

spezial | OKTOBER 2015



# spezial

Holzbau für kommunale Aufgaben

# Inhalt

Die vorliegende Veröffentlichung ist eine vollständig überarbeitete Neuauflage der Ausgabe vom September 2008.

Seite 3	<b>1 _ Warum Holzbau bei kommunalen Projekten?</b> Dipl. Ing. Arch. Harald Heußner
8	<b>2 _ Nachhaltiges und energieeffizientes Bauen</b> Prof. Dipl.-Ing. M. Sc. Econ. Manfred Hegger
16	<b>3 _ Wirtschaftliches Bauen mit Holz</b> Prof. Dr.-Ing. Karsten Tichelmann
28	<b>4 _ Qualitätssicherung im Holzbau</b> Prof. Dipl.-Ing. Andreas Müller Dr.-Ing. Tobias Wiegand
36	<b>5 _ Planung für den Ernstfall: Brandschutz</b> Dr.-Ing. Michael Dehne, Dr.-Ing. Dirk Kruse
44	<b>6 _ Zukunftsfaktor Gebäudeenergie (1): Entwicklung, Stand und Zukunft im Holzbau</b> Dipl.-Ing. Daniel Kehl
54	<b>7 _ Zukunftsfaktor Gebäudeenergie (2): Wirtschaftliche Lösungen sind gefragt</b> Robert Borsch-Laaks
66	<b>8 _ Gebaute Beispiele</b>
72	<b>Bildnachweis, Impressum</b>

## 1\_ Warum Holzbau bei kommunalen Projekten?

Es mag erstaunlich klingen, aber Frankfurt besaß vor dem 2. Weltkrieg eines der größten und schönsten Fachwerkquartiere Deutschlands. Durch Kriegsbombardements brannte die Altstadt nieder und wurde vollständig zerstört. Der Wiederaufbau Frankfurts erfolgte ausschließlich in Massivbauweise. Der Holzbau spielte bis auf die von Zimmerern errichteten Dachstühle keine Rolle mehr. Die uralte Holzbautradition ging verloren, die handwerklichen Kenntnisse gerieten in Vergessenheit. Der Werkstoff Holz galt als rückständig und nicht als der adäquate Baustoff um die „Stadt der Zukunft“ zu errichten.

Erst seit Anfang der 1990er Jahre kommt in Frankfurt bei kommunalen Aufgaben der Holzbau wieder verstärkt zum Einsatz. Was sind die Gründe für die Rückbesinnung auf diese Bauweise in einer Großstadt, in der sich das massive Bauen nahezu vollständig durchgesetzt hat?

Ein deutlicher Impuls ging in dieser Zeit von der Einführung des Rechtsanspruchs auf einen Kindergartenplatz aus. Die Stadt stand vor der Aufgabe innerhalb kurzer Zeit eine große Zahl von Kindergärten zu errichten, die kostengünstig, aber auch architektonisch attraktiv sein sollten. Eine interne Arbeitsgruppe unseres Hochbauamtes untersuchte unterschiedliche Bausysteme in Hinblick auf Schnelligkeit, Kosten und ihr Vorfabrikationspotenzial. Dabei wurden Massiv-, Stahl- und Holzkonstruktionen auf den Prüfstand gestellt. Das ehrgeizige Ziel lautete: Für die Summe, die bisher zwei Kindergärten kosteten, sollten zukünftig drei realisiert werden – das Motto für das Projekt war geboren.

### Aus 2 Mach 3

Mit diesem Leitsatz wurde 1996 ein interner Wettbewerb organisiert, an dem sich junge Architektinnen und Architekten des Hochbauamtes beteiligten. Die Ausschreibung sah den Entwurf von Kindertagesstätten vor, die alternativ in Massiv-, Stahl- und Holzbauweise bis ins Detail zu untersuchen waren. Die amtsinternen Entwürfe zeigten sich kompakt, flächenoptimiert und waren gleichzeitig von gestalterisch hoher Qualität. Es wurde entschieden, von allen untersuchten Bauweisen jeweils ein Referenzprojekt zu realisieren, um Vergleichszahlen nicht nur auf theoretischer Basis, sondern auf Grundlage belastbarer Fakten zu erhalten. Die Ergebnisse sprachen für sich. Der Kindertagesstättentypus in Holzrahmenbauweise stellte sich gerade unter wirtschaftlichen Aspekten als die mit Abstand beste Lösung heraus. Auch die Schnelligkeit der Umsetzung sprach für den Holzbau, der im Vergleich zum Massivbau nur die halbe Zeit in Anspruch nahm und nur unwesentlich länger benötigte als das in Stahlmodulbauweise realisierte Vergleichsprojekt. Zusätzlich überzeugten die bauphysikalischen und brandschutztechnischen Aspekte des Holzbaus. Als Konsequenz wurden in den Folgejahren nahezu sämtliche Kindertagesstätten Frankfurts in Holzrahmenbauweise umgesetzt.



Dipl. Ing. Arch.

Harald Heußner

Architekt und Fachbereichsleiter des Hochbauamtes der Stadt Frankfurt



Abb. 1.1

Frankfurt Altstadt, Haus zur goldenen Waage (1619-1944, Foto um 1900)

Abb. 1.2

Projekt „Aus 2 Mach 3“: Kindertagesstätten des Hochbauamtes Frankfurt (1996)



**Abb. 1.3**  
Baukastensystem für  
Kindertagesstätten in  
Frankfurt (Birk Heilmeyer  
und Frenzel Architekten)



**Abb. 1.4**  
Modulare Kindertages-  
stätte des Evangelischen  
Regionalverbands in  
Fechenheim (Ferdinand  
Heide Architekt)

Die Rückmeldung von Seiten der Betreuer wie auch der Kinder auf die neuen hölzernen Kindertagesstätten war rundum positiv. Besonders die Projekte mit innen sichtbar verbautem Holz – Innenwandoberflächen mit Dreischichtplatten aus Weißtanne – fanden große Zustimmung.

Als weiterer erfreulicher Aspekt der in Holztafelbauweise realisierten Kindertagesstätten erwies sich die hohe Kostensicherheit der Projekte. In einem Zeitraum von fast zehn Jahren, in dem dieser Serientyp umgesetzt wurde, betrug die Differenz zwischen Kostenberechnung und abgerechneten Kosten im Maximum nicht mehr als 1,3 Prozent, so dass auf jeden Fall von einer finanziellen Punktlandung des Gesamtprojekts gesprochen werden kann.

In diesem Zusammenhang bleibt aber auch zu erwähnen, dass die Umsetzung der ersten Holzbauprojekte keineswegs ein „Selbstläufer“ war. Von Seiten der Genehmigungsbehörden und der Feuerwehr wurde das im öffentlichen Bereich damals nahezu unerprobte Baumaterial anfänglich mit Skepsis betrachtet. Heute gibt es diese Vorbehalte nicht mehr. Nachdem alle am Genehmigungs- und Bauprozess Beteiligten einige Jahre Erfahrung mit der neuen Bauweise sammeln konnten, herrscht heute eine selbstverständliche Sicherheit im Umgang mit dieser Konstruktionsart. Das Brandverhalten des Werkstoffes Holz, das ursprünglich problematisch erschien, wird heute als Vorteil gesehen, da Holz seine Tragfähigkeit im Gegensatz zu Stahl nicht schlagartig verliert, sondern im Brandfall träge reagiert und somit ausreichend Zeit für die Personenrettung bleibt.

Die Kindertagesstätten des Programms „Aus 2 Mach 3“ erwiesen sich insgesamt als durchschlagender Erfolg und als Basis für weitere Projekte, teilweise mit ganz anderen Aufgabenstellungen.

### **Architektur individuell in Serie**

In den vergangenen Jahren entstanden mehrere Kindertagesstätten für Kinder unter drei Jahren mit großzügigerem Raumprogramm und Passivhauskonzeption auf Basis eines europaweit durchgeführten Architektenwettbewerbs in Massivholzbauweise.

Derzeit wird eine Serie von sechs Kindertagesstätten auf Basis einer neuen Planung in Holztafelbauweise gebaut, bei denen der Fokus wiederum auf besonders niedrigen Kosten bei hoher Kompaktheit liegt.

Im Jahr 2006 lobte das Frankfurter Hochbauamt einen Architektenwettbewerb aus mit der Aufgabe eine Einfeldsporthalle in Systembauweise zu entwickeln. Gesucht wurde ein Typenentwurf, der bestehende marode Sporthallen an bis zu 20 unterschiedlichen Standorten innerhalb des Frankfurter Stadtgebietes ersetzt. Der Entwurf sollte allerdings nicht als uniformer Einheitsstyp realisiert werden, sondern sich der jeweiligen städtebaulichen Situation anpassen können. Das Stuttgarter Architekturbüro D’Inka Scheible Hoffmann gewann mit einem überzeugenden Beitrag den Wettbewerb auf Basis einer Konstruktion aus Furnierschichtholz. Die in Passivhausbauweise entwickelte Sporthalle wurde bereits achtmal gebaut. Ihre Fassade und die Anordnung der Nebenräume passen sich den jeweiligen städtebaulichen Gegebenheiten an. Die wechselnde Hülle aus Glas, Mauerwerk, Holzdreischicht- oder Schichtpressstoffplatten wird dadurch nicht als Fremdkörper, sondern als selbstverständliche Ergänzung des Umfeldes wahrgenommen.

Es ist meiner Überzeugung nach nicht zwingend, dass Holzkonstruktionen, die wie in diesem Beispiel den sehr schönen Halleninnenraum prägen, zwangsläufig auch das äußere Erscheinungsbild bestimmen müssen. Die Stadtstruktur sollte in



solchen Fällen Vorrang vor der Vermittlung der häufig beschworenen „konstruktiven Ehrlichkeit“ haben.

Der Typenentwurf erwies sich insgesamt als richtige und vor allem wirtschaftliche Antwort auf die Aufgabenstellung. Nebenbei wurden die Sporthallen bereits mit mehreren Preisen und Belobigungen ausgezeichnet, so etwa mit dem Preis für Vorbildliches Bauen des Landes Hessen, mit dem Architekturpreis Passivhaus sowie mit einer Auszeichnung im Rahmen der Vorarlberger Holzbau\_Kunst, also immerhin des Österreichischen Landes, das heute als Hochburg des modernen Holzbaus gesehen wird.

### Raumzellen-Architektur mit Anspruch

Derzeit besteht die Herausforderung in Frankfurt vor allem darin, kurzfristig räumliche Auslagerungen für Schulen zu schaffen. Auch bei diesem speziellen Thema kann der Holzbau einen wichtigen Beitrag leisten. Üblicherweise werden als schnelle Reaktion Stahl-Raumzellen aufgestellt, wenn Schulen kurzfristig zusätzlichen Flächenbedarf anmelden. Diese sind kurzfristig verfügbar und erscheinen im ersten Moment kostengünstig. Solange sie nur kurze Zeit genutzt und

damit baurechtlich als temporäre Bauten eingestuft werden, ist das auch richtig. Bei einer längeren Standzeit sind jedoch sämtliche Anforderungen der jeweiligen Landesbauordnung, vor allem des Wärmeschutzes, zu erfüllen. Der finanzielle Vorteil kehrt sich ins Gegenteil. Hinzu kommt, dass das architektonische Erscheinungsbild solcher „Containeranlagen“ die Schulhöfe oft über Jahrzehnte verunstaltet. Die Stadt Frankfurt hat sich daher entschieden, für Schulauslagerungen mit längeren Standzeiten eine alternative Lösung zu entwickeln, die die Anforderungen der Energieeinsparverordnung und des baulichen Brandschutzes systembedingt möglichst einfach erfüllt und zudem architektonisch akzeptabel sein soll.

Auch bei dieser Aufgabenstellung bietet der moderne Holzbau interessante Lösungen. Bei einer Exkursion von Mitarbeitern des Frankfurter Hochbauamts nach Vorarlberg lernten wir in Bezau die Erweiterung eines Hotels mit Holz-Raumzellen kennen. Die einzelnen Hotelzimmer wurde als Raummodul komplett vorgefertigt zur Baustelle gebracht. Dieser extrem hohe Vorfertigungsgrad, die enorm kurze Bauzeit und die hohe Qualität der Ausführung begeisterte uns.

### Abb. 1.5 und 1.6

Turnhallenbaukastensystem in Frankfurt (D'Inka Scheible Hoffmann Architekten)

### **Komplette Schule in 16 Monaten**

In Frankfurt meldete indessen die Europäische Schule Ende 2013 zusätzlichen Bedarf für 400 Schüler und 17 architektonisch attraktive Unterrichtsräume an, die bereits Ostern 2015 bezogen werden sollten. Die Schulerweiterung sollte möglichst nicht dem üblichen Containerdesign entsprechen, aber trotzdem nach maximal anderthalb Jahren fertig sein. Die Aufgabe erschien wie die Quadratur des Kreises. Bei der Prüfung verschiedener Konstruktionsprinzipien erinnerten wir uns an den Holzmodulbaukasten aus Vorarlberg. Warum sollte ein solches Baukastenprinzip sich nicht auch auf den Schulbau übertragen lassen? Der Terminablauf und die Qualität der Referenzprojekte schienen für dieses Projekt zu sprechen.

Mit der Planung wurde das junge Architekturbüro NKBAK aus Frankfurt beauftragt. Es entwickelte ein lichtdurchflutetes, leichtes Gebäude, das keinerlei Erinnerung an die üblich gewordenen stereotypen Containerbauten aufkommen lässt. Die Raummodule werden entlang eines großzügigen, meanderförmig gestalteten Flures angeordnet, der raumhoch verglast ist. Das Gebäude setzt sich aus 98 Modulen von etwa 3 x 3 x 9 Metern zusammen, die ein Holzbaubetrieb in der Steiermark vorfertigte. Sie wurden mit LKWs nach Frankfurt transportiert, direkt auf der Bodenplatte gestapelt und mit Positiv-Negativ-Knaggen ineinandergefügt und verschraubt. So lassen sich die Verbindungen lösen und die Holz-Raummodule einschließlich der Fassadenelemente an anderer Stelle wieder aufbauen.

Die Erweiterung der Europäischen Schule ließ sich tatsächlich in nur 16 Monaten – von der Auftragserteilung über die Planung bis zur Fertigstellung – umsetzen. Sie umfasst 17 Klassenräume mit Nebenräumen und integrierten Sanitärbereichen. Dazu kommen Räume für das Lehrpersonal, Arbeits- und Mehrzweckräume sowie im Erdgeschoss ein Bewegungsraum und ein Speisesaal. Im Kontrast zu der von sichtbaren Holzoberflächen geprägten, für eine Vor- und Grundschule sehr angemessenen Innenatmosphäre besteht die Außenfassade des Schulgebäudes aus einer eleganten Glas- und Aluminiumhülle.

Die räumliche und architektonische Qualität der Schule wie auch die Entwicklung einer qualitativ hochwertigen Systembauweise wurde in diesem Jahr mit dem Holzbaupreis Hessen ausgezeichnet. Eine schöne Bestätigung, die nur noch dadurch übertroffen wird, dass Schüler und Lehrer, die aus allen europäischen Mitgliedsstaaten stammen, ihr Gebäude mit Leben erfüllen und sich darin wohlfühlen.

Der Versuch, innovative Lösungen mit Holzbaukonstruktionen zu entwickeln, hat sich auch hier wieder gelohnt. Die Stadt Frankfurt wird deshalb auch in Zukunft immer dann den Baustoff Holz bevorzugt verwenden, wenn sich wirtschaftliche, bauzeitliche sowie materialbezogene Vorteile ergeben. Wir wünschen uns natürlich, dass diese Erfahrungen auch anderen Kommunen Mut machen.



**Abb. 1.7 und 1.8**  
Erweiterung Europäische  
Schule in Modulbauweise  
(NKBAK Architekten)



## 2\_Nachhaltiges und energieeffizientes Bauen

**Prof. Dipl.-Ing. M. Sc. Econ.**

**Manfred Hegger**

**TU Darmstadt,**

Fachbereich Architektur,

Fachgebiet Entwerfen und

Energieeffizientes Bauen

**HHS Planer + Architekten,**

Kassel

Bauen schafft Werte. Es soll gut nutzbare, effiziente, und ressourcenschonende Gebäude erzeugen, die langfristig ihren hohen Wert erhalten: für die Nutzer bezahlbar, behaglich und gesund, für ihre Eigentümer und Investoren wirtschaftlich und lange Zeit rentabel, für alle ein sozialer und kultureller Gewinn, eine Bereicherung des Lebens.

Heute getroffene Planungsentscheidungen wirken in eine Zukunft mit knapper werdenden natürlichen Ressourcen und einer zunehmenden Bedrohung unserer natürlichen Lebensgrundlagen. Bei heute üblichen Gebäude-Lebensdauern wird der Betrieb eines heute erstellten Gebäudes mit einiger Sicherheit das Ende des fossilen Ölzeitalters und deutlicher Verknappung anderer Ressourcen erleben. Es sollte auf extreme Wetterbedingungen gefasst sein und ein Leben unter deutlich veränderten klimatischen Bedingungen ermöglichen.

Dies alles verdeutlicht, wie wichtig die Diskussion um nachhaltiges Handeln im Bereich des Planens und Bauens ist. Es veranschaulicht auch die wesentlichen Handlungsfelder: Standort und Grundstück, Programme und Anpassungsfähigkeit, Baustoffe und Konstruktion, Energie und Kosten, technische Qualität und Prozessqualität.

Das nachhaltige und energieeffiziente Bauen wird zum Mainstream. Dies geschieht aus der Erkenntnis heraus, dass weiter steigende Bevölkerungszahlen und wachsende Ansprüche an ein gutes Leben einen anderen Umgang mit endlichen Ressourcen zwingend notwendig machen. Die aus den Ressourcenansprüchen resultierenden Umweltbelastungen treffen immer mehr Regionen in der Welt. Mit der Verknappung und der Einrechnung der Umweltkosten des Ressourcenverbrauchs steigen die Kosten und die Sorge um die Verfügbarkeit von Energie und Rohstoffen für zukünftige Generationen.

Wenige Kenndaten machen die besondere Verantwortung der Architektur und ihren potenziell hohen Beitrag an der Lösung der genannten Probleme offensichtlich. Der Bausektor erzeugt jeweils etwa die Hälfte aller Ressourcenansprüche, des Energieverbrauchs, der Treibhausgasemissionen und der Abfallmengen. Andere Wirtschaftszweige, wie etwa der Lebensmittel- und Getränkesektor, stehen wegen weitaus geringerer Anteile in der Kritik.

Aus vielen Gründen ist es also an der Zeit für eine ganzheitlichere Betrachtung. Sie wird geleistet durch das Konzept des nachhaltigen Bauens und Bewirtschaftens von Gebäuden. Architekten und Ingenieure beschäftigen sich zunehmend damit. Selbstnutzende und institutionelle Bauherren erkennen die Vorteile nachhaltigen Bauens über Inwertsetzung, Werterhalt und niedrige Betriebskosten. Erwerber und Nutzer von Immobilien überzeugt am nachhaltigen Bauen die Aussicht auf langfristig zuverlässige Nutzbarkeit und gesundheitliche Unbedenklichkeit der Wohn- oder Arbeitsumwelt. Institutionen schätzen seinen Beitrag zur Schonung der Umwelt. Noch zu überzeugen ist ein Großteil der Finanzwirtschaft, die nachhaltig bewertete Immobilien noch nicht als Vorteil für sich entdeckt hat. Sie könnte über Nachhaltigkeitsnachweise ihre Investitionen deutlich besser absichern und folgerichtig günstiger finanzieren.

Das öffentliche Bauen spielt als Vorbild und Trendsetter eine ganz besondere Rolle. Es kann sich wie alle Gebäudenutzer mit nachhaltigen Neubauten wie mit Sanierungen zudem langfristig von hohen laufenden Kosten und Belastungen befreien. Doch wie könnte sich nachhaltiges Bauen darstellen? Welche Wege führen im Einzelnen zu diesem Ziel?





### Bilder nachhaltigen und energieeffizienten Bauens

Nachhaltiges Bauen ist kein Stil. Manche Architekten befürchten mit neuen Anforderungen erhebliche Einschränkungen ihrer Gestaltungsmöglichkeiten, wie sie sich etwa in der Diskussion um die Energieeinsparung im Zuge der Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung dokumentierte. Ähnliche Diskussionen entstanden im Zuge der Einführung des Nachhaltigkeits-Gütesiegels. Doch wie die weitere Entwick-

lung des Energie sparenden Bauens zeigt, liegen in dieser Veränderung auch große Chancen. Sie gehen in zwei Richtungen. Architekten können, etwa über eine an Ökobilanzierungen orientierte Materialwahl, eine Verbesserung der Effizienz des Materialeinsatzes erreichen. Sie können über höhere Energieeffizienz und die Nutzung von erneuerbaren Energien wie Biomasse, Biogas oder Geothermie sowie über den gestalterisch kontrollierten Einbau von solaren Systemen die ihnen vertrauten Formensprachen weiter entwickeln.

**Abb. 2.1 und 2.2:**  
Festhalle in Kressbronn  
Bauherr:  
Gemeinde Kressbronn  
Architekten:  
Spreen Architekten,  
München  
Tragwerksplaner:  
merz kley partner,  
Dornbirn (A)





**Abb. 2.3 und 2.4:**  
Kinderhaus  
Schloss Ditzingen  
Bauherr:  
Stadt Ditzingen  
Architekten:  
walter huber architekten,  
Stuttgart

Über das Anlegen neuer Kriterien und die Nutzung neuer Technologien würde ihr Gestaltungsspielraum erweitert und zukunftsfähig gemacht. Der sich vollziehende Paradigmenwechsel in der Material- und Energienutzung lässt neue Bilder einer „wohltemperierten“ Architektur zu, z.B. durch den bewussten Einsatz umwelt- und wartungsfreundlicher Baustoffe, Material sparerer Konstruktionsweisen und die gebäudeintegrierte Nutzung der einstrahlenden Sonnenenergie oder der Luftströme. In Planungen und ersten realisierten Bauten sind Richtungsweisungen hierzu erkennbar.

Beim Blick nach vorne kann auch der Blick zurück hilfreich sein. Die Intelligenz über Jahrhunderte verfeinerter autochthoner Bautypen, jeweils auf einen ganz speziellen klimatischen Kontext und lokal verfügbare Materialien angepasst, kann bei der Entwicklung neuer Strategien nützlich sein. Die kurze Phase des Bauens unter Nutzung scheinbar preiswerter und überall gleichermaßen verfügbarer Ressourcen hat letztlich Freiheiten erzeugt, die vielen Bauten Ortlosigkeit und Beliebigkeit beschert hat.

Ziele des Bauens sind Sicherheit und Nützlichkeit, aber auch Schönheit (*firmitas, utilitas, venustas*). Schönheit existiert nicht an sich, sondern ist Indikator für die intellektuelle und sinnliche Vorstellung einer ethisch geprägten Haltung

gegenüber der Welt. Voraussetzungen hierfür sind Leidenschaft, Freude an und Empathie für natürliche und gebaute Umwelt. Architekten haben nicht nur die Pflicht, im Nachhaltigen Bauen das Hässliche und Banale zu verhindern. Gute Ästhetik ist immer auch eine Folge ethischer Haltung. Im nachhaltigen Bauen ist sie der Ausdruck einer Idee über ein gutes Leben in einem harmonischen Zusammenspiel mit den natürlichen Lebensgrundlagen.

### **Planungskultur**

Nachhaltiges und energieeffizientes Bauen erfordert eine neue Planungskultur. Das Entwerfen wird um weitere Dimensionen bereichert. Hierzu gehören auch Strategien, die infolge der scheinbar beliebigen Verfügbarkeit aller Ressourcen seit Beginn des Industriezeitalters verschüttet waren.

Das Entwerfen von Neubauten und Sanierungen beginnt mit einem sensiblen Eingehen auf die Eigenschaften eines Standorts. Es geht um eine umfassende Interpretation des *genius loci*, die den Entwurfsprozess und sein Ergebnis bereichern würde. Jede Aufgabe, jeder Standort und die Besonderheiten des Umfeldes verlangen nach einer spezifischen Lösung. Es beginnt mit einem intelligenten Gebäudekonzept, das die natürlichen Umweltbedingungen wie Einstrahlung und Verschattung, Wind und Bodenverhältnisse im Interesse seiner Erbauer und Nutzer berück-

sichtigt und möglichst hohen Nutzen daraus zieht. In einem Zuge damit gilt es, Raum und Materialien effizient einzusetzen. Die Langlebigkeit des Gebäudes ist durch hohe Anpassungsfähigkeit, auch an heute noch unbekannte Nutzungen sowie durch eine wartungsfreundliche und energiesparende Materialwahl sicherzustellen. Auf dieser Grundlage kann dann ein Energiekonzept entwickelt werden, das auf die Besonderheiten des örtlichen, regenerativen Energieangebots eingeht. Nur bei einer Betrachtung der Stoffströme und der Energiefragen von Anbeginn der Planung an kann eine technisch möglichst einfache, direkte und robuste Umsetzung des nachhaltigen Bauens gelingen, die zugleich hohen Ansprüchen an Komfort und Schönheit genügt.

