

# Kontakt

EINE AUSGABE DES WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN BAUZENTRUMS

2013/1

Sonderausgabe: Holzbau

Hinterlegungspostamt: Brüssel X • Zulassungsnummer: P 501329  
10. Jahrgang | Vierteljährliche Veröffentlichung

**CE-Kennzeichnung**  
S. 8

**Energie-  
leistungen**  
S. 10

**Brandschutz**  
S. 19

**Dimensionierung  
und Verbindungen**  
S. 22



# Inhalt 2013/1

## Sonderausgabe: Holzbau

Ein vielversprechendes und sehr leistungsfähiges System .... 3

CE-Kennzeichnung von Bauelementen aus Holz ..... 8

Energieleistungen von Holzbauwerken ..... 10

Feuchtebeherrschung bei Holzbauten ..... 12

Schalldämmung in Holzskelettbauten ..... 16

Brandschutz von Holzbauten ..... 19

Dimensionierung und Verbindungen ..... 22

Einbauweisen und Zugänglichkeitsanforderungen für  
Schreinerarbeiten ..... 28

Auswirkung auf die Umwelt ..... 29



Diese Sonderausgabe wurde verfasst in Zusammenarbeit mit F. Caluwaerts, S. Charron, K. De Cuyper, L. Delem, G. Depret, F. Dobbels, S. Eeckhout, R. Hermans, B. Ingelaere, E. Kinnaert, D. Langendries, L. Lassoie, Y. Martín, B. Michaux, E. Nguyen, B. Parmentier, A. Skowron, O. Vandooren, L. Wastiels, E. Winnepenninckx und Mitgliedern der Arbeitsgruppe ‚Holzbau‘ (gegründet von dem TK Schreinerarbeiten und dem TK Rohbau).



# Ein vielversprechendes und **sehr leistungsfähiges** System



Holz wird seit jeher im Bausektor angewendet. Durch die vielen Vorurteile und das Aufkommen von Gebäuden aus schwerem Mauerwerk war Holz nicht mehr gebräuchlich und fand es strukturell nur noch für Dachstühle Anwendung. Die Neubewertung von Holz für die Tragkonstruktion eines Gebäudes begann nach der Ölkrise in den siebziger Jahren. Sie wurde während des Gipfels der Erde in Rio 1992 fortgesetzt und zu Beginn des 21. Jahrhunderts eine unumstößliche Tatsache.

Die Beliebtheit von Holz im Bausektor nimmt in praktisch allen europäischen Ländern ständig zu. Dieser Erfolg ist unter anderem den Maßnahmen zu verdanken, die die Behörden getroffen haben, um den energetischen Fußabdruck von Gebäuden zu verringern und die nachhaltige Nutzung von natürlichen Rohstoffen zu fördern. Der Holzbau bietet auf dem Gebiet des nachhaltigen Bauens eine Reihe von Vorteilen: Holz ist ein erneuerbarer Rohstoff mit einer positiven Umweltbilanz, bei dem nur eine begrenzte Menge Bauabfall auf der Baustelle anfällt und der darüber hinaus nur wenig Energie zur Produktion erfordert.

Holz bietet auch pragmatischere Vorteile in Bezug auf andere Materialien: Es hat ein beschränktes Eigengewicht, es bedarf keiner Nutzung von Wasser, es eignet sich für den Systembau, die Montage kann sehr schnell erfolgen, es entspricht den neuen architektonischen Tendenzen und bietet die Möglichkeit, die Dicke der Wärmedämmungsschichten zu erhöhen, ohne dass deswegen die Gesamtdicke der Außenwände wesentlich erhöht werden muss (der Dämmstoff füllt den verfügbaren Raum zwischen dem Fachwerk vollständig aus).

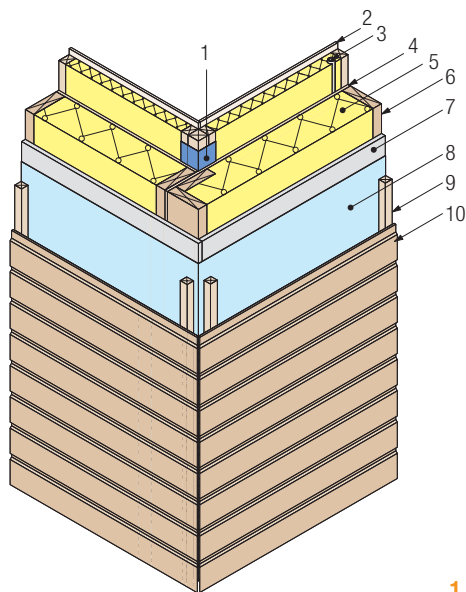
Diese Aspekte erklären das wachsende Interesse und die zunehmende Beachtung sowohl der Baufachleute als auch der Privatleute für die Nutzung von Holz in tertiären, Wohn- und sogar Mehrfachwohngebäuden. 15-20 % der Neubauprojekte, die jedes Jahr in Belgien realisiert werden, bestehen aus Holz oder verfügen über ein Holzskelett. Diese Zahlen sind beachtenswert, wenn man weiß, dass der Holzbau zu Beginn der Jahre 2000 nur für 8 bis 10 % der neuen Baugenehmigungen gut war.

Es ist dann auch nicht sehr verwunderlich, dass auch das WTB diesem Bausystem mehr

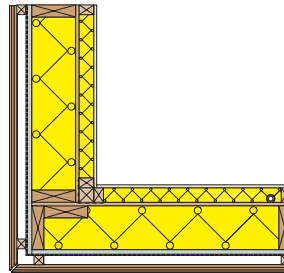
Beachtung schenkt. So veröffentlichte das Bauzentrum unter anderem die **Technische Information Nr. 243** 'Les revêtements de façade en bois et en panneaux à base de bois', die in enger Zusammenarbeit mit dem Sektor und auf Anfrage der Technischen Komitees Schreinerarbeiten und Rohbau verfasst wurde. Es rief ferner diverse Untersuchungsprojekte ins Leben (siehe S. 31 dieses WTB-Kontakts) und organisiert unterschiedliche Schulungen und Informationsabende (siehe hierzu die Rubrik 'Agenda' auf der Website [www.cstc.be](http://www.cstc.be)).

Wie bei jedem Vorhaben mit einem Bausystem muss auch jedes Holzbauprojekt gut überlegt sein. Daneben müssen auch alle verwendeten Materialien (Dämmungstyp, Art der Luft- und Wasserdampfsperre, ...) und Systeme vernünftig ausgewählt werden, um die Dauerhaftigkeit und die Leistungen des Gebäudes zu gewährleisten.

Dieser thematische WTB-Kontakt umreißt die Entwicklung der Holzbauleistungen im Laufe der Jahre und zeigt, wie man mit dieser Bauweise die heutigen Anforderungen an Neubauten erfüllen kann.



- |                                       |                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Zusätzliche Luftspalte             | 5. Dämmung                       |
| 2. Innenverkleidung                   | 6. Holzpfosten                   |
| 3. Technisches Leitungsrohr           | 7. Holzfaserplatte               |
| 4. Strukturelle (versteifende) Platte | 8. Regensperre                   |
|                                       | 9. Lattung                       |
|                                       | 10. Fassadenverkleidung aus Holz |



1 | Beispiel einer Holzskelettwand.

## 1 Holzbausysteme

Es lassen sich vier große Holzbausysteme unterscheiden:

- Holzskelettbau
- Holzstapelbau
- Pfähle-Balkensystem
- mehrschichtige Massivholzplatten.

Wir geben nachstehend die Eigenschaften all dieser Systeme an, werden aber in diesem WTB-Kontakt hauptsächlich auf den Holzskelettbau eingehen.

### 1.1 Holzskelettbau

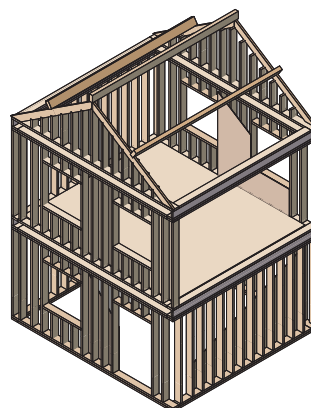
Dieses System ist eine moderne Version des früheren Fachwerkbau. Die Gebäudestruktur besteht aus einem Skelett von vertikalen Elementen mit einem geringen Querschnitt (den Pfosten), die in regelmäßigen Abständen voneinander angebracht und durch horizontale Elemente mit dem gleichen Querschnitt (den Querbalken) verbunden werden und zusammen Rahmen bilden. Unter Berücksichtigung der Standardabmessungen der verwendeten Windverbandplatten (120 cm) werden die Pfosten des Skeletts meistens alle 40 oder 60 cm angebracht.

Bei diesem Konstruktionstyp spielt jedes einzelne Element eine spezifische Rolle. Das Skelett nimmt die vertikalen Belastungen des Daches und der Geschossdecken auf. Die Windverbandplatten, die an das Fachwerk genagelt werden, nehmen ihrerseits die horizontalen Belastungen des Win-

des, der seismischen Kräfte usw. auf. Die Wärmedämmung wird durch das Anbringen von einem Dämmstoff zwischen den Pfosten sichergestellt. Die Dämmung kann noch entlang der Innen- und Außenseiten erhöht werden, um bessere Wärmeleistungen zu erreichen und die thermischen Schwächungen, die dem Fachwerk eigen sind, auszumergen. Für die Außenverkleidung gibt es vielfältige Möglichkeiten: Ziegelstein, Stein, Holz, ...

Der Holzskelettbau ist gegenwärtig, dank seiner großen Formfreiheit und unübertroffenen Anpassbarkeit, die am meisten verwendete Technik in Belgien.

Der werkmäßige Systembau und die schnelle Montage können die Bauzeit außerdem beträchtlich verkürzen. Diese Bauweise lässt sich sowohl für die Errichtung von Wohnungen als auch Tertiärgebäuden einsetzen.



2 | Schema des Holzskelettbaus.

### 1.2 Holzstapelbau

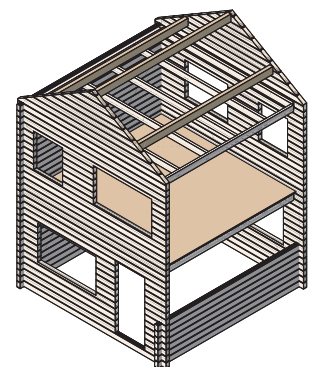
Gegenwärtig bestehen zwei Anbringungsweisen für profilierte Balken (Rundhölzer/Bohlen):

- System mit horizontal übereinander gestapelten Balken
- System mit vertikal nebeneinander angeordneten Balken.

So wie der Name es vermuten lässt, werden die Holzelemente bei der ersten Technik horizontal aufeinander angeordnet, bis sie eine Mauer aus massivem Holz bilden. Man muss bei dieser Technik wegen des unvermeidlichen Schwundes und der Setzung der Holzelemente zueinander, den Baudetails besondere Beachtung schenken. Diese Phänomene treten während der ersten Jahre auf, und zwar während des Trocknen des Holzes und als Folge der Belastungen, denen die Struktur unterworfen ist. Man muss diese Dimensionsvariationen berücksichtigen und die notwendigen Vorkehrungen für die Montage auf der Baustelle treffen (anpassbare Fugen, ein größeres Spiel, das vorläufige Befestigen der Elemente, ...). Das Phänomen bezüglich der Setzung kann vermieden werden, indem man die Balken, wie Bücher in einer Bibliothek, vertikal nebeneinander anordnet. Bei dieser Konfiguration verläuft die Belastung des Gebäudes in der Richtung der Fasern (die Richtung, in denen das Holz am stärksten ist).

Volle und durchlaufende Wände müssen deshalb aus einer relativ großen Menge an massivem oder lamelliertem Holz aufgebaut werden. Obwohl lamelliertes Holz auch dem Schwund unterworfen ist, besitzt es trotzdem eine große Beständigkeit und Stabilität.

Die Wände können auf diverse Art realisiert werden, wodurch man sehr unterschiedliche Wände mit unterschiedlichen Energieleistungen bekommen kann.



3 | Schema des Holzstapelbaus.



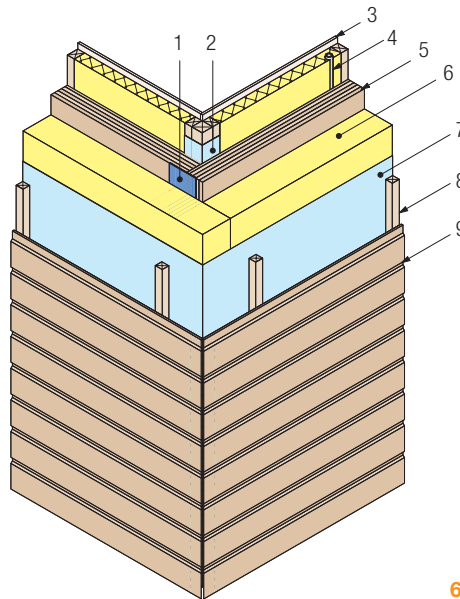
Wegen ihrer besonderen Eigenschaften ist die Bauweise nur für Wohnungen und leichte Konstruktionen mit höchstens einem Geschoss geeignet. Darüber hinaus ist eine etwaige Anpassung nach Ablauf der Arbeiten praktisch unmöglich. Die Integration diverser Ausstattungen (Elektrizitätsversorgung, Wasserzulauf und -ablauf, Domotik, Heizung) in die Balken erfordert schließlich eine vorausgehende komplette und genaue Studie.

### 1.3 Pfähle-Balkensystem

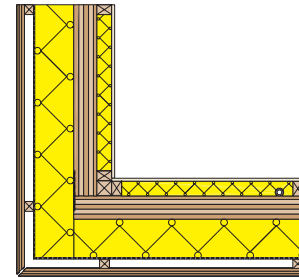
Bei diesem System wird eine große offene Struktur gebaut, die aus einer begrenzten Anzahl tragender Elemente mit einem großen Querschnitt besteht: Die vertikalen Elemente (Pfähle) werden gemäß einem Raster in regelmäßigen und relativ großen Abständen (von 0,9 m bis einigen Metern) voneinander angeordnet und, mittels horizontaler Elemente (Balken), horizontal miteinander verbunden. Die Decken- und Dachbelastungen wirken zusammen auf diese zwei Elemente, die optimal zusammengesetzt und dimensioniert werden müssen.

Die Pfähle und Balken bestehen aus massivem oder lamelliertem Holz. Genau wie beim Holzstapelbau wird immer häufiger Brettschichtholz verwendet, weil dadurch kleinere Querschnitte mit einer größeren Dimensionsstabilität kombiniert werden können. Mit diesem Holztyp lassen sich zugleich größere Spannweiten realisieren. Die Hauptstruktur wird mit Füllwänden ergänzt, die entweder zum Teil zwischen den Pfählen eingefügt oder längs der Innen- als auch der Außenseite angebracht werden können.

Die Windbelastung wird entweder durch



- |                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. Zusätzliche Luftsperrschicht | 5. Mehrschichtige Massivholzplatte |
| 2. Alternative Anbringung von 1 | 6. Dämmung                         |
| 3. Innenverkleidung             | 7. Regensperre                     |
| 4. Technisches Leitungsrohr     | 8. Lattung                         |
|                                 | 9. Fassadenverkleidung aus Holz    |



6 | Beispiel einer Wand aus mehrschichtigen Platten.

die Steifigkeit der Verbindungen, durch das Anbringen von Andreaskreuzen oder durch das Auffüllen von einigen Wänden aufgenommen. Obwohl diese Wände keine Tragwände sind, können sie dennoch zur Steifigkeit des Gebildes beitragen. Die Pfähle können eine Geschosshöhe hoch sein oder können sich über die gesamte Gebäudehöhe erstrecken. Die Pfähle und Balken können ggf. ununterbrochen durchlaufen, aus einem Querschnitt oder zwei oder sogar drei Querschnitten sein. Dank dieser verschiedenen möglichen Aufbauten kann man zahlreiche Befestigungsarten anwenden (Holz auf Holz oder Nutzung von Metallprofilen).

