchführung von Formaldehydmesungen in Häusern aus Holz und Holzwerkstoffen, Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, München 1993
- [9] Geißler, A.; Hauser, G.: Untersuchung der Luftdichtheit von Holzhäusern, Abschlussbericht, DGfH/AlF Forschungsvorhaben 1996
- [10] Maas, A.; Kaiser, J.; Oppermann, J. (Gh Kassel): SynergieHaus: Das SynergieHaus – Energetische Analyse und Bewertung von Synergiehäusern – Abschlussbericht, IRB-Verlag, Stuttgart 1999
- [11] E DIN EN ISO 13792, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik, Beuth-Verlag Berlin 1997
- [12] Richtlinie für die Überwachung von Wand-, Decken- und Dachtafeln für Holzhäuser in Tafelbauart nach DIN 1052 Teil1 bis 3 – 1992 und A. 3.1
- [13] Ohler, A.: Einfluss der Bauweise auf die Bewertung von Wohngebäuden, Buxtehude 1998
- [14] Ondrus, J.: Fire in low-rise residential buildings. Building Research and Information, Volume 22, Number 1. E. & F. Spon, Schweden, 1994
- [15] Hosser, D.; et al.: Theoretische und experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandschutz bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 in Holzbauweise. Abschlussbericht. Braunschweig, Darmstadt, März 2001
- [16] Becker, W.: Auswertung ausländischer Brandversuche an mehrgeschossigen Gebäuden. Forschungsvorhaben der Deutschen Gesellschaft f. Holzforschung, München, 1996
- [17] Winter, S.: holzbau handbuch, Informationsdienst Holz R3/T4/F1 – Grundlagen des Brandschutzes. Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der DGfH e. V., München, August 1997
- [18] Winter, S.; Löwe, P.: holzbau handbuch, Informationsdienst Holz R3/T4/F3 – Brandschutz im Holzbau – gebaute Beispiele. DGfH Innovations- und Service GmbH, München, September 2001

## Literatur/Abbildungen/Adressen

- [19] Planungs-Handbuch – Informationen für Architekten – Technische Information. isofloc GmbH, Lohfelden
- [20] Rug, W.; Held, H.: Lebensdauern von Holzhäusern – eine Untersuchung zur Lebensdauer von im Zeitraum zwischen 1870 und 1945 errichteten Holzhäusern
- [21] Schulze, H.: holzbau handbuch, Informationsdienst Holz, R3/T5/F2, Holzschutz – Baulicher Holzschutz. Entwicklungsgemeinschaft Holzbau in der DGfH, München. 1993
- [22] Lewitzki, W.; Schulze, H.: holzbau handbuch, Informationsdienst Holz, R3/T5/F1, Holzschutz – Bauliche Empfehlungen. DGfH e.V. et. al., München. 1999
- [23] Holtz, F. et al.: holzbau handbuch, Informationsdienst Holz, R3/T3/F3, Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken. Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der DGfH e. V., München 1999
- [24] Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes. Holzrahmenbau. Bruderverlag, Karlsruhe. 1985
- [25] Radovic, B.; Cheret, P.; Heim, F.: holzbau handbuch, Informationsdienst Holz, R4/T4/F1, Konstruktive Holzwerkstoffe, Hrsg.: ARGE HOLZ e.V. et al., Düsseldorf 1997
- [26] Hauser, G.; Künzel, H.: Bauphysikalische Gesichtspunkte zum Raumklima, Beitrag in Gesundes Wohnen in Holz, Informationsdienst Holz, Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Holzforschung u.a., München 1987
- [27] Hrsg.: Bayrisches Staatsministerium, Wohnungen in Holzbauweise, Bautechnische, wirtschaftliche und sozialwissenschaftliche Nachuntersuchung der Modellvorhaben, München 2001
- [28] Kuhweide, P. et al.: holzbau handbuch, Informationsdienst Holz, R4/T2/F3 Konstruktive Vollholzprodukte. Hrsg.: ARGE HOLZ e.V., Düsseldorf, 2000
- [29] von Steuben, A.: Einfluss von bauphysikalische Parametern auf die Wertermittlung von Gebäuden, Universität Leipzig, 2000

### Abbildungen

#### Textseiten:

Archiv Arge Holz:  
1, 2, 9, 10, 22  
bauart GmbH, Lauterbach:  
3, 4, 5, 6, 7, 8, 16, 17, 18  
Werkfoto Merk, Aichach: 22

#### Seite 2:

Archiv Arge Holz, Düsseldorf  
HUF Haus, Hartenfels  
Werkfoto Lignotrend, Weilheim  
bauart GmbH, Lauterbach

#### Titelseite:

Archiv Arge Holz, Düsseldorf  
HUF Haus, Hartenfels  
bauart GmbH, Lauterbach

#### Abschlussseite:

K.R. Klebe, München  
K.R. Klebe, München  
Archiv Arge Holz, Düsseldorf

#### Pictogramme:

Rainer Wendorf, Kassel

### Adressen der Güte- und Qualitätsgemeinschaften:

Bundes-Gütegemeinschaft Montagebau und Fertighäuser e. V. (BMF)  
Flutgraben  
53604 Bad Honnef  
www.bdf-ev.de

Garantiegemeinschaft Holzhausbau (GHB)  
Stedefreunder Straße 306  
32051 Herford  
www.akoeh.de

Gütegemeinschaft Deutscher Fertigbau e. V. (GDF)  
Hackländerstraße 43  
70184 Stuttgart  
www.dfv.com

Gütegemeinschaft Holzbau – Ausbau – Dachbau e. V.  
Kronenstraße 55–58  
10117 Berlin  
www.bdz-holzbau.de

Qualitätsgemeinschaft Deutscher Fertigbau e.V. (QDF)  
Flutgraben 2  
53604 Bad Honnef  
www.bdf-ev.de

Qualitätsgemeinschaft Holzbau und Ausbau e.V. (QHA)  
Kronenstraße 55–58  
10117 Berlin  
www.qha.de

ZimmerMeisterHaus  
Stauffenbergstraße 20  
74523 Schwäbisch Hall  
www.zmh.com

Hinweis: Eine vollständige Fassung des Forschungsberichtes [2] kann bei der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V. angefordert werden.