Dies verlangt integrative Planung. Bei kleinen Aufgaben vereint sich dies idealerweise in der Funktion des Architekten als umfassend gebildeter Baumeister. Bei größeren Projekten ist es das Team in Verbindung mit Ingenieuren und Sonderfachleuten, die von Beginn des Projektes an ihre unterschiedlichen Fähigkeiten und Sichtweisen zielgerichtet einsetzen, um zu einer ebenso angemessenen wie innovativen Lösung zu kommen. Nachhaltiges Planen setzt eine aufmerksame und kritische Haltung gegenüber Konventionen voraus. Dies erfordert ein breit angelegtes Berufsverständnis, das Positionen aller anderen Planungsbeteiligten kompetent und kritisch überprüfen kann. Die Unabhängigkeit und Freiheit, veraltete Verordnungen und Normen auf ihre Sinnfälligkeit zu hinterfragen und ggf. kreativ zu umgehen. Ein ethisch begründetes und sich immerfort erweiterndes Verständnis um die Grundlagen zukunftsgerechten, nachhaltigen Bauens.

### **Anforderungen und Standards**

Es reicht nicht aus, nachhaltiges und energieeffizientes Bauen als Qualität ohne Maßstab zu fordern. Vage Anforderungen finden sich heute in nahezu allen Programmen für Entwürfe. Gerade in Wettbewerbsauslobungen ist das Thema grundsätzlich verankert. Kaum eine Aufgabenbeschreibung verzichtet heute auf die Forderungen nach Nachhaltigkeit und Energieeffizienz der Wettbewerbsbeiträge. Doch viele routinierte Floskeln gehen über einen letztlich unverbindlich formulierten Appell an die Entwerfenden kaum hinaus. Entsprechend schwierig ist es dann, den Grad der Erfüllung solcher Ziele nachzuvollziehen.

Eine Bewertung der Nachhaltigkeit anhand von Planunterlagen mag noch gelingen für qualitative Ziele, in der Terminologie der Nachhaltigkeit also insbesondere funktionale und kulturelle Kriterien. Kriterien der Wirtschaftlichkeit bilden sich in Volumen-, Flächen- und Energiekennwerten ab. Daraus ableiten lässt sich die für den Erfolg eines Gebäudes entscheidende Wirtschaftlichkeit im Betrieb. Schwieriger wird es, Umweltwirkungen der Stoffströme im Bauen und der eingesetzten Materialien zu quantifizieren, die einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Effizienz des Mitteleinsatzes über den Lebenszyklus eines Gebäudes herstellen. Auf Grund steigender Anforderungen entwickelt sich hier ein neues Arbeitsfeld, das entsprechende Nachweise und Verfahren bereitstellt. Man mag ihre Einsetzbarkeit im Entwurfsprozess kritisch sehen. Doch auf dem Umweg über solche Analysen entsteht neues Erfahrungswissen, das das Bauen verändern wird. Die heute schon übliche intuitiv richtige Beurteilung weniger Materialien wie etwa Holz sollte dann auf viele weitere Baustoffgruppen erstrecken können.



Einen längeren Vorlauf hat eine solche Entwicklung bei energetischen Anforderungen an das Bauen. Hier bestehen mittlerweile seit Jahrzehnten Anforderungen wie die Einhaltung oder Unterschreitung der EnEV, die Einhaltung von KfW-Standards, Nullheizenergie-, Nullenergie oder gar Plusenergie. Auch die laufenden Kosten eines Gebäudes lassen sich im Vorhinein abschätzen, Benchmarks können entsprechend formuliert werden. In Städten, die sich wie Basel, Lausanne und Zürich dem Ziel der 2.000-Watt-Gesellschaft<sup>1)</sup> stellen, sind weitergehende Anforderungen und Bewertungen üblich.

<sup>1)</sup> Minergie-P  
Das Haus in der  
2.000-Watt-Gesellschaft,  
Zürich 2008

#### **Nachweise, Zertifikate, Gütesiegel**

Solche Anforderungen und Standards bedürfen der Überprüfung. Zuverlässig kann dies am fertig gestellten Gebäude geschehen. Doch es macht, gerade bei öffentlichen und großen Gebäuden mit entsprechend erheblichen Auswirkungen auf Budgets und Umwelt Sinn, schon in der Planungsphase eine erste Abschätzung zu erlangen. Auf dem Feld der Energieeffizienz stellen der EnEV-Nachweis oder das Passivhaus-Vorprojektierungspaket (PHVPP) geeignete Instrumente zur Verfügung.

Weiter sinnvoll sind Verschattungsstudien, die Abschätzung des sommerlichen Wärmeschutzes, Kenndaten zur Bauökologie, zur Haustechnik und zum Energiekonzept, Kennzahlen zu Betriebs- und Bewirtschaftungskosten über eine

definierte Lebensdauer sowie Darstellungen zur Tageslichtnutzung und zur Nutzung regenerativer Energiequellen. Ansprüche an Planungssicherheit und das gestiegene Bewusstsein für Betriebskosten und Umweltwirkungen des Bauens machen solche Anforderungen verständlich. Ihre Einbeziehung in Ausschreibungs- und Auftragsdefinitionen scheint deshalb für größere Baumaßnahmen zwingend.

Im Zuge der Fertigstellung und der Übergabe eines Neubaus verlangen Bauherren zunehmend den Nachweis der Nachhaltigkeit. Der Erfolg internationaler Zertifikate wie das US-amerikanische LEED oder das britische BREEAM zeigt, dass zertifizierte Nachhaltigkeit nicht nur eine umweltbezogene und ethische, sondern ganz besonders auch eine handfeste ökonomische Dimension hat: nachhaltigkeits-zertifizierte Bauwerke lassen sich besser vermieten und veräußern, die Nutzer fühlen sich besser aufgehoben in nachgewiesenermaßen gesunder baulicher Umgebung, Bauherren und Stadtväter sind stolz auf Fortschritte in Umwelt- und Gestaltqualität. Das „Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“ der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) sowie sein Pendant für Bundesbauten, das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) tragen dem Wunsch nach einem zeitgemäßen deutschen Nachhaltigkeitszertifikat Rechnung.

### Chancen und Risiken

Architekten, Ingenieure und Bauunternehmen haben die große Chance, über nachhaltiges und energieeffizientes Bauen ihre kreative Meinungsführerschaft wieder vermehrt in den Dienst der Lösung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen zu stellen wirksam. Das damit verbundene Innovationspotenzial ist gewaltig und bislang kaum ausgeschöpft.

Die Herausforderung nachhaltiger Entwicklung im Bausektor bietet Chancen: die große gesellschaftliche, technische und gestalterische Erneuerung in einem lange nicht mehr besonders innovationsverdächtigen Wirtschaftszweig,

neue Exportchancen und für das Bauen erneut eine wichtige Rolle als Impulsgeber für die gesellschaftliche Weiterentwicklung. Das Bauen mit Holz hat unter Gesichtspunkten nachhaltigen Bauens besonders gute Aussichten: als klimafreundliches, gesundheitlich unbedenkliches und langlebiges Material, das zudem durchweg mit positiven Assoziationen verbunden ist. So entdecken nun zunehmend auch Bauherren die Vorzüge dieser Materialgruppe. Das öffentliche Bauen steht nicht abseits. Es sieht seine Vorbildfunktion und nimmt, wie die Beispiele zeigen, zunehmend seine Verantwortung im umweltbewussten, wirtschaftlichen, ästhetisch und sozial hochwertigen Bauen wahr.

**Abb. 2.5 und 2.6:**  
Bauhof in Frickingen  
Bauherr:  
Gemeinde Frickingen  
Architekt:  
Manfred Fetscher,  
Illmensee



### Attribute des nachhaltigen und energieeffizienten Bauens:

#### Wohlüberlegt

Eine nachhaltige Planung setzt bei der Grundsatzüberlegung an, ob eine Baumaßnahme zwingend erforderlich oder die gestellte Aufgabe unter Nutzung vorhandener Baulichkeiten zu lösen ist. Eine umsichtige Planung für ein Gebäude erfordert gute Vorbereitung und ist in jeder Hinsicht integrativ, indem sie die Interessenvertreter, Experten und Fachingenieure frühzeitig einbezieht, die Bauausführung und die Bewirtschaftung umfassend vorausdenkt. Die hohe Lebensdauer von Gebäuden verlangt vorausschauende Planung. Sie soll Richtung weisen für ein besseres Leben. Sie soll Sinn stiften durch Architektur.

#### Angemessen

Jeder Ressourcenanspruch eines Gebäudes fußt auf dem Flächenbedarf für jeden Raum, das Gebäude und das Grundstück. Noch bevor eine konstruktive und materiell intelligente bauliche Lösung Sinn macht, geht es also um das zugrunde liegende Programm. Es soll angemessen sein im Sinne einer zeitgemäßen Interpretation des „less is more“ von Ludwig Mies van der Rohe. Besonders hier gilt das Gebot der Suffizienz als Element der sogenannten „Starken Nachhaltigkeit“.

#### Umweltfreundlich

Der ökologische Kern aller Nachhaltigkeitsüberlegungen ist der sparsame Umgang mit Baustoffen über intelligente Konstruktion und CO<sub>2</sub>-minimierte Materialwahl. Am Ende der nützlichen Lebensdauer sollte man unvermeidlich notwendige Bauelemente oder Baustoffe ohne großen Aufwand wieder in den Stoffkreislauf zurückführen können. Im Gegensatz zu anderen Branchen steckt im Bauwesen das lebenszyklusgerechte Konstruieren noch in den Kinderschuhen. Es muss die Wartungs- und Reparaturfreundlichkeit erhöhen und Recycling ermöglichen.

#### Robust

Ein robustes Gebäude zeichnet sich durch Langlebigkeit, Resilienz und einfache Handhabbarkeit aus. Dauerhaft wird ein Gebäude durch eine hohe Anpassungsfähigkeit an Veränderungen in der Nutzung, durch intelligente Tragstruktur und Baustoffwahl. Es sollte auch in der Lage sein, mit Veränderungen umgehen zu können und auf Störungen ausgleichend zu reagieren. Entscheidend für den alltäglichen Umgang mit dem Gebäude ist eine einfache, langlebige und gut handhabbare Gebäudetechnik mit entsprechend gutmütigen baulichen Voraussetzungen hierfür. Sie wirkt sich günstig auf die Lebenszykluskosten aus und ist ein wesentlicher Treiber für die Wertstabilität.



### Zweckdienlich

Ein nachhaltiges Gebäude soll für seine Nutzer in unterschiedlichen Lebenssituationen und möglichst gut benutzbar, im weitesten Sinne barrierefrei sein. Hierzu gehört auch eine hohe Umnutzungsfähigkeit. Es sollte auch unter extremen äußeren Rahmenbedingungen in thermischer, akustischer und visueller Hinsicht behaglich sein. Sein Gebrauch soll dem Benutzer eine umfassende Einflussnahme ermöglichen, Autonomie und Sicherheit vermitteln.

### Vernetzt

Eine gelungene Einbindung eines Gebäudes in sein räumliches, soziales, natürliches, infrastrukturelles und verkehrliches Umfeld prägt entscheidend die Nachhaltigkeit jedes Gebäudes. Seine Integration in Energie- und andere Ressourcenströme dient in Zeiten von Energiewende und dezentraler Nutzung erneuerbarer Energien nicht nur der Versorgung, sondern sollte auch dienlich sein für Quartier und Stadt. Die Elbarkaden von Bob Gysin + Partner stellen mit ihrer Stadtloggia und dem Boulevard am Wasser entlang neue öffentliche Durchwegungen her. Sie sind darüber hinaus ein früher Versuch einer energetischen Vernetzung mit der Stadt.

### Innovativ

Der Schutz von Ressourcen und der Erhalt von Werten müssen sich im Bauen mit Entwicklung und Zukunft verbinden. Bewahren erschöpft sich in unserem gesellschaftlichen Kontext nicht allein im Erhalt und Beharren. Es bedarf des Gegenpols des Schöpferischen, des Neuen, Zukunftsorientierten, um die gewünschte Wirkung entfalten zu können. Nachhaltigkeit braucht Wandel und Veränderung. Checklisten und Steckbriefe können das Unvorhersehbare, Nicht-Vorgedachte nicht abbilden.

### Schön

Schönheit ist der zweite blinde Fleck der Nachhaltigkeitsbetrachtung; vielleicht, weil ihre Bewertung sich rationalen Kriterien entzieht. Doch gute Gestaltung beruht immer auf einem Gespür, das viele Menschen miteinander verbindet. Sie ist gerade in der Architektur mehr als nur gelungene Form an sich, sie transportiert auch Lebensform und den guten Umgang von Menschen miteinander und ihrer Umwelt. Ethik und Ästhetik sind untrennbar miteinander verbunden, Schönheit ist eine Folge ethischer Haltung oder „Die schöne Dinge zeigen an, dass der Mensch in die Welt passe“. Dieses Zitat Immanuel Kants vermittelt wohl am besten, dass nur mit Schönheit der kulturelle Übergang in eine nachhaltig gestaltete Welt überzeugend gelingen kann.



**Abb. 2.7 und 2.8:**

Kinderhaus in Uttenreuth

Bauherr:

Gemeinde Uttenreuth

Architekten:

KJS+ Architekten, Erlangen

## 3\_Wirtschaftliches Bauen mit Holz

Univ. Prof. Dr.-Ing.

Karsten Ulrich Tichelmann

Technische Universität

Darmstadt – Fachbereich

Architektur

Tragwerksentwicklung

und Bauphysik,

Darmstadt

VHT –

Versuchsanstalt für

Holz- und Trockenbau,

Darmstadt

Verschiedenste Entwicklungen im 21. Jahrhundert führen dazu, dass zukünftiges Bauen zunehmend unter den Kriterien der Leichtigkeit, der Ressourceneffizienz und der Veränderbarkeit geplant und realisiert werden muss. Dadurch verbindet sich der Anspruch nach architektonischer Gestalt mit der Effizienz und Potenzialen einer Bauweise und der Verringerung von Stofflawinen. Dieser Anspruch richtet sich auch maßgeblich an die notwendigen urbanen Nachverdichtungen des Gebäudebestandes, an die energetische Hülle, an Raum bildende Ausbauten sowie an die Konstruktion und die Details. Unter diesem Aspekt nimmt der Holzbau in Zukunft eine bedeutende Rolle ein.

Ein Vergleich der „ökonomischen Leistungsfähigkeit“ verschiedener Bauweisen setzt die Erfüllung vergleichbarer Funktionen und Eigenschaften durch die Bauteile und Gebäudekonstruktionen voraus. Es sind die für das Bauen relevanten ganzheitlichen Aspekte zu bewerten. Das bedeutet, welche konstruktiven und physikalischen Bauteileigenschaften erfüllt werden: z.B. Dicke, Gewicht, Schalldämm-Maß, Wärmetransmission, Wärmespeicherfähigkeit sowie baubetriebliche Aspekte wie die Dauer der Bauausführung und deren Auswirkung auf die Bauzeit und selbstverständlich auch die Wirtschaftlichkeit.

In der Regel findet der primäre Vergleich auf Bauteilebene statt, der sekundäre Vergleich bei globaler Betrachtung der ökonomischen Eigenschaften der Bauweise. Als Entscheidungsgrundlage zur Beurteilung der technischen und ökonomischen Leistungsfähigkeit von Holzbauteilen gegenüber massiven Bauweisen können folgende Bewertungscluster und Kriterien herangezogen werden:

### – Bauphysikalische Kriterien

Schalldämmung, Brandschutz, winterlicher und sommerlicher Wärmeschutz, Feuchteschutz, Behaglichkeitskriterien, usw.

### – Technische Kriterien

Bauteildicke, Gewicht, Tragfähigkeit, Beanspruchbarkeit, Robustheit, Flexibilität und Anpassbarkeit, Installationsfreundlichkeit

### – Baubetriebliche und ökonomische Kriterien

Bauentstehungskosten, Vorfertigung und sinnvoll realisierbare Vorfertigungsgrade, Bauzeit, bauartspezifische Trocknungs- und Wartezeiten, Ausführungsqualität, Wartungsintensität, Kosten der Unterhaltung und Nutzung, ökonomische Lebenszyklusbewertung

### – Ökologische Kriterien und Umweltverträglichkeit

wie z.B. Primärenergieverbrauch, CO<sub>2</sub>-Äquivalente, NO-Äquivalent, Emissivität, „Nachhaltigkeit“



Die Qualität, wie heutige Anforderungen ganzheitlich von einer Bauart erfüllt werden, kann als Bewertungskriterium für eine Bauweise herangezogen werden.

Der Einsatz dieser Bauweisen unter gezielter Nutzung ihrer Potenziale führt zu einer Verbesserung der Eigenschaften und der Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes. Auf der Ebene der Bauteile ist zwischen tragenden und nichttragenden Bauteilen zu unterscheiden. Nichttragende Bauteile (nachfolgend auch Systeme genannt) haben die primäre Funktion des Raumabschlusses, tragende Systeme erfüllen zusätzlich eine statische Funktion. Mit dem Raumabschluss können Anforderungen bauphysikalischer Art verbunden sein, subjektive Erwartungen an sogenannte „weiche Eigenschaften“ sowie an die Widerstandsfähigkeit gegen nutzungsinduzierte Belastungen. Diese Anforderungen sind in bestimmten Bereichen geregelt, so zum Beispiel bei Schallschutzanforderungen und Brandschutzanforderungen. Davon unabhängig bestehen oftmals darüber hinaus Anforderungen und Ansprüche der Gebäudenutzer, die – basierend auf ihren eigenen Erfahrungen – weitergehende Anforderungen an bauphysikalische Eigenschaften oder Flexibilität stellen. Eine „leistungsfähige“ Bauweise erfüllt die Anforderungen und weist

darüber hinaus weitergehende Eigenschaften auf, die die Qualität eines Gebäudes für den Nutzer erhöhen. Weitere bedeutende Kriterien zur Bewertung einer Bauweise wie dem Holzbau sind zum Beispiel die Relation der Bauteildicke und des Gewichtes, wie die Anforderungen an den Wärmeschutz und/oder Schallschutz erfüllt werden und auch deren Bauzeiten. Diese Eigenschaften unterliegen keinen direkten gesetzlichen oder Nutzeranforderungen. Trotzdem kommt ihnen beim Bauen eine zunehmend größere Bedeutung bei der Auswahl einer Bauweise zu, da sie in direktem Zusammenhang zu den Baukosten und der Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes stehen.

**Technische und bauphysikalische Kriterien**

Im konstruktiven Aufbau unterscheiden sich Holzbauweisen von monolithischen Massivbauweisen, was entsprechend ein grundlegend anderes bauphysikalisches Verhalten bedingt. Den leichtbauspezifischen Eigenschaften muss mit konstruktivem Verständnis begegnet werden, wenn die hohe Leistungsfähigkeit der Holzbauweise ausgeschöpft werden soll. Das Ergebnis sind wirtschaftliche, qualitativ hochwertige Gebäude mit deutlich überlegenen technischen und bauphysikalischen Eigenschaften.

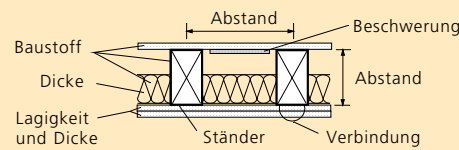
Holzbausysteme sind in besonderem Maße geeignet, kombinierte bauphysikalische Anforderungen wie Schall- und Brandschutz, Feuchte und Wärmeschutz zu erfüllen. Je nach Wahl des Systems, der Unterkonstruktion, Dämmung und Beplankungswerkstoffe, können die geforderten bauphysikalischen Eigenschaften durch eine einzelne Konstruktion erreicht werden. Durch den zusammengesetzten additiven Aufbau von Holzbaukonstruktionen kann durch einfaches Ändern oder Hinzufügen eines Elementes, zum Beispiel einer weiteren Beplankungslage oder eines anderen Beplankungsmaterials, eine geforderte bauphysikalische Eigenschaft erreicht werden.

Holzbausysteme lassen sich additiv zu bestehenden Konstruktionen einsetzen, um deren Eigenschaften gezielt zu verbessern. Dies ist von besonderer Bedeutung bei Bauaufgaben der Nachverdichtung bestehender Gebäude. Durch das geringe Gewicht können lastabtragende Bauteile im Vergleich mit massiven Bauarten wirtschaftlicher ausgeführt werden. Eine deutliche Massenreduzierung bei gleichzeitig besseren Schall- und Wärmeschutzeigenschaften lässt sich vor allem im Bereich von Wandsystemen (Innenwände, Nutzungstrennwände, Außenwände) erzielen. Für ein Gebäude ergeben sich in der Summe eine einfachere und damit wirtschaftlichere Gründung – oder bestehende Gründungen können genutzt werden. Bei Aufstockungen lässt sich vielfach auf zusätzliche Tragwerksverstärkungen verzichten.

Da mit Wandkonstruktionen in Holzbauweise in der Regel geringere Wanddicken im Vergleich zu Massivwandkonstruktionen erreicht werden, vergrößert sich zudem die Nutzfläche (z.B. Wohnfläche) eines Gebäudes. Bei gleicher Grundfläche können 5 – 10 % mehr Nutzfläche erzielt werden. Neben diesem wirtschaftlichen Vorteil wird zugleich sparsamer mit der Ressource „Bauland“ umgegangen.

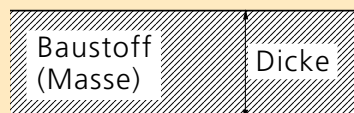
**Abb. 3.1:**  
 Grundlegende Unterschiede zwischen Holz- und Massivbauteilen

**Bauteil in Holzbauweise:**



- Inhomogenes, zusammengesetztes, mehrschaliges Bauteil geringer Masse
- Bauteil ist als System zu betrachten, das aus unterschiedlichen Baustoffen trocken montiert wird
- Die bauphysikalischen und statischen Eigenschaften sind Systemeigenschaften, sie werden von dem Aufbau des Bauteils, der Anschlussausbildung und den eingesetzten Baustoffen bestimmt

**Bauteil in Massivbauweise:**



- Homogenes, monolithisches Bauteil mittlerer bis hoher Masse
- Singuläres Bauteil vereinigt alle Funktionen
- Masse, bauphysikalische und statische Eigenschaften des Bauteils werden von den eingesetzten Baustoffen (Rohdichte) und deren Dicke bestimmt

Mit Holzbausystemen ist eine Flexibilität im Ausbau zu erreichen, die sich mit massiven Systemen nicht realisieren lässt. Bereits heute wird bei der wirtschaftlichen Bewertung des Lebenszyklus von Gebäuden deren Eignung für eine zukunftsorientierte flexible Nutzung berücksichtigt. Merkmale zukunftsorientierter Gebäude sind ihre Qualitäten im Hinblick auf die grundlegenden sechs „Dimensionen der Flexibilität“, die ohne Holz- und Leichtbausysteme nicht umzusetzen wären.

#### **Erweiterungsflexibilität**

meint die externe konstruktive Flexibilität, die mögliche Größenveränderung an der Struktur zulässt: z.B. variable Nutzungseinheiten und variable Flächeneinheiten

#### **Veränderungsflexibilität**

beschreibt interne konstruktive Flexibilität, die mögliche Größenveränderung innerhalb der Struktur zulässt

#### **Angebotsflexibilität**

ist dabei die Möglichkeit der Veränderung einer Struktur bei erstmaligem Bezug

#### **Nutzungsflexibilität**

ermöglicht die Veränderung und Austauschbarkeit von Nutzungen

#### **Gebrauchsflexibilität**

ist die Anpassungsfähigkeit einer Struktur an eine mögliche Veränderung einer bestehenden Nutzung

#### **Ausstattungsflexibilität**

berücksichtigt die Anpassungsfähigkeit der Ausstattung eines Gebäudes auf zukünftige Standards und individuelle Nutzerbedürfnisse bei Nutzerwechsel

Die „Nachhaltigkeit“ von Gebäuden ist schon heute untrennbar mit der Flexibilität unserer Gebäude verbunden. Im Besonderen dadurch, dass wir aufgrund der hohen Dynamik unserer sozialen, wirtschaftlichen, gesellschaftspolitischen und ökologischen Entwicklungen unsere Zukunft immer weniger voraussagen können. Nur die Veränderbarkeit und das Reaktionsvermögen unserer Bauwerke kann hierauf eine erfolgversprechende Strategie sein.

Holzbauweisen sind bauweisenimmanent schnell und trocken zu montieren, ohne ein Gebäude bzw. den Bauablauf durch Feuchteintrag, Wartezeiten und Gewicht zu belasten. Auch eine Demontage ist mit wesentlich geringerem Aufwand gegenüber Massivbauweisen verbunden.

Durch ihre Flexibilität sind Holzbaukonstruktionen an wechselnde Nutzungsbedingungen einfach anpassbar. Die Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes wird durch seine Veränderbarkeit erhöht. In der Bauphase können Änderungswünsche des zukünftigen Wohnungseigentümers oder Mieters noch realisiert werden. Eine derartige Eingriffsmöglichkeit des Nutzers ist bei gewerblichen Bauten als Standard etabliert und eine Voraussetzung für die Vermietbarkeit von Immobilien.

Holzbauweisen sind per se „installationsfreundlich“. In die Hohlraumkonstruktionen der Holzbausysteme lassen sich Installationen führen, Einbauten (Licht, Auslässe, Sprinklerköpfe etc.) werden in die Bauteiloberfläche integriert. Eine leichte Revisionierbarkeit bei Wartungsarbeiten und Nachinstallationen ist gegeben.