Wegen ihrer großen Volumen und Öffnungen ist diese Bauweise vor allem für (manchmal komplexe) Industrie-, Tertiär- und Schulungsgebäude gefragt.

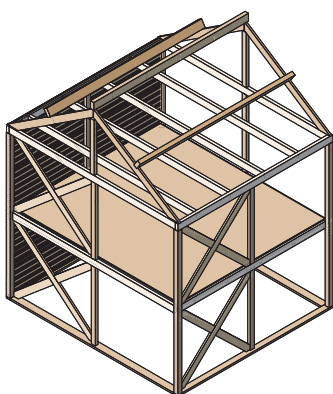
### 1.4 Mehrschichtige Massivholzplatten

Dieser Konstruktionstyp nutzt mehrschichtige Platten, die aus gekreuzt aufeinander geklebten oder genagelten Platten aufgebaut sind, die wiederum aus miteinander geklebten Massivholzplanken bestehen. Die Anzahl der verwendeten Planken hängt von der gewünschten Anwendung und Dicke ab. Die vorgefertigten Platten bieten dank ihres Aufbaus viele Vorteile wie z.B.:

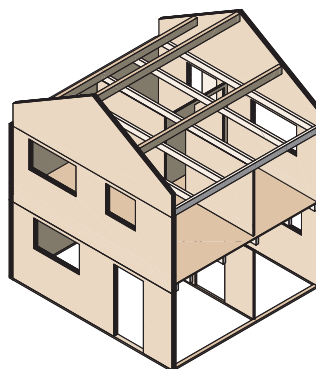
- eine Verringerung der Dimensionsverformungen
- eine erhöhte Steifigkeit, wodurch sie, im Gegensatz zum Pfähle-Balkensystem, Belastungen in alle Richtungen aufnehmen können (man bezeichnet dies als den „Segeleffekt“ der Platte)
- eine von der Anzahl der Schichten abhängige Feuerbeständigkeit.

Die Abmessungen der Platten werden so gewählt, dass möglichst wenig vertikale Fugen in den Wand- und Fassadenelementen realisiert werden müssen. Alle vorgesehenen Tür- und Fensteröffnungen werden werkseitig aus den Platten gesägt.

Die Ecken der Wände werden aus Platten aufgebaut, die rechtwinklig aneinander gesetzt und danach in der Richtung des Plattenquerschnitts aneinander geschraubt werden. Bei der Realisierung der Decken verbindet man zwei Platten in derselben Ebene mithilfe längs der Oberseite angebrachten Holzdecklatten, einer Nut-Federverbindung mit loser Feder oder einer Verbindung auf halber Holzdicke.



4 | Schema des Pfähle-Balkensystems.



5 | Schema der mehrschichtigen Massivholzplatten.



Diese Bauweise lässt eine große Freiheit und Diversität zu und nutzt einfache Bestandteile. Sie findet ferner Berücksichtigung bei der Realisierung von großen Auskragungen.

Durch die großen Plattenabmessungen braucht man auf der Baustelle nur wenige Elemente zusammenzufügen, wodurch der Aufbau schneller erfolgen kann. Diese Platten müssen gegenwärtig jedoch noch in Belgien importiert werden und können wegen ihrer Abmessungen nur mithilfe von Hebewerkzeugen montiert werden.

Dieses Bausystem eignet sich sowohl für den Wohnungsbau als auch für gewerbliche und sozialpädagogische Gebäude.

## 2 Von der Konformität zur Perfektionierung

Der Holzbau konnte in den letzten Jahren mit den Leistungen von Systemen aus schwerem Mauerwerk gleichziehen und schaffte so zahlreiche Missverständnisse aus der Welt. Dieser Konstruktionstyp entwickelte sich seitdem unaufhörlich. Vor allem dessen Entwurf und Montage machten deutliche Fortschritte und wurden ein Stück komplexer, wodurch beides gegenwärtig eine umfassende technische Sachkenntnis erfordert. Auch die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Holzbaus erhielten starken Rückenwind. Die Schalldämmung und der Sommerkomfort, zwei hauptsächlich auf die Gebäudemasse zurückzuführende Schwachpunkte, wurden in Angriff genommen.

Diese zwei Leistungen wurden, zusammen mit einer Reihe anderer Leistungen, in der neuen EU-Verordnung Nr. 305/2011 über die Vermarktung von Bauprodukten festgelegt (auch als Bauproduktenverordnung bezeichnet, siehe S. 8-9). Diese Verordnung legt sieben Basisanforderungen fest, die im Folgenden systematisch aufgeführt werden. Wir besprechen in diesem WTB-Kontakt, wie man diese verschiedenen Anforderungen beispielsweise beim Errichten einer Trennwand kombinieren muss.

### 2.1 Mechanische Festigkeit und Stabilität (siehe S. 22-27)

Dieser Artikel behandelt einerseits die Dimensionierung von Balkendecken und andererseits die Abstandsregeln und minimal einzuhaltenden Abstände für laufende Verbindungen (z.B. Nägel, Holzschrauben, Kopfschrauben, Klammern, ...). Beide Regeln

werden in einer Tabelle und praktischen Schemas zusammengefasst, die die Anforderungen des Eurocode 5 verdeutlichen.

### 2.2 Brandschutz (siehe S. 19-21)

Es ist nicht mehr außergewöhnlich, neben freistehenden Einfamilienhäusern, auch Reihenhäuser, Appartements und Bürogebäude aus Holz zu errichten. Diese Gebäude müssen jedoch strenge Feuerbeständigkeitsanforderungen und -bestimmungen erfüllen. Dieser Artikel gibt eine Übersicht von den neuen gesetzlichen Vorschriften (seit 1. Dezember 2012 in Kraft getreten) und insbesondere von den Anforderungen im Zusammenhang mit dem Brandverhalten und dem Feuerwiderstand. Abschließend gibt der Artikel Empfehlungen für die Ausführung und Entwurfsdetails, mit denen sich die Anforderungen erfüllen lassen.

### 2.3 Hygiene, Gesundheit und Umwelt (siehe S. 8-9 und 12-15)

Die Materialien, die bei den verschiedenen Bausystemen eingesetzt werden, können einen direkten Einfluss auf die Umwelt und unsere Gesundheit haben. Um diese Einflüsse zu beschränken, ist eine Reihe von Maßnah-

men empfehlenswert. Die CE-Kennzeichnung verpflichtet die Hersteller von Multiplexplatten, ihre Produkte in Bezug auf die Emission von Schadstoffen aus der angewandten Verklebung in die Innenluft strenger zu kontrollieren (besonders Formaldehyd, Pentachlorphenol bzw. PCP und flüchtige organische Verbindungen bzw. FOV im Allgemeinen).

Die Haltbarkeit von Holz kann manchmal nur garantiert werden, wenn es eine Schutzbehandlung erhält. Hierbei muss man sowohl das Haltbarkeitsprodukt als auch die Behandlungsmethode sachkundig auswählen. Das Produktsortiment, aus dem man wählen kann, wurde jedoch seit der Einführung der REACH-Reglementierung, die die Nutzung von bestimmten Produkten in Europa verbietet, stark eingeschränkt. Die Wahrscheinlichkeit ist darüber hinaus groß, dass diese Liste mit verbotenen Produkten in der Zukunft noch erweitert werden wird.

### 2.4 Nutzungssicherheit und Zugänglichkeit (siehe S. 28)

Es ist nicht selbstverständlich, eine Türschwelle mit guten Energieleistungen zu realisieren, die auch für Personen mit beeinträchtigter Bewegungsfähigkeit einfach und gut zugäng-





lich ist. Dadurch dass die Außenwände immer dicker werden, vergrößert sich der Abstand zu den Fensterdrehgriffen, wodurch auch sie schwieriger zu erreichen sind. Dieser Artikel liefert diesbezüglich mögliche Denkanstöße.

## 2.5 Schalldämmung (siehe S. 16-18)

In den meisten europäischen Ländern wurden die akustischen Anforderungen anhand der Leistungen von Gebäuden aus schwerem Mauerwerk aufgestellt. Diese wurden ausgehend von der Beurteilung von Akustikleistungen höher als 100 Hz festgelegt. Gegenwärtig wird es aber zunehmend notwendig, dass auch niedrigere Akustikleistungen Berücksichtigung finden. Geräusche mit Frequenzen von weniger als 100 Hz sind für die Gebäude-nutzer mindestens genauso hörbar, und ganz sicher bei Holzkonstruktionen. Denn bei diesem Konstruktionstyp ist es nicht einfach, bei niedrigen Frequenzen genauso gute Akustikleistungen wie bei Gebäuden aus schwerem Mauerwerk zu erreichen.

## 2.6 Energieeinsparung und Wärmedämmung (siehe S. 10-11 und 28)

Wir besprechen die Bauknoten bei Holz-

bauwerken und die Art und Weise, diese PEB-konform zu machen. Die Artikel gehen außerdem auf den Sommerkomfort bei diesen Konstruktionen ein und weisen auf die Bedeutung der Ausführungsdetails von Schreinerarbeiten (wie z.B. Fenstern) hin. Wenn man für das gesamte Gebäude gute Leistungen erzielen möchte (vor allem für die Luft- und Wasserdichtheit und die Wärmedämmung) muss man die Verbindungen zwischen dem Fenster und der Holzkonstruktion mit der notwendigen Sorgfalt ausführen.

## 2.7 Nachhaltige Nutzung von natürlichen Rohstoffen (siehe S. 29-30 und 12-15)

Trotz seiner vielen ökologischen Vorteile (Niedrigenergiekonstruktion, Nutzung von erneuerbaren Rohstoffen, ...) muss man die Anwendung des Holzbaus dennoch gut überlegen, um dessen Vorteile maximal nutzen zu können. Der Artikel auf der Seite 29 und 30 präsentiert die Ergebnisse einer vollständigen Lebenszyklusanalyse, wobei die Vorteile des Holzbaus gegen die einer Konstruktion aus schwerem Mauerwerk abgewogen werden. Wer Holzkonstruktionen nachhaltig anwenden möchte, muss die Verwendung von Holz aus einem lokalen und nachhaltigen

Abbau ebenso wie eine Behandlung und Unterhaltung erwägen, die an die vorgesehene Nutzung des Gebäudes angepasst sind.

Feuchtigkeit ist die Ursache für eine große Anzahl von Schadenfällen bei Holzbau. Es ist deshalb unentbehrlich, das Gebäude optimal zu entwerfen und eine effiziente Regendichtung und Feuchtigkeitssperre vorzusehen, um die Kondensation im Inneren der Wände auszuschließen. Es empfiehlt sich deshalb, leistungsfähige Materialien und Schutzbehandlungen zu wählen, eine gute Koordination der Arbeiten sicherzustellen und über eine gründliche Kenntnis der Technologien zu verfügen.

Mit der Hinzufügung dieser siebten und letzten Anforderung empfiehlt die Bauproduktenverordnung Holz noch mehr als Strukturmaterial. Durch die Einführung der CE-Kennzeichnung (siehe S. 8-9) soll der Anwender sich außerdem vergewissern können, dass die Holzelemente den Anforderungen der europäischen Normen entsprechen.

Der Holzbausektor hat diese Konformität mit den Basisanforderungen jedoch nicht abgewartet, um für eine Weiterentwicklung der Materialien und Ausführungstechniken zu sorgen. Es gibt gegenwärtig keine einzige technische Einschränkung mehr, um Holz für Bauwerke zu nutzen. Besser noch: Der Holzbau ist hinsichtlich dieser Anforderungen nicht länger lediglich ‚konform‘, er übertrifft diese und kann sehr hohe Leistungen hinsichtlich Temperatur, akustischem Komfort, Stabilität und Brandverhalten, ... liefern.

## 3 Ein Blick in die Zukunft

Die immer strengeren Anforderungen auf dem Gebiet der Energieeinsparung (Nullenergiegebäude) und die nachhaltige Entwicklung prophezeien dem Holzbau eine rosige Zukunft und ein weiteres Wachstum. Diese Entwicklung wird außerdem aufgrund des demografischen Wachstums gedeihen, die mit einer unverändert verfügbaren Wohnfläche einhergeht. Dadurch, dass das Relief des Untergrunds bei Holzbau kaum eine Rolle spielt, lässt er sich auch in Zonen anwenden, die für andere Bauweisen so gut wie nicht möglich sind. In stark bevölkerten Zonen kann der Holzbau schließlich bei bestehenden Gebäuden zur Hinzufügung von Stockwerken dienen, ohne dass dafür eine Verstärkung der darunter liegenden Konstruktion erforderlich ist. ■





# CE-Kennzeichnung von Bauelementen aus Holz

Bauwerke müssen so entworfen werden, dass sie weder die Sicherheit der Bewohner in Gefahr bringen, noch der Umwelt Schaden zufügen. Sie müssen deshalb einer nationalen Regelung genügen, die einen direkten Einfluss auf die Vorschriften für Bauprodukte ausübt. Um einen Wildwuchs an nationalen Bestimmungen zu vermeiden und eine mögliche Behinderung des Handelsverkehrs innerhalb der Europäischen Union zu verhindern, erließ der Rat im Dezember 1988 die Richtlinie 89/106/EEG (allgemein als Bauproduktenrichtlinie oder BPR bezeichnet). Diese Richtlinie wurde im April 2011 ersetzt durch die Verordnung Nr. 305/2011 (allgemein als Bauproduktenverordnung oder BPV bezeichnet).

## Auswirkungen der BPV?

Die Bauproduktenverordnung erlegt Bauprodukten nicht länger sechs, sondern sieben Basisanforderungen auf. Diese Anforderungen betreffen Vorschriften für die mechanische Festigkeit, den Brandschutz, die Gesundheit und die Sicherheit von Personen, den Schutz der Umwelt, den Schutz gegen Lärm, die Energieeinsparung und die Dauerhaftigkeit.

Die BPV weist eine Besonderheit auf: Während ihr Anwendungsgebiet nur Bauprodukte betrifft, gelten die grundlegenden Vorschriften für das fertig gestellte Bauwerk und nicht für die eigentlichen Bauprodukte. Die angewendeten Bauprodukte müssen mit anderen Worten stets an ihre vorgesehene Nutzung innerhalb des fertig gestellten Gebäudes angepasst sein. Bei der Vermarktung von Bauprodukten muss der Hersteller diese versehen mit:

- einer Leistungserklärung, die die Konformitätserklärung der BPR ersetzt und die Leistungen des Bauproduktes für jede der fundamentalen Eigenschaften wiedergibt (mechanische Festigkeit, Brandverhalten, ...)
- einer CE-Kennzeichnung, mit der der Hersteller zu erkennen gibt, dass sein Produkt den erklärten Leistungen entspricht.

Weitere Infos hierzu finden Sie auf der WTB-Website ([www.wtb.be/go/ce](http://www.wtb.be/go/ce)).

Spezifisch für den Holzbau müssten die Bauproduktenverordnung – und die CE-Kennzeichnung, die damit einhergeht – den freien Verkehr der Holzprodukte fördern, indem auf jedem Label deutlich und eindeutig die technischen Leistungen angegeben sind. Die CE-Kennzeichnung wird somit zum Pass für Holzprodukte. Diese Information, die allen Unternehmen gemein ist, muss sowohl



1 | Beispiel einer CE-Kennzeichnung, die auf dem Element selbst angebracht wurde.

den Vorschreibern als auch den gewerblichen und privaten Anwendern Referenzen und Garantien bieten, ohne deswegen den Wettbewerbsgeist zu beeinträchtigen. Diese eindeutig ausgedrückten Eigenschaften sollten auch die Anwendung der Eurocodes vereinfachen und insbesondere die des Eurocodes 5, der den Entwurf und die Dimensionierung von Holzkonstruktionen beschreibt.