### **Baubetriebliche und ökonomische Kriterien**

Ein wesentliches Merkmal des Holzbaus ist die Arbeitsteilung, die den Fertigungsprozess für Bauteile in verschiedene Arbeitsgänge aufgliedert:

- Zurichten und Verarbeiten der einzelnen Primärbauteile
- Montage von additiven Konstruktionen (Fassaden, Installationsebenen, Estrichen und Unterdecken)
- Oberflächenfinish der Beplankung und Bauteilbekleidungen

Durch die „trockene“ Montage sowie das Zusammensetzen industriell vorgefertigter Baustoffe und Bauteile zu Konstruktionen stellt der Holzbau eine sehr zeitsparende Bauweise dar. Nassprozesse werden lediglich zum Schließen der Fugen der Oberflächen eingesetzt. Im Gegensatz dazu werden massive Baustoffe zum großen Teil über Nassprozesse miteinander verbunden und danach gespachtelt oder gar verputzt. Estriche werden in der Regel im Massivbau ebenfalls „nass“ eingebracht.

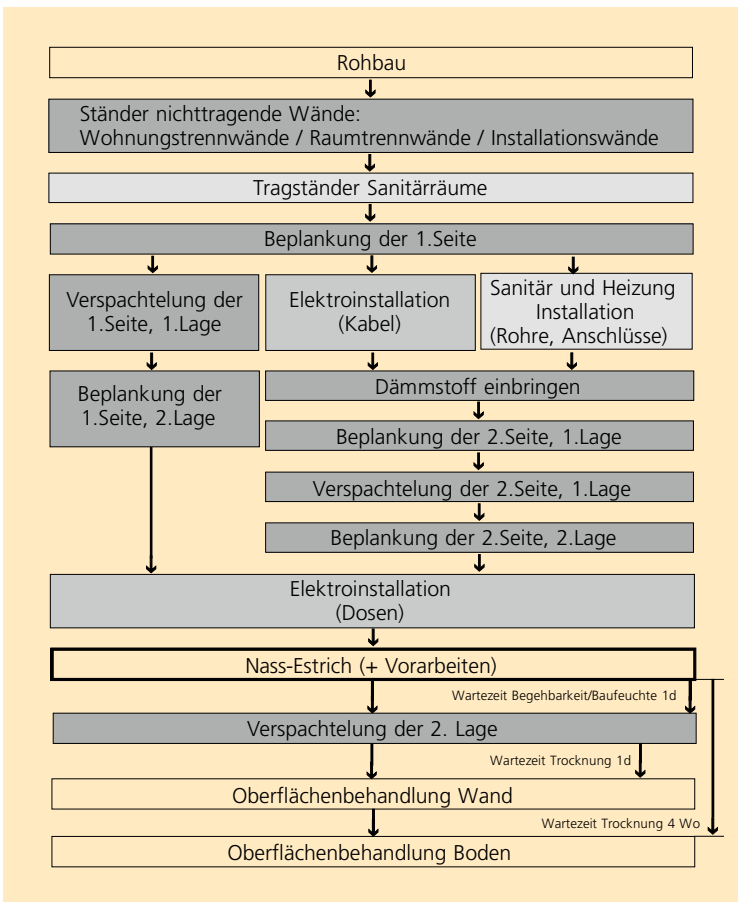
Bei Bauvorhaben mit einem engen terminlichen Rahmen ist eine detaillierte Bauzeitenplanung erforderlich, der Bauablauf und die Gewerkefolge müssen auf die Trocknungszeiten abgestimmt sein, um einen Verzug und mögliche Feuchteschäden zu vermeiden. Zunehmend werden in der Baupraxis die notwendigen Mindestwartezeiten wegen des bestehenden Termindrucks nicht eingehalten, wodurch die Gefahr für feuchtebedingte Bauschäden wächst. Bei kurzen Bau-

zeiten sind daher Holz- und Trockenbausysteme prädestiniert, da sie praktisch keine Wartezeiten aufweisen. Dieser Vorteil im Hinblick auf einen schnellen Bauablauf kann nur dann ausgeschöpft werden, wenn die Zusammenarbeit der verschiedenen Ausbaugewerke (Klima, Elektro, Sanitär, Boden etc.) entsprechend abgestimmt wird.

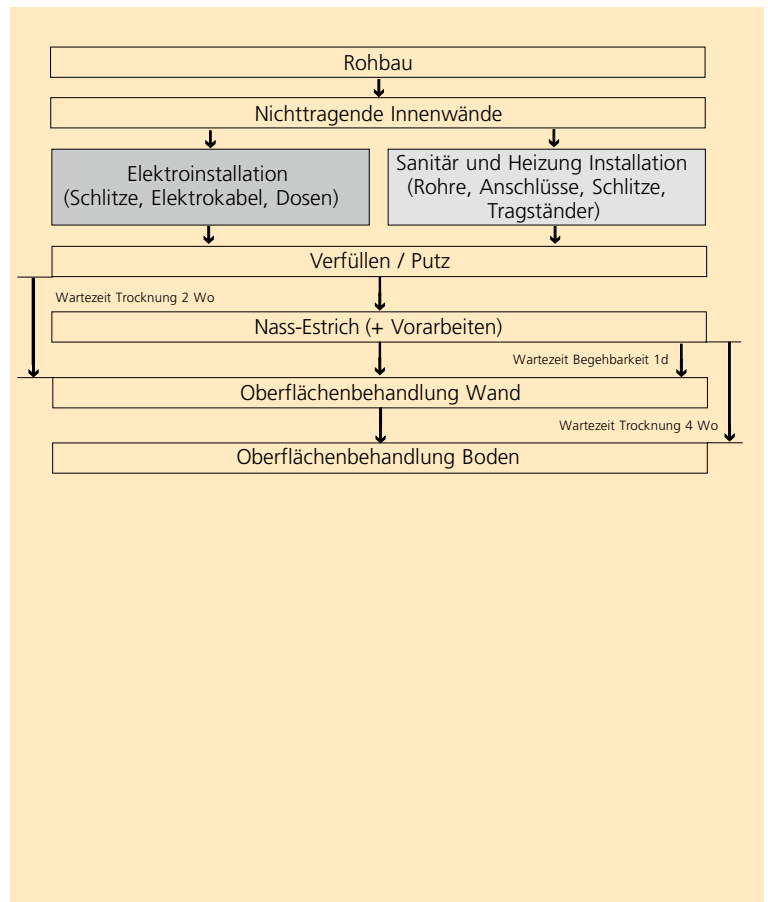
Die Gewerkeereihenfolge ist stärker verzahnt als bei üblichen Massiv- / Nassbauweisen, die Gesamtbauzeiten lassen sich dadurch verkürzen. Wartezeiten sind bei trockenem Ausbau meist planungsbedingt und nicht systembedingt. Ein optimierter Bauablauf ist deshalb noch stärker als im Massivbau von einer kompetenten Vorplanung abhängig. Bei der reinen Massivbauweise sind die nichttragenden Innenwände quasi dem Rohbau zuzuordnen, die Wandbauarbeiten sind bei Beginn der Ausbauarbeiten Elektro und Sanitär abgeschlossen, der Bauablauf ist linear. Bei trockenem Ausbau ist dagegen selbst bei vereinfachter Darstellung des Ablaufplanes die Verzahnung der Ausbaugewerke zu erkennen. Die Zeiteinsparung der Trockenbauvariante gegenüber dem Massivbau ist nur unwesentlich (keine Putzarbeiten), wenn ein Nassestrich, wie dargestellt, eingebracht wird.

Durch Einsatz von Trockenestrichsystemen auf Holzdecken reduzieren sich die notwendigen Wartezeiten von 4 Wochen auf ca. 3 Tage. Trotzdem wird vielfach auf den Nassestrich zurückgegriffen, einerseits aus Kostengründen, andererseits weil die theoretisch möglichen Zeiteinsparungen wegen mangelnder Bauablaufkoo-

**Abb. 3.2:**  
 Ablaufplan trockener Ausbau im Holzbau



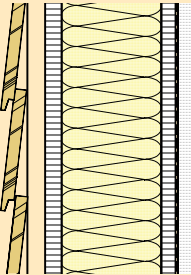
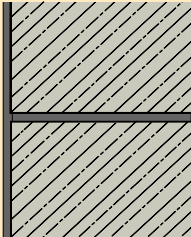
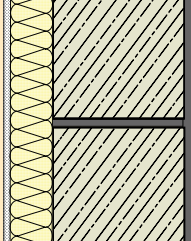
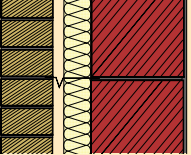
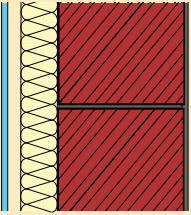
**Abb. 3.3:**  
 Ablaufplan konventioneller Ausbau



dinierung oft nicht aktiviert werden können. In der nachfolgenden Tabelle 3.1 sind die Dicke, der U-Wert und der Primärenergiegehalt verschiedener tragender Außenwandkonstruktionen dargestellt. Zudem sind die Kosten zueinander ins

Verhältnis gesetzt. Neben dem vergleichsweise niedrigen Primärenergiegehalt der Holzbauwände ist der günstige U-Wert dieser Konstruktionen durch den dadurch bedingten geringeren Heizenergieverbrauch ein weiterer ökologischer Vorteil.

**Tab. 3.1:**  
 Bauteildicke, U-Wert, Kostenrelation und Primärenergiegehalt verschiedener tragender Außenwandkonstruktionen

Außenwand- konstruktion	Schichtenaufbau	Dicke [cm]	Rohdichte [kg/m³]	U-Wert [W/m²K]	Kosten [%]	Primärenergie- gehalt [MJ/m²]
	<b>Holzkonstruktion</b>					
	Stülpchalung, Lärche	2–4	600			42
	Lattung, Konterlattung	5,00	600			10
	Bitumen-Holzweichfaserplatte	2,00	300			56
	Holzständer, Zellulosefaserdämmung	16,00	50			85
	Sperrholzplatte, Dampfbremse	2,00	700			58
	Gipsbauplatte	1,25	900			36
	Dispersionsfarbe	–	–			–
		<b>30,25</b>		<b>0,29</b>	<b>100</b>	<b>287</b>
	<b>Einschalige Mauerwerkskonstruktion</b>					
	Außenputz (armiert, mineralisch)	2,00	1.800			12
	Porenbeton-Planblock GWP 2/0,5	36,50	500			713
	Innenputz	1,50	1.200			25
		<b>40,0</b>		<b>0,40</b>	<b>115</b>	<b>750</b>
	<b>Mauerwerk mit WDVS</b>					
	Außenputz (armiert, mineralisch)	0,70	1.100			8
	Mineralwolle	8,00	85			122
	Ansetzmörtel	0,50	2.000			5
	KS-Lochsteine	24,0	1.400			293
	Innenputz	1,50	1.400			25
		<b>34,70</b>		<b>0,40</b>	<b>120</b>	<b>453</b>
	<b>Zweischalige Mauerwerkskonstruktion</b>					
	Verblendmauerwerk Vmz 1,8	11,50	1.800			534
	Luftschicht gem. DIN 1053	4,00	–			–
	Mineralwolleplatte	6,00	100			194
	Hohllochziegel HLz 1,4	24,00	1.400			874
	Innenputz	1,50	1.200			25
		<b>47,00</b>		<b>0,41</b>	<b>170</b>	<b>1.627</b>
	<b>Zweischalige Mauerwerkskonstruktion mit Metallbekleidung</b>					
	Aluminiumbekleidung	1,50	200			2.871
	Luftschicht + Unterkonstruktion	3,50	–			–
	Polyurethan-Hartschaumplatte	6,00	30			342
	Hohlblocksteine Hbl 6	30,00	1.000			943
	Innenputz	1,50	1.200			25
		<b>42,5</b>		<b>0,40</b>	<b>330</b>	<b>4.181</b>

### **Einfluss der Bauweise auf die technischen und ökonomischen Eigenschaften eines Gebäudes**

Im Folgenden wird der Einfluss

- der Tragstruktur des Rohbaus,
- der eingesetzten Ausbausysteme,
- der Außenwand / Fassade

auf die technischen und wirtschaftlichen Eigenschaften eines Gebäudes anhand des Bauvorhabens beschrieben. Im Einzelnen werden dabei unter Zugrundelegung verschiedener Ausbaustandards die systemimmanenten Eigenschaften hinsichtlich Bauphysik, Masse, Wohnfläche und Kosten verglichen.

Für den Vergleich werden unterschiedliche Bauweisen und Tragstrukturen des Rohbaus herangezogen:

- Tragendes Holzskelett mit tragenden massiven Treppenhauskernen, nichttragenden Fassaden und Innenwänden in Leichtbauweise.
- Massivbau mit tragenden Außenwänden, Treppenhauswänden, Wohnungstrennwänden und teilweise auch Innenwänden.

Die meisten Trennwände innerhalb einer Wohneinheit sind nichttragend und somit vom System her frei. In der Massivbauvariante übernehmen die tragenden Raumbtrennwände statische Funktionen, die Wohnungstrennwände und die Treppenraumwände erfüllen zusätzlich bauakustische Anforderungen. Die tragenden Wände der Variante Massivbau bestehen aus Kalksandstein mit einer Dicke von 24 cm, Rohdichteklasse 2,0. Die Innenwände sind mit 10 mm Gipsputz versehen, die Außenwände sind mit Wärmedämmverbundsystem ausgeführt. Die nichttragenden Raumbtrennwände sind frei wählbar. Es werden 7 unterschiedliche Vergleiche der Bauausführungen im Folgenden durchgeführt (Abb. 3.4). Die sich aus den Wandflächen und Wandsystemen ergebenden Massen sind in Abb. 3.5 aufgeführt.

**M1** Leichter Ausbau unter Verwendung möglichst kostengünstiger, einfacher Ständerwände mit Unterkonstruktion aus Holz und Metall.

**M2** Leichter Ausbau unter Verwendung von Leichtbau-Trennwänden mit erhöhten Schallschützmaßnahmen und in robuster Ausführung.

**M3** Die Porenleichtbetonwand stellt eine kostengünstige, einfache und schlanke massive Trennwand dar, die in Anlehnung an Variante M1 gewählt wurde und die für die gleichen Einsatzzwecke Verwendung finden kann.

**M4** „Massive“ Wände aus Gipswandbauplatten sind im Wohnungsbau immer noch stark verbreitet. Die gewählte Wand entspricht von ihrer Dicke her der Variante M2, sie ist in ihren Eigenschaften der Minimalvariante M3 überlegen.

**M5** Die Kalksandsteinwand mit der relativ hohen Rohdichte stellt eine hochwertige massive Raumbtrennwand dar. Sie erfüllt die Anforderungen an den „normalen Schallschutz“ innerhalb einer Wohneinheit nach DIN 4109-2. Dieser Standard stellt heute die untere Grenze des technischen Standards dar.

**L1** „Einfache“ Variante: Die Holz-Doppelständerwand als Wohnungstrennwand erfüllt die Schallschutzanforderungen. Beide Wandsysteme zeichnen sich durch geringen Preis, geringen Flächenbedarf und schnelle Bauweise aus.

**L2** „Gehobene“ Variante: Die Wohnungstrennwand ist vom Schallschutz noch besser als die Doppelständerwand L1. Die doppelt beplankte Raumbtrennwand erfüllt die Anforderungen an den erhöhten Schallschutz innerhalb einer Wohneinheit nach DIN 4109-2. Die mit Gipsfaserplatten beplankten Wände stellen eine robuste Konstruktion dar.

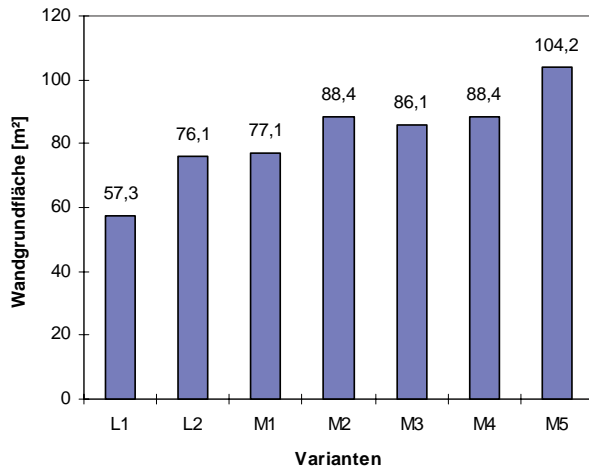
**Vergleich der verschiedenen Bauvarianten**

Abhängig von der Bauart der Innenwände ergeben sich für die Holzbauweise und die Massivbauweise Unterschiede in der Wandgrundfläche und dem Eigengewicht der Wände. Eine geringere Wandgrundfläche kommt der Gebäudenutzfläche zugute, ein geringeres Ausbaugewicht ist ökonomischer und reduziert die statische Belastung der Tragstruktur. Der Einfluss der Bauart wirkt sich neben der Nutzungsqualität auch auf die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes aus, die Größenordnung wurde für das betrachtete Objekt konkret ermittelt. Im Gebäude in

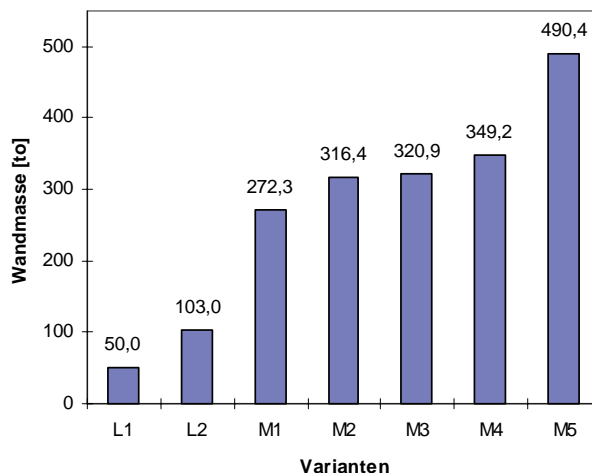
Holz- und Leichtbauweise beträgt zwischen der einfachen Variante L1 und der gehobenen Variante L2 der Nutzflächenunterschied 19 m<sup>2</sup> und der Gewichtsunterschied 53 t. Im Gebäude in Massivbauweise beträgt beim Ausbau mit Leichtbausystemen zwischen der einfachen Variante M1 und der gehobenen Variante M2 der Nutzflächenunterschied 11 m<sup>2</sup> und der Gewichtsunterschied 44 t.

Beim Vergleich der leichten und massiven Ausbausysteme beträgt zwischen den einfachen Varianten M1 und M3 in Porenbeton der Nutzflächenunterschied 9 m<sup>2</sup>, zwischen den gehobenen Varianten M2 und M5 in der Ausführung in Kalksandstein 16 m<sup>2</sup>. Der Gewichtsunterschied zwischen den einfachen Varianten M1 und M3 beträgt 49 t, zwischen den gehobenen Varianten M2 und M5 174 t. Die Innenwände in Leichtbauweise besitzen dabei einen besseren Schallschutz als die vom Standard her jeweils vergleichbaren Massivwände.

**Abb. 3.4:**  
 Grundfläche der Innenwände (Konstruktionsfläche), EG + 1.–3. OG, ohne Treppenhauswand



**Abb. 3.5:**  
 Masse der Innenwände, EG + 1.–3. OG, ohne Treppenhauswand





### **Einfluss der Tragstruktur des Rohbaus und der Außenwand / Fassade**

Neben der Bauweise des Ausbaus ist die Tragstruktur des Rohbaus von großem Einfluss auf die Eigenschaften des Gesamtgebäudes. Die gewählte Holzbauweise mit tragendem Skelett ermöglicht eine freie Wahl der Bauart der Außenwand/Fassade. Zum Einsatz kommt, entspre-

chend dem ausgeführten Objekt, ein nichttragendes, hochgedämmtes Fassadensystem in Holztafelbauweise. In der Massivbauvariante ist die Außenwand tragend, hat also eine statische Funktion. Für den Vergleich gewählt wurde daher eine Kalksandsteinwand der Dicke 24 cm mit Wärmedämmverbundsystem.

**Tab. 3.2**  
 Außenwandsysteme für die Leicht- und Massivbauvariante

Systembeschreibung Außenwand	Dicke [mm]	Masse [kg/m <sup>2</sup> ]	Schallschutz [dB]	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
 <p><b>leichtes, nichttragendes Fassadenelement in Holzbauweise</b>                      12,5 mm GF oder GKB Dampfbremse                      Dämmstoff 140 mm                      feuchteresistente Platte 9 mm                      WDVS 50 mm</p>	212	60	R <sub>w</sub> = 54	0,21
 <p><b>Kalksandstein 2,0</b>                      240 mm                      Gipsputz 10 mm                      WDVS 130 mm</p>	380	490	R <sub>w</sub> = 57	0,29

**Tab. 3.3**  
 Massen und Grundflächen der Außenwände für die Leicht- und Massivbauvariante

Art der Wand	Wandflächen netto (EG + 1. – 3. OG) m <sup>2</sup>	Länge der Wände m	Dicke mm	Masse kg/m <sup>2</sup>	Grundfläche m <sup>2</sup>	Gesamtgewicht t
<b>Holzbau</b>						
Leichtes Fassadenelement	838,8	348	212	60	73,8	50
<b>Massivbau</b>						
24er Massivwand mit WDVS	838,8	348	380	490	132,2	411

### Vergleich des Gebäudes in Leicht- und Massivbauweise

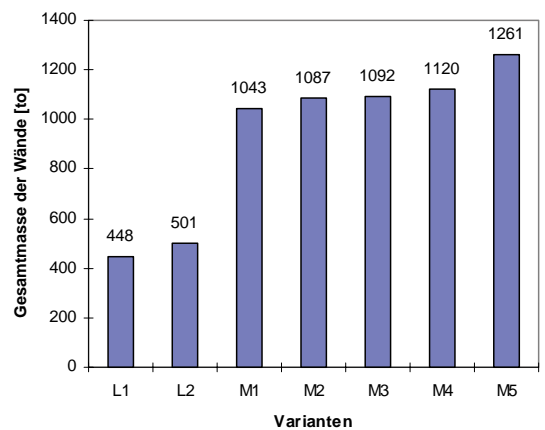
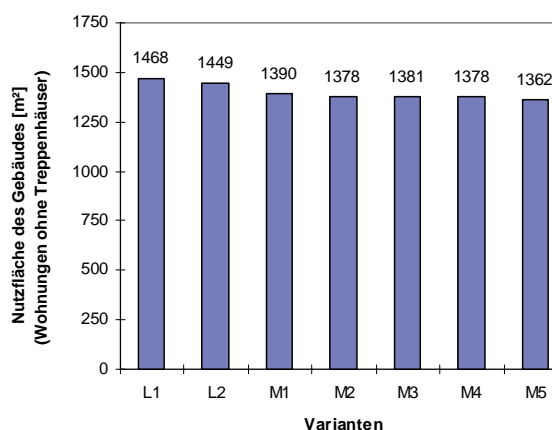
Im Vergleich zu der Massivbauweise ergibt sich für das Gebäude in Holzbauweise abhängig von der Ausbauvariante 60 m<sup>2</sup> bis 100 m<sup>2</sup> mehr an Nutzfläche (ca. 2,5 – 4 m<sup>2</sup> pro Wohnung je nach Ausführung). Die Nutzfläche ist damit 4 – 7 % höher gegenüber einer Bauausführung in Massivbauweise (wegen der bei allen Varianten konstanten Fläche der Treppenhäuser bleiben diese im Vergleich unberücksichtigt).

Für den Vergleich der Gebäudemasse, abhängig von der Bauweise, wird das Gewicht der Wände (Innenwände / Ausbau, Treppenhäuserwände, Außenwände) herangezogen. Bei der Leichtbauvariante muss zusätzlich das Eigengewicht der tragenden Stahlskelettstruktur berücksichtigt werden. Dies wird mit ca. 20 t angesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Masse der Decken und der Dachkonstruktion bei beiden Bauweisen in etwa entspricht. Die Masse der Wände zuzüglich der Tragstruktur in Holzbauweise ist gegenüber der Massivbauweise 540 t bis 810 t geringer, das entspricht einer Gewichtsreduzierung von ca. 51 – 64 %. Dabei wird der Hauptanteil des Gewichtes der Holzbauweise von den massiven Treppenhäuserwänden eingebracht.

Noch deutlicher wird der Gewichtsunterschied, wenn unterschiedliche Estrichsysteme eingesetzt werden. So beträgt die Differenz zwischen einem Trockenestrich und einem herkömmlichen Nassestrich (40 mm Zement, Mineralwolleplatten 35/30) ca. 70 kg/m<sup>2</sup>, alleine durch einen Massivestrich werden 95 – 100 t mehr Gewicht in das Gebäude eingetragen. Die reduzierten Lasten der Leichtbauweise wirken sich zudem auf die Dimensionierung der Decken aus, so dass auch hier eine weitere, im Beispiel nicht quantifizierte Gewichtseinsparung erzielt wird.

Bei dem betrachteten Gebäude ergeben sich zwischen den Varianten der Leicht- und Massivbauweise wahrnehmbare Unterschiede in der Nutzfläche und erhebliche Gewichtsunterschiede. Das in Holzbauweise ausgeführte Gebäude ist ab Oberkante Kellerdecke ca. 30 % leichter als das Vergleichsgebäude in Massivbauweise. Dabei ist gleichzeitig der Wärmeschutz der leichten Fassadenelemente besser als der der massiven Außenwände mit Wärmedämmverbundsystem. Durch konsequenten Holzbau, der neben dem Ausbau und den Außenwänden auch die Treppenhäuserwände, die Decken und den Estrich als Trockenestrich einbezieht, ist eine Gewichtsreduzierung gegenüber dem konventionellen Massivbau von bis zu 80 % erreichbar.

**Abb. 3.6:**  
 Nutzfläche des Gebäudes (Wohnungen ohne Treppenhäuser)



## Ausblick

Der Einsatz funktionsoptimierter Bauteile in Holz- und Leichtbauweise geht in der Regel mit Flächengewinnen und einer höheren Nutzungsflexibilität einher. Diese so genannten „Soft-Skills“ dieser Bauweise wurden in der Vergangenheit unterschätzt. Beispielsweise sind ein Großteil der Wohngebäude, die im Zeitraum von 1950 bis 1970 errichtet wurden, zunehmend schwerer vermietbar und verkaufbar. Die damals akzeptablen kleinzelligen Raumprogramme der Wohnungen werden heute von Mietern oder Käufern nicht mehr angenommen. Eine Veränderung von Raumgrößen lässt sich nur mit kostenintensiven Eingriffen in die massive Bausubstanz umsetzen. Einhergehend mit einer zunehmenden Nachverdichtung wachsen die Ansprüche an Individualität und freier Entfaltung des Einzelnen. Die Art des Wohnens und des Arbeitens wird zunehmend individualisiert.

Auf die mit diesem Wandel verbundenen Anforderungen müssen die Gebäude reagieren können. Bedenkt man, welche Veränderungen sich aus dem globalen Marktgeschehen und dem Einstieg in die Informationsgesellschaft ergeben, so sind Umrüsten, Umnutzen und Umwandeln die wesentlichen Inhalte zukünf-

tiger Planung. Wir bauen für die Zukunft und nicht für die Ewigkeit. Diese Haltung müssen wir verinnerlichen und in unserem täglichen Handeln umsetzen. Die mentale Anstrengung tritt an die Stelle der physischen Überlastung. Masse steht gegen die Kriterien des „Bauens ohne Gewicht“ – hohe Funktionalität, Flexibilität, Veränderbarkeit und Mobilität. Dies sind die nachhaltigen Eigenschaften zukunftsfähigen Bauens.

Der Holzbau ist schon eine technisch hoch entwickelte Bauweise und doch liegt noch ein unvorstellbares Entwicklungspotenzial vor uns. Dieses Potenzial fordert und fördert alle Unternehmer, die sich auf die ständig erweiterten und sich entwickelten Möglichkeiten des Holzbaus einstellen.

### Abb. 3.7:

Gesamtmasse der Wände  
(Innenwände/Ausbau,  
Treppenhauswände,  
Außenwände, inkl.  
des Stahlskeletts bei  
der Leichtbauweise) des  
Gebäudes im Vergleich

## 4\_Qualitätssicherung im Holzbau

**Prof. Dipl.-Ing.**

**Andreas Müller,**

**Berner Fachhochschule**

Architektur, Holz und Bau,

Biel (CH)

**tragwerkeplus**

Ingenieurgesellschaft mbH,

Reutlingen/Biel

**Dr.-Ing.**

**Tobias Wiegand**

**Studiengemeinschaft**

**Holzleimbau e.V.,**

Wuppertal

**Abb. 4.1:**

Schiebebahnhalle,

Stuttgart 1915

Ausführung:

Otto Hetzer AG, Weimar



### 1 \_ Einleitung

Holzbauten bewähren sich seit Jahrhunderten.

Das gilt nicht nur für die zahlreichen Wohnhäuser in Fachwerkbauweise, sondern auch für Bauwerke mit größeren Spannweiten und Gebäudevolumen wie Holzbrücken oder Scheunen.

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurden Holzbauten fast ausschließlich aus Vollholz erstellt und durch handwerklich hergestellte zimmermannsgemäße Verbindungen zusammengefügt. Mit Beginn des 20. Jahrhunderts setzte die industrielle Fertigung neuer geklebter Holzbauprodukte und metallischer Verbindungsmittel ein, auf denen der moderne Holzbau beruht.

Rasch entwickelten sich unter Verwendung plattenförmiger Holzwerkstoffe die Vorläufer des heute üblichen Holzrahmenbaus und schon früh erreichten Konstruktionen aus dem 1906 patentierten Brettschichtholz Spannweiten von mehr als 50 m.

In den vergangenen 50 Jahren hat sich der Holzbau in einer Vielzahl von Anwendungen auch im kommunalen Bereich etabliert. Kindergärten, Schulen, Turnhallen, Schwimmbäder, Lagerhallen sowie Betriebsgebäude werden in großer Zahl in Holzbauweise ausgeführt. Architektonisch ansprechende Rathäuser und Brückenbauwerke prägen insbesondere in Süddeutschland das Ortsbild vieler Kommunen.

### 2 \_ Holz und Holzprodukte

Holz ist ein nachwachsender Werkstoff, der sich in vielerlei Hinsicht von anderen Baumaterialien unterscheidet. Charakteristisch ist die ausgeprägte wuchsbedingte Abhängigkeit aller Eigenschaften von der Faserrichtung, die Anisotropie.

Als hygroskopisches Material hängt seine Feuchte vom umgebenden Klima ab. Holz ändert so seine Abmessungen durch Quell- und Schwindverformungen. Die Eigenschaften des Holzes sind feuchte-, zeit- und lastabhängig und weisen aufgrund der natürlichen Streuung große, in den Rechenwerten der Eigenschaften berücksichtigte Streuungen auf.

Holz dehnt sich bei Temperatureinwirkungen nur wenig aus. Es ist zwar brennbar, im Brandfall behält der Restquerschnitt aber seine volle Tragfähigkeit. Daneben ist es unempfindlich gegenüber der Einwirkung von Chemikalien aller Art.

Die wichtigsten stabförmigen Holzprodukte für die tragende Verwendung sind das Vollholz, das keilgezinkte Vollholz (KVH) sowie das Brettschichtholz (BS-Holz). Den Produkten ist gemeinsam, dass sie technisch getrocknet und nach Festigkeit sortiert sind. Mit der technischen Trocknung werden die Schwindverformungen durch Nachtrocknen im Bauwerk begrenzt und eine wesentliche Voraussetzung zum Verzicht auf Holzschutzmittel geschaffen.

KVH und BS-Holz weisen Klebeverbindungen in Längsrichtung (Keilzinkenverbindungen), BS-Holz zudem Flächenklebungen zwischen den einzelnen Brettlagen auf. Damit lassen sich zum Beispiel mit BS-Holz massive Bauteile bis zu 50 m Länge und bis zu 3 m Höhe herstellen.

Von den zahlreichen plattenförmigen Werkstoffen sollen aus der Gruppe der Holzwerkstoffe hier nur die Flachpressplatten („Spanplatten“), OSB-Platten, Sperrholzplatten und 3- oder 5-Schichtplatten sowie das Brettsperrholz genannt werden.

Auch bei diesen Produkten erfolgt eine technische Vergütung und Homogenisierung durch das Zerlegen des Holzes, die technische Trocknung, die Festigkeitssortierung und das Wiederzusammenfügen mittels Klebung. Für alle geklebten Produkte existiert eine strenge Überwachung der Hersteller und eine strenge Produktüberwachung sowohl der Ausgangsstoffe wie auch des Endproduktes.

Der moderne Holzbau ist ohne Stahlbauteile und stählerne Verbindungsmittel nicht denkbar. Neben den genormten stählernen Nägeln, Bolzen und Dübeln verfügt der Holzbau über eine Vielzahl wirtschaftlicher Verbindungssysteme, die über bauaufsichtliche Zulassungen geregelt sind. Auf die immer häufiger anzutreffenden, wirtschaftlich sehr interessanten Materialkombina-

tionen von Holz und Stahl oder Stahl und Beton bis hin zu den Holz-Betonverbundkonstruktionen kann hier nur hingewiesen werden.



**Abb. 4.2, 4.3:**  
Salzhalle in Donauwörth  
Architekt:  
Albert Dischinger, Regensburg

### 3 \_ Die üblichen Tragsysteme

Freie Spannweiten bis zu 55 m werden heutzutage mit massiven Vollwandträgern aus Brett-schichtholz überbrückt. Mit industriell gefertig-ten Nagelplattenbindern können Spannweiten bis 35 m erreicht werden. Für größere Spannwei-

ten von bis zu derzeit 120 m kommen wiederum Fachwerkträger aus Brettschichtholz zum Einsatz. Für kleinere Spannweiten bis zu 7,50 m, wie sie zum Beispiel beim Bau von Kindergärten oder Schulen auftreten, bieten sich auch die bereits erwähnten Holzbausysteme an. Sie übernehmen

**Abb. 4.4:**  
 Typische Tragsysteme  
 Träger und Systemhöhen  
 Übliche Trägerhöhen für  
 Brettschichtholzträger

Trägerform	Statisches System	Binderabstand e ~ in m	Spannweite l ~ in m	Trägerhöhe	
				h ≥	h <sub>a</sub> ≥
Parallelträger horizontal oder geneigt		2,5-8	5-35	$\frac{l}{16}$	
Satteldach- träger mit gerader Unterseite		2,5-8	5-35	$\frac{l}{14}$	$\frac{l}{28}$
Satteldach- träger mit geneigter Unterseite		2,5-8	5-30	$\frac{l}{12}$	$\frac{l}{24}$
Dreigelenk- stabzug mit oder ohne Zugband		5-8	10-50	$\frac{s}{16}$	
Dreigelenk- bogen mit oder ohne Zugband		5-8	10-100	$\frac{l}{40}$	
Dreigelenk- rahmen gebogen oder geknickt		5-8	15-60	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{40}$
Mehrfeldträger gerade-parallel		5-8	5-30	$\frac{l}{20}$	
Kragträger l <sub>k</sub> = 3 · l		5-8	5-25 (l <sub>k</sub> )	$\frac{l_k}{10}$	

nicht nur statische Aufgaben, sondern bieten auch die Möglichkeit der Integration von Schall- und Wärmedämmung oder der Vorinstallation von Gebäudetechnik. Der Einzug der CNC-Technik hat im Holzbau zu einer außerordentlich hohen Maßgenauigkeit geführt. Auch bei sehr

großen Bauteilen werden Maßgenauigkeiten im Millimeterbereich erreicht. Der Holzbau arbeitet heute üblicherweise mit verdeckten Anschlüssen, bei größeren Spannweiten zum Beispiel mit in den Holzbauteilen eingelassenen eingeschlitzten Blechen.

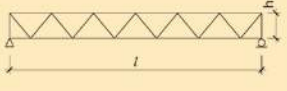
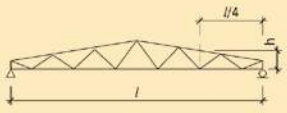
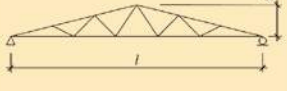
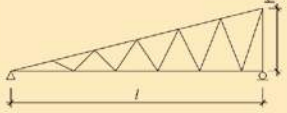
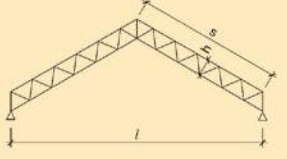
Trägerform	Statisches System	Üblicher Binderabstand e ~ in m				
		Nagelbrett-binder	Kantholz-binder	Nagel-platten-binder	Binder mit eingeschlitzten Knotenblechen	
Parallelträger für Pult- und Flachdächer		$l \sim$ in m	5-20	5-25	5-20 (30)	10-35
		$h \geq$	$\frac{l}{10}$	$\frac{l}{9}$	$\frac{l}{10}$	$\frac{l}{12}$
Trapezträger für flach geneigte Satteldächer		$l \sim$ in m	5-20	5-25	5-20 (30)	10-35 (50)
		$h \geq$	$\frac{l}{15}$	$\frac{l}{14}$	$\frac{l}{15}$	$\frac{l}{15}$
Dreieckträger für Satteldächer		$l \sim$ in m	5-20	5-25	5-20	10-25
		$h \geq$	$\frac{l}{8}$	$\frac{l}{7}$	$\frac{l}{8}$	$\frac{l}{8}$
Dreieckträger für Pultdächer		$l \sim$ in m	5-15	5-20	5-20	10-25
		$h \geq$	$\frac{l}{4}$	$\frac{l}{4}$ bis $\frac{l}{3}$	$\frac{l}{5}$	$\frac{l}{5}$
Fachwerkrahmen mit oder ohne Zugband		$l \sim$ in m		10-30		10-60
		$h \geq$		$\frac{s}{9}$		$\frac{s}{12}$

Abb. 4.5:

Typische Tragsysteme  
 Träger und Systemhöhen  
 Übliche Systemhöhen für  
 Fachwerkträger

#### **4 \_ Schadenseinflüsse bei Holz**

Holz ist ein natürlicher Baustoff und wird daher ohne Schutzmaßnahmen biologisch abgebaut. Ein Befall durch holzerstörende Pilze setzt aber eine über Monate andauernde hohe Holzfeuchte voraus, die mit einfachen konstruktiven Mitteln und in der überwiegenden Zahl der Anwendungen ohne Einsatz von vorbeugenden chemischen Holzschutzmitteln verhindert werden kann. Die Jahrhunderte alten Balken der Fachwerkgebäude belegen dies anschaulich.

Die Schädigung durch holzerstörende Insekten stellt heute ein eher nachgeordnetes Problem dar. Insbesondere die technische Holzrocknung bewirkt eine Reduzierung der für die Eiablage notwendigen Risse und scheint das Holz für holzerstörende Insekten durch Veränderung oder Verlust von Holzinhaltsstoffen unattraktiv zu machen. Eine Erfahrung der letzten Jahrzehnte ist, dass ein Befall von technisch getrockneten Hölzern in der Nutzungsklasse 1 und 2 nicht festgestellt werden konnte.

Die nach dem Einbau an Hölzern zu beobachtende und in einem gewissen Grade auch nicht vermeidbare Rissbildung stellt in der Mehrzahl der Fälle eher ein optisches Problem dar. Tiefe Risse können aber auch einen Einfluss auf die Tragfähigkeit haben. Auslöser für die Risse ist zumeist ein Feuchtegefälle zwischen Holzoberfläche und Holzkern. Hohe Oberflächenfeuchten durch Bewitterung in der Bauphase oder hohe

Luftfeuchte durch Estricharbeiten können bei einer anschließend raschen Austrocknung zur Rissbildung führen. Ursache können aber auch die lokale Behinderung der Schwindverformung oder Spaltzugbeanspruchungen sein. Risse sind also nicht völlig auszuschließen, in Größe und Umfang durch eine materialgerechte Planung und Ausführung aber zuverlässig begrenzbare.

Ein chemisch-aggressiver Angriff schädigt erfahrungsgemäß in einem pH-Bereich von 2 bis 9 das Holz und auch die heute verwendeten Klebstoffe nicht. Holzbauten sind daher bei Salzlagerhallen oder auch in Gebäuden, in denen mit scharfen Reinigungsmitteln gearbeitet wird, die erste Wahl.

Die in Gebäuden üblich auftretenden Temperaturen haben einen nur geringen Einfluss auf die Holzeigenschaften. Die in den Holzprodukten eingesetzten Klebstoffe sind für die entsprechenden Temperaturen geprüft. Der auch bei hohen Temperaturen vergleichsweise geringe Festigkeitsabfall führt zu dem gutmütigen und von den Feuerwehren geschätzten Brandverhalten von Holzkonstruktionen.



## 5 \_ Dauerhaftigkeit von Holzbauten

### 5.1 \_ Planung

Wie bei Bauwerken aus anderen Materialien wird die erreichbare Nutzungsdauer eines Gebäudes wesentlich durch die Planung beeinflusst. Die werkstoffspezifische Planung von der Wahl der Tragsysteme unter Verwendung der geeigneten Produkte, der Aussteifung des Gebäudes und der Detaillierung sind der Schlüssel für ein dauerhaftes Gebäude. Häufig sind es die in der Planungsphase mit einfachen Mitteln vermeidbaren Fehler wie die Anordnung großvolumiger ungeschützter Bauteile in bewitterten Bereichen, ungewollte Absperreffekte durch nicht fachgerechte Anschlüsse oder unbewehrte Durchbrüche und Ausklinkungen, die später zu aufwändigen Sanierungen führen.

Wie überall im Bauwesen ist der Bauphysik besondere Beachtung zu schenken. Fehlplanungen in diesem Bereich lassen sich nachträglich nur mit hohem Aufwand sanieren. Tauwasserprobleme in Flachdächern oder im Bereich von Fassadendurchdringungen umgeht der erfahrene Holzbauplaner mit bewährten Konstruktionen.

Auch die Gewerkekoordination hat für den Holzbau einen hohen Stellenwert. Die für die Dauerhaftigkeit großen Vorteile eines hohen Vorfertigungsgrades lassen sich nur dann voll ausschöpfen, wenn die Planung der Gewerke koordiniert und zu Beginn der Fertigung abgeschlossen ist.

### 5.2 \_ Bauprodukte und Ausführungsqualität

Der Holzbau stellt qualitativ hochwertige und zuverlässige Produkte zur Verfügung. Für zahlreiche Produkte bieten Hersteller- und Qualitätsgemeinschaften Baustoffqualitäten an, die über die Mindestanforderungen der Bauaufsicht deutlich hinausgehen. Die deutschen Holzbauer verfügen über ein sehr hohes Ausbildungsniveau. Auf besondere Bauaufgaben spezialisierte Hersteller haben sich in Qualitäts- und Gütegemeinschaften zusammengeschlossen.

Auch im öffentlichen Bereich ist bei der Vergabe auf die Vergleichbarkeit der Leistungen zu achten. Wie bei anderen Baustoffen ist es nicht immer von Vorteil das niedrigste Angebot zu wählen, wenn man dies mit mangelnder Qualität erkauft.

Voraussetzung für eine gute Ausführung ist eine geprüfte Ausführungsplanung, die Grundlage für Werkplaner und die Arbeitsvorbereitung ist. Ein nachträgliches Anpassen der Planung provoziert Ausführungsfehler. Änderungen auf der Baustelle können besonders im Bereich von Abdichtungen zu gravierenden bauphysikalischen Auswirkungen führen.

Viele Schäden lassen sich auch verhindern, indem geeignete Maßnahmen zum Witterungsschutz von Bauteilen während Transport, Lagerung, Montage bis zum Schließen der Gebäudehülle bei der Arbeitsvorbereitung vorgesehen werden.

#### Abb. 4.6:

Hallenbad Minden

Entwurf:

Randall Stout, Santa Monica

Generalplaner:

Paul Niederberghaus + Partner,  
Ibbenbüren

Mehrere Schwimmbecken werden von einhüftigen Rahmen mit Spannweiten bis zu 37 m überdeckt.

Die gebogenen bis zu 1,80 m hohen Riegel bestehen aus BS-Holz der Festigkeitsklasse BS 14.



### 5.3 \_ Einfluss der Nutzung

Die „richtige“ Nutzung beginnt bereits mit dem Ende der Bauzeit. So treten in vielen Gebäuden während der Bauzeit hohe Bauwerksfeuchten auf, die die Holzbauteile oberflächlich auffeuchten. Ein schonendes Aufheizen zu Beginn der Nutzung führt zu einem geringeren Feuchtegefälle in den Bauteilen und damit zu einer geringeren Gefahr der Rissbildung.

Bei Änderungen an der Gebäudestruktur – sei es durch geänderte Bauteilaufbauten oder das Anbringen nachträglicher Öffnungen – ist der Tragwerksplaner zu befragen. Der Umstand, dass sich solche Änderungen in Holzbauten einfacher ausführen lassen, sollte nicht zu der Annahme führen, ein statischer Nachweis sei nicht notwendig.

Nicht sachgerecht ausgeführte nachträgliche Durchbrüche oder Durchführungen in den Außenwänden beheizter Gebäude können zudem zu ungewünschten Tauwasserproblemen führen. Einige bauliche Änderungen, aber auch Nutzungsänderungen, haben Auswirkungen auf die Feuchte der Holzbauteile. Das nachträgliche Schließen ursprünglich offener Gebäude oder auch Änderungen an Heizungen und Lüftungsanlagen sollten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Bauteilfeuchten geprüft werden.

### 6 \_ Überprüfung

Jeder Eigner kann mit einfachen Mitteln regelmäßig den Zustand seines Gebäudes überprüfen (lassen). Für komplexere Bauwerke oder Bauwerke mit höheren Anforderungen an die Sicherheit ist eine regelmäßige Überprüfung durch externe Tragwerksplaner sinnvoll. Entsprechende Empfehlungen und Vorschriften werden derzeit diskutiert.

Die nachfolgenden Aspekte für eine Prüfung der Standsicherheit des Hallenzustandes durch den Nutzer sind natürlich für jedes Bauwerk individuell zu ergänzen. Es wird davon ausgegangen, dass die Überprüfung durch Tragwerksplaner durchgeführt wird, die das Gebäude kennen oder über Holzbauerfahrung verfügen. Grundsätzlich sollten aussagekräftige Unterlagen wie statische Berechnungen und Ausführungspläne vorliegen, da anhand dieser neuralgische Punkte der Konstruktion sowie bei der Inaugenscheinnahme Abweichungen von der Ausführungsplanung oder spätere Änderungen erkannt werden können.

Bei einer Begutachtung des Bauwerkes sollten neben den bereits oben genannten Punkten Klimadaten, Bauteilfeuchten oder Oberflächentemperaturen ermittelt werden, die einen Rückschluss auf klimatische Materialbeanspruchungen erlauben. Vor Ort sind auch Verformungen zu ermitteln. Gerade bei abgehängten Decken lassen sich Bauteilbrüche häufig erst durch eine solche Verformungsmessung ermitteln.

Eine Bauwerksbegehung sollte immer auch eine Betrachtung der Gebäudehülle einschließen. Verstopfte Dachgullys mit einer anschließenden Überbeanspruchung der Konstruktion durch Wassersackbildungen und Bauteildurchfeuchtungen durch Leckagen der Gebäudehülle gehören zu den häufiger anzutreffenden und zugleich sehr einfach zu vermeidenden Schadensursachen. Bei Bauteilen im Freien ist die Oberflächenbehandlung und die Funktionsfähigkeit von hinterlüfteten Abdeckungen zu überprüfen.

Im Gebäudeinneren ist auf Anzeichen einer Durchfeuchtung zu achten – sie kann aufgrund von Undichtheiten der Gebäudehülle oder Tauwasserbildung durch Konvektion oder Diffusion durch Außenbauteile auftreten.

Die wesentlichen Bauteile sollten durch eine handnahe Prüfung auf vorhandene Risse untersucht und die Tiefe der Risse mittels einer Fühlerlehre ermittelt werden. Besonderes Augenmerk ist auf Risse in den Auflagerbereichen oder in auf Querkzug beanspruchten Bereichen zu richten. Bei Verdacht auf einen Befall mit Holz zerstörenden Pilzen ist die Holzfeuchte zu messen. Alle stählernen Verbindungsmittel und Stahlbauteile der wesentlichen Anschlüsse sollten auf Korrosionserscheinungen überprüft werden.

Weitere Hinweise können einem Leitfaden für eine erste Bauwerksprüfung der Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V., Wuppertal, entnommen werden.

## 7 \_ Ertüchtigung

Sind im Zuge einer Umnutzung Verstärkungen erforderlich oder Schäden an Bauwerken zu beseitigen, so stehen hierfür zahlreiche erprobte Sanierungsmethoden sowie erfahrene Ausführungsfirmen zur Verfügung. Alle Maßnahmen sind im Holzbau besonders einfach zu realisieren. Es existieren Verfahren zum Verkleben größerer Risse, zum nachträglichen Einbau von Querkzugicherungen (z.B. für nachträgliche Durchbrüche) oder zur Erhöhung der Tragfähigkeit durch das nachträgliche Aufkleben von Zugverstärkungen.

Jeder Ertüchtigungsmaßnahme sollte eine qualifizierte Beurteilung des Bauwerkes und eine sachgerechte Planung der Sanierungsmaßnahmen durch einen Holzbauspezialisten vorausgehen. Der Fachmann kann auch sicherstellen, dass die ausführende Firma die bauaufsichtlichen Anforderungen für die jeweilige Sanierungs- oder Ertüchtigungsaufgabe erfüllt und über die entsprechenden Erfahrungen verfügt.

## 5\_Planung für den Ernstfall: Brandschutz

Dirk Kruse und

Michael Dehne

Dehne, Kruse

Brandschutzingenieure

GmbH & Co. KG,

Gifhorn

### Brandschutzaspekte bei kommunalen

#### Bauten

Es ist sicherlich unstrittig, dass nachhaltige Konzepte bei der Erstellung und Bewirtschaftung von Gebäuden vor dem Hintergrund eines kaum gezügelten Ressourcenverbrauchs und der Klimadiskussion im Fokus stehen müssen. Die moderne Holzbauweise gewinnt aufgrund der positiven Eigenschaften des heimischen, nachwachsenden Baustoffs Holz immer weiter an Bedeutung.

Allerdings bewerten die Bauordnungen der Länder mit Ausnahme des Bundeslandes Baden-Württemberg die Holzbauweise hinsichtlich des Brandschutzes in der Regel kritischer als die Massivbauweisen (Mauerwerks- und Stahlbetonbau) oder die Leichtbauweisen mit tragenden Bauteilen aus Stahl und zusätzlichen Brandschutzbekleidungen. Durch die Anforderung „feuerbeständig“ für die tragenden und aussteifenden Bauteile in Gebäuden mit mehr als drei Vollgeschossen wie die Landesbauordnungen bis 2002 nahezu ausnahmslos forderten, schloss das deutsche Baurecht in Verbindung mit der Bauordnungsverordnung und DIN 4102-2 Holzkonstruktionen de facto aus, da bei feuerbeständiger Bauweise tragende Konstruktionen in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Bauteilen bestehen müssen. Die gesetzlichen Vorgaben ließen mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise nur dann ohne besondere Anforderungen zu, wenn es sich um Gebäude geringer Höhe handelte, das heißt der Fußboden keines Geschosses mit Aufent-

haltsräumen mehr als 7 m über der Geländeoberfläche lag. Auch in der Vergangenheit nahm das Bundesland Baden-Württemberg hier eine Sonderstellung ein, da brennbare Konstruktionen mit einem Feuerwiderstand von 90 Minuten zugelassen waren, sofern eine Übertragung von Feuer und Rauch konstruktiv ausgeschlossen werden konnte.