## Ab wann ist die CE-Kennzeichnung obligatorisch vorgeschrieben?

Die BPV, die im April 2011 in Kraft trat, sah eine Reihe von Übergangsmaßnahmen vor, um dem Sektor Zeit zu geben, sich anzupassen. Bestimmte Artikel und Anhänge gelten hierdurch erst ab 1. Juli 2013.

Das Datum, ab dem die CE-Kennzeichnung für Bauelemente aus Holz obligatorisch wird, wird demzufolge je nach Dauer der Übergangszeit variieren. Abbildung 2 (S. 9) führt das jeweilige Datum auf, an dem die CE-Kennzeichnung für die wichtigsten Holzelemente und Elemente auf Holzbasis, die beim Holzbau verwendet werden, obligatorisch wurde. Elemente aus Holz, die man auch bei Mauerwerkskonstruktionen antreffen kann, wurden nicht in dieses Schema aufgenommen.

## CE-Kennzeichnung von tragendem Bauholz mit rechteckigem Querschnitt

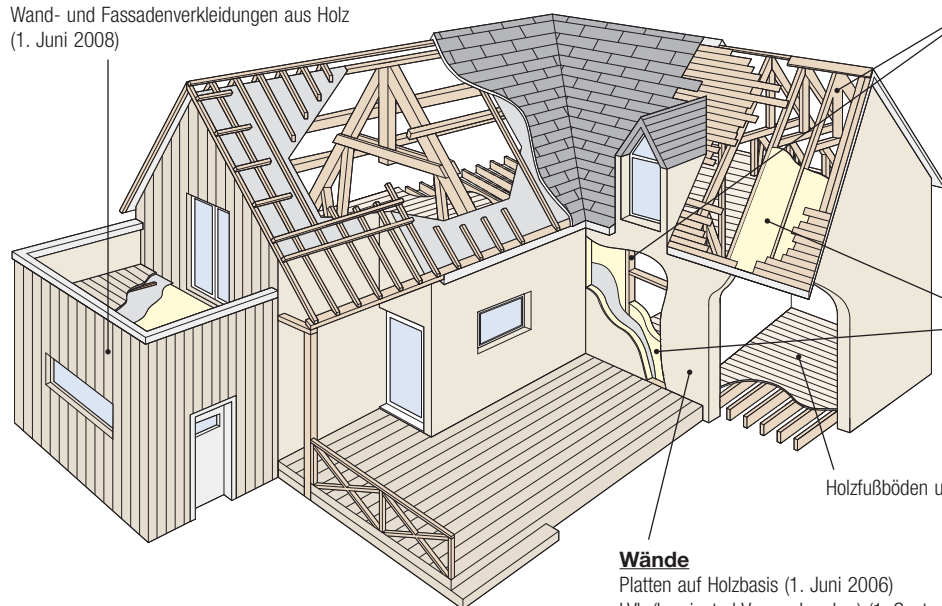
Die Vielfalt an verfügbaren Holzarten und -güten sorgt dafür, dass man zahlreiche Holzarten mit unterschiedlichen Festigkeiten kombinieren kann. Diese möglichen Kombinationen sollen darüber hinaus jeweils verschiedene mechanische Eigenschaften aufweisen, wodurch die Entwurfsberechnungen für Holztragwerke etwas erschwert werden.

Dank eines Systems von Festigkeitsklassen lassen sich Holzarten mit ähnlicher mechanischer Festigkeit in Gruppen einteilen, wodurch sie sich in mechanischer Hinsicht untereinander austauschen lassen. Der Planer kann auf diese Weise eine spezifische Festigkeitsklasse vorschreiben und anschließend die charakteristischen Festigkeitswerte dieser Klasse (Biegefestigkeit, Zugfestigkeit, ...) bei seinen Entwurfsberechnungen verwenden.

Die Norm NBN EN 338 gibt die Festigkeitsklassen für tragendes Bauholz mit rechteckigem Querschnitt (siehe Tabelle) an. So steht der Buchstabe C für Nadelholz und der Buchstabe D für Laubholz. Die Zahl hinter den Buchstaben bezieht sich auf die charakteristische Biegespannung. Wenn eine Laubholzart nicht der niedrigsten Festigkeitsklasse (D30) genügt, wird das Holz in der Klasse C untergebracht (dies ist beispielweise für Pappeln der Fall).



Wand- und Fassadenverkleidungen aus Holz  
(1. Juni 2008)



### Tragkonstruktion

Brettschichtholz (1. Dezember 2012)  
Tragendes Bauholz mit rechteckigem Querschnitt (1. Januar 2012)  
Vorgefertigte tragende Bauteile mit Nagelplattenverbindungen (1. November 2010)  
Leichte zusammengefügte Balken und Säulen auf Holzbasis (16. Oktober 2004)

### Dämmung

Wärmedämmprodukte aus Holzfasern (1. September 2010)  
Wärmedämmprodukte aus Holzwolle (1. September 2009)

Holzfußböden und -parkette (1. März 2010)

### Wände

Platten auf Holzbasis (1. Juni 2006)  
LVL (Laminated Veneer Lumber) (1. September 2006)  
Leichte selbsttragende Platten (1. November 2006)  
Vorgefertigte tragende Wände aus Holzskelett (1. November 2007)

### Holzbau

Holzskelettbauapakete (24. Mai 2004)  
Holzstapelbauapakete (28. Februar 2005)

2 | Jeweiliges Datum, an dem die CE-Kennzeichnung für verschiedene Elemente aus Holz obligatorisch vorgeschrieben wurde.

Man benutzt zwei Methoden zum Ermitteln der Festigkeitsklasse einer Holzart gemäß der Norm NBN EN 14081:

- die visuelle Methode. Bei dieser wird das von Nadelbäumen stammende tragende Bauholz gemäß einer visuellen Klassifizierung eingeteilt, die aus folgenden Klassen besteht: S4, S6, S8 und S10 (nach der Norm NBN B 16-520). Diese stimmen jeweils mit den Festigkeitsklassen C16, C18, C24 und C30 überein. Wir weisen darauf hin, dass die deutsche Klasse S10 mit der belgischen Klasse S8 übereinstimmt. Zur Vermeidung von Fehlern ist es empfehlenswert, sich auf die entsprechenden C- und D-Klassen zu beziehen (Klassen, die bei der CE-Kennzeichnung angegeben werden). In Belgien existiert kein visuelles Klassifizierungssystem für einheimische und tropische Laubholzarten, die für tragendes Bauholz verwendet werden

- die automatische Kontrollmethode, die die Festigkeitsklasse direkt angibt.

Die CE-Kennzeichnung von tragendem Bauholz ist erforderlich, um auf unmissverständliche und sichtbare Weise die Festigkeit von Holz zu erkennen und um im Streitfall ermitteln zu können, wer für die Zuerkennung dieser Leistungen verantwortlich war.

Es sind zwei Kennzeichnungsmethoden möglich: eine Kennzeichnung pro Stück oder pro Paket (\*). Tragendes Bauholz, das visuell klassifiziert wird, darf nach der einen oder anderen Methode gekennzeichnet werden (außer beim Vorliegen von etwaigen nationalen Einschränkungen in dem Land, in dem sich der Kunde befindet). Tragendes Bauholz, das automatisch klassifiziert wird, muss dagegen stets pro Stück gekennzeichnet werden.

Die CE-Kennzeichnung von tragendem Bauholz mit rechteckigem Querschnitt ist, wie in der Norm NBN EN 14081 angegeben, seit dem 1. Januar 2012 obligatorisch vorgeschrieben. Nach dieser Norm muss man die folgenden wesentlichen Produktmerkmale angeben: die mechanische Festigkeit (Festigkeitsklasse), die Stabilität, die Dauerhaftigkeit (natürliche Haltbarkeit oder geforderte Schutzbehandlung) und das Brandverhalten.

Für weitere Informationen über die CE-Kennzeichnung von tragendem Bauholz verweisen wir auf die Broschüre „Le marquage CE des bois de structure à section rectangulaire et le classement pour leur résistance“ von F. Deneufbourg, M. Defays und H. Frère (steht auf der Website [www.houtinfo Bois.be](http://www.houtinfo Bois.be) zum Download bereit). ■

Beispiel für Festigkeitsklassen für tragendes Bauholz nach der Norm NBN EN 338.

| Eigenschaft                                               | Festigkeitsklasse |     |     |     |     |          |     |     |     |      |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|------|
|                                                           | Nadelholz         |     |     |     |     | Laubholz |     |     |     |      |
|                                                           | C16               | C18 | C24 | C30 | C40 | D30      | D40 | D50 | D60 | D70  |
| Biegefestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]                      | 16                | 18  | 24  | 30  | 40  | 30       | 40  | 50  | 60  | 70   |
| Axiale Druckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]               | 16                | 18  | 21  | 23  | 26  | 23       | 26  | 29  | 32  | 34   |
| Mittlerer axialer Elastizitätsmodul [kN/mm <sup>2</sup> ] | 8                 | 9   | 11  | 12  | 14  | 10       | 11  | 14  | 17  | 20   |
| Mittlere Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]                      | 370               | 380 | 420 | 460 | 500 | 640      | 700 | 780 | 840 | 1080 |
| Visuelle Klasse                                           | S4                | S6  | S8  | S10 | –   | –        | –   | –   | –   | –    |

(\*) Die Norm NBN EN 14081 definiert den Begriff des Pakets als „Holz einer gegebenen Festigkeitsklasse, einer gegebenen Holzart oder Kombination von Holzarten, und eines gegebenen Querschnitts oder einer Kombination von Querschnitten, bestimmt zur Nutzung in einer gegebenen Struktur, klassifiziert von einem gegebenen Team, das an einen gegebenen Kunden zu liefern ist“.



# Energieleistungen von Holzbauwerken

**Gebäude mit Holzwänden bieten hinsichtlich der Energieleistungen eine Reihe von Vorteilen. Wir erläutern den möglichen Gewinn in diesem Artikel im Licht der sich ständig weiterentwickelnden thermischen Regelung. Ferner geben wir auch eine Anzahl konkreter Beispiele für PEB-konforme Bauknoten und besprechen schließlich im Detail den Sommerkomfort.**

Seit 2006 haben die verschiedenen Regionen unseres Landes eine Regelung für die Energieleistungen und das Raumklima von Neubauten (PEB) eingeführt. Um diesen Vorschriften zu genügen, darf der U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) der Wände nicht höher als ein Grenzwert ( $U_{\max}$ -Wert) sein, der von jeder Region gesondert festgelegt wurde und auf ihren jeweiligen Websites zu finden ist (siehe [www.normes.be](http://www.normes.be), Rubrik „Energie et climat intérieur“). Diese Grenzwerte unterliegen einer stetigen Veränderung. Zum Veröffentlichungszeitpunkt dieser Nummer liegt der Grenzwert für Fassaden und Dächer bei etwa  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  (siehe Tabelle A für die exakten Werte). Unter dem Druck der europäischen Regelung werden die Wärmebestimmungen in unserem Land zukünftig weiter verschärft werden. So werden um das Jahr 2020 nur noch Gebäude für Neubauten zugelassen werden, die einen quasi Nullenergieverbrauch aufweisen. Auch der Sektor der Renovierung ist davon betroffen, in dem ebenfalls die Anforderungen erhöht werden.

Da die Regelung im Zusammenhang mit den Energieleistungen immer strenger wird, werden die erforderlichen Dämmdicken vermutlich noch stärker zunehmen. So ist es nicht unwahrscheinlich, dass der Grenzwert für den Wärmedurchgangskoeffizienten von opaken Außenwänden in den kommenden zehn Jahren noch weiter gesenkt wird, und zwar bis auf eine Größenordnung von  $0,15\text{-}0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  (d.h. dieselben Werte wie für Passivhäuser). In der Region Brüssel-Hauptstadt werden ab 2015 sogar Leistungsniveaus für alle Neubauvorhaben obligatorisch vorgeschrieben, die mit dem Passivstandard vergleichbar sind.

## Merkmale und Vorteile von Holzbauwerken

Im Zusammenhang mit der oben umrissenen schnellen Erhöhung des globalen Wärmedämmniveaus von Gebäuden wird, sowohl bei Neubau als auch Renovierung, der Leistung der Gebäudehülle immer mehr Beachtung geschenkt. Angesichts dessen, dass

Holz ein relativ schlechter Wärmeleiter ist ( $\lambda \approx 0,13$  bis  $0,17 \text{ W/mK}$ ) und die meisten Holzkonstruktionen durch eine Hohlstruktur gekennzeichnet sind, eignet sich diese Bauweise hervorragend für die Realisierung von hochwertig wärmegedämmten Gebäuden. Im Falle des Holzskelettbau kann der Raum zwischen den Pfosten sogar vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt werden.

Anpassungsfähige Dämmstoffe (wie z.B. Mineralwolle, Holzwole oder Zellulose), die in der Form von halbsteifen Platten oder eingblasenen Flocken installiert werden, können die Hohlräume zwischen den Holzelementen grundsätzlich am besten ausfüllen. Durch das Anbringen einer zusätzlichen Dämmschicht an der Innen- und/oder Außenseite der Wand kann der Wärmewiderstand noch weiter erhöht werden und können die thermischen Schwachpunkte in Höhe der Pfosten begrenzt werden. Diese zusätzlichen Schichten können außerdem auf einfache Weise ununterbrochen ausgeführt werden. Man kann die Wärmeverluste im Zusammenhang mit den

Pfosten dadurch vermindern, dass man stattdessen Elemente mit einem I-förmigen Querschnitt verwendet. Auf diese Weise wird der Holzanteil in der Wand begrenzt (der Anteil von Holz bezogen auf die Dämmung). Für die zusätzliche Dämmung können steife Dämmplatten mit einem relativ guten  $\lambda$ -Wert (z.B. Polyurethan (PUR) oder Resol (RF)) verwendet werden (Größenordnung:  $0,020 \text{ W/mK}$ ).

Bei der Wahl der Materialien für die Außenwände muss man den Wasserdampfdiffusionswiderstand der jeweiligen Schichten berücksichtigen und, falls erforderlich, an der warmen Seite der Dämmung eine geeignete Dampfsperre anbringen, um so eine innere Kondensation zu vermeiden. Mithilfe von Simulationsmodellen (z.B. mit der Methode von Glaser für die Berechnung des Wasserdampfdrucks) kann untersucht werden, ob die Gefahr einer Kondensation durch Dampfdiffusion besteht und, falls zutreffend, die Art der Dampfsperre ermittelt werden. Es bestehen auch dynamische Simulationsmodelle, mit denen man das hygrothermische Verhalten der Wände untersuchen kann. Wir merken in diesem Zusammenhang an, dass die Luftdichtheit der Wand ein bestimmender Faktor ist, da die meisten Feuchtigkeitsprobleme den Luftströmen durch die Gebäudehülle hindurch zuzuschreiben sind. Wenn man die oben erwähnten Maßregeln (bzw. mögliche Kombinationen davon) ergreift, kann man mit dem Holzskelettbau recht einfach U-Werte von etwa  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  und globale K-Werte von etwa  $K_{30}$  erreichen.

**A** | Maximale U-Werte für opake Wände und Dächer gemäß der gegenwärtigen Wärmeverordnung in den verschiedenen Regionen unseres Landes.

| Region                    | $U_{\max} [\text{W/m}^2\text{K}]$ |                              |
|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|                           | Opake Außenwände                  | Dach                         |
| Wallonische Region        | 0,32                              | 0,27                         |
| Region Brüssel-Hauptstadt | 0,4                               | 0,3                          |
| Flämische Region          | 0,32 (ab dem 01.01.14: 0,24)      | 0,27 (ab dem 01.01.14: 0,24) |

Bei ein und demselben Dämmniveau wird die Dicke einer Tragkonstruktion aus Mauerwerk oder Beton jedoch stets größer sein als beim Holzskelettbau.

Der Holzskelettbau wird bei der Renovierung auch immer häufiger in Form von beispielsweise vorgefertigten Platten angewendet, die an einer bestehenden Fassade angebracht werden und die sogar werkseitig mit Außenschreinerarbeiten und/oder Installationen versehen werden können.

Schließlich stellt auch die Kombination einer schweren Tragkonstruktion (die eine zusätzliche thermische Trägheit verleiht, die für den Sommerkomfort verteilt ist) mit gut gedämmten, leichten Holzplatten als Außenwand eine interessante Option dar. Diese hybride Bauweise wird immer häufiger angewendet, insbesondere bei Tertiärgebäuden wie Bürobauten.

## Bauknoten

Die PEB-Verordnung schreibt vor, dass bei der Ermittlung der K- und E-Niveaus die Wärmeverluste durch Bauknoten berücksichtigt werden. Bauknoten sind Orte in der Gebäudehülle, wo verschiedene Wände aufeinandertreffen (Verbindung zwischen einem Fenster und dem Mauerwerk, Verbindung am Mauerfuß) und wo die Dämmschicht örtlich unterbrochen ist (Säule, Punktverankerung, Balkon, ...).

In der PEB-Verordnung wurde festgelegt, wie man den Einfluss der Bauknoten auf den Wärmedurchgangskoeffizienten durch Transmission bestimmen muss. Hierbei hat man drei Methoden zur Auswahl. Die gängigste Methode (Option B: die Methode der PEB-konformen Bauknoten) für Holzskelettbau sieht einen kleinen Pauschalzuschlag auf das K-Niveau für wärmebrückenarme (PEB-konforme) Bauknoten vor.

Ein Bauknoten ist PEB-konform, wenn er mindestens eine dieser Bedingungen erfüllt:

- Die Energieleistungen des Knotens sind höher als ein bestimmter Grenzwert ( $\psi \leq \psi_{e,lim}$ )
- Der Knoten entspricht mindestens einer der Grundregeln für ein wärmebrückenarmes Detail.

Man wird in erster Linie danach streben, den Bauknoten PEB-konform zu machen, indem man ihn eine der Grundregeln erfüllen lässt. Für weitere Informationen hierzu kann man das [Dossier du CSTC Nr. 2010/3.16](#) heranziehen.

## B | Thermische Kennwerte von möglichen Holzskelettbaudämmschichten und gängigen Baumaterialien.

| Eigenschaft                   | $\rho$ [kg/m³] | c [J/kgK] <sup>(1)</sup> | $\lambda$ [W/mK]     | C [J/m²K] <sup>(2)</sup> |
|-------------------------------|----------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| Dämmstoffe                    |                |                          |                      |                          |
| Mineralwolle                  | 30             | 1.030                    | 0,035 <sup>(3)</sup> | 4.326                    |
| Zelluloseflocken              | 45             | 1.600                    | 0,040 <sup>(3)</sup> | 10.080                   |
| Holzfaserplatte               | 160            | 2.000                    | 0,039 <sup>(3)</sup> | 15.400                   |
| Baumaterialien <sup>(4)</sup> |                |                          |                      |                          |
| Holz                          | 550            | 1.600                    | 0,13                 | 112.760                  |
| (Voller) Ziegelstein          | 2.100          | 1.000                    | 0,81                 | 294.000                  |
| Beton (armiert)               | 2.500          | 1.000                    | 1,7                  | 350.000                  |

<sup>(1)</sup> Diese c-Werte wurden der Norm NBN EN ISO 10456 entnommen.

<sup>(2)</sup> Die Werte für C wurden unter der Annahme einer Schichtdicke von 14 cm berechnet.

<sup>(3)</sup> Richtwerte.

<sup>(4)</sup> Diese  $\lambda$ -Werte stammen aus dem PEB-Transmissionsreferenzdokument.

## Sommerkomfort

Der Sommerkomfort von Gebäuden mit leichten Außenwänden, wie beim Holzskelettbau, wird häufig infrage gestellt. Denn durch die relativ geringe Masse der Wände und der Decken haben diese Gebäude eine niedrigere thermische Trägheit als Massivkonstruktionen. Dies muss jedoch nicht notwendigerweise zu einem erhöhten Überhitzungsrisiko führen. Wenn das Gebäude korrekt entworfen und errichtet wurde und man die nachstehend aufgeführten Grundprinzipien berücksichtigt, kann man auch mit dem Holzskelettbau problemlos einen guten Sommerkomfort realisieren.

Obwohl der Aufbau und die Ausführungsqualität der Außenwände einen sicheren Einfluss auf den Sommerkomfort haben, sind vor allem die verglasten Flächen in der Gebäudehülle und das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Sonnenschutzes entscheidende Faktoren. Denn große verglaste Flächen bewirken – im Vergleich zu opaken Wänden – einen viel größeren Zutritt von Wärme (Sonnenstrahlung) in die Innenräume, die dann nicht mehr längs des gleichen Wegs entweichen kann (Treibhauseffekt). Die erste und wesentlichste Maßnahme für einen guten Sommerkomfort besteht dann auch darin, die verglaste Fläche auf das für eine zufrieden stellenden Tageslichtzutritt nötige Minimum zu beschränken und einen leistungsfähigen, vorzugsweise anpassbaren, Sonnenschutz vorzusehen. Dieser Sonnenschutz dient einem zweifachen Ziel: Er lässt Sonnenenergie im Winter und in den Zwischensaisonen zu (Nutzung der passiven Sonnengewinne, Beschränkung des Verbrauchs von fossilen Brennstoffen) und reduziert den Wärmezutritt während des Sommers auf ein Minimum.

Die restliche Wärme, die in den Raum während des Sommers eindringt (durch die verglasten Partien oder durch die Wände hindurch) muss weitestgehend durch die nächtliche Lüftung abgeführt werden. Hierfür müssen die erforderlichen Vorkehrungen getroffen werden (z.B. zu öffnende Schreinerarbeiten, Anbringung von einbruchhemmenden Gitterrosten).

Schließlich spielt auch die Wärmekapazität der umliegenden Elemente (z.B. Wände, Fußböden, ...) eine Rolle. Denn dieser Parameter beeinflusst die Entwicklung der Innentemperatur. Je höher die Wärmekapazität eines Gebäudes ist, desto träger wird die Temperatur in den Räumen steigen und desto träger wird diese Temperatur nach einem warmen Zeitraum sinken. Die Wärmekapazität einer Wand wird durch ihre Dichte und die Wärmekapazität c der Materialien bestimmt, aus der sie zusammengesetzt ist. Holzskelettwände werden wegen ihrer beträchtlich niedrigeren Masse diesbezüglich eine weniger gute Leistung liefern als massive Wände aus schwerem Mauerwerk oder Beton.

Obwohl die Anwendung von Materialien mit einer hohen Wärmekapazität und einer großen Dichte einen günstigen Effekt auf den Sommerkomfort hat, muss deren Auswirkung nuanciert werden. Denn diese ist im Vergleich zu den anderen oben erwähnten Faktoren begrenzt. Es ist demzufolge wichtiger die Wärme nicht herein zu lassen (verglaste Fläche beschränken und Sonnenschutzvorrichtung vorsehen) und die hereinkommende Wärme möglichst schnell herauszuleiten (nächtliche Lüftung).

Für weitere Informationen zum Sommerkomfort in leichten Bauten wie geneigten Dächern verweisen wir auf das [Dossier du CSTC Nr. 2010/3.6](#). ■

# Feuchtebeherrschung bei Holzbauten

Feuchtigkeit kann bei praktisch allen Bautypen die Ursache für viele Schadenfälle sein. Im Falle des Holzskelettbau ist es jedoch noch wichtiger, die Feuchtigkeit in Grenzen zu halten, wenn man eine gute Haltbarkeit gewährleisten möchte.

Wenn bei Holz ein Feuchtegehalt von mehr als 20 % vorliegt, können sich Schimmelpilze entwickeln. Diese sorgen für eine drastische Schwächung der mechanischen Leistungen des Holzes und können sogar das Versagen des Bauelementes zur Folge haben.

Auch bei Dämmstoffen kann ein zu hoher Feuchtegehalt die Wärmeleistungen verringern und die Ursache für einen Pilz- oder Bakterienbefall sein. Bei bestimmten Dämmstoffen, und insbesondere bei eingeblassenen Zelluloseflocken, kann ein zu hoher Feuchtegehalt zu Setzungen führen, wodurch Wärmebrücken im obersten Teil der Wände entstehen können.

Feuchtigkeit, die in offenzelligen, porösen, faserhaltigen oder hygroskopischen Materialien (wie Holz) eingeschlossen wird, bewirkt außerdem eine Verringerung der Wärmeleistungen. So beträgt die Wärmeleitfähigkeit von Nadelholz 0,12 W/mK bei einem Feuchtegehalt von 15 %. Die Dämmkapazität wird um 15 bis 40 % sinken, wenn der Feuchtegehalt des Materials höher als 20 % ist. Eine zu hohe Feuchtigkeit in einem porösen oder faserhaltigen Bauelement kann außerdem eine beträchtliche Quellung hervorrufen. Dies kann zu mechanischen Schwächungen führen, die beispielsweise örtliche Einbrüche in Höhe der Plattenbefestigungen zur Folge haben können (\*).

Feuchtigkeit bewirkt schließlich eine zusätzliche Belastung an geklebten Bauelementen (z.B. in Höhe der Verbindungen und in Brettschichtholz). Es ist deshalb auch wichtig, dass man bei der Wahl der Verklebungstypen die erwartete Exposition des Bauelementes berücksichtigt. Man kann sich in diesem Zusammenhang, falls erforderlich, für eine höhere Verklebungsqualität entscheiden (WBP: *weather & boil proof*).

Durch die Einhaltung einiger Entwurfs- und Ausführungsprinzipien für Holzbau, auf die nachstehend eingegangen wird, lassen sich Konstruktionen mit guten Langzeitleistungen realisieren.

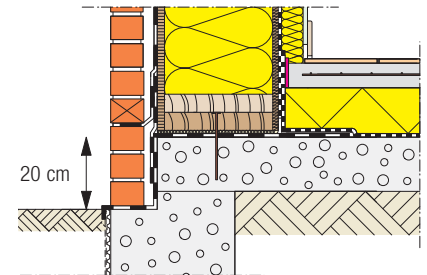
## 1 Mauerfüße gegen aufsteigende Feuchtigkeit schützen

Man muss eine kapillarbrechende Membran zwischen den Holzteilen und den anderen Elementen des Rohbaus (z.B. zwischen einer Fundamentplatte aus armiertem Beton und der Holzschwelle) anbringen. Die Durchgängigkeit dieser Membran (die meistens aus mehreren Teilen besteht) muss durch eine 10 cm breite Klebverbindung oder eine Überlappung von 20 cm sichergestellt werden. Es ist diesen Überlappungen in den Ecken, unter den Estrichen, an den Mauerfüßen, an den Anschlüssen der Türen usw. besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Diese Membran ist in der Regel eine 2 bis 3 mm dicke, bituminöse Membran, eine Polyethylen- oder Polypropylenfolie oder Elastomerfolie vom Typ EPDM. Man kann auch andere Materialien verwenden, sofern diese die Anforderungen in Bezug auf die Wasserdichtheit (mindestens 10 kPa nach der Norm NBN EN 1928), die Haltbarkeit (nach den Normen NBN EN 1296 und 1928) und die Reißfestigkeit (nach der Norm NBN EN 12310-1) erfüllen.

Man muss eine Sicherheitshöhe von mindestens 20 cm zwischen dem fertig gestellten Außenbodenniveau und der Schwelle vorsehen (siehe Abbildung 1). In bestimmten Fällen kann es trotzdem ratsam sein, diese Höhe zu vergrößern (z.B. in Überschwemmungsgebieten). Es ist auf jeden Fall streng verboten, Holzwände unter dem fertig gestellten Außenbodenniveau zu realisieren.

## 2 Ausreichenden Schutz gegen Witterungseinflüsse bieten

Die Fassadenabdichtung wird mittels eines Systems mit dräniertem Hohlraum (z.B. bei einer Ziegelsteinverblendung, einer Fassadenverkleidung aus Holz, ...) oder durch eine längs der Außenseite anzubringenden Dichtungssperre (z.B. bei geklebten Bekleidungen



1 | Geforderte Sicherheitshöhe zwischen dem fertig gestellten Außenbodenniveau und der Schwelle.

ohne Hohlraum, Putz auf Außendämmung, ...) sichergestellt. Bei diesem letzten System darf das Wasser auf keinen Fall die Dichtungssperre durchdringen können. Durch im Labor durchgeführte Versuche muss nachgewiesen werden können, dass die Wasserdichtheit bei Luftdruckunterschieden von mindestens 600 Pa gewährleistet ist (gemäß Methode A aus der Norm NBN EN 12865). Bei Vorhandensein von Fassaden, die dem Schlagregen (in Abhängigkeit von ihrer Höhe und Orientierung) besonders ausgesetzt sind, muss die Dichtheit auch für noch größere Luftdruckunterschiede garantiert werden.

Wir weisen darauf hin, dass die äußerste Sperre (z.B. das Sichtmauerwerk) eines Hohlraumsystems nicht vollständig dicht sein kann. Das Wasser, das durch die äußere Wandschale dringt, wird längs der Rückseite dieser Wandschale abtropfen. Man muss folglich dafür sorgen, dass dieses Wasser in Höhe jeder Hohlraumunterbrechung (Fassadenfüße, oberhalb von Schreinerarbeiten, ...) nach außen abgeführt wird. Bei Holzbauten ist es empfehlenswert, den Hohlraum zu belüften. Die Verbindungen zwischen der Außenfassade und dem Holzskelett müssen außerdem jede Wasserübertragung auf das Letztere verhindern. Hierzu bringt man die Hohlraumhaken bezogen auf die Fassade mit einer (leichten) Neigung an und/oder verwendet Haken mit einer Abtropfkante. Wenn die Außenfassade Öffnungen aufweist (z.B. mit

(\*) Für weitere Informationen über Durchbrüche kann man das [Dossier du CSTC Nr. 2009/3.8](#) 'Les panneaux de bois et leurs applications' heranziehen, das angibt, welcher Plattentyp in Abhängigkeit des Feuchterisikos empfehlenswert ist.

kleinen Öffnungen versehene Verkleidung), muss die Regensperre ausreichend UV-beständig sein und die erforderliche Überlappung aufweisen (10 oder 15 cm) oder über eine wasserdichte Verbindung verfügen (z.B. ausreichend tiefe Nut und Feder).

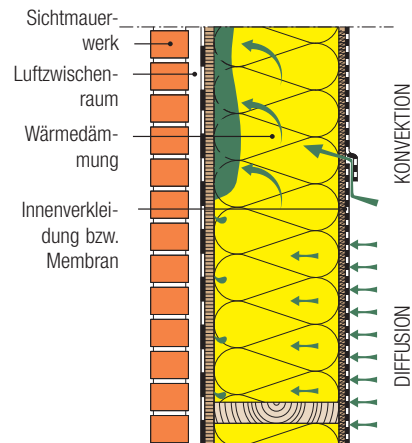
Obwohl die Platten, die in der Regel als Regensperre angewendet werden, gegen abströmendes Wasser beständig sind und dank ihrer Zusammensetzung auch einen wirksamen Schutz gegen Feuchtigkeit aufweisen, bieten sie keinen Schutz gegen Schlagregen. Es ist deshalb wichtig, dass die Außenfassade und/oder die zusätzliche Wasserabdichtungsmembran möglichst schnell angebracht werden. Es ist ebenfalls empfehlenswert, feuchtigkeitsempfindliche Dämmstoffe erst

nach der Anbringung der Außenfassade anzubringen.