Prinzipiell war es auch vor 2002 bereits möglich, höhere Gebäude in Holzbauweise zu errichten. Dies war aber nur über Ausnahmen von den restriktiven Anforderungen der damals gültigen Bauordnungen möglich. Im Einzelfall war nachzuweisen, dass kein erhöhtes Brandrisiko bestand oder das Risiko durch andere Maßnahmen kompensiert wurde. Die Genehmigung war somit abhängig von vielen Randbedingungen, so dass eine Planungssicherheit im Vorfeld häufig nicht gegeben war.

Um die vielfältigen Bedenken gegen die Holzbauweise (verzögertes Tragwerksversagen, Durchbrand, Rauchdichtigkeit usw.) auszuräumen, wurden diese Aspekte in einer Reihe von Forschungsprojekten in den 1990er Jahren gezielt untersucht [1, 2]. Dabei wurde nachgewiesen, dass das hohe brandschutztechnische Sicherheitsniveau auch bei mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise aufrecht zu erhalten ist, wenn geeignete konstruktive Maßnahmen ergriffen werden.

Auf der Grundlage dieser Forschungsprojekte wurde 2004 die Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – M-HFHolzR kurz: Muster-Holzbaurichtlinie [3] in den DIBt-Mitteilungen veröffentlicht. Die in dieser Richtlinie zusammengestellten Anforderungen beziehen sich auf

- die Baustoffe wie Holz, Bekleidungen, Dämmstoffe, Folien,
- die Wand- und Deckenbauteile, Stützen und Träger einschließlich ihrer Anschlüsse,
- die Öffnungen für Einbauten und
- die Art der Installationsführung.

Die Richtlinie regelt außerdem die Überwachung der Herstellung und der Ausführung der Bauteile.

Die jeweilige Landesbauordnung (LBO) deckt übliche Wohn- und Bürobauten sowie landwirtschaftliche Gebäude ab, die nicht als Gebäude besonderer Art oder Nutzung eingestuft werden.

Für Sonderbauten (Verkaufsstätten, Versammlungsstätten, Krankenhäuser, Industriebauten oder Beherbergungsstätten) existieren über die LBO hinaus besondere Rechtsvorschriften, die einerseits Erleichterungen, andererseits aber auch erhöhte Anforderungen enthalten. An dieser Stelle kann nicht auf alle Sonderbauverordnungen und ihre Berücksichtigung des Holzbaus eingegangen werden. Als Beispiel sei genannt, dass Hotels gemäß Muster-Beherbergungsstätt-

tenverordnung ab einer bestimmten Anzahl von Gastbetten nur mit bis zu zwei Vollgeschossen in Holzbauweise zulässig sind. Bei mehr als zwei Vollgeschossen muss die Tragkonstruktion feuerbeständig (F 90-AB) hergestellt werden, das heißt sie muss in wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen, so dass die Holzbauweise definitionsgemäß ausscheidet. Es besteht jedoch die Möglichkeit, über ein ganzheitliches Brandschutzkonzept den Nachweis zu erbringen, dass die bauaufsichtlichen Schutzziele trotz der Abweichung von der jeweiligen Rechtsvorschrift erfüllt werden.

Aus der Vielzahl der errichteten mehrgeschossigen Holzgebäude in den letzten zehn Jahren ist eine große Akzeptanz einerseits der Holzbauweise und andererseits der brandschutztechnischen Grundlagen zu erkennen. Hierbei handelt es sich allerdings überwiegend um private Investoren. Die kommunalen Bauträger stehen zumindest in Wahrnehmung der Autoren hier noch zurück und beschränken sich eher auf Gebäude bis zur Gebäudeklasse 3 (z.B. Kindergärten). Dass dies nicht so sein muss, soll an dem folgenden Beispiel eines viergeschossigen Schulneubaus in Luxemburg gezeigt werden.

**Abb. 5.1:**  
Baukörper  
Architekten:  
Fabeck Architectes,  
Luxemburg

### Lycée Technique pour Professions de Santé, Ettelbruck (L)

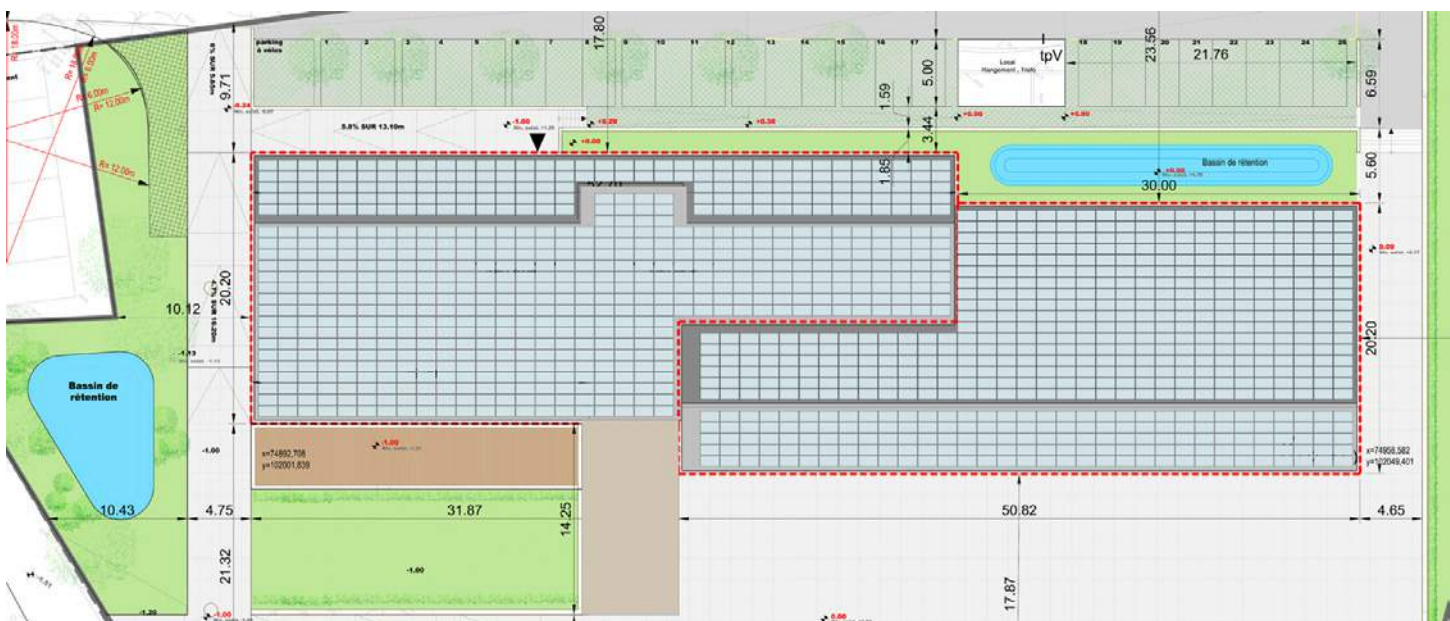
Im Auftrag der Administration des Bâtiments Publics wurde durch ein Planerteam unter der Federführung des Architekturbüros Fabeck Architectes in enger Zusammenarbeit mit Dae-dalus Engineering und Betic ein viergeschossiges Schulgebäude entwickelt. Ein besonderer Fokus wurde dabei auf die Nachhaltigkeit gelegt. Im Mittelpunkt stand neben den Aspekten der Energieeinsparung insbesondere die graue Energie, also die für die Herstellung, den Transport, die Lagerung, den Verkauf und die Entsorgung eines Produktes notwendige Energie. Die Verwendung mineralischer Produkte sollte daher soweit als möglich eingeschränkt und die Verwendung von Holz und Holzwerkstoffen soweit als möglich gefördert werden. Im Ergebnis wurde ein Plusenergiegebäude mit Zertifizierung entwickelt.

Der Baukörper weist die maximalen Abmessungen von ca. 82 m x 20 m bzw. 23 m auf. Die Fußbodenhöhe des obersten Geschosses liegt bei ca. 12 m über dem Geländeniveau.

Das Gebäude wird in Holzständer- bzw. Holzrahmenbauweise errichtet mit Geschossdecken aus Holzdecken mit Stegelementen. Diese bestehen aus einem Ober- und Untergurt aus Schnittholz sowie Stegen aus Sperrholz oder OSB (Großspanplatten).

Photovoltaikmodule bilden die Bedachung. Sie erfüllen die Anforderung einer harten Bedachung. Die Wände der notwendigen Trepperräume und der Aufzugsschacht werden in Massivbauweise errichtet.

Nach Luxemburger Baurecht handelt es sich um ein öffentliches Gebäude, das in den Geltungsbereich des Amtsblatts des Großherzogtum



Luxemburg, Nr. 69 „Sicherheit im öffentlichen Dienst“ fällt. Aufgrund der geplanten Holzkonstruktion kann das Amtsblatt allerdings nicht angesetzt werden, da dieses von einer Massivbauweise ausgeht. Auf Basis dieser Rechtslage wäre es nicht möglich, das Gebäude in Holzbauweise zu realisieren.

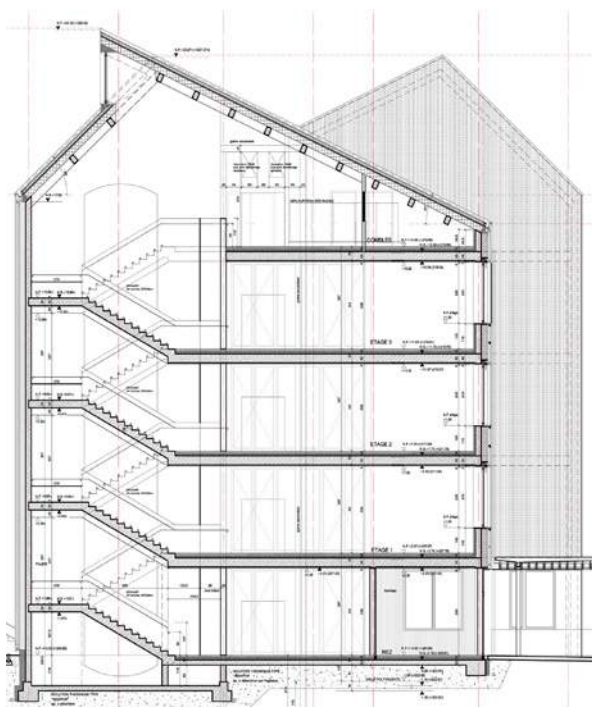
In Abstimmung mit den Luxemburger Behörden wurde daher beschlossen, ein schutzzielorientiertes Brandschutzkonzept zu erarbeiten und als Beurteilungsgrundlage die deutsche Musterbauordnung (MBO) orientierend mit heranzuziehen. Die Entwicklung eines Brandschutzkonzepts bzw. Brandschutznachweises ist in Deutschland im Bereich der Sonderbauten ohnehin zwingend vorgeschrieben. Diese setzen sich aber auch im Bereich der Landesbauordnung in den Gebäudeklassen 4 und 5 zunehmend durch.

Hintergrund sind die immer komplexeren und größeren Dimensionen heutiger Bauwerke verbunden mit Abweichungen von den Anforderungen der Landesbauordnungen sowie ergänzender Musterrichtlinien und Verordnungen.

Nach deutschem Baurecht handelt es sich bei dem geplanten Gebäudekomplex um eine bauliche Anlage besonderer Art oder Nutzung nach § 2 Abs (4) MBauO (Schulbau). Das Gebäude weist eine Fußbodenhöhe des obersten Geschosses mit Aufenthaltsräumen (FOK) von mehr als 7,0 m und weniger als 13 m auf. Da die Nutzeneinheiten, definiert als die Gebäudeabschnitte einer Nutzung zwischen Trennwänden bzw. Brandwänden, größer als 400 m<sup>2</sup> sind, ist das Gebäude in die Gebäudeklasse 5 einzustufen.

**Abb. 5.2:**  
Schnitt durch das Gebäude  
Architekten:  
Fabek Architectes,  
Luxemburg

**Abb. 5.3:**  
Zuordnung des Gebäudes  
zu einer Gebäudeklasse



GK 1a	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
freistehende Gebäude OKF ≤ 7 m ≤ 2 Nutzungseinh. Σ NE ≤ 400 m <sup>2</sup>	nicht freistehende Gebäude OKF ≤ 7 m ≤ 2 Nutzungseinh. Σ NE ≤ 400 m <sup>2</sup>	sonstige Gebäude mit einer OKF ≤ 7 m	OKF ≤ 13 m Nutzungseinh. mit jeweils ≤ 400 m <sup>2</sup>	sonstige Gebäude mit Ausnahme von Sonderbauten OKF ≤ 22 m
GK 1b freistehende Gebäude land- und forstwirtschaftl. genutzt				
Feuerwehreinsatz mit Steckleiter möglich			Feuerwehreinsatz mit Drehleiter nötig	

Zur Umsetzung der allgemeinen Schutzziele,

- der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorzubeugen,
  - die Flucht und Rettung der Nutzer zu gewährleisten und
  - wirksame Löscharbeiten zu ermöglichen,
- müssen die brandschutztechnischen Maßnahmen unter Berücksichtigung der Nutzung, des Brandrisikos und des zu erwartenden Schadensmaßes in sich schlüssig sein und nachvollziehbar dargestellt werden.

Es ist von hoher Bedeutung, dass die einzelnen Brandschutzmaßnahmen aufeinander abgestimmt werden, um ein Ergebnis zu erzielen, dass sowohl hinsichtlich des Personen- und Sachschutzes als auch bezüglich der Wirtschaftlichkeit des Gesamtobjektes optimal ist.

Die Umsetzung dieser Vorgaben wird im Weiteren beispielhaft erläutert. Das Gesamtkonzept kann an dieser Stelle nur auszugsweise wiedergegeben werden.

Abweichungen zur MBO bestehen im vorliegenden Fall in der Reduzierung der Feuerwiderstandsklasse von feuerbeständig (F 90-A gemäß DIN 4102) auf hochfeuerhemmend F 60 K230. Weiterhin ist die Ausbildung einer Holzfassade als vertikale Leistenschalung über vier Geschosse geplant.

Die sichere Flucht und Rettung der Personen wird im vorliegenden Fall mit einer schnellen Branddetektierung und hausinterne Alarmierung im Brandfall gewährleistet (flächendeckende automatische Brandmeldeanlage in Anlehnung an DIN 14675, EN 54 und DIN VDE 0833-2 mit Aufschaltung zur Feuerwehr und akustische Alarmierungsanlagen in Form von Hupen in

jedem Geschoss).

In dem Gebäude werden kurze Flucht- und Rettungswege realisiert. In weniger als 30 m Entfernung ist ein notwendiger Treppenraum erreichbar. Der Treppenraum selbst wird in Massivbauweise errichtet, so dass hier ein Bereich von erhöhter Sicherheit besteht. Das Treppenhaus stellt gleichzeitig auch einen sicheren Bereich für den Feuerwehrangriff dar.

Die Tragkonstruktion ist entsprechend den Anforderungen der MBO der Feuerwiderstandsklasse F 60 zuzuordnen. Die Kapselung der tragenden, aussteifenden und/oder raumabschließenden Holzbauteile wird mit Ausnahme der singulären Stützen im Erdgeschoss in der Kapselklasse K230 nach DIN EN 13501 hergestellt. Eine weitere Ausnahme besteht in der Untersicht der Decken, die ebenfalls ungekapselt ausgeführt werden sollen. Alle gekapselten Bauteile sind für mindestens 30 Minuten einer massiven Bauweise gleichwertig, da sich die Konstruktion für mindestens diesen Zeitraum nicht am Brand beteiligt. Aufgrund der Brandmeldealarmanlage ist davon auszugehen, dass die Evakuierung des Gebäudes mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit vor der 30. Minute abgeschlossen sein wird. Die Evakuierung dürfte nach vorliegenden Erfahrungen der Autoren aus Räumungsübungen innerhalb von maximal ca. 10 Minuten abgeschlossen sein.

Für die Feuerwehr werden ausreichende Bedingungen für wirkungsvolle Rettungs- und Löscharbeiten geschaffen:

- Die Wände der notwendigen Treppenräume werden in F 90-BA-Qualität und mit der nach MBO geforderten mechanischen Stabilität hergestellt (Kriterium M, das heißt widerstandsfähig gegen zusätzliche mechani-



sche Beanspruchung in Form einer Stoßarbeit von 3000 Nm bei der Brandprüfung nach DIN 4102-3).

- Durch die flächendeckende automatische Brandmeldeanlage erhält die im Regelfall frühzeitiger alarmierte Feuerwehr einen Zeitvorsprung und findet mit hoher Wahrscheinlichkeit noch ein beherrschbares Szenario vor.
- Für einen schnellen Innenangriff werden in beiden Treppenträumen trockene Steigleitungen vorgesehen.

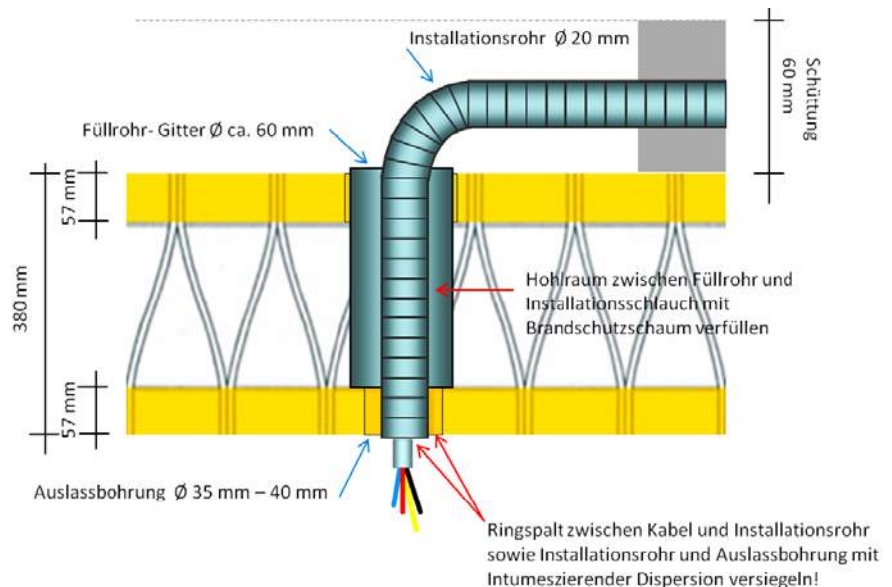
### Einzelaspekte und Detaillösungen

Die Geschosdecken werden als Holzkonstruktion in der Feuerwiderstandsklasse F 60-BA ausgeführt. Unterseitig soll auf eine Brandschutzbekleidung verzichtet werden. Oberseitig wird ein Estrich entsprechend den Anforderungen gemäß Ziffer 3.3.3 der M-HFHolzR ausgeführt. Die Anforderung wird erfüllt bei Verwendung eines auf mindestens 20 mm dicken, nichtbrennbaren Dämmstoffen verlegten, mindestens 30 mm dicken schwimmenden Estrich aus nichtbrennbaren Baustoffen oder mehrlagigen Trockenestrichelementen aus insgesamt mindestens 25 mm dicken, nichtbrennbaren Gipskarton- oder Gipsfaserplatten, wenn umlaufend Bandstreifen aus nichtbrennbaren Baustoffen verwendet werden.

Innerhalb der Deckenelemente dürfen keine Elektroleitungen geführt werden, um keine Zündquellen innerhalb der Konstruktion zu haben. Neben dem allgemeinen Risiko von Hohlräumbränden spricht auch die Konstruktion der Holzdecken mit den Stegelementen dagegen. Aufgrund des vergleichsweise dünnen, inneren Tragwerks aus Sperrholz bestünde ansonsten die Gefahr eines vorzeitigen und plötzlichen Tragfähigkeitsverlustes. Da die Zuleitungen für

die Beleuchtungskörper von oben durch die Holzdecken geführt werden sollten, waren hier Sonderlösungen auszuarbeiten. Einzeleleitungen sind in einem nichtbrennbaren Hüllrohr (z.B. Stapa-Rohr), Mehrfachleitungen (bis zu 3 Leitungen) sind gemäß der folgenden Skizze durch die Decken zu führen.

**Abb. 5.4:**  
 Prinzipielle Ausführung einer Durchführung für bis zu 3 Elektrokabel durch die geplante Holzdecke



Für die haustechnischen Installationen wurden Durchdringungspunkte durch die Decke definiert. Die prinzipielle Ausführung ist in Abb. 5.5 dargestellt.

Die Fassade ist als vertikale, offene Leistenschalung geplant. Aufgrund der Verwendung der brennbaren Fassadenoberfläche in Verbindung mit der Holzbauweise wurde folgender, prinzipieller Aufbau entwickelt. Der eigentliche tragende Rahmen erhält allseitig eine brandschutztechnische Bekleidung K230 (z.B. 1 x 18 mm GKF). In der Fläche wird raumseitig eine nichtbrenn-

bare Bekleidung der Klasse A2 (Lehmbauplatte 22 mm) vorgesehen (vgl. Bild 5.7).

Neuere Brandversuche mit Lehmbauplatten zeigen ein gutes Brandverhalten. Es kommt zu keinem frühzeitigen Versagen der Platten. Das Verhalten ist vergleichbar einer zementgebundenen Spanplatte der Qualität A2.

Außenseitig wird eine 18 mm dicke mineralisch gebundene Holzwolleplatte gemäß DIN EN 13168 mindestens der Baustoffklasse B1 eingesetzt, um eine rasche Brandausbreitung im Hinterlüftungsspalt zu erschweren.

Da Fassadenbrände für die Feuerwehr ein schwer zu beherrschendes Szenario darstellen, sind zusätzliche Vorkehrungen zu treffen. Es wird daher eine halbstationäre Löschanlage vorgesehen. Dazu wird auf der Fassade in Längsrichtung im Bereich der Traufe eine Sprinklerleitung eingebaut. Die Sprinklerleitung wurde analog einer Sprühwasserlöschanlage bei Theatern (Schutz des eisernen Vorhanges) mit offenem Sprinkler geplant. Die Wasserversorgung wird durch die an die Steigleitungen angekoppelte Fahrzeugpumpe des Feuerwehrfahrzeuges hergestellt. Durch diese Fassadenlöschanlage kann die Feuerwehr einen Fassadenbrand beherrschen.

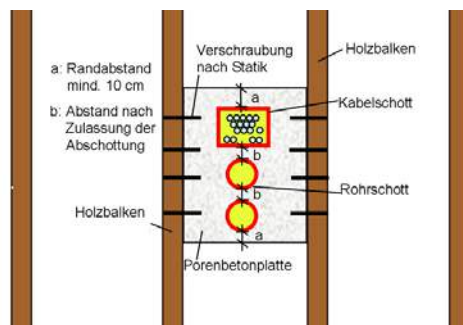
**Fazit**

Theoretische und experimentelle Untersuchungen [1] [2] haben belegt, dass sich das brandschutztechnische Sicherheitsniveau auch im mehrgeschossigen Holzbau grundsätzlich aufrechterhalten lässt. Anhand der geplanten Schule in Plusenergiebauweise ist beispielhaft nachzuvollziehen, wie das erforderliche Sicherheitsniveau auch bei kommunalen Sonderbauten aufrecht zu erhalten ist.

**Abb. 5.5:**  
 Prinzipielle Ausführung der geschossübergreifenden Installationsführung



**Abb. 5.6:**  
 Fassadenausführung  
 Architekten:  
 Fabeck Architectes,  
 Luxemburg



## Literatur

[1] Hosser, D.; Dehne, M.; Zehfuß, J.: Theoretische und experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandschutz bei mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise; Forschungsauftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung unter Beteiligung des iBMB/MPA der TU Braunschweig sowie der VHT Heusenstamm; Stufe 2: Experimentelle Grundlagenuntersuchungen; Abschlussbericht Juli 2000

[2] Hosser, D.; Wesche, J.; Dehne, M.; Becker, K.; Tichelmann, K.: Theoretische und experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandschutz bei mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise; Forschungsauftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung unter Beteiligung des iBMB/MPA der TU Braunschweig sowie der VHT Heusenstamm; Stufe 3: Abschlussbericht; März 2001

[3] Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (Muster-Holzbaurichtlinie – M-HFH HolzR), Fassung Juli 2004

**Abb. 5.7:**  
Prinzipieller Aufbau  
Außenwand  
Architekten:  
Fabeck Architectes,  
Luxemburg



## 6\_ Zukunftsfaktor Gebäudeenergie (1)

### Entwicklung, Stand und Zukunft im Holzbau

**Dipl.-Ing. Daniel Kehl**  
 Büro für Holzbau  
 und Bauphysik, Leipzig

Wohngebäude in Holztafel- bzw. Holzrahmenbauweise haben sich seit der Nachkriegszeit konstruktiv erheblich verändert und weiterentwickelt. Die Konstruktionen der vergangenen 30 Jahre sind mit früheren Aufbauten kaum mehr zu vergleichen. Sie zeigen, dass derzeitige Wohngebäude aus Holz den aktuellen und zukünftigen Anforderungen in jeder Hinsicht gerecht werden. Die dargestellten Entwicklungen des Wärme- und Feuchteschutzes im Holzbau gelten für den Zeitraum seit 1965 (u.a. [Winter/Kehl 2001]).