### 3 Interne Kondensation in der Wand vermeiden

Die Nutzung einer Wohnung durch vier Personen erzeugt eine Feuchtigkeitsmenge in Form von Dampf von 5 bis 15 kg pro Tag. Bei Wohnräumen wird die Dampfübertragung in kalten Zeiträumen von innen nach außen stattfinden. Diese Übertragung geht mit einem Risiko der internen Kondensation in der Wand einher (siehe Abbildung 2). Um dieses Risiko zu verringern, kann man eine Reihe von Maßnahmen treffen, die nachstehend besprochen werden.

### 2 | Kondensationsrisiko in einer Holzskelettwand bei einer mangelhaften Luftdichtheit.



#### A | Beispiele für Größenordnungen der $\mu$ - und $\mu_d$ -Werte von einigen gängigen Materialien.

| Material                              | Dicke              | $\mu$      | $\mu_d$ oder $S_d$ |
|---------------------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Luft (Referenz)                       | 1 m                | 1          | 1 m                |
| Gipsplatte                            | 13 mm              | 4 bis 10   | 0,05 bis 0,13 m    |
| OSB                                   | 1,2 cm             | 30 bis 170 | 0,4 bis 2 m        |
| Mehrschichtsperrholz                  | –                  | 50 bis 250 | –                  |
| Glaswolle                             | 40 cm              | 1          | 0,4 m              |
| Holzfasерplatte                       | 1,2 cm             | 5 bis 10   | 0,06 bis 0,12 m    |
| Zellulose (lose)                      | 20 cm              | 2          | 0,4 m              |
| Ziegelstein                           | 20 cm              | 10 bis 16  | 2 bis 3,2 m        |
| Polyethylen                           | 0,15 mm<br>0,15 mm | 100.000    | 15 m               |
| Membran mit variabler Durchlässigkeit | 0,2 mm             | –          | 0,25 bis 10 m      |
| Bitumen                               | 4 mm               | 50.000     | 200 m              |

### WASSERDAMPFDURCHLÄSSIGKEIT

Man kann die Wasserdampfdiffusion von Materialien mit zwei Größen charakterisieren:

- dem  $\mu$ -Wert, der angibt, in welchem Maße das Material einen Widerstand gegen Wasserdampfdiffusion bietet. Dies ist eine Größe ohne Einheit, die dem Material eigen ist. Platten auf Holzbasis haben in der Regel einen  $\mu$ -Wert zwischen 30 und 250, während Polyethylensperren (Kunststoffolie, die als Dampfsperre eingesetzt wird) einen  $\mu$ -Wert von 100.000 haben
- dem  $\mu_d$ - oder  $S_d$ -Wert, der jeweils den Widerstand einer bestimmten Schicht gegen Wasserdampfdiffusion quantifiziert. Bei diesem Wert wird nicht nur das Material, sondern auch die Schichtdicke berücksichtigt. So wird eine 0,1 mm dicke Polyethylenfolie beispielsweise einen Dampfdiffusionswiderstand von 10 m ( $100.000 \times 0,0001 \text{ m} = 10 \text{ m}$ ) aufweisen, während eine 18 mm dicke Holzplatte einen  $\mu_d$ - oder  $S_d$ -Wert zwischen 0,9 und 3,6 haben wird. Je höher die Werte für  $\mu_d$  und  $S_d$  sind, desto höher ist die Undurchlässigkeit für Wasserdampf. Das Vorhandensein von Unterbrechungen (z.B. nicht festgeklebte Verbindungen) wird jedoch den wirklichen  $\mu_d$ - und  $S_d$ -Wert stark beeinflussen. Die Tabelle A gibt die Größenordnungen für die  $\mu_d$ - und  $S_d$ -Werte von gängigen Materialien an.

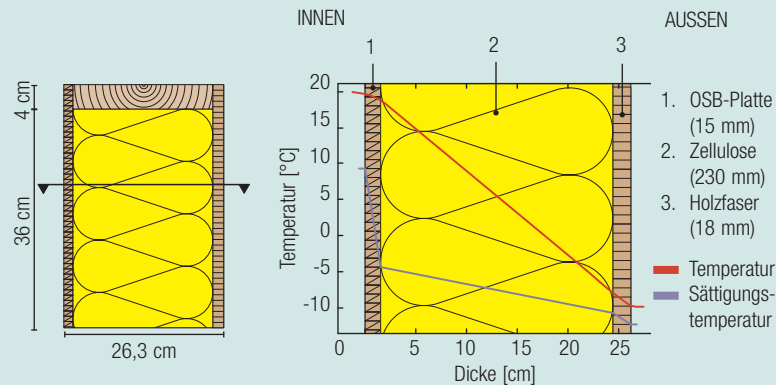
Einige Materialien weisen stark unterschiedliche Wasserdampfdichtheitsleistungen auf. Diese Unterschiedlichkeit hängt nicht nur vom Produkt, sondern auch von der relativen Feuchte der Luft ab, in der es aufbewahrt wird. Um das hygrothermische Verhalten einer Wand zu kontrollieren oder im Allgemeinen eine gute Materialwahl zu treffen, ist es empfehlenswert, eine Sicherheitsmarge für  $\mu_d$  und  $S_d$  vorzusehen oder zertifizierte Werte beim Materiallieferanten anzufordern. Man muss in erster Linie dafür sorgen, dass die Wasserdampfdurchlässigkeit der Bestandteile der Wand in einer steigenden Linie von innen nach außen verläuft. Daneben gibt eine Faustregel an, dass das Verhältnis zwischen dem Wasserdampfdiffusionswiderstand der Schichten an der warmen Seite des Dämmstoffs und dem an der kalten Seite mindestens 6 und vorzugsweise 15 beträgt. So kann man beispielsweise nur eine 15 mm dicke OSB-Platte an der Außenseite anbringen (kalte Seite des Dämmstoffes), wenn man eine Dampfsperre mit einem  $\mu_d$ - oder  $S_d$ -Wert von höher als 13,2 oder sogar 33 m vorsieht. Dies wird jedoch mit den üblichen Dampfsperren für den Holzskelettbau nur äußerst schwierig zu realisieren sein.

Die Abbildung 3 auf der folgenden Seite gibt ein Beispiel einer Wandzusammensetzung an, bei der die steigende Durchlässigkeit von innen nach außen ebenso wie das empfohlene Verhältnis (6 bis 15) eingehalten wurde.

Wenn die erwähnten Kriterien nicht eingehalten werden, muss man eine vollständige hygrothermische Studie ausführen, die die genaue Zusammensetzung der Wand, die hygrothermischen Eigenschaften der Materialien, das Raum- und Außenklima, ... berücksichtigt.



**3 | Beispiel einer Wandzusammensetzung, bei der die steigende Durchlässigkeit von innen nach außen ebenso wie das empfohlene Verhältnis zwischen 6 und 15 eingehalten wurde.**



Eine solche Studie ist auch erforderlich, wenn ein Putz auf Dämmstoff mit der Holzskelett-konstruktion kombiniert wird. Es besteht vor-erst keine belgische technische Zulassung für ETICS, die auf eine Holzskelettkonstruktion aufgebracht wurden. Diese Techniken erfor-dern weitergehende Untersuchungen und eine gute Überwachung der Ausführung sowie eine gründliche Materialkontrolle.

Schließlich erfordert auch der Aufbau eines Kompaktdaches eine eingehende hygrother-mische Studie und strenge Ausführungsbedingungen (siehe [Les Dossiers du CSTC Nr. 2012/2.6](#)).

**3.1 Dampftransport durch Konvektion vermeiden**

Der Schaden, der aus dem Dampftransport durch Konvektion herrührt, ist in der Regel beträchtlich größer als beim Dampftransport durch Diffusion. Die Luftdichtheit der Wand ist mit anderen Worten von äußerster Wichtigkeit.

der Wand ausschlaggebend. Bei Wohnge-bäuden ist es empfehlenswert, eine Raum-klimaklasse 1 oder 2 aufrechtzuerhalten, was einer Temperatur in der Größenordnung von 20 °C und einem relativen Feuchtigkeitsgrad zwischen 30 und 60 % entspricht. Diese Kli-matypen lassen sich einfach erreichen, wenn die Räume ausreichend beheizt und ständig gelüftet werden.

für Parkett  $H_{\text{Holz}}$ :  $10 \pm 2 \%$ , für Fassadenverkleidungen  $H_{\text{Holz}}$ :  $17 \pm 1 \%$ , für Fenster:  $H_{\text{Holz}}$ :  $15 \pm 3 \%$  und für das Skelett  $H_{\text{Holz}} < 18 \%$ ).

Um den Feuchtigkeitsgrad der Produkte beherrschen zu können, sind eine strikte Organisation (Lagerung, Transport, ...) und Produktkontrolle vor der Anbringung uner-lässig.

**3.2 Dampftransport durch Diffusion vermeiden**

Man muss eine Dampfsperre auf der Innenseite der Wand (d.h. an der warmen Seite des Dämmstoffes) anbringen. Im Idealfall sorgt man dafür, dass die Wasserdampfdurchlässigkeit der Schichten, aus denen die Wand besteht, systematisch von innen nach außen zunimmt. Hierdurch kann der Wasserdampf, der durch eine Schicht gedrungen ist, seine Migration – bei gleichzeitig begrenztem Risiko einer internen Kondensation – nach außen fortsetzen.

**3.4 Den Anfangsfeuchtegehalt der Holzkonstruktion möglichst stark begrenzen**

Man kann diesen Feuchtegehalt dadurch be-schränken, dass die Bauphasen so aufeinander abgestimmt werden, dass das Holzskelett keine Möglichkeit erhält, durch die Wetterver-hältnisse feucht zu werden. Die Vorfertigung bietet in dieser Hinsicht oft interessante Lö-sungen. Es ist auch darauf Acht zu geben, dass die verwendeten Materialien einen etwa ausgeglichenen Feuchtigkeitsgrad haben, um einerseits zu vermeiden, dass die Wän-de schon während der Bauphase befeuchtet werden könnten und um andererseits Proble-me der Dimensionsinstabilität zu vermeiden (Quellung, Schwind, Verformung, ...) (z.B.

**4 Die Haltbarkeit der Elemente hinsichtlich Schimmelpilze und Insekten gewährleisten**

Es ist zwischen der Haltbarkeit von Holz be-züglich Schimmelpilze und bezüglich Insek-ten zu unterscheiden.

Das Risiko des Befalls durch Insekten ist nicht nur von der Holzart abhängig, sondern auch von der geografischen Zone, in der das Holz zum Einsatz kommt. Angesichts dessen, dass dieses Risiko in unseren Regionen vorhanden ist, muss man entweder eine Holzart mit einer ausreichenden Resistenz anwenden oder das Holz mit einer Schutzbehandlung versehen. Da die Nadelbaumarten, die im Allgemeinen für den Holzbau verwendet werden, nicht über die natürliche Resistenz verfügen, müssen sie stets eine Schutzbehandlung gemäß der STS 04.3 (Behandlung vom Typ A1) erhalten.

**3.3 Ein möglichst günstiges Raumklima erzeugen**

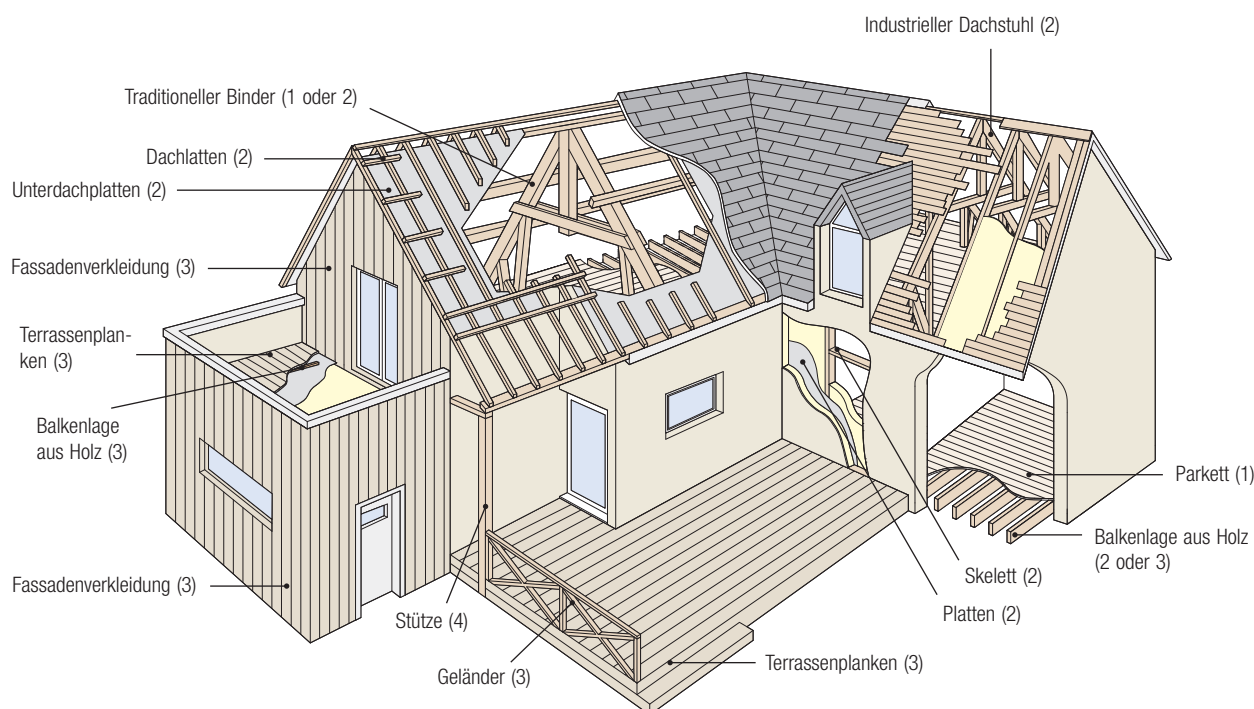
Das Raumklima ist für den Dampfdruck an

**C | Gebrauchsklassen für Holz in Abhängigkeit seiner Dauerhaftigkeit bezogen auf biologische Risiken.**

| Gebrauchs-<br>klasse | Situation                                                                      | Biologische Risiken |               |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|
|                      |                                                                                | Insekten            | Schimmelpilze |
| 1                    | Innen ( $H_{\text{Holz}} < 20 \%$ ) (*)                                        | Ja                  | Nein          |
| 2                    | Nicht ausgesetzt (manchmal $H_{\text{Holz}} > 20 \%$ ) (*)                     | Ja                  | Gering        |
| 3                    | Den Witterungsverhältnissen ausgesetzt (häufig $H_{\text{Holz}} > 20 \%$ ) (*) | Ja                  | Ja            |
| 4                    | Kontakt mit Süßwasser                                                          | Ja                  | Ja            |
| 5                    | Kontakt mit Salzwasser                                                         | Ja                  | Ja            |

(\*) Der Feuchtegehalt des Holzes ( $H_{\text{Holz}}$ ) wird mit der folgenden Formel bestimmt:  $\left( \frac{\text{Feuchtmasse} - \text{Trockenmasse}}{\text{Trockenmasse}} \right) \times 100$

Um die Haltbarkeit von Holz (oder dem Ma-terial auf Holzbasis) bezüglich des Schim-melpilzbefalls zu bewerten, muss man des-sen Feuchtegehalt (sowie Trocknungs- und Unterhaltungseigenschaften, ...) heranzie-hen. Dieser Gehalt ist von der Umgebung ab-hängig, in der das Holz aufbewahrt werden wird. Die Norm NBN EN 460 definiert fünf Gebrauchsklassen, von denen die fünfte die unvorteilhafteste ist (siehe Tabelle C).



4 | Gebrauchsklassen, die für Wohngebäude am häufigsten verwendet werden. Die Klassen sind in Klammern angegeben.

Abbildung 4 gibt die Gebrauchsklassen an, die für Wohngebäude am häufigsten zur Anwendung kommen.

Anhand dieser Gebrauchsklassen kann man die Holzarten mit der richtigen Resistenzklasse gegen Schimmelpilze auswählen oder andere Holzarten mit einer Behandlung vorsehen. Die Tabelle D gibt an, wie man die Wahl der natürlichen Dauerhaftigkeitsklasse auf die Gebrauchsklasse abstimmen kann (nach der Norm NBN EN 460). Die natürliche Dauerhaftigkeitsklasse des Holzes ist für seine Resistenz gegen Schimmelpilzbefall ausschlaggebend. Diese Klasse ist für jede Holzart unterschiedlich und kann in fünf Kategorien unterteilt werden, von denen die erste die vorteilhafteste ist (siehe Tabelle E).

Die Pfosten und Querhölzer eines Holzskeletts müssen beispielsweise aus Holz mit einer natürlichen Dauerhaftigkeitsklasse von mindestens 3 gefertigt werden. Die Schwelle muss wiederum eine Dauerhaftigkeitsklasse von mindestens 1 oder 2 aufweisen.

Die meisten Holzarten, die beim Holzbau eingesetzt werden, sind Nadelholzarten (z.B. Fichten), die eine natürliche Dauerhaftigkeitsklasse von 4 oder 5 aufweisen. Diese müssen folglich stets eine Schimmelpilzschutzbehandlung vom Typ A2 (siehe STS 04.3) oder, besser noch, vom Typ A3 erhalten. Man muss also berücksichtigen, dass das im Allgemeinen für den Holzbau verwendete Nadelholz, stets eine Schutzbehandlung erhalten muss. Diese muss mindestens

D | Dauerhaftigkeitsklasse von Holz in Abhängigkeit der Gebrauchsklasse.

| Gebrauchs-<br>klasse                                                                     | Dauerhaftigkeitsklasse von Holz (Resistenz gegen Schimmelpilzbefall) |                 |                 |                 |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                                                          | 1                                                                    | 2               | 3               | 4               | 5               |
| 1                                                                                        |                                                                      |                 |                 |                 |                 |
| 2                                                                                        |                                                                      |                 |                 | Je nach Holzart | Je nach Holzart |
| 3                                                                                        |                                                                      |                 | Je nach Holzart |                 |                 |
| 4                                                                                        |                                                                      | Je nach Holzart |                 |                 |                 |
| 5                                                                                        |                                                                      |                 |                 |                 |                 |
| Behandlung nicht erforderlich.    Behandlung wird empfohlen.    Behandlung erforderlich. |                                                                      |                 |                 |                 |                 |

E | Nach ihrer Dauerhaftigkeitsklasse klassifizierte Holzarten.

| Dauerhaftig-<br>keitsklasse | Holzart (Kernholz)                 |                          |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 1                           | Afzelia Doussié, Bilinga, Padouk   | Afromosia, Azobé, Merbau |
| 2                           | Jatoba, Wengé, WRC                 | Eiche, Framiré, Sipo     |
| 3                           | Lärche, Douglas, Movingui, Sapelli | Curupixa, Kiefer         |
| 4                           | Fichte, Tanne                      |                          |
| 5                           | Pappel, Buche                      |                          |

einen Schutz gegen Insekten umfassen (Nutzung an der Innenseite von beheizten Räumen). In den meisten Fällen wird allerdings auch eine Schimmelpilzschutzbehandlung erforderlich sein. Ohne Schutzbehandlung ist dieses Holz sonst zu anfällig.

Auch natürliche Dämmstoffe müssen einen Schutz gegen Schimmelpilze, Insekten und das Bakterienwachstum erhalten. Dämmstoffe auf Zellulosebasis können diese Dauerhaftigkeit nach einer Behandlung mit Borsalzen bekommen (darf ggf. durch andere Produkte ersetzt werden, sofern diese die geforderten Leistungen aufweisen und sie die Anforderungen aus der REACH-Reglementierung für chemische Produkte erfüllen, die man einsehen kann unter der Adresse [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index_en.htm)). ■



# Schalldämmung in Holzskelett- bauten

Es ist relativ einfach, mit dem Holzskelettbau die belgische bauakustische Norm NBN S 01 400-1 für Wohngebäude zu erfüllen. Das bedeutet aber nicht, dass sich mit dieser Konstruktionsmethode gleichzeitig ein ebenso guter Schutzgrad und akustischer Komfort wie dem bei schweren Konstruktionen erreichen lässt. Um diese Zielsetzung zu realisieren, sind akustisch durchdachte Konstruktionen von Nöten. Bei übereinander liegenden Appartements wird es sogar mit solchen relativ komplexen Lösungen nicht immer leicht sein, einen guten akustischen Komfort zu erzeugen.

## 1 Ausreichende Schalldämmung bei niedrigen Frequenzen

Bewohner von Holzskelettbaukonstruktionen, die nicht optimal entworfen wurden, klagen häufiger, dass sie störenden Dröhn-schall (Trittschall), niederfrequente Musikbeats und sonstigen Lärm (Musik und TV) hören, der von den Nachbarn stammt. Die Belästigung scheint vor allem in den niedrigsten Frequenzbändern (< 100 Hz) vorzukommen, die in den heutigen bauakustischen Normen (auch den belgischen) außer Betracht gelassen werden. Denn für schwere Konstruktionen stellen diese sehr niedrigen Frequenzen kein Problem dar.

Um eine gute Schalldämmung bei höheren Frequenzen zu gewährleisten, wendet man häufig die ‚akustische Doppelwandtechnik‘ an. Diese Technik geht jedoch mit einer starken Abnahme der Schalldämmung durch die Resonanz des Masse-Feder-Massesystems einher. Die Frequenz, um die herum diese Erscheinung auftritt, heißt Resonanzfrequenz des Masse-Feder-Massesystems (im Weiteren kurz Resonanzfrequenz genannt). Bei einer gut entworfenen Holzskelettbaukonstruktion sorgt man dafür, dass diese Resonanzfrequenz möglichst niedrig ist und in einem Frequenzgebiet liegt, wo der Schall kaum noch für das menschliche Gehör (< 50 Hz) wahrnehmbar ist. Denn im Vergleich zu dem mittelfrequenten Schall muss das Schallsignal im niederfrequenten Gebiet beträchtlich stärker sein, um für das menschliche Gehör wahrnehmbar zu sein. Aber sobald diese Signale die Hörschwelle überschreiten, werden kleine Lautstärkesteigerungen im niederfrequenten Schall jedoch als viel lauter und störender erfahren.

Es werden zukünftig neue Einzahlangaben in Kraft treten, die die globale Schalldämmung (ausgehend von einem Schalldämmspektrum) unter Berücksichtigung der niedrigen

Frequenzen charakterisieren. Dies heißt, dass die belgischen Leistungsanforderungen aus den Normen einer bedeutenden Änderung unterzogen werden. In Erwartung dieser Einzahlangaben geben wir nachstehend eine Reihe von Maßnahmen an, die man ergreifen kann, um den akustischen Komfort der vertikalen Holzskelettgrenzwände bei niedrigen Frequenzen wesentlich zu verbessern.

## 2 Schalldämmung zwischen Reihenhäusern

### 2.1 Akustische Kriterien und Feuerwiderstand von Grenzmauern zwischen Reihenhäusern

In Abbildung 1 werden zwei Strukturen miteinander verglichen. Die Struktur in Abbildung 1a ist sehr viel weniger leistungsfähig (17 dB!) als die Struktur in Abbildung 1b, und zwar insbesondere bei den niedrigen Frequenzen (wie sie z.B. vom ‚Woofer‘ eines Musikklautesprechers abgestrahlt werden). Dies ist vor allem durch das Aufeinanderfolgen der schmalen Hohlräume zwischen den Platten bedingt und den hiermit einhergehenden Hohlraumresonanzen im Bereich zwischen 50 und 200 Hz (siehe Abbildung 3).

Damit sich für die Resonanzfrequenz des Masse-Feder-Massesystems ein Wert unterhalb von 50 Hz ergibt, ist ein breiter mittiger Hohlraum erforderlich und müssen die Platten von der Hohlraumseite zur Innenseite hin verschoben werden (siehe Abbildung 1b).

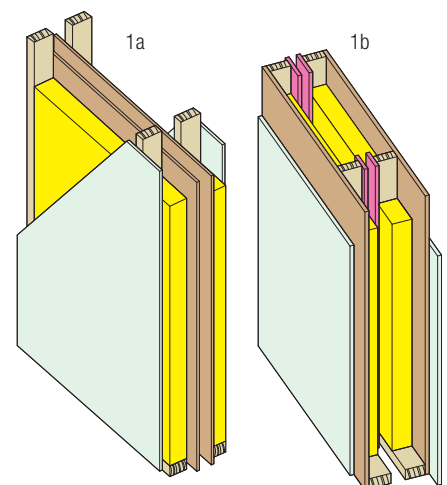
Mit der Wand 1b kann man eine sehr hohe Schalldämmung erzielen, die nahezu mit der von einer 30 cm dicken gegossenen Betonwand übereinstimmt. Diese verbesserte Holz-skelettwand wurde jedoch aus genau den gleichen Materialien wie die Wand 1a aufgebaut.

Die Grenzmauer zwischen zwei einzelnen Wohnungen muss außerdem Brandschutzanforderungen erfüllen, um die Brandausbreitung in das Nachbargebäude zu verhindern (siehe Abbildung 2, S. 17). So muss sie – auch beim Zusammenbruch der dem Brand ausgesetzten Konstruktion – einen Feuerwiderstand REI 60 aufweisen (\*).

Jeder Teil der Grenzmauer muss mit anderen Worten einen Feuerwiderstand REI 60 gegen einen Brand in einer angrenzenden Wohnung aufweisen. Wenn sich auf beiden Seiten des Hohlraums keine Platten befinden, sind die Wandpfosten nicht geschützt und werden somit schneller karbonisieren (siehe S. 19-21). Dadurch kann die Wand bei Brand ihre Tragfähigkeit schneller verlieren.

Eine Art und Weise, die akustischen Kriterien mit den Feuerwiderstandsanforderungen in Einklang zu bringen, kann darin bestehen, die sich auf beiden Seiten des Hohlraums befindenden Platten an die Innenseite der Wohnung zu verschieben (siehe Abbildung

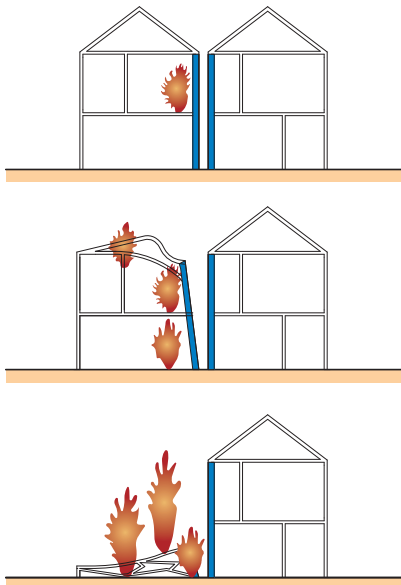
1 | Traditionelle Holzskelettwand (1a) und mögliche Lösung zur Verbesserung der Schalldämmung einer Grenzmauer (1b).



(\*) Empfehlung des Conseil supérieur de la sécurité contre l'incendie et l'explosion ‚CS/1352/10/04 – Maison unifamiliale‘, Mai 2010.



## 2 | Einsturz eines Einfamilienreihenhauses, das aus strukturellen Elementen mit einem unterschiedlichen Feuerwiderstand aufgebaut ist.



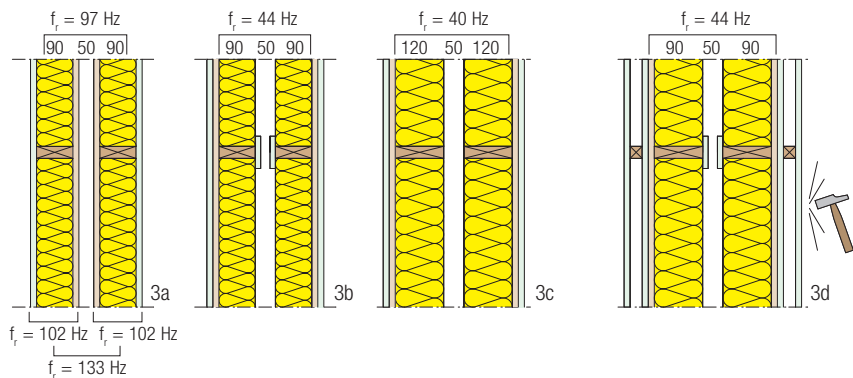
gen 3b und 3c) und die Räume zwischen den Pfosten von jeder Wand mit Steinwolle auszufüllen, um zu vermeiden, dass die Pfosten karbonisieren (Steinwolle hat eine Schmelztemperatur von etwa 1100 °C). Außerdem muss man auch eine der folgenden Maßnahmen ergreifen:

- entweder die Pfosten mit Schutzplatten (z.B. Faserzementplatten) versehen, um ihre Karbonisation auf der Seite des Hohlraums zu verlangsamen (und um gleichzeitig die Steinwolle an Ort und Stelle zu halten) (siehe Abbildung 3b)
- oder die Holzpfosten überdimensionieren. Auf diese Weise werden die Pfosten nach der Karbonisation ihrer sichtbaren Seite nach 60 Minuten Brand noch einen ausreichenden Querschnitt haben (siehe Abbildung 3c). Anhand von Feuerwiderstandsprüfungen wurde nachgewiesen, dass eine Wand, die aus 600 mm voneinander angeordneten Pfosten mit einem Querschnitt von 120 x 45 aufgebaut ist, unter bestimmten Umständen (angebrachte Belastung, Hohlraumfüllung mit Steinwolle, Verwendung von Gipsplatten des richtigen Typs und der richtigen Dicke, ...) das REI 60-Kriterium erfüllen kann.

### 2.2 Vermeiden von Aufprallschall an der Grenzmauer

Obwohl die Verwendung einer technischen Vorsatzwand (siehe Abbildung 3d) – wegen

## 3 | Resonanzfrequenz und Zusammensetzungstypen von Holzskelettgrenzmauern.



ihrer breiten mittigen Hohlraums – keinen nennenswerten Einfluss auf die erfahrene Schalldämmung ausüben wird, wird sie dagegen durchaus einen zusätzlichen Schutz gegen Aufprallschall an der Grenzmauer bieten.

Beim Zuschlagen der Türen von Schränken, die an der Wand aufgehängt sind oder stehen, wird die erste Wand der als Doppelwand ausgeführten Grenzmauer zu schwingen anfangen und keine schalldämmende Wirkung mehr haben, sondern als Lärmquelle fungieren. Ohne Anwendung einer technischen Vorsatzwand wird die zweite Wand diesen Lärm nur mit ihrer eigenen Masse (die eher gering ist) und der im Hohlraum vorhandenen porösen Dämmstofffüllung (ohne nennenswerten Beitrag) dämmen können. Eine technische Vorsatzwand würde also in dem Fall ebenfalls eine gute Lösung darstellen.