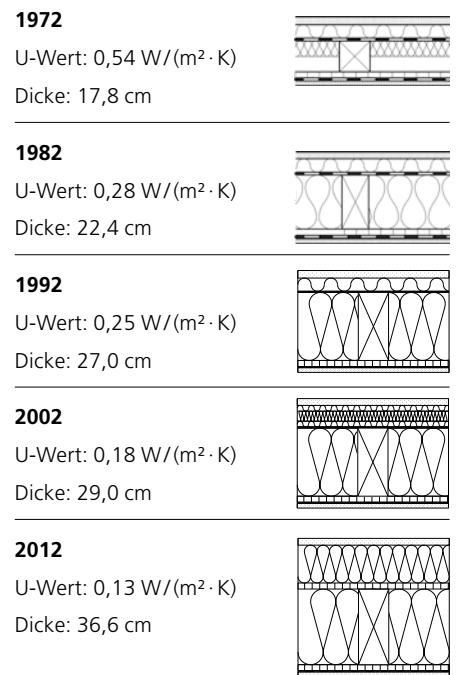
#### Entwicklung des Wärmeschutzes

Die Bedeutung des Wärmeschutzes hat im Laufe der letzten Jahrzehnte erheblich zugenommen. Vor der Energiekrise Anfang der siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts haben sich Gebäudenutzer über den Energieverbrauch wenig Gedanken gemacht. Inzwischen sind die gesetzlichen Anforderungen mehrmals angehoben worden und werden zukünftig weiter verschärft. Das Niedrigstenergie-/Passivhaus gehört gerade im Holzbau zum baulichen Standard und kann beruhigt in die Zukunft schauen. Der erhöhte Wärmeschutz erzeugt Energieeinsparung und warme Innenflächen aller Bauteile, wodurch ein behagliches Raumklima erreicht wird.

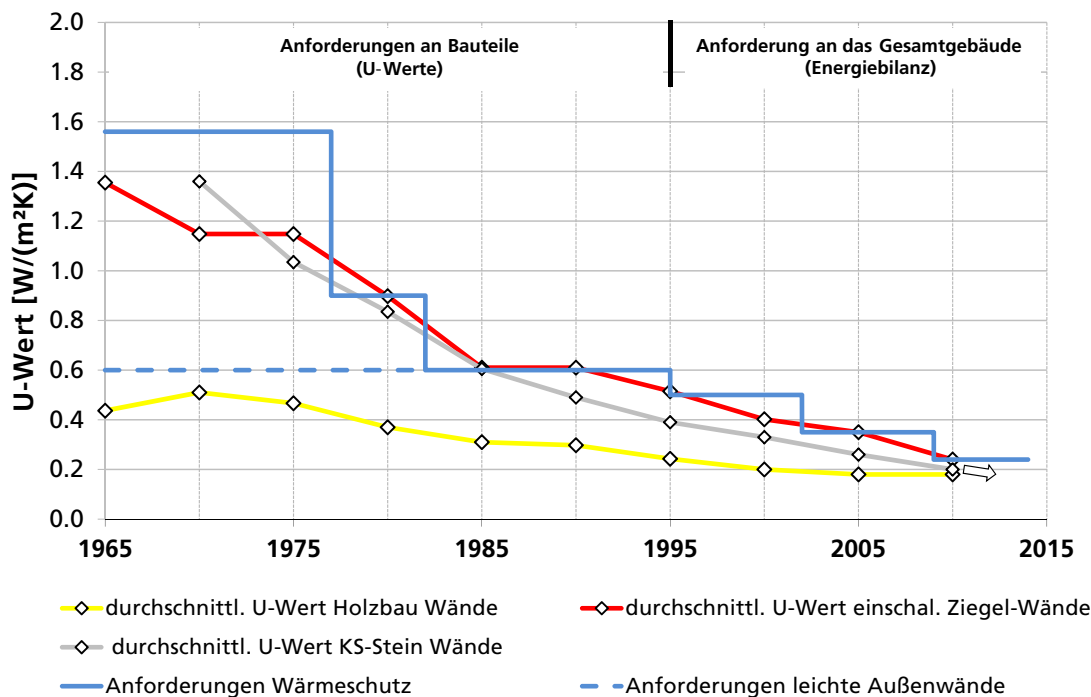
#### Winterlicher Wärmeschutz

Holzhäuser weisen seit jeher einen überdurchschnittlichen Wärmeschutz auf. Die Dämmung wird im Wesentlichen in die Ebene der tragenden Holzrahmenkonstruktion eingebracht. Dadurch entsprechen sogar ca. 20 Jahre alte Konstruktionen noch den Anforderungen an Einzelbauteile der aktuellen Energieeinsparverordnung (siehe Abb. 6.1).

**Abb. 6.1**  
 Entwicklung von Außenwänden im Holztafelbau im Laufe von 30 Jahren  
 (weitergeführt nach [Winter/Kehl 2001])



Die Entwicklung der durchschnittlichen U-Werte von Außenwänden verdeutlicht beispielhaft, dass Holzbauten die gesetzlichen Anforderungen schon immer übererfüllt haben (Abb. 6.2). Und das bei geringem Flächenverbrauch der Konstruktion: In einem Einfamilienhaus mit ca. 150 m<sup>2</sup> Wohnfläche und einem U-Wert der Außenwand von 0,18 W/(m<sup>2</sup> · K) ergibt im Vergleich zum Massivbau einen Flächengewinn von ca. 10 m<sup>2</sup> (Massivbau: 240 mm KS-Stein mit 160 mm WDVS; Holzbau: siehe Abb. 6.2, 2002).



**Abb. 6.2:** Entwicklung des Wärmeschutzes von Holzbau-, einschaligen Ziegel- und Kalksandsteinaußenwänden (weitergeführt nach [Winter/Kehl 2001])

Heute sind somit gut gedämmte Holzkonstruktionen ohne weiteres bis zum Passiv- und Plusenergiehaus möglich und daher für die Zukunft

gut gerüstet. Tab. 6.1 zeigt typische U-Werte verschiedener Holzbauteile zu den einzelnen energetischen Standards.

**Tab. 6.1:** Typische Dämmstandards im heutigen Holzrahmenbau [Borsch-Laaks 2002]

Bauteil	NE-Haus U-Wert [W/m²K]	3-Liter-Haus U-Wert [W/m²K]	Passivhaus U-Wert [W/m²K]
Dach	0,19	0,15	0,10
Außenwand	0,21	0,17	0,12
Kellerdecke	0,29	0,25	0,20
Fenster/Tür	1,40	1,00	0,80

### Sommerlicher Wärmeschutz

Neben dem winterlichen ist der sommerliche Wärmeschutz für die Behaglichkeit von Bedeutung. Dabei wird im Sommer das Komfortklima in Innenräumen von verschiedenen Randbedingungen beeinflusst. Bei Gebäuden, egal welcher Bauweise, sind die entscheidenden drei Faktoren:

- die Fenstergröße mit der dazugehörigen (außenliegenden) Verschattung inkl. deren Nutzung (solare Wärmegewinne),
- das Lüftungsverhalten der Nutzer und
- die Wärmespeicherkapazität des Raumes durch die angrenzenden Flächen.

Bei Bürobauten sind noch interne Wärmelasten (Wärmeabgabe durch Computer, Personen etc.)

zu beachten. Andere Faktoren sind bei heutigen Dämmstandards nur noch von untergeordneter Bedeutung. Bei normalem Nutzerverhalten zeigen Holzbauten mit üblichen Fensterflächenanteilen ein komfortables sommerliches Raumklima. Dies zeigen Messungen in Holzrahmenbauten in der Schweiz [BFE 2009], Gebäudesimulationen [BFE 2012] wie auch Bewohnererfahrungen [Bayern 2001]. In der Befragung bekommen Holzgebäude bei der Behaglichkeit durchweg gute Noten.

Im Holzbau werden je nach Bauteilkombination eine leichte bis mittelschwere Bauart nach [DIN 4108-2: 2013] (siehe Infokasten) erreicht. Die mittelschwere Bauweise erlangt man bei normalen Raumgrößen in der Regel, wenn ein Zementestrich eingebaut wird (Tab. 6.2).

### Klassifizierung der Bauart nach DIN 4108-2: 2013

Zum Vergleich des ermittelten Speichervermögens unseres Referenzgebäudes sei an dieser Stelle die Einstufung der Norm zum vereinfachten sommerlichen Wärmeschutznachweis in Deutschland dokumentiert.

Leichte Bauart:  $C_{\text{wir}} / A_G < 50 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$

Mittelschwere Bauart:  $50 (\text{K} \cdot \text{m}^2) \leq C_{\text{wir}} / A_G \leq 130 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$

Schwere Bauart:  $C_{\text{wir}} / A_G > 130 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$

$C_{\text{wir}}$  = wirksame Wärmespeicherkapazität des Raumes bzw. des Raumbereichs nach DIN EN ISO 13786 (ohne Wärmeübergangswiderstände),  $A_G$  = Nettogrundfläche

**Tab. 6.2**

Wärmespeicherkapazität von Einzelbauteilen und die wohnflächenbezogene Wärmespeicherkapazität eines Referenzgebäudes (Abb. 6.3) in verschiedenen Bauarten [Kehl/Borsch-Laaks 2014]

	Außenwand	Innenwand	Dach	Fußboden	Rohdecke	Wohnflächen- bezogene Wärmespeicher- kapazität $C_{\text{Geb}}$ Referenz- gebäude	Einteilung nach DIN 4108-2: 2013					
	Wh/m <sup>2</sup> K	Wh/m <sup>2</sup> K	Wh/m <sup>2</sup> K	Wh/m <sup>2</sup> K	Wh/m <sup>2</sup> K							
Anteil Bauteilfläche (Referenzgebäude)												
						Wh/m <sup>2</sup> K						
						24%	26%	13%	25%	12%		
Holzbau	Holzrahmenbau einfache Beplankung (alle Bauteile) Holzfußboden	7,5	6,6	5,9	7,6	7,5	29	leichte Bauart				
	Holzrahmenbau einfache Beplankung 50 mm Zementestrich	7,5	6,6	5,9	32,2	7,5	53	mittelschwere Bauart				
	Holzmassivbau Holzmassiv (alle Bauteile) 50 mm Zementestrich	12,6	12,9	10,6	32,2	11,0	69	mittelschwere Bauart				
Hybrid	Holzrahmenbau Außenwände KS-Stein-Innenwände Betondecke / Holzdach 50 mm Zementestrich	7,5	37,7	5,9	32,2	72,7	119	mittelschwere Bauart				
	Massivbau	Porenbetonwände Betondecke / Holzdach 50 mm Zementestrich	8,5	9,1	7,8	32,3	72,7	90	mittelschwere Bauart			
Vollziegelwände Betondach und -decke 50 mm Zementestrich		22,2	28,5	72,0	32,3	72,7	157	schwere Bauart				

**Wärmespeicherkapazität (Bauteil)**

gering bis 10 Wh/m<sup>2</sup> K

mittel bis 20 Wh/m<sup>2</sup> K

hoch bis 30 Wh/m<sup>2</sup> K

sehr hoch > 30 Wh/m<sup>2</sup> K

Nach den Empfehlungen des Passivhausinstitutes (PHI) sollte die Raumtemperatur von 25°C an weniger als 10 % der Jahresstunden überschritten werden. Ein sehr hoher sommerlicher Komfort ist zu erwarten, wenn die Überschrei-

tungshäufigkeit auf 5 % begrenzt wird. In diesem Fall kann man davon ausgehen, dass die Raumtemperatur auch an sehr heißen Tagen im Wohnraum kaum über 26°C steigen wird [Borsch-Laaks 2004].

Anhand eines simulierten Referenzgebäudes (Abb. 6.3) wird der Zusammenhang zwischen wohnflächenbezogenen Fensterflächenanteil, Wärmespeicherkapazität des Gebäudes und die Häufigkeit der 25°C Grenztemperatur deutlich (Abb. 6.4). Dabei wird im ersten Fall von einem normalen Lüftungsverhalten (Juli-August ca. 1,5 h<sup>-1</sup>) und einer wenig genutzten Verschattung ausgegangen, was aber nicht einem typischen Nutzerverhalten entspricht [Peper/Feist 2002].

Bei 10 % zulässiger Überschreitungshäufigkeit darf man sich beim Holzbau mit der geringsten Wärmespeicherkapazität (29 Wh/m<sup>2</sup>K – einfach beplankte Wände und Holzfußboden) knapp 30 % Fensterflächenanteil erlauben. Das sind bereits großzügige Fenster auf Süd- und Ostseite, wie das Referenzgebäude in Abbildung 6.3 mit 26 % Fensterflächenanteil verdeutlicht. Mit einem Zementestrich (Tabelle 2) statt einem Holzfußboden erhöht sich die Wärmespeicherkapazität auf bereits 53 Wh/m<sup>2</sup>K und ermöglicht einen Fensterflächenanteil von ca. 34 %.

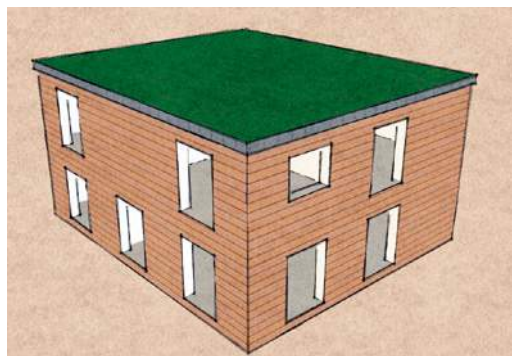
Wenn der Nutzer die außenliegende Verschattung gut nutzt, reduzieren sich die Überschreitungsstunden auf ca. die Hälfte und man kommt in einen höheren Komfortbereich bzw. kann man mehr Fensterfläche zulassen (Abbildung 6.5).

### Entwicklung des Feuchteschutzes

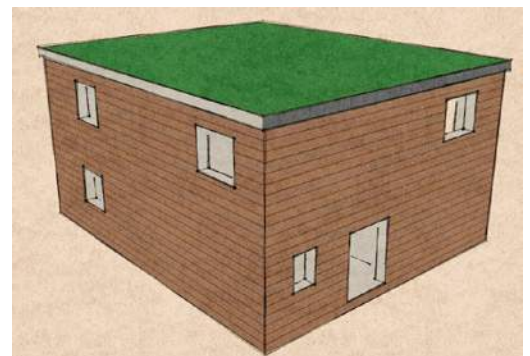
Der erforderliche Feuchteschutz umfasst im Wesentlichen den Schutz vor Niederschlagsfeuchte und vor nutzungsbedingter Feuchte. Von besonderer Bedeutung sind hier:

- Ein ausreichender Schlagregenschutz durch hinterlüftete Fassaden oder Wärmedämm-Verbundsystemen.
- Funktionale Anschlussdetails aller Leibungen und Übergänge. Die Dichtheit sollte mechanisch und nicht durch wartungsbedürftige Dichtstoffe hergestellt werden.
- Der Spritzwasserschutz in Bädern und Küchen

**Abb. 6.3:**  
Referenzgebäude mit  
einem wohnflächenbe-  
zogenen Fensterflächen-  
anteil (Gesamtgebäude)  
von 26 % [2014]



Süd-Ost Ansicht



Nord-West Ansicht



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 Rücktrocknungsvermögen
  - so diffusionsdicht wie nötig, so offen wie möglich!
- Ausreichend gedämmte Kaltwasserrohre usw.

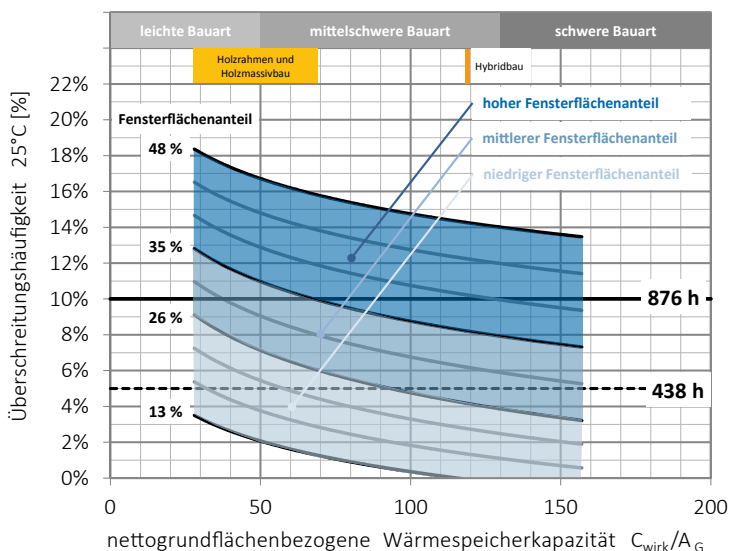
Die genannten Anforderungen werden von modernen Holzhäusern sicher erfüllt. Weiterhin ist in den letzten vier Jahrzehnten eine deutliche Erhöhung der Anwendungs- und Ausführungssicherheit festzustellen. Hinzu kommt, dass alle Holzbaubetriebe, die geschlossene Holztafelelemente fertigen, einer Eigen- und Fremdüberwachung unterliegen.

**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 Schicht wird heute aus wasserdichten, aber diffusionsoffenen Bahnen oder aus wasserabweisenden Holzwerkstoffen hergestellt. Bei kleinteiligen Fassaden (z.B. Nut- und Feder) kann teilweise auf die durchgehende Hinterlüftung verzichtet werden.

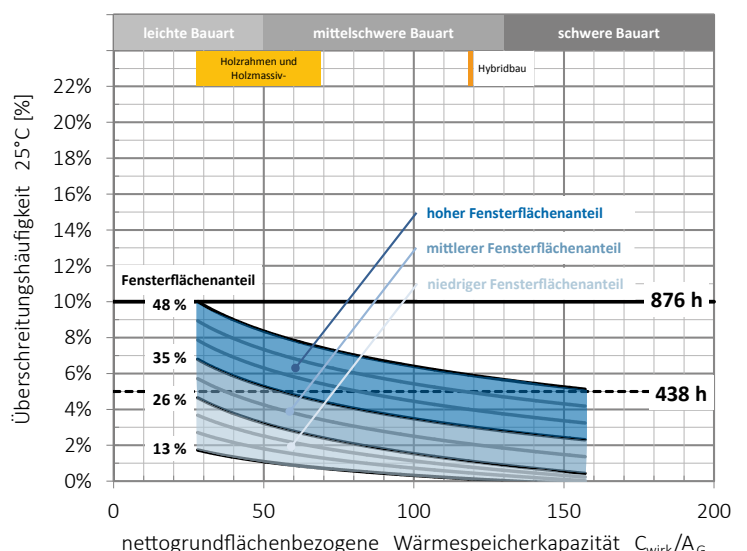
**Abb. 6.4:** Überschreitungshäufigkeit über 25° C im Referenzgebäude in Abhängigkeit von Wärmespeicherkapazität und Fensterflächenanteil bei einem durchschnittlichen Lüftungsverhalten und wenig genutzter Verschattung. Selbst bei geringer Speicherkapazität lassen sich Fensterflächenanteile von ca. 30 % erreichen. (Daten aus [BFE 2012])

**Abb. 6.5:** Wie Abbildung 6.4, nur mit gut genutzter Verschattung.

**Normallüfter – wenig genutzte Verschattung**



**Normallüfter – gut genutzte Verschattung**



**Abb. 6.6:**  
 Entwicklung der Luftdichtheit im Holztafelbau anhand von 52 Bauten [Geißler/Hauser 1996]

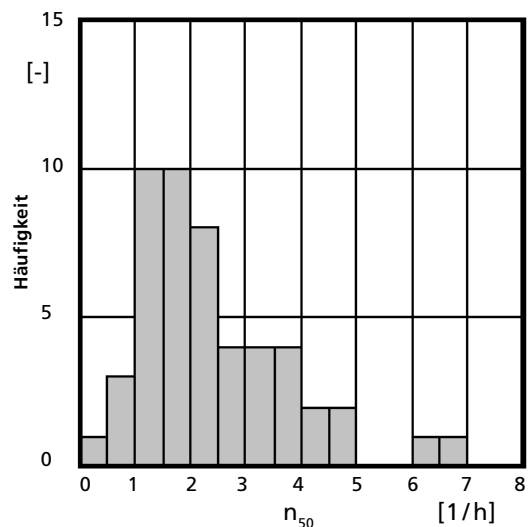
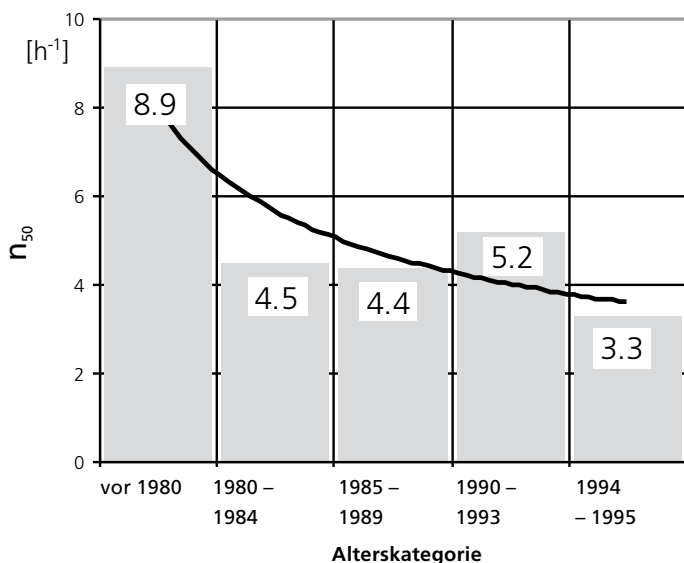
Auch Wärmedämm-Verbundsysteme und -Putze wurden technisch deutlich weiterentwickelt. So weisen viele mineralische Putze gegenüber früher verwendeten Putzsystemen eine geringere Wasseraufnahmefähigkeit und hohe Diffusionsoffenheit auf. Außerdem kann heute von einer sehr hohen Ausführungssicherheit ausgegangen werden, da sie häufig als Gesamtsystem mit entsprechenden Vorgaben zur Ausführung der Anschluss- und Eckdetails vertrieben werden.

**Abb. 6.7:**  
 Luftdichtheit von 50 aktuellen Gebäuden (2002).  $\bar{n}_{50}$ -Wert von 2,4 h<sup>-1</sup> [Hall/Hauser 2003]

**Entwicklung der Luftdichtheit**

Die Luftdichtheit ist für den Wärme-, Schall- und Feuchteschutz von Bedeutung. Kenngröße für die Luftdichtheit ist der sogenannte  $n_{50}$ -Wert, der die Anzahl der Luftwechsel des Gebäudevolumens je Stunde bei 50 Pascal Prüfdruck angibt. Je kleiner er ist desto geringer ist die Gefahr von erhöhten Wärmeverlusten und Feuchteschäden im Bauteil. Durch die verbesserte Luftdichtheit sinkt der Lüftungswärmeverlust durch Leckagen.

Bei vielen Holzbaubetrieben ist die Messung der Luftdichtheit heute ein gängiges Qualitätskriterium. Untersuchungen zeigen, dass sich die Luftdichtheit von Holzbauten stetig verbessert hat [Geißler/Hauser 1996] [Hall/Hauser 2003]. Gute Holzbaubetriebe erreichen heute  $n_{50}$ -Werte  $\leq 1,0$  h<sup>-1</sup> und erfüllen damit die Anforderungen der neuesten Energieeinsparverordnung und die Empfehlungen der Normung.



### Holztafelbau trifft Altbau – Zukunft für den Holzbau

Der Wärmeschutz des Holzbaus im Neubaubereich befindet sich wie gezeigt auf hohem Niveau. Die größten Energieeinsparpotenziale liegen zukünftig allerdings im Altbau. Für den Holzbau bedeutet dies auf den ersten Blick die Durchführung der klassischen Dämmmaßnahmen des Daches, der obersten Geschossdecke, der Fassade mit Holzprofilen in handwerklicher Ausführung oder auch mit WDVS aus Holzfaserdämmplatten.

Mehrere Jahrzehnte Erfahrungen in der Vorfertigung von Holztafelelementen lassen sich allerdings auch im Altbau einsetzen, sei es durch Aufstockungen oder vorgefertigte Elemente zur Dämmung eines bestehenden Massivbaus.

Anhand der Modernisierung einer wohnungsbaugenossenschaftlichen Wohnanlage (60 Wohnungen) in Augsburg soll dieses Potenzial des Holzbaus aufgezeigt werden.

Bei dem Projekt handelt es sich um eine zweiseitige Wohngebäudeanlage aus dem Jahr 1966, die den heutigen Ansprüchen an Energieeinsparung nicht mehr gerecht wurde (siehe Tab. 2).



Die Gebäude bekamen eine neue Hülle aus vorgefertigten Holztafelbauelementen mit einer gestrichenen Bekleidung aus sägerauen Brettern. Die vorspringenden Balkone wurden zu Wintergärten erweitert. Die Modernisierung lief in bewohntem Zustand ab. Durch den hohen Vorfertigungsgrad der Holztafelbauwände konnten die Bauzeit optimiert und die Belastungen auf ein notwendiges Minimum verringert werden.