Der Aufprallschall lässt sich begrenzen, indem man Waschbecken, Duschkabinen und andere Installationen nach Möglichkeit nicht an der Grenzmauer befestigt und dort auch keine Leitungen verlegt. Auch Treppen dürfen nie an der Grenzmauer befestigt werden oder sich an ihr abstützen. Als Alternativlösung kann man die Treppe schwingungsentkoppelt an der Geschossdecke befestigen

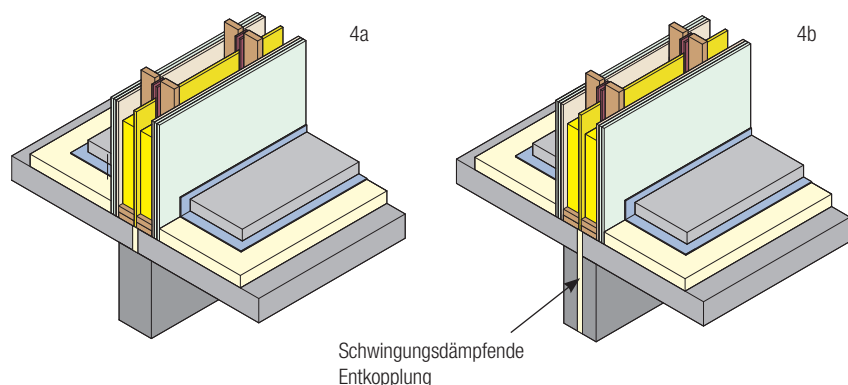
oder besser noch eine selbsttragende Treppe vorsehen, deren Standfestigkeit vollkommen unabhängig von der Grenzmauer ist.

### 2.3 Vorsehen einer schwingungsdämpfenden Entkopplung an der Grenzmauer und den schwimmenden Estrichen des Erdgeschosses

Um die Verbindung zwischen einem Betonfundament und einer Holzgrenzmauer akustisch zu optimieren, sieht man in Höhe des Hohlraums eine schwingungsdämpfende Entkopplung in der Betonplatte vor (siehe Abbildung 4b). Außerdem sieht man auf jedem Stockwerk einen schwimmenden Estrich vor, um eine etwaige Gehschallübertragung zu vermeiden. Die Verwendung einer einfachen 5 mm dicken Akustikmembran kann hierbei ausreichend sein.

### 2.4 Gewissenhafte Ausführung von Fassaden- und Dachdetails sowie Anschlüssen mit der Grenzmauer

Der Lärm dringt nicht nur durch die Grenzmauer von einem Nachbar zum anderen,



## 4 | Verbindungen zwischen der Grenzmauer, der Decke des Erdgeschosses und den Fundamenten.

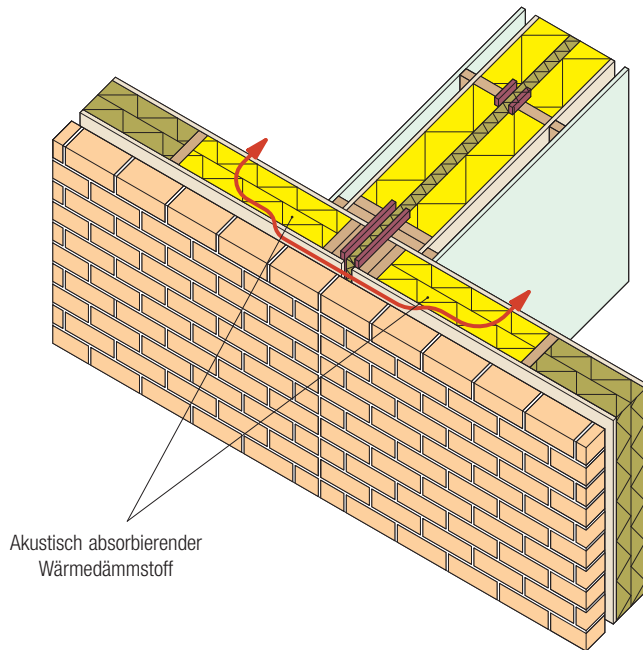
Weitere Informationen über Akustik und Holzskelettbau finden Sie im Kapitel 4 des E-Book ‚Net-Acoustics for Timber based light-weight buildings and elements‘, das per Download verfügbar ist unter:  
[http://extranet.cstb.fr/sites/cost/ebook/EBOOK\\_%20Chapter%204.pdf](http://extranet.cstb.fr/sites/cost/ebook/EBOOK_%20Chapter%204.pdf).

sondern kann auch als indirekter Schall, der sich über die Fassade oder das Dach ausbreitet, in das angrenzende Gebäude gelangen. Das Risiko der indirekten Übertragung des Lärms über die Fassade wird bedeutend größer, wenn ein steifer geschlossenzelliger Dämmstoff verwendet wird. Denn dieser Typ der Wärmedämmung hat keine akustisch absorbierenden Eigenschaften, wodurch sich der Schall in dem Hohlraum ungehindert ausbreiten kann (siehe Abbildung 5).

Um dieses Phänomen zu vermeiden, wird empfohlen, in jedes ‚Feld‘ von mindestens 60 cm Ausdehnung, und zwar auf beiden Seiten der Grenzmauer, eine poröse und offenzellige Wärmedämmung mit akustisch absorbierenden Eigenschaften einzubauen (siehe

Abbildung 5). Aus thermischen Gründen kann es interessant sein, den Raum zwischen den Wänden der Grenzmauer mit einer kompressiblen Dämmplatte, die die Bewegungen der Außenluft im Hohlraum begrenzt, auszufüllen. Diese Platte kann zum Brandschutz der Wand beitragen. In dem Fall wählt man natürlich einen nicht brennbaren Dämmstoff.

Die Dachanschlussdetails für Holzskelettbau können genau so wie die Details für ankerlose Hohlwände ausgeführt werden. Schließlich kann sich der indirekte Schall auch über nicht akustisch gedämpfte Lüftungsgitter ausbreiten. Es empfiehlt sich daher auch in Reihenhäusern, selbst wenn diese sich in einer ruhigen Umgebung befinden, akustisch gedämpfte Gitter anzuwenden.



5 | Um die indirekte Schallausbreitung über die Fassade zu vermeiden, muss man in jedem Feld von mindestens 60 cm Ausdehnung, und zwar auf beiden Seiten der Grenzmauer, eine poröse und offenzellige Wärmedämmung, die akustisch absorbierende Eigenschaften aufweist, anbringen.

### 3 Problematik bei Appartementshäusern

Eine Anzahl kürzlich errichteter europäischer Bauten erbringen den Nachweis, dass man mit einem Holzskelett akustische Leistungen erreichen kann, die mit denen aus schwerem Mauerwerk identisch sind. Die Schalldämmung der Grenzmauer, d.h. in horizontaler Richtung, wurde in diesen Gebäuden hervorragend realisiert (wie dies vorstehend für Reihenhäuser beschrieben wurde).

Wir besprechen in diesem Artikel die akustische Problematik von Appartementshäusern nicht im Detail, sondern beschränken uns auf das Wesentliche. Die große Schwierigkeit liegt hauptsächlich in der Ausführung der Körperschalldämmung in der vertikalen Richtung. Denn es erscheint besonders schwierig, mit holzartigen Decken eine wirksame Körperschalldämmung zu realisieren und einen gleichwertigen Schutz wie bei traditionellen schweren Decken zu erreichen.

Darüber hinaus scheint es auch Probleme mit den Einzulangaben zu geben, die zur Bewertung dieses Komforts herangezogen werden. Denn man muss für holzartige Decken einen beträchtlich höheren Wert als für schwere Konstruktionen verwenden, damit die Bewohner in den Genuss eines gleichwertigen Komforts kommen. Dies ist unter anderem auf den diffuser abgestrahlten Gehschall bei schweren Konstruktionen zurückzuführen, im Gegensatz zum lokal abgestrahlten Schall bei Holzdecken (man kann hören, welchen Weg die Person auf der Holzdecke zurücklegt).

Ziel des Forschungsprojekts DO-IT Houtbouw (siehe S. 31) ist die wirtschaftliche und technische Optimierung von Appartementshäusern. ■

Bis vor kurzem waren in unserem Land Neubauten aus Holz hauptsächlich Einfamilienhäusern und insbesondere offenen Bebauungen (freistehenden Einfamilienhäusern) vorbehalten. Der Brandschutz war lange Zeit ein gewichtiges Argument gegen die Errichtung von Reihenhäusern aus Holz und/oder Holzgebäuden mit mehreren Stockwerken. Dieser Artikel gibt eine Übersicht über die in unserem Land geltenden Feuerwiderstandsanforderungen und spricht einige Empfehlungen für den Entwurf und die Ausführung von Holzskelettkonstruktionen aus, so dass diese die Anforderungen an Mehrfamilienhäuser, Büro- und Schulgebäude usw. erfüllen.

# Brandschutz von Holzbauten

## 1 Grundprinzipien

Das Brandverhalten eines Bauproduktes ist die Gesamtheit von Eigenschaften dieses Produktes, die das Entstehen und die Entwicklung eines Brandes beeinflussen. Das Klassifizierungssystem des Brandverhaltens für Bauprodukte wird in der Norm NBN EN 13501-1 beschrieben. Darin werden sieben Hauptklassen definiert (A1, A2, B, C, D, E und F) und zwei weitere Angaben für die Rauchwicklung (s1, s2 und s3) und die Bildung von brennenden Tropfen und Partikeln (do, d1 und d2) vorgesehen.

Zu den Klassen A1 und A2 gehören die nicht brennbaren Produkte (beispielsweise Beton, Stahl), während die Klasse F für die nicht geprüften Produkte oder Produkte gilt, die die leichteste Prüfung für die Klasse E nicht bestanden. Diese europäische Klassifizierung ersetzt die belgische Klassifizierung (Ao, A1, A2, A3 und A4).

Von seiner Zusammensetzung her (hauptsächlich Kohlenstoff) ist Holz ein brennbares Material. Ohne flammhemmende Be-

handlung wird Holz im Allgemeinen unter spezifischen Bedingungen in Klasse D klassifiziert.

Der Feuerwiderstand ist die Fähigkeit eines Bauelementes während einer bestimmten Dauer seine tragende und/oder raumabschließende Funktion aufrechtzuerhalten. Das Klassifizierungssystem des Feuerwiderstands für Bauelemente ist in der Norm NBN EN 13501-2 beschrieben, in der der Feuerwiderstand in Minuten ausgedrückt wird, wobei davor ein oder mehrere Buchstaben stehen, die sich auf die Hauptkriterien beziehen (siehe Tabelle). Es werden unter anderem die Kriterien Tragfähigkeit (R), Feuerundurchlässigkeit (E) und Wärmedämmung (I) unterschieden.

Im Gegensatz zur vorherrschenden Meinung ist Holz, neben einem brennbaren Material, auch ein Material mit einem guten Feuerwiderstand. Denn die relativ langsame und gleich bleibende Karbonisation von Holz bildet eine Art Schutzschicht für den verbleibenden Querschnitt, der dadurch seine mechanischen Eigenschaften behalten kann.

## 2 Regelung und Feuerwiderstandsanforderungen für Bauelemente

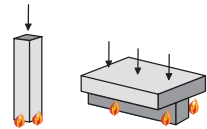
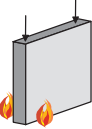
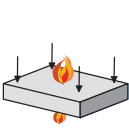
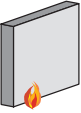
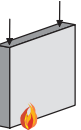
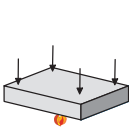
Der Königliche Erlass vom 7. Juli 1994 und seine Änderungen (\*) legen die Brandschutzanforderungen fest, denen Neubauten entsprechen müssen. Zu diesem KE gehören sieben Anhänge, darunter Anhang 2 für niedrige Gebäude ( $h < 10$  m), Anhang 3 für mittlere Gebäude ( $10 \text{ m} \leq h \leq 25$  m), Anhang 4 für hohe Gebäude ( $h > 25$  m) und Anhang 6, der spezifisch für Industriegebäude bestimmt ist.

Die kürzliche Überarbeitung des Königlichen Erlasses (in Kraft seit dem 1. Dezember 2012) ergab für die belgische Reglementierung einige wichtige Anpassungen. Die Feuerwiderstandsanforderungen werden zukünftig gemäß den europäischen Klassen ausgedrückt. Die alte belgische Klassifizierung (Rf) ist somit nicht länger anwendbar (nach einer Übergangszeit von 4 Jahren wird die belgische Klassifizierung ganz entfallen).

In Belgien variieren die auferlegten Feuerwiderstandsanforderungen für strukturelle Elemente und Abteilungsdecken im Allgemeinen im Bereich von 30 bis 120 Minuten. In den meisten Situationen, die man in der Praxis in mehrgeschossigen Holzgebäuden (bis zu mittleren Gebäuden) antrifft, hat sich für die Bauelemente aus Holz ein Feuerwiderstand von 60 Minuten (R 60 oder REI 60) als ausreichend erwiesen.

Daneben können die Regionen, die Gemeinschaften und die Föderalen Öffentlichen Dienste (FÖD) zusätzliche Texte erlassen, die diesen KE mit Grundnormen ergänzen, um somit dem spezifischen Charakter von bestimmten Gebäuden Rechnung zu tragen. Die Vorschriften des KE vom 7. Juli 1994 sowie die Regelung und die geltenden Texte sind auf der Website der Normen-Außenstelle Brandverhütung des WTB verfügbar (siehe [www.normes.be/feu](http://www.normes.be/feu)).

Klassifizierung des Feuerwiderstandes in Abhängigkeit des Bauelementtyps.

| Funktion                                                     | Stützen und Träger                                                                  | Vertikale Wände                                                                     | Decken                                                                              |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Nicht raumabschließendes, tragendes Element:<br>Kriterium R  |  |  |  |
| Raumabschließendes, nicht tragendes Element:<br>Kriterium EI |                                                                                     |  |                                                                                     |
| Raumabschließendes und tragendes Element:<br>Kriterium REI   |                                                                                     |  |  |

(\*) Die Königlichen Erlasse vom 19.12.1997, 04.04.2003, 13.06.2007, 01.03.2009 und 12.07.2012.



### 3 Entwurf und Ausführung von feuerbeständigen Holzbauelementen

#### 3.1 Feuerwiderstand von Decken und Wänden aus Holz

Die Feuerwiderstandsleistungen von Bauelementen aus Holz müssen anhand von Folgendem bescheinigt werden:

- entweder einem Klassifizierungsbericht gemäß der Norm NBN EN 13501-2, nach der Durchführung von einem oder mehreren Laborversuchen
- oder einer Berechnung gemäß den Eurocodes und insbesondere der Norm NBN EN 1995-1-2 ANB für Holzbauten.

Um einen Feuerwiderstand REI 60 zu erreichen, nutzt man Schutzplatten (Anzahl und Dicke je nach Typ unterschiedlich), die die Karbonisation der Holzpfeiler oder -balken verlangsamen. Diese Platten müssen so am Holzskelett befestigt werden, dass sie während der geforderten Zeitdauer an Ort und Stelle bleiben. Die Norm NBN EN 1995-1-2 ANB gibt eine Reihe von Empfehlungen, die vom Plattentyp abhängig sind (maximaler Abstand der Befestigungen, Mindesteindringtiefe, ...).

Die Abbildung veranschaulicht beispielhaft die Zusammensetzung einer Holzdecke und

vertikalen Wand, die einen Feuerwiderstand REI 60 aufweisen. Die Anwendung von Gipsplatten muss durch Klassifizierungsberichte von Brandprüfungen gerechtfertigt werden. Andere, optimierte Zusammensetzungen sind unter der Voraussetzung möglich, dass sie auf Berechnungen und/oder Prüfungen nach den oben erwähnten Normen beruhen. Dabei werden die Bruchzeit der Schutzplatten und der Beginn der Karbonisation der Holzpfeiler oder -träger berücksichtigt. Während der Ausführung muss man entweder die strengen, sich aus dem Rechenverfahren ergebenden Annahmen oder die Bedingungen aus den Prüfungen einhalten.