**Abb. 6.8:** Die Wohnanlage vor und nach der Modernisierung [Lattke 2014]

**Tab. 5:** U-Werte vor und nach der Modernisierung

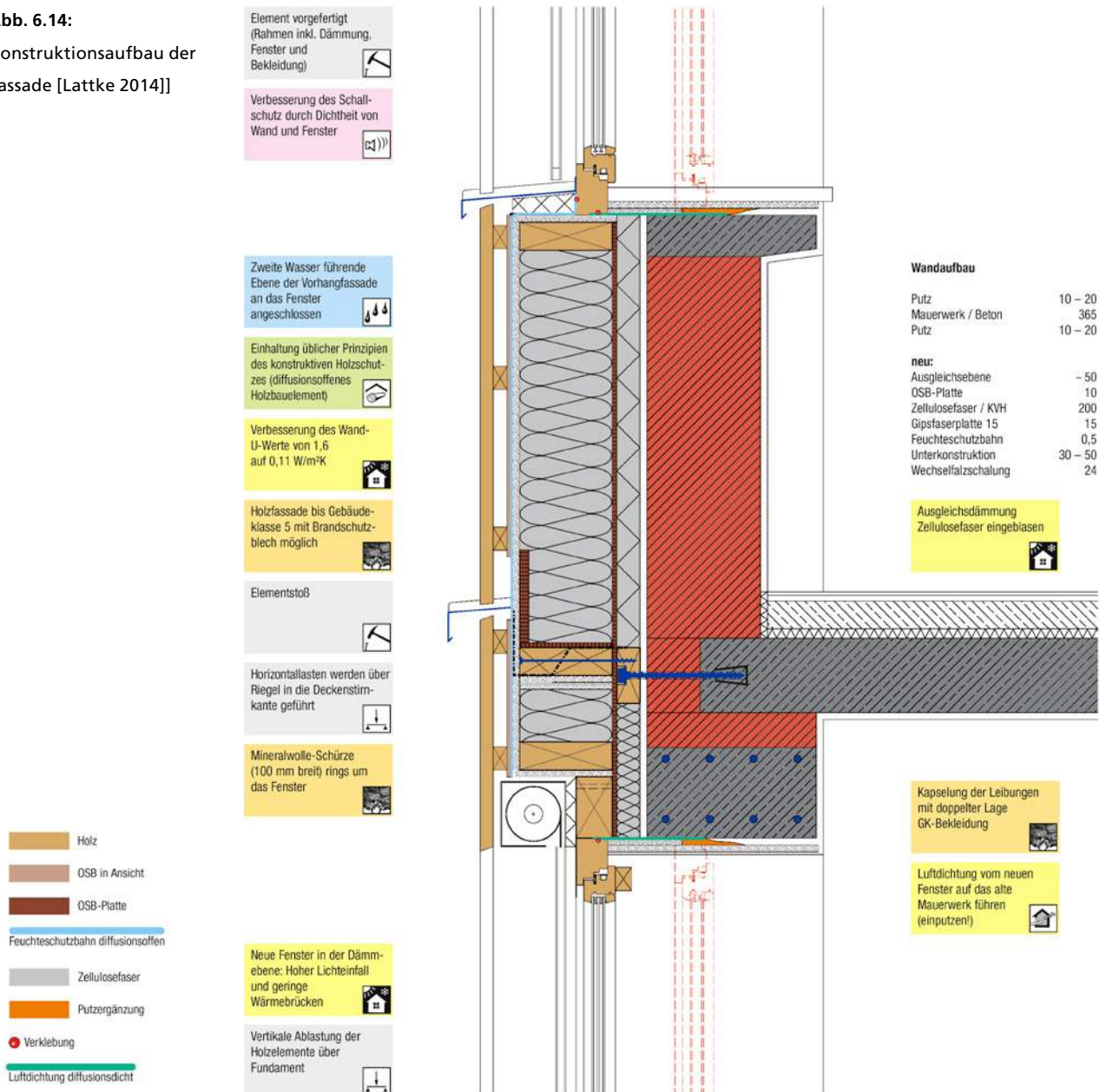
Außenbauteil	Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m²K)]	
	Bestand	nach der Sanierung
Flachdach	~ 0,22*	0,22
Außenwände	~ 1,6	0,11
Fenster	~ 1,3 – 1,6	0,98

\* bereits vor der Modernisierung energetisch ertüchtigt

**Abb. 6.9 bis 6.13:**  
 Bau- und Produktionsab-  
 lauf für TES EnergyFacades  
 (TES = Timber Element  
 System): Vermessung, Pla-  
 nung, Produktion,  
 Montage, Betrieb.



**Abb. 6.14:**  
 Konstruktionsaufbau der  
 Fassade [Lattke 2014]]



## Literatur

[Bayern 2001] Hrsg.:

Bayrisches Staatsministerium, Wohnungen in Holzbauweise, Bautechnische, wirtschaftliche und sozialwissenschaftliche Nachuntersuchung der Modellvorhaben, München 2001

[BFE 2009] Hrsg. Bundesamt für Energie:

Sommerlicher Wärmeschutz bei Wohngebäuden in Holzbauweise – Messungen in acht Minergie-Einfamilienhäusern, Bern 2009

[BFE 2012] Hrsg.: Bundesamt für Energie:

Forschungsbericht: Sommerliches Komfortklima von Wohngebäuden, Eigenverlag; Bern 2012

[Borsch-Laaks 2002] Borsch-Laaks, R.:

Effizienz-Tuning beim Heizwärmebedarf – An welchen Stellschrauben wird gedreht? Beitrag in der Zeitschrift Holzbau – die neue quadriga, Kastner-Verlag, Wolnzach

[Borsch-Laaks 2004-1] Borsch-Laaks, R.:

Ist das Sommerklima berechenbar – Teil 1: Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2, Beitrag in der Zeitschrift Holzbau – die neue quadriga, Kastner-Verlag, Wolnzach 2004

[Borsch-Laaks 2004-2] Borsch-Laaks, R.:

Ist das Sommerklima berechenbar – Teil 2: Fallstudie zum sommerlichen Wärmeschutz mit PHPP 2004, Beitrag in der Zeitschrift Holzbau – die neue quadriga, Kastner-Verlag, Wolnzach 2004

[DIN 4108-02 2013] DIN 4108-02: 2013:

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Beuth Verlag Berlin 2013

[Kehl/Borsch-Laaks 2014] Kehl, D.; Borsch-Laaks, R.:

Beitrag im Tagungsband zum 5. Internationalen Holzbauphysik-Kongress, Leipzig 2014 (Bestellung: [www.holzbauphysik.de](http://www.holzbauphysik.de))

[Lattke 2014] Lattke, F.:

TES EnergyFacade – Holzbaulösungen für die Gebäudemodernisierung und -erweiterung, Beitrag im Tagungsband zum 5. Internationalen Holzbauphysik-Kongress, Leipzig 2014

[Peper/Feist 2002] Peper, S.; Feist W.:

Klimaneutrale Passivhaussiedlung Hannover-Kronsberg – Analyse im dritten Betriebsjahr, Eigenverlag Darmstadt 2002

[Geißler/Hauser 1996] Geißler, A.; Hauser, G.:

Untersuchung der Luftdichtheit von Holzhäusern, Abschlussbericht, AIF Forschungsvorhaben 1996

[Hall/Hauser 2003] Hall, M.; Hauser, G.:

In situ – Quantifizierung von Leckagen bei Gebäuden in Holzbauart, AIF Forschungsvorhaben, Abschlussbericht, Kassel 2003

[Winter, Kehl 2001] Winter, St.; Kehl, D.:

Untersuchung zur Objektivierung der Bewertung des Verkehrswertes von Gebäuden in Holzbauweise im Vergleich zu anderen Bauweisen. Abschlussbericht, Leipzig 2001

## 7\_ Zukunftsfaktor Gebäudeenergie (2)

### Wirtschaftliche Lösungen sind gefragt

**Robert Borsch-Laaks**  
Sachverständiger für  
Bauphysik, Aachen

Die Zukunft hat bereits begonnen. Die wiederkehrenden Preissprünge bei den Energiekosten haben bei vielen Bauherren – privaten wie öffentlichen – den Energieverbrauch von Gebäuden wieder auf die Tagesordnung gesetzt. Angesichts knapper kommunaler Haushalte drücken die steigenden Betriebskosten ganz besonders.

Die Vergangenheit holt uns ein. Die „Bausünden“ aus der Bauboomzeit der fünfziger und siebziger Jahre lagen nicht zuletzt im mangelhaften Wärmeschutz. Ganz gleich ob durch den Sparzwang des Wiederaufbaus oder durch die Verlockungen des billigen Öls – heute betreffen die sichtbaren Folgen dieser Bauphase nicht nur die Energiekosten: Auch Schimmelschäden, unbehagliches Wohn- und Arbeitsklima und hoher Instandhaltungsaufwand drücken die Wirtschaftlichkeit nach unten.

Bestandssanierung ist angesagt. Aber mit welcher Strategie? Beim Pflichtprogramm und bei der Kür. Was sind die Mindestanforderungen und was sollte nach dem Stand der Technik getan werden, um energetisch und bauphysikalisch eine zukunftsfähige Sanierung zu realisieren?

#### Wann greift die EnEV?

Schon die Wärmeschutz-Verordnungen der Jahre 1977, 1984 und 1995 folgten bei den Anforderungen an die Altbausanierung dem gleichen Prinzip wie die verschiedenen Energieeinsparverordnungen seit 2002: Sowieso geplante Sanierungs- und Umbaumaßnahmen sind die „Zugmaschine“, an die sich die wärmetechnischen

Maßnahmen „anhängen“. Diese Kopplung an ohnehin geplante bauliche Maßnahmen löst im Verordnungsdeutsch „bedingte Anforderungen“ aus. Diese werden gestellt an:

- Bauteile, die „ersetzt oder erstmalig eingebaut“ werden (dies betrifft vor allem den Umbau).
- Bauteile, die in der Form „erneuert“ werden, dass innere oder äußere Bekleidungen saniert werden (z.B. Neudeckung des Dachs, Anbringen von Verschalungen außen und innen, neue Fußböden u.ä.).

In diesen Fällen sind für die betroffenen Bauteile Anforderungen an maximal zulässige U-Werte einzuhalten.

#### Grundsätzliches zur Wirtschaftlichkeit

Die wärmetechnischen Altbauanforderungen sind deshalb an ohnehin geplante Sanierungen gekoppelt, weil dann allgemein sichergestellt werden kann, dass sich der Aufwand für den Wärmeschutz rechnet. Das „verordnete“ Anforderungsniveau ist an die Einhaltung des Wirtschaftlichkeitsgebotes aus dem § 5 des Energieeinspargesetzes gebunden, das seit 1976 (letzte Fassung von 2013) stets die gesetzliche Basis darstellt für die zwischen Bund und Ländern abgestimmten Verordnungen.

### Wieviel muss man dämmen?

In Tabelle 1 sind die Bauteilanforderungen aus der EnEV 2014 gelistet. Zur Veranschaulichung

der Zielgröße (U-Werte), wurde diese in eine „äquivalente Dämmdicke“ umgerechnet (bezogen auf einen Standard-Dämmstoff der WLG 040).

**Tab. 7.1**

Anforderungen an den Wärmeschutz bei der Altbausanierung nach Anhang 3 Tabelle 1 der Energieeinspar-Verordnung (EnEV 2014)

Bauteilarten und Dämmtypen		$U_{\max}$ (W/m <sup>2</sup> K)	EnEV 2014 $d_{\text{eq, min}}$ (cm)
1	Außendämmung und Kerndämmung von Außenwänden von Außenwänden und Decken gegen Außenluft	0,24	16,7
2	Innendämmung von Außenwänden	k. A.	k. A.
3	Erneuerung Dachflächen mit Abdichtung	0,20	20,0
4	Erneuerung Steildächer <sup>1)</sup>	0,24	16,7
5	Decken und Wände gegen Erdreich und unbeheizte Räume (Dämmung Außenseite)	0,30	13,3
6	Decken und Wände gegen Erdreich und unbeheizte Räume (Fußbodenaufbauten)	0,50	8,0
7	Austausch von Verglasungen <sup>2)</sup>	1,10	3,6
8	Austausch/Einbau kompletter Fenster <sup>2)</sup>	1,30	3,1
9	Austausch/Einbau von Dachflächenfenstern <sup>2)</sup>	1,40	2,9

Dabei bedeuten:

$U_{\max}$  Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils unter Berücksichtigung der neuen und der vorhandenen Bauteilschichten

$d_{\text{eq, min}}$  äquivalente Dämmdicke bezogen auf einen Standard-Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 040 (Umrechnungsformel:  $d_{\text{eq}}$  [in cm] = 4/U)

<sup>1)</sup> Dachflächen einschließlich: Dachgauben, Wände gegen unbeheizten Dachraum (einschließlich Abseitenwänden), oberste Geschossdecken

<sup>2)</sup> Abweichende Anforderungen bei Sonderverglasungen, Vorhangfassaden, Glasdächern, Hebe/Schiebetüren.

k. A. keine Anforderung

**Tab. 7.2**  
 Äquivalente Dämmdicke und U-Werte alter Bauteile

<b>Bauteiltypen</b>	<b>Wärmedurchgangs- Koeffizient</b> U [W/m <sup>2</sup> K]	<b>Äquivalente Dämmdicke</b> d <sub>eq</sub> [cm]
Vollziegelmauerwerk, 38 cm, 1.800 kg/m <sup>3</sup> , beidseitig verputzt	1,47	2,7
Hochlochziegel, 30 cm, 1.400 kg/m <sup>3</sup> , beidseitig verputzt	1,37	2,9
Hochlochziegel, 24 cm, 1.400 kg/m <sup>3</sup> , beidseitig verputzt	1,59	2,5
Verblendmauerwerk, innen 17,5 cm Vollziegel, 7 cm Luftschicht	1,43	2,8
Eichenfachwerk, 18 cm, Strohlehmausfachung, Lehm/Kalkputz	1,57	2,5
Holzständerwand, ungedämmt, Heraklith 35/25 mm (außen/innen), verputzt	0,97	4,1
Dachschräge/-decke, HWL-Platte (35 mm), verputzt	1,73	2,3
Holzbalkendecke mit Einschub aus Strohlehm und Sand	0,93	4,3
Kappendecke mit Schlackenfüllung und Hobeldielen	0,80	5,0
Stahlsteindecke aus Lochziegeln mit HWL-Platte (25 mm), Steinholzboden	1,15	3,5
Stahlbetondecke mit 15 mm Mineralfasermatte, Magnesit-Estrich, Linoleum	1,14	3,5

Quelle: Institut für Bauforschung: k-Werte alter Bauteile, RKW-Verlag (Eschborn), 1983



Wie diese Umrechnung entsteht, zeigt Abb. 7.1.

- **Faustformel: Man rechne  $4/U$  und erhält die äquivalente Dicke in cm Dämmstoffstärke.**

Die tatsächlich einzubringende Dämmschicht kann etwas dünner ausfallen als das Faustformel-ergebnis. Das vorhandene Bauteil (z.B. Mauerwerk, alte Decke oder Dachausbau) hat ebenfalls einen gewissen Wärmeschutz, der jedoch vielfach stark überschätzt wird. Die Übersicht in Tabelle 7.2 zeigt an typischen Beispielen, dass die Altbauteile meist nicht mehr als ein paar Zenti-

meter Dämmdicke in die Berechnung einbringen können.

Die Höhe des anzustrebenden Dämmniveaus ist letztmalig substanziell mit der EnEV 2009 angepasst worden. Die Neufassung (EnEV 2014/2016) hat – bezogen auf die Bestandssanierung – hieran nichts geändert. Soll der Klimaschutz künftig nur vom (geringen) Neubauvolumen vorangetrieben werden? Mehr noch: Der Blick ins Detail zeigt, dass einige Änderungen im Text dazu führen, dass die Anforderungen sogar aufgeweicht werden.

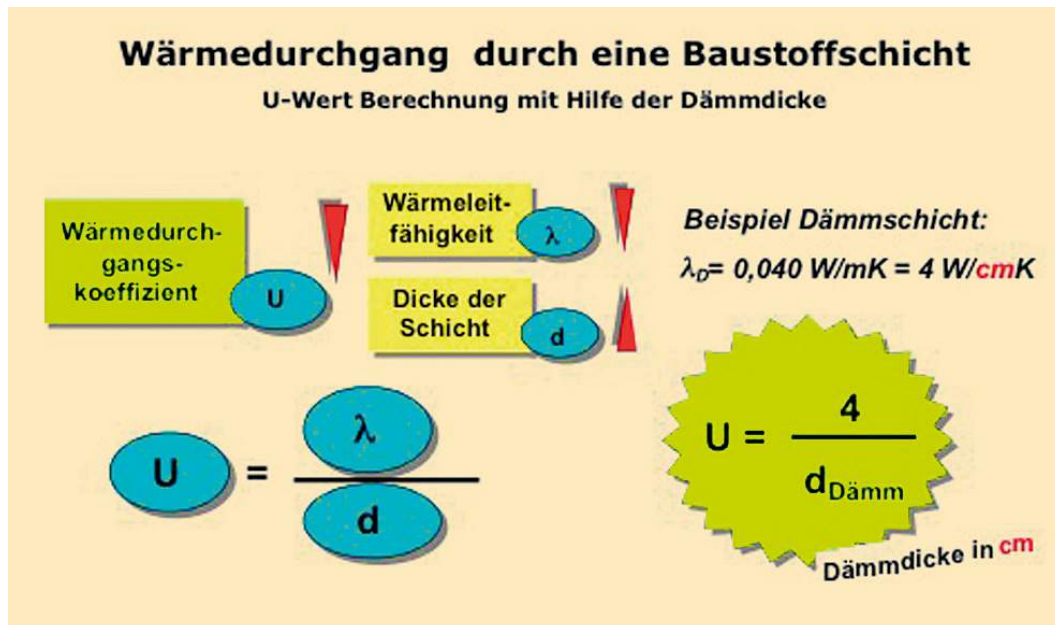


Abb. 7.1:

Der anschauliche U- Wert: Faustformel zum Wärmedurchgang in Abhängigkeit von der Dämmdicke.

### Was ist neu im „Kleingedruckten“?

Dämmmaßnahmen sind bei einer Bauteilsanierung nicht mehr erforderlich, wenn diese ab dem 1.1.1984 (Zeitpunkt der 2. Wärmeschutzverordnung) errichtet wurden.

Konkret: Man nehme einen Dachausbau jener Zeit mit der damals erlaubten Dämmung von nur 80 mm und erneuere nun dessen Dachdeckung. Seit der EnEV 2002 musste in diesem Fall wenigstens eine Volldämmung der Gefache nachgerüstet werden, bevor die neue Eindeckung aufgebracht werden konnte. Nach der neuen EnEV 2014 können nun in den meisten Fällen die Ziegel getauscht werden, ohne dass bei dieser Gelegenheit irgendeine Überlegung zur Verbesserung des Wärmeschutzes angestellt werden müsste.

**Abb. 7.2:**  
Nachträgliche Dachsanierung von außen beim Energie- und Umweltzentrum e.u.[z.], Springe: Luftdichtheit durch verklebte Unterspannbahnen und Tauwasserschutz durch zusätzliche Aufdachdämmung.



Das Gegenteil wäre zielführend gewesen. Auch die 2009er EnEV hatte eine überkommene Ausnahmeregel: Die erforderlichen Dicken wurden bei Zwischensparrendämmung nach Anlage 3 Abschnitt 4.1 auf die Sparrenhöhe beschränkt, auch wenn dadurch der Grenzwert ( $U_{\text{Dach}} \leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) oft weit verfehlt wurde, vgl. [Borsch-Laaks 2010]. Bei näherer Betrachtung und realistischer Wirtschaftlichkeitsberechnung sind aber heute nur Lösungen mit einer zusätzlichen Überdämmung oberhalb der Sparren ein wirklicher Gewinn für die Bauherren, siehe [Borsch-Laaks 2014-1]. Denn in aller Regel ist bei Dachsanierungen nicht nur ihr mäßiger Wärmeschutz- sondern auch eine äußerst mangelhafte Luftdichtung nachzubessern.

Die in Abb. 7.2 dargestellte Methode ist hierbei besonders vorteilhaft. Die Anbindung der neuen Luftdichtheitsebene des Dachs (Unterspannbahn) kann an die Außenwände und Dachaufbauten besonders einfach und sicher hergestellt werden. Auch an der Traufe lassen sich durchdringungsfreie Übergänge schaffen, wenn die Dachüberstände in der Aufsparrendämmung mit Stichbalken ausgeführt werden. Diese sollten natürlich so dimensioniert sein, dass sie gleich oder später eine zukunftsfähige Außenwanddämmung erlauben.

### Das Prinzip: Wenn schon – denn schon!

Eine zusätzliche Aufdachdämmung führt natürlich zu Nebenkosten, zum Beispiel bei der Erneuerung der Dachränder und dem Anschluss an Dachaufbauten, Gauben und Dachflächenfenstern. Dieser Zusatzaufwand kann die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen, muss es aber nicht. Bei jeder Neueindeckung werden Konterlatten und meist auch dickere Dachlatten im Vergleich zum Bestand erforderlich. Auch dies bedeutet schon vergleichbaren Mehraufwand an den Anschlüssen.

Wer nicht nur von einem Tag auf den anderen denkt, sollte auch folgendes einbeziehen: Im Zuge der nächsten Erneuerung der Dacheindeckung wird die Frage nach einer zusätzlichen Aufsparrendämmung spätestens wieder auf die Tagesordnung kommen. Die ohne Überdämmung ausgeführten Dachanschlüsse, die Lattung und Konterlattung wären dann eine verlorene Investition, die zusätzlich noch Abriss- und Entsorgungskosten verursacht. Das Einsparpotenzial, das aus der späteren Aufdachdämmung erzielt werden kann, wird kaum reichen, um die doppelten Anschlusskosten zu amortisieren. Dies ist das Dilemma aller wärmetechnischen Sanierungen, die auf dem Niveau einer mittleren Qualität stecken bleiben.

#### **Bauteilanforderungen bei der Sanierung: rausgestrichen**

Manche gravierende Änderung der EnEV lässt sich nur finden, wenn man danach sucht, was es nicht mehr gibt. Es wurde mit der Neufassung ein genereller Tatbestand gestrichen, der bislang eine Orientierung an den Anforderungen gem. Anlage 3 auslöste: Die alten Wärmeschutzverordnungen der 80er und 90er Jahre forderten generell, dass immer dann, „wenn Dämmschichten eingebaut werden“, die Anforderungen der jeweiligen Tabelle 1 in Anlage 3 einzuhalten sind. Dies hatte den guten Grund, dass gegenüber den Grundkosten zur Einhaltung des technischen Mindestwärmeschutzes (nach DIN 4108-2) die Mehrkosten einer verordnungskonformen, dickeren Dämmung in aller Regel wirtschaftlich darstellbar sind.

Diese Regelung war der Wohnungswirtschaft aber schon lange ein Dorn im Auge. Wenn bei schlecht gedämmten Altbauwänden Schimmelprobleme auftraten, war – wenn man nicht dem Mieter die Schuld in die Schuhe schieben konnte – allenfalls eine Aufrüstung mit ca. 30 mm Dämmdicke erforderlich – entsprechend den Mindestanforderungen der DIN 4108-2:2001.

Bei dieser Gelegenheit etwa eine Innendämmstärke gemäß EnEV 2009 anzubringen, war den professionellen Vermietern (und ihren Verbänden) noch nie einsichtig, weil sie selber hiervon keinen unmittelbaren wirtschaftlichen Nutzen haben. Auch für die Mieter (und ihre Verbände) war dies wenig attraktiv. Da über die Möglichkeit der Umlage der Sanierungskosten auf neun Jahre die Kaltmieten nennenswert steigen, bleibt von dem Vorteil einer geringfügig günstigeren Warmmiete meist nichts übrig. Oder kennt jemand eine Wohnungsbaugesellschaft, die nach Ende der Abschreibungszeit der energetischen Maßnahmen die Kaltmieten gesenkt hätte?

**Keine Anforderungen mehr an Innendämmungen!**

Der Anwendungsbereich von Innendämmungen betrifft rund 20 % der infrage kommenden sanierungsbedürftigen Außenwände [Holm 2012]. Da die Umsetzung der baulichen Klimaschutzziele vor allem in der Bestandssanierung entschieden wird, ist angesichts dieser mengenmäßigen Bedeutung der Innendämmung unverstänlich, dass in der neuen EnEV die Begrenzung der Wärmeverluste für diesen Sanierungsfall ersatzlos gestrichen wurde!

Dies ist ein radikaler Einschnitt, der die Bemühungen der letzten 30 Jahre zur Verbesserung des Wärmeschutzes auf den Kopf stellt. Wie Tabelle 3 zeigt, wurden seit der Wärmeschutzverordnung (WSchV) von 1984 die maximal zulässigen U (k)-Werte sukzessive von 0,6 W/m<sup>2</sup>K auf zuletzt 0,35 W/m<sup>2</sup>K gesenkt. Die rasante Steigerung der Heizenergiepreise (Heizöl verteuerte sich von der Mitte der 80er Jahre bis heute auf das Vierfache!) erlaubte die kontinuierliche Anpassung der geforderten Dämmstärken (von ca. 40 mm auf zuletzt 90 mm) aus Gründen von Ökologie und Ökonomie.

**Tab. 7.3**  
 Entwicklung der Anforderungen an die Innendämmung von Außenwänden von 1984 bis 2014

	(k) U <sub>max.</sub>	Erforderliche Dämmdicke <sup>1)</sup>
WSchV 1984	0,60 W/m <sup>2</sup> K	4 cm
WSchV 1995	0,50 W/m <sup>2</sup> K	5 cm
EnEV 2002	0,45 W/m <sup>2</sup> K	6 cm
EnEV 2009	0,35 W/m <sup>2</sup> K	9 cm
EnEV 2009	keine Anford.	0 <sup>2)</sup> cm

<sup>1)</sup> Dachflächen einschließlich: Dachgauben, Wände gegen unbeheizten Dachraum (einschließlich Absseitenwänden), oberste Geschossdecken

<sup>2)</sup> Abweichende Anforderungen bei Sonderverglasungen, Vorhangfassaden, Glasdächern, Hebe/Schiebetüren.

Besonders kostengünstig ist die Innendämmung, wenn die Beseitigung von Schimmelschäden an alten nicht gedämmten Außenwänden Auslöser für die Maßnahmen sind. Dies gilt umso mehr, als die technischen Mindestanforderungen der derzeitigen Fassung der DIN 4108-2 keine ausreichende Sicherheit in Raumecken erzeugt, wenn diese Bereiche z.B. von Schränken verstellt werden [Borsch-Laaks / Kehl 2010].

Somit trug die bisherige Anforderung der EnEV auch dazu bei, feuchtetechnische Risiken zu vermindern und die Freiheit der Möblierung in Bestandsbauten zu erhöhen. Deshalb ist auch der oft als Gegenargument angeführte „Wohnflächenverlust durch Innendämmungen“ kritisch zu hinterfragen. Nicht oder schlecht gedämmte Altbauwände führen in der Nähe der kalten Innenoberflächen zu nicht voll nutzbaren Bereichen, die bauphysikalisch ebenfalls als Verlust von Wohnflächen zu werten sind.

### Die nächste Schimmelwelle rollt

Das unausgelegene Dämmkonzept der EnEV 2014 zeigt folgender typischer Sanierungsfall: Die häufigste Maßnahme an der Gebäudehülle eines schützenswerten Altbaus ist der Fensteraustausch. Das Feuchteniveau des Raumklimas ist hiernach i.d.R. wie bei einem Neubau einzuschätzen. Dies fordert die planerische Beachtung des aktuellen Mindestwärmeschutzes der DIN 4108-2:2013. Daraus ergibt sich der Bedarf an der inneren Leibung der Fensternischen eine Zusatzdämmung oder vergleichbare mit Isothermenberechnung optimierte Begleitmaßnahmen umzusetzen, siehe [Borsch-Laaks 2014-2].

Noch kritischer wird es, wenn die betroffenen Räume auch über Außenecken verfügen. An diesen geometrischen Wärmebrücken treten in der Regel die niedrigsten Temperaturen der Innenoberflächen auf. Entsprechende Dämmkeile oder andere Zusatzmaßnahmen zur Reduzierung der Schimmelanfälligkeit sind zu beachten. Viel sinnvoller wäre es, den Fensteraustausch mit einer an die Leibungsdämmung anschließenden Innendämmung der Außenwände zu versehen, wenn dies außenseitig aus Gründen des Fassadenschutzes nicht möglich ist. Bei problembewusster Planung können hierbei alle kalten Ecken vermieden werden.

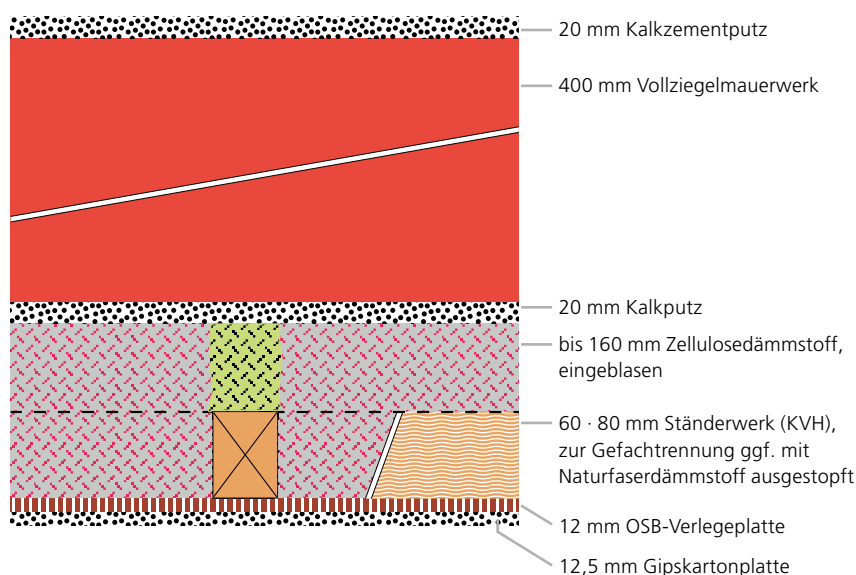
Wenn nun die Innendämmung der Wände aus dem Anforderungskatalog nach EnEV gestrichen wurde, so geht hiervon ein fatales Signal aus. Man muss kein Prophet sein, um die nächste Welle von Schimmelpilzschäden nach falscher Bausanierung vorher zusehen.

### Innendämmung: Die Lösung vom Holzbauer

Es ist richtig, dass man bei Innendämmungen mehr aufpassen muss, als wenn ein durchgängiger äußerer Dämmmantel um das Gebäude gestrickt werden kann. Aber über 30 Jahre Forschung und Entwicklung haben heute die Basis für einen Stand der Technik gelegt, der sicher vor Feuchteschäden umgesetzt werden kann. Es gibt dazu entsprechende Fachregeln (WTA-Merkblätter 6-4 und 6-5, [WTA 2009] und [WTA 2014]) und einen Fachverband, der Richtlinien für Planung und Ausführung erarbeitet hat.

Der Holzbauer hat hierfür eine regelkonforme, wärmebrückenfreie Trockenbau-Lösung. Der Prinzipschnitt in Abb. 7.3 zeigt einen Konstruktionsaufbau, bei dem es keine technischen Gründe gibt, bei Massivwänden keine Innendämmungen mit  $U \leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  auszuführen.

**Abb. 7.3:**  
 Innendämmung mit Ständerwerk, Holzwerkstoffplatte und Hohlraum füllender Einblasdämmung.



**Abb. 7.4:**  
Montage einer Innendämmung á la Holzrahmenbau in der Praxis.

- a) Ständerwerk mit OSB- und Gipskartonbekleidung mit Abstand vor der Bestandswand montiert.
- b) Ausblasen aller Hohlräume (ggf. auch in der Fensterleibung) mit Zellulosedämmstoff.

Es wird ein Ständerwerk (60 x 60-80 mm) in variablem Abstand vor die alte Wand gestellt (je nach wärmetechnischem Bedarf und dem zur Verfügung stehenden Platz, Abb. 7.4a). Die Holzkonstruktion mit Schwelle und Rähm sowie Riegeln im Fensterbereich gleicht vorhandene Schiefstellungen der Wände problemlos aus. Es ist kein Ausgleichsputz erforderlich und es bestehen keine Anforderungen an die Haftzugfestigkeit des alten Innenputzes. Die Dämmung (Einblaszellulose) passt sich allen Unebenheiten hohlraumfüllend an (Abb. 7.4b).

Der besondere Mehrwert dieser Konstruktionsweise besteht in ihrer Innenoberfläche. Die Kombination von Holzwerkstoffplatte und unmittelbar darauf montierter Gipskartonplatte ergibt eine solide Bekleidung, die es dem Nutzer erlaubt, an jeder Stelle der Wand mit einem Akkuschrauber Wandschränke, Bilder etc. aufzuhängen oder auch die Seile der Halogenlampen-Installation zu befestigen.

Bis zu einer Dämmdicke von 100 mm kann dieser Aufbau nach WTA MB 6-4 ohne besondere feuchtetechnische Nachweise gebaut werden. Mit der OSB-Platte als moderate Dampfbremse erfüllt sie die dortigen Anforderungen auch bei nicht saugfähigen oder unbekanntem Untergründen.

Hygrothermische Simulationen gem. WTA MB 6-5:2014 haben überdies den Nachweis erbracht, dass Dämmdicken bis 160 mm auch dann noch unkritisch sind, wenn die Schlagregenbeanspruchung hoch ist. Dazu sollte die Wasseraufnahme der Wetterseite durch Außenputz und/oder Anstrich gemäß den Empfehlungen des Merkblattes auf  $0,2 \text{ kg/m}^2 \cdot \sqrt{h}$  begrenzt werden, vgl. [Borsch-Laaks 2014-3].



Abb. 7.4 a)



Abb. 7.4 b)

### Die wichtigste Sanierung bislang ein Stiefkind

Während in den letzten 20 Jahren rund 85 % der Heizkessel erneuert wurden, ist es bei der Dämmung der Außenwände gerade umgekehrt. Von den ausgetauschten Kesseln ist angesichts der rasanten technischen Entwicklung ein Großteil bereits wieder erneuerungsbedürftig. Diejenige Maßnahme hingegen, die den geringsten Wieder-Erneuerungsbedarf hat, rangiert zumeist immer noch ganz hinten auf der Wunschliste, auch der öffentlichen Bauherren. Zugegeben, an dieser Stelle sind oft die größten Investitionen erforderlich. Aber es ist hier meist auch das mit Abstand größte Einsparpotenzial zu aktivieren.

Der Holzbau kann hier Komplett-Lösungen anbieten, die mit vorgefertigten Elementen mehr als nur Wärmeschutz bieten (vgl. Kapitel 7.1). Aber auch bei handwerklicher Vorort-Montage sind gerade hoch gedämmte Vorhang- oder auch Putzfassaden in Holzbauweise eine rationelle Alternative.

Eine wärmebrückenfreie Montage neuer Fenster in der Dämmebene ist ohne Sonderaufwand möglich, wie die Beispiele in Abb. 7.5 zeigen. Die Luftdichtheit der Anschlüsse ist mit Einbauzargen denkbar einfach herzustellen und liefert ggf. die fertige Innenoberfläche der sanierten Fensterleibung gleich mit.

Dem kommt eine wichtige, noch wenig bekannte (indirekte) Verschärfung in der neuen EnEV entgegen: Zur Berechnung der U-Werte wird nun auf die neue Version der [DIN EN ISO 6946:2008] Bezug genommen. Das hat gravierende Folgen, weil nun die Dämmstoffhalter für WDVS, die meist spürbare (und oft auch sichtbare) Wärmebrücken sind, berücksichtigt werden müssen. Dies bringt Vorteile für wärmebrückenarme Holzbaulösungen z.B. mit Holzstegträgern, vgl. [Stelzer 2011]

### Abb. 7.5:

Fassadendämmung:  
Holzbauweise in  
Vorort-Montage.

a) Außendämmung eines  
Mehrfamilienhauses mit  
Holzstegträgern.

Foto: Friedemann Stelzer,  
Reutlingen

b) Dichtung der Einbaufuge  
auf der Außenseite. Hier:  
Anschluss an tragende  
Sperrholzbeplankung auf  
einem Fachwerkgiebel.

c) Tragender Leibungskasten  
rückt die neuen Fenster  
wärmebrückenfrei in die  
Dämmebene

( $\Psi_{\text{Einbau}} = 0,01 \text{ W/mK}$ )

und bietet eine fertige  
Leibung in freundlichem  
Holzlook.



Abb. 7.5 a)



Abb. 7.5 b)



Abb. 7.5 c)

### **Nachrüstverpflichtung bei obersten Geschossdecken**

Zwischen oberstem Geschoss und dem Dach- oder Spitzboden haben die meisten Altbauten einen miserablen Wärmeschutz, der besonders kostengünstig verbessert werden kann. Das Einblasen von Dämmstoff in vorhandene Hohlräume von Holzbalkendecken oder das Auflegen von Dämmelementen auf Massivdecken kosten nur Material und relativ wenig Arbeit. Deshalb hatte schon die EnEV 2002 ein Novum in der Geschichte des verordneten Wärmeschutzes eingeführt: Eine Nachrüstverpflichtung – auch dann, wenn keine anders motivierte Sanierungsmaßnahme an diesen Bauteilen vorgesehen ist. Allerdings gab es hierbei so viele Ausnahmeregelungen, dass diese Waffe gegen unwirtschaftlichen Wärmeverlust ziemlich stumpf blieb.

Die neue EnEV hat in diesem Punkt mehr Klarheit geschaffen. Ab 1.1.2016 müssen alle zugänglichen Decken auf  $U \leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  gedämmt werden – egal ob begehbar oder nicht –, sofern sie den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 nicht einhalten. Damit wurde die Formulierung „bislang ungedämmte Decken“ in eine bauphysikalisch begründete Anforderung umgewandelt. Vorhandene Minimaldämmungen unter dem Estrich von DG-Decken oder unterseitige Bekleidungen mit Heraklith-Platten können nicht mehr als Ausreden gegen eine sinnvolle Dämmung der obersten Geschossdecke herangezogen werden.

De facto bedeutet dies aber auch, dass dort, wo ein normgemäßer Mindestwärmewiderstand von  $R = 1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$  (entspricht einer äquivalenten Dämmdicke von nur knapp 5 cm bei  $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ ) vorhanden ist, auf Dauer wirtschaftliche Nachrüstungen unterbleiben können.

### **Fazit**

Ob wir hierzulande die Klimaschutzziele im Gebäudesektor erreichen können, wird bei der Sanierung des Baubestandes entschieden – nicht durch ausgetüftelte Neubaustandards. Durch Streichung und Aufweichung bei den „bedingten Anforderungen“ sendet die neue EnEV 2014/2016 die falschen Signale aus. Überkommene Ausnahmeregelungen (z.B. bei der Dachsanierung von außen) werden ohne wirtschaftliche Prüfung verlängert und dem technischen Fortschritt bei der Entwicklung von Innendämmsystemen wird durch die Streichung der Anforderungen ein Bärendienst erwiesen.

Es bleibt wie es war: Wohlüberlegte energieeffiziente Bausanierungen gingen immer schon über das hinaus, was die jeweiligen Verordnungen als Mindeststandard vorgaben. Und wer mit baupraktischem Sachverstand plant, wird immer eine Lösung finden, die im Ergebnis die einstmals durch die Politik gesetzte Marke (30 % weniger Energiebedarf gegenüber EnEV 2009) erreicht – und zwar mit wirtschaftlichen Maßnahmen.



## Literatur

[Borsch-Laaks 2009] Robert Borsch-Laaks:

Wenn schon, denn schon – Fensteraustausch in der Bestandssanierung.

In: HOLZBAU – die neue quadriga, Heft 05 / 2009, Verlag Kastner, Wolnzach

[Borsch-Laaks 2010] Robert Borsch-Laaks:

Besser dämmen im Bestand – Neue Bauteilanforderungen durch die EnEV 2009.

In: HOLZBAU – die neue quadriga, Heft 02 / 2010, Verlag Kastner, Wolnzach

[Borsch-Laaks 2014-1] Robert Borsch-Laaks:

Oben bleiben! Wärmetechnische Dachsanierung von außen mit diffusionsoffener Luftdichtung und Überdämmung. In: Tagungsband zum 5. int. Holz[Bau]Physik-Kongress 20./21.3.2014 in Leipzig. ISBN 978-3-00-045176-8:

Bezug: [www.holzbauphysik-kongress.eu](http://www.holzbauphysik-kongress.eu)

[Borsch-Laaks 2014-2] Robert Borsch-Laaks:

Wo nichts ist, bringt wenig viel. Schimmelvermeidung beim Fensteraustausch. In: Gebäudeenergieberater, Heft 09 / 2014. Gentner Verlag, Stuttgart.

[Borsch-Laaks 2014-3] Robert Borsch-Laaks:

Keine Angst vor Innendämmung! Bauphysikalische Nachweise für Lösungen vom Holzbauer.

In: HOLZBAU – die neue quadriga, Heft 02 / 2014, Verlag Kastner, Wolnzach

[Borsch-Laaks/ Kehl 2010] Robert Borsch-Laaks, Daniel Kehl:

Normgemäßer Schimmelschutz – noch zeitgemäß? In: HOLZBAU – die neue quadriga, Heft 04 / 2010, Verlag Kastner, Wolnzach.

[Holm 2012] Andreas Holm:

Möglichkeiten der Innendämmung und die Bedeutung der Materialqualität und Qualitätssicherung. In: BuFas (Hrg.) 23. Hanseatische Sanierungstage 2012, Beuth/ IRB Verlag, Berlin/ Stuttgart 2012.

[Stelzer 2011] Friedemann Stelzer:

WDVS contra Holz. Die übersehene Wirkung von Dämmstoffhaltern in WDVS. In: HOLZBAU – die neue quadriga, Heft 06 / 2011, Verlag Kastner, Wolnzach

[WTA 2009] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. - WTA - (Hrsg.):

WTA-Merkblatt 6-4-09. Innendämmung nach WTA I – Planungsleitfaden. München 2009.

[WTA 2014] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. - WTA - (Hrsg.):

WTA-Merkblatt 6-5-14. Innendämmung nach WTA II – Nachweis von Innendämmungssystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren. München 2014.

## 8\_Gebaute Beispiele



**Finanzamt  
Garmisch-Partenkirchen**

**Bauherr:**  
Staatliches Bauamt  
Weilheim

**Architekten:**  
Reinhard Bauer,  
München

**Tragwerksplaner:**  
Merz Kley Partner,  
Dornbirn (A)



**Amt für Ländliche  
Entwicklung Oberpfalz,  
Tirschenreuth**

**Bauherr:**  
Staatliches Bauamt  
Amberg-Sulzbach

**Architekten:**  
SHL Architekten und  
Stadtplaner, Weiden

**Tragwerksplaner:**  
Lieb, Obermüller + Partner, München



**Internationale Schule  
Schwerin**

**Bauherr:**  
Das Schelfhaus GmbH,  
Kaarz

**Architekten:**  
petersen pörksen partner,  
Lübeck

**Tragwerksplaner:**  
Ingenieur-Büro Schreyer,  
Bad Oldesloe



**Städtische  
Gemeinschaftshauptschule  
Moers**

**Bauherr:**  
Zentrales Gebäude-  
management Moers

**Architekten:**  
Zentrales Gebäude-  
management Moers und  
plus+ bauplanung GmbH,  
Neckartenzlingen

**Tragwerksplaner:**  
Jörg Meurer,  
Moers



**Sporthalle Esslingen**

**Bauherr:**  
Hallen GbR, Esslingen

**Architekten:**  
Glück + Partner,  
Stuttgart

**Tragwerksplaner:**  
Furche und Zimmermann,  
Köngen

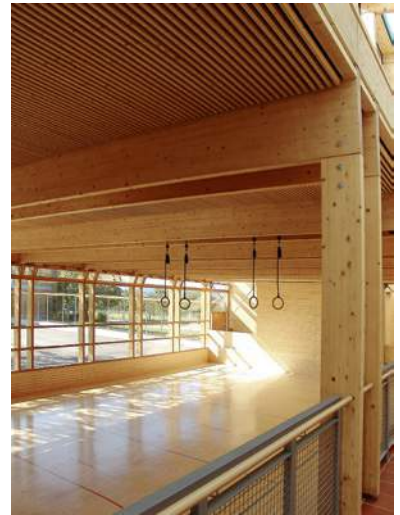


**Sporthalle  
Unterschleißheim**

**Bauherr:**  
Landkreis München

**Architekten:**  
PSA, Alexander Pfletscher,  
Claus Steffan, München

**Tragwerksplaner:**  
Ingenieurbüro Auerbach,  
Unterschleißheim



**Sporthalle Urbach**

**Bauherr:**  
Gemeinde Urbach

**Architekten:**  
D'Inka + Scheible,  
Fellbach

**Tragwerksplaner:**  
Dieter Mihatsch,  
Urbach



**Kinderhaus Unterföhring**

**Bauherr:**  
Gemeinde Unterföhring

**Architekten:**  
hirner & rieh, München

**Tragwerksplaner:**  
Seeberger Friedl und Partner,  
Pfarrkirchen



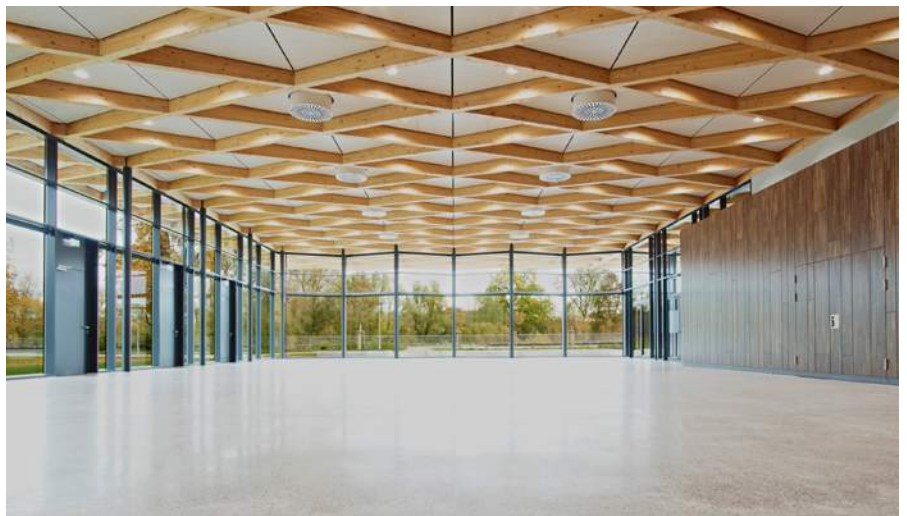
**Fachhochschule  
Weihenstephan**

**Bauherr:**  
Staatliches Hochbauamt  
Freising

**Architekten:**  
Florian Nagler,  
München

**Mitarbeit Architekten:**  
S. Lambertz, Huai-Wen  
Chang, B. Milla, A. Schwabe,  
M. Schnaubelt, C. Tiemann

**Tragwerksplaner:**  
merz kaufmann partner,  
Dornbirn



**Festhalle Neckartailfingen**

**Bauherr:**  
Gemeinde Neckartailfingen

**Architekten:**  
Ackermann + Raff,  
Tübingen / Stuttgart

**Tragwerksplaner:**  
Weischede, Herrmann  
und Partner, Stuttgart



**Gerätehaus Feuerwehr**  
Neuseddin

**Bauherr:**  
Gemeinde Seddiner See

**Architekten:**  
Roswag & Jankowski,  
Berlin

**Tragwerksplaner:**  
ZRS Architekten Ingenieure  
Bürogemeinschaft,  
Berlin



**Bauhof Frickingen**

**Bauherr:**  
Gemeinde Frickingen

**Architekt:**  
Manfred Fetscher,  
Illmensee

**Tragwerksplaner:**  
Ingenieurbüro  
Bernauer & Pfoser,  
Überlingen

# Bildnachweis

<b>Titel</b>	Thomas Herrmann
<b>Heußer</b>	1.1_gemeinfrei 1.2_Hochbauamt 1.3_Eibe Sönnecken 1.4_Frank Heinen 1.5, 1.6_Roland Halbe 1.7_Norman Radon 1.8_Thomas Mayer
<b>Hegger</b>	2.1, 2.2_Stefan Müller-Naumann 2.3, 2.4_Zooney Braun 2.5, 2.6_Manfred Fetscher 2.7, 2.8_Gerhard Hagen 3, 4_Werner Huthmacher 5-8_Architekten 9-11_Architekten 12-14_Zooney Braun 15_Holzabsatzfonds
<b>Tichelmann</b>	Alle Abbildungsrechte liegen beim Autor
<b>Müller / Wiegand</b>	4.1_Christian Müller: Holzleimbau, Birkhäuser Vg., 2000 4.2, 4.3_Ulrich Schwarz 4.4, 4.5_Lignum, Holzwirtschaft Schweiz: Holzbautabellen, 2005 4.6_Werkfoto Derix
<b>Dehne / Kruse</b>	5.1, 5.2, 5.6, 5.7_Fabeck Architectes 5.3, 5.4, 5.5_Dehne Kruse & Partner
<b>Kehl</b>	6.2_Stefan Winter, Daniel Kehl 6.3_Daniel Kehl, Robert Borsch-Laaks 6.4, 6.5_Daten aus BFE 2012 6.6_Achim Geißler, Gerd Hauser 6.7_Monika Hall, Gerd Hauser 6.8 – 6.13_Frank Lattke
<b>Borsch-Laaks</b>	7.1_Rainer Wendorff 7.2 – 7.5_Robert Borsch-Laaks 7.6_Werkfotos Rockwool
<b>Gebaute Beispiele</b>	Garmisch-Partenkirchen_Jens Weber, Michael Heinrich Tirschenreuth_Oliver Heini Schwerin_Stephan Baumann Moers_Cornelia Suhan Esslingen_Roland Halbe Unterschleißheim_PSA Architekten Urbach_Norbert Baradoy Unterföhring_Thomas Zwillingger Weihestephan_Florian Nagler Architekten Neckartailfingen_Thomas Herrmann Neuseddin_Torsten Seidel Frickingen_Manfred Fetscher

Kooperatives Marketing –  
Holzbau Deutschland Leistungspartner  
Kronenstraße 55 – 58  
10117 Berlin  
Tel. 030/203 14 -0  
Fax 030/203 14 -560  
info@fg-holzbau.de  
www.holzbau-deutschland-leistungspartner.de

Technische Anfragen an:  
Fachberatung Holzbau  
Telefon 030/57 70 19 95  
Montag bis Freitag 9 bis 16 Uhr  
Dieser Service ist kostenfrei.  
fachberatung@informationsdienst-holz.de  
www.informationsdienst-holz.de

Ein Angebot des  
Holzbau Deutschland Institut e.V.  
in Kooperation mit dem  
Informationsverein Holz e.V.

Redaktion: Fachagentur Holz, Düsseldorf  
Gestaltung: Schöne Aussichten, Düsseldorf

Die Wortmarke INFORMATIONSDIENST HOLZ  
ist Eigentum des Informationsverein Holz e.V., Berlin  
www.informationsvereinholz.de.