#### 3.2 Wie kann man den geforderten Feuerwiderstand der montierten Holzelemente an Ort und Stelle gewährleisten?

Der Feuerwiderstand der Decken und Wände verlangsamt die Ausbreitung eines Feuers über den 'direkten Weg' (Pfeile A in der schematischen Darstellung). Neben dem Entwurf und der Anwendung von feuerbeständigen Decken und Wänden, muss man, um den Feuerwiderstand an Ort und Stelle zu gewährleisten, der Verbindung zwischen diesen Elementen (Kreis B), den Schwächungsstellen, wie Kabeldurchführungen, Beleuchtungsarmaturen, ... (Pfeil C) und dem

Risiko der Brandausbreitung über die Hohlräume der Holzkonstruktion (Pfeil D) besondere Beachtung schenken.

#### 3.2.1 Feuerwiderstand der Verbindungen zwischen den Elementen

Die Verbindung zwischen feuerbeständigen Elementen muss eine genauso lange Feuerwiderstandsdauer aufweisen wie jene, die für die einzelnen Elemente gefordert wird. Der von der Natur aus gegebene, intrinsische Widerstand der verschiedenen Holzverbindungsarten ist im Allgemeinen auf 15 oder 20 Minuten oder eine etwas längere Zeit beschränkt, ohne jedoch 30 Minuten zu überschreiten.

Die eigentliche Verbindung ist meistens nicht direkt dem Feuer ausgesetzt, da sie mit Schutzplatten versehen ist, die dazu dienen, das Feuerwiderstandsniveau der Wände und Decken sicherzustellen. Man muss hierbei, und zwar für Verbindungen, die durch Schutzplatten wie Holz- oder Gipsplatten vom Typ A oder H geschützt sind, die folgende Regel der Norm NBN EN 1995-1-2 ANB einhalten: Die Summe aus der Hälfte des intrinsischen Widerstands der Verbindung (z.B. 15 oder 20 Minuten geteilt durch 2) und der Dauer bis zum Beginn der Verbrennung (vom Typ der Schutzplatte abhängig) muss





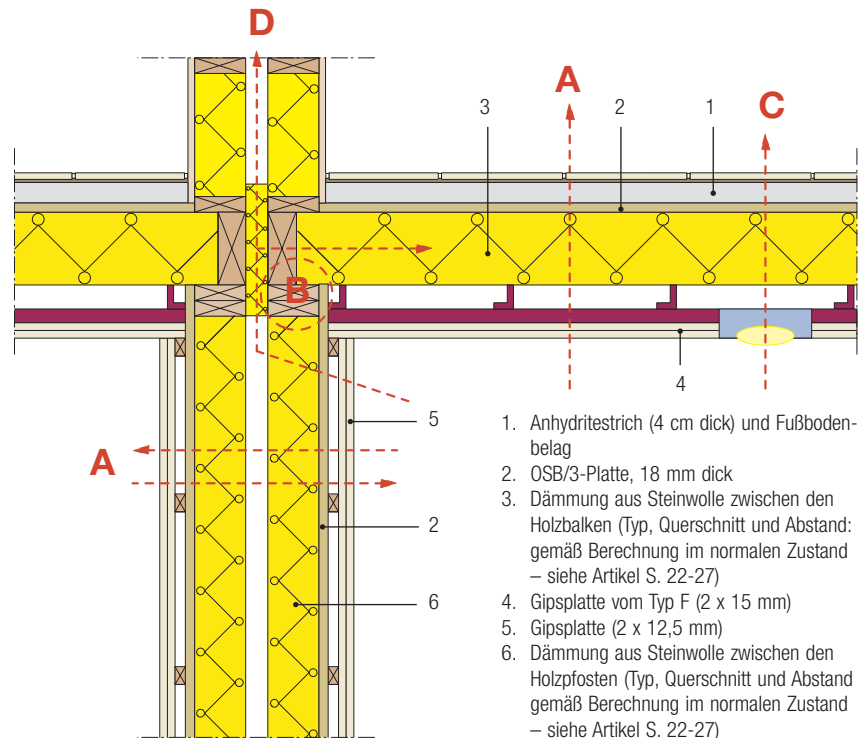
mindestens gleich dem geforderten Feuerwiderstand (z.B. R 60) sein.

Für eine Verbindung mit einem vorgeformten Metallelement (z.B. Balkenschuh) muss man eine Berechnung nach der Norm NBN EN 1993-1-2 ANB durchführen. Hierbei geht man davon aus, dass die Flächen der Verbindung, die mit dem Holz in Kontakt stehen, geschützt sind (bei der Berechnung des Profilfaktors des Metallbleches wird angenommen, dass diese Flächen nicht dem Feuer ausgesetzt sind).

### 3.2.2 Durchführungen und Schwächungen in feuerbeständigen Wänden und Decken

Wenn ein Bauelement einen ausreichenden Feuerwiderstand aufweisen muss, gilt dies auch für seine Schwächungen und Durchführungen. Es soll deshalb nach Möglichkeit vermieden werden, Öffnungen in feuerbeständigen Elementen (für Beleuchtungsarmaturen, Schalter, Steckdosen, ...) vorzusehen. Falls Durchbrüche nicht vermieden werden können, muss deren Ausführung und Abdichtung mit den dazu bestimmten Mitteln und gemäß den Vorschriften der Hersteller (auf Basis eines Prüf- oder Klassifizierungsberichts) erfolgen. Dasselbe gilt für Wand- und Deckendurchführungen für Leitungen,

Decke und Wand REI 60 und Feuerausbreitungswege (A: direkt, B: über die Verbindungen, C: über lokale Schwächungsstellen und D: über die Hohlräume).



Elektrokabel, Kanäle, ... (Infomerkblattreihe Nr. 39).

### 3.2.3 Risiko der Feuerausbreitung über die Hohlräume

Ein Risiko, das man bei Holzskelettbauten antrifft, ist das der Feuer- und Rauchausbreitung über die Hohlräume in den Wänden, Decken und Dächern. Eine fehlende Sorgfalt oder Genauigkeit beim Entwurf oder der Ausführung kann zu einer sehr schnellen Feuerausbreitung führen, mit allen dramatischen Folgen, die sich daraus ergeben.

Es ist mit allen Mitteln dafür zu sorgen, dass der Brand nicht bis zu den abgeschlossenen Hohlräumen gelangen kann. Eine ganz besondere Aufmerksamkeit muss der Ausführung der Schutzplatten sowie ihren Verbindungen untereinander und denen an ihren Enden geschenkt werden. Wenn das Feuer doch einen Hohlraum erreicht hat, muss man verhindern, dass es sich schnell ausbreiten kann. Wie die obige schematische Darstellung veranschaulicht, muss man 'Brand-schutzstopfen' in Höhe der Verbindungen zwischen den Bauelementen vorsehen. Diese Stopfen können Platten (z.B. Gips- oder Kalziumsilikatplatten) oder nicht brennbare

Dämmplatten (z.B. aus Steinwolle) sein. Die Dämmplatten werden üblicherweise verwendet, wenn an den Raum auch akustische Anforderungen gestellt werden. Man muss diese Stopfen über eine ausreichende Höhe anbringen (z.B. über einen Mindestbereich von 400 mm, der sich mindestens von der Unterseite der oberen Schwelle der Wand unter der Decke bis zur Oberseite der unteren Schwelle über der Decke erstreckt, siehe obige schematische Darstellung) und sich vergewissern, dass sie bei Brand den Beanspruchungen standhalten (indem beispielsweise eine Dämmschicht angebracht wird, die dicker als der Hohlraum ist, oder eine mechanische Befestigung vorgesehen wird).

## 4 Schlussfolgerung

Unsere jahrelange Erfahrung im Bau von Holzbauten mit mehreren Stockwerken in Europa und die Lehren, die wir aus einigen tragischen Bränden ziehen konnten, lehren uns, dass ein guter Entwurf und eine sorgfältige Ausführung für den Brandschutz in diesen Gebäuden unerlässlich sind. Die Wörter, auf die es dabei ankommt, sind Genauigkeit, Professionalismus und besonderes Augenmerk für die Bauknoten während des Entwurfs, der Ausführung und der Aufsicht auf der Baustelle. ■





Dieser Artikel bespricht die Dimensionierung von Balkendecken und tragenden Wänden von Holzskelettwohngebäuden. Er liefert außerdem praktische Dimensionierungstabellen, die auf der Berechnungsnorm NBN EN 1995-1-1 (Eurocode 5) und ihrem belgischen nationalen Anhang (ANB) basieren. Schließlich werden am Ende dieses Artikels auch einige technologische Regeln für Holzverbindungen zur Sprache kommen.

# Dimensionierung und Verbindungen

Dieser Artikel wurde im Rahmen der Normen-Außenstelle Eurocodes verfasst, die vom FÖD Wirtschaft bezuschusst wird.

## 1 Dimensionierung von Decken und Wänden beim Holzskelettbau

Die in diesen Artikel aufgenommenen Tabellen geben die maximalen Spannweiten der Decken sowie die empfohlenen Querschnitte und die Mittenabstände der Pfosten der tragenden Wände wieder. Sie gelten sowohl für Einfamilienhäuser als auch für Appartementshäuser mit bis zu drei Stockwerken.

In einem Artikel, der 2001 in der WTB-Zeitschrift erschien, wurden bereits vergleichbare Tabellen für Decken vorgestellt (*Dimensionnement des structures en bois. 1<sup>re</sup> partie: les planchers des maisons d'habitation*<sup>(1)</sup>). Anlässlich der Anpassung der Berechnungsnormen schien es uns angebracht, die Werte dieser Tabellen zu aktualisieren.

### 1.1 Dimensionierungskriterien

Die Dimensionierung von Konstruktionen stützt sich auf die Berechnung bei Grenzzuständen und berücksichtigt alle Belastungen und Entwurfsituationen. In den äußersten Grenzzuständen (ÄGZ) muss hauptsächlich die Festigkeit der Holzkonstruktionselemente kontrolliert werden und in den Brauchbarkeitsgrenzzuständen (BGZ) müssen die

Verformungen <sup>(1)</sup> sowie die Schwingungsempfindlichkeit der Decken kontrolliert werden.

Da die Kriterien bei den BGZ für Decken im Allgemeinen entscheidend sind, werden wir uns hauptsächlich darauf konzentrieren. Man muss dennoch für jede Deckenkonstruktion auch die Biegefestigkeit, die Scherbeanspruchung und den eventuellen Perforierwiderstand der Holztragbalken kontrollieren. Ferner muss auch die Durchbiegung der Plattenbekleidung kontrolliert werden. Die Berechnungsprinzipien werden ausführlicher in Eurocode 5 beschrieben.

Für Holzskelettwände sind im Allgemeinen die Kriterien bei den ÄGZ entscheidend, genauer gesagt der Druck, der senkrecht auf die Fasern der Schwelle des Erdgeschosses ausgeübt wird. Davon unabhängig muss man auch andere Brucharten und Verformungen kontrollieren.

### 1.2 Dimensionierungstabellen für Decken

Die Tabellen wurden unter Berücksichtigung der folgenden Parameter ausgearbeitet:

- verwendete Holzart für die Balken: Nadelholz
- Festigkeitsklasse: C18
- Nutzlast: 200 kg/m<sup>2</sup> (Kategorie A: Wohngebäude)
- Feuchtegehalt des auf die Baustelle gelieferten Holzes:  $\pm 22\%$
- Klimaklasse: 1 (gilt nicht für Decken oberhalb eines Leitungshohlraums oder Kellers)
- Anzahl der Stützpunkte: (in der Regel) 2
- Deckenbreite:  $\pm 4\text{ m}$  <sup>(2)</sup>.

Es werden zwei Standarddeckenaufbauten untersucht (siehe Abbildungen 1 und 2, S. 23). Es handelt sich um eine leichte Decke mit einem Parkettboden (Eigengewicht Deckenaufbau: 70 kg/m<sup>2</sup>) und eine schwere Decke mit einem Fliesenboden (Eigengewicht Deckenaufbau: 170 kg/m<sup>2</sup>).

Folgende Bewertungskriterien bei den ÄGZ und BGZ kommen zur Anwendung:

- Kontrolle der Biegefestigkeit und der Scherbeanspruchung des Tragbalkens und der Plattenbekleidung (ÄGZ)
- Für Deckenaufbau 1, Kontrolle der Verformung des Tragbalkens, und zwar entsprechend der Festigkeit der leichten Deckenbekleidung (L/350 charakteristische Kombination, BGZ)
- Für Deckenaufbau 2, Kontrolle der Verformung des Tragbalkens, und zwar entsprechend der Festigkeit der schweren Deckenbekleidung (L/500 charakteristische Kombination, BGZ)
- Kontrolle der Ebenheit der Plattenbekleidung für eine „normale“ Ausführung (Toleranz von 3 mm unter einem Lineal von 1 m) (siehe TI 218)
- Kontrolle des Schwingungskomforts (BGZ) für die Deckenaufbauten 1 und 2.

Die maximalen Spannweiten bei den BGZ und ÄGZ werden in der Tabelle A für den Deckenaufbau 1 (Parkett) und in der Tabelle B für den Deckenaufbau 2 (Fliesen) angegeben. Die kleinsten Spannweiten sind, für jeden Mittenabstand und jede Balkenabmessung, in Rot angegeben.

Man stellt fest, dass für den Deckenaufbau 1, wegen der niedrigen Flächenmasse der Decke (leichte Decke mit Parkett), der Schwingungskomfort im Allgemeinen das

### WEITERE INFOS

Der Windwiderstand von Holzskelettwänden war bereits Gegenstand des WTB-Artikels „Construction à ossature en bois. 1<sup>re</sup> partie: contreventement des murs porteurs“ (siehe [Les Dossiers du CSTC Nr. 2011/3.2](#)).

<sup>(1)</sup> Die Norm NBN B 03-003 liefert die Verformungsgrenzwerte, die bei den BGZ, in Abhängigkeit vom Fertigstellungsgrad oder des zu kontrollierenden Konstruktionselements, eingehalten werden müssen.

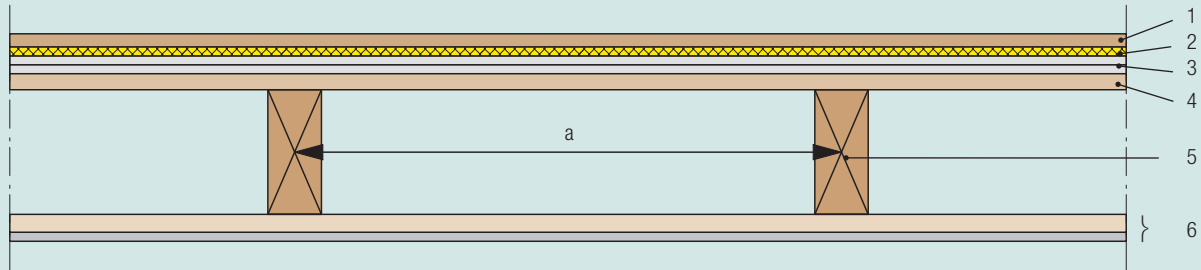
<sup>(2)</sup> Dieser Parameter ist für die Überprüfung des Schwingungskomforts wichtig.

# BEISPIELE

## Beispiel 1

Deckenaufbau mit Parkett, Unterbauverkleidung mit Gipskartonplatten, Balken 75 x 225 mm<sup>2</sup> mit einem Mittenabstand von 0,6 m (Eigengewicht Deckenaufbau: 70 kg/m<sup>2</sup>):

- Schwingungskriterium: Die maximale Spannweite liegt bei etwa 4 m (siehe Tabelle A).



1 | Schematische Darstellung des Deckenaufbaus 1 mit Parkett (Eigengewicht Deckenaufbau: ± 70 kg/m<sup>2</sup>).

- Eichenparkett, 15 mm dick (11 kg/m<sup>2</sup>)
- Schalldämmplatte hoher Dichte, 10 mm dick
- Zwei faserverstärkte Gipskartonplatten 2 x 10 mm (25 kg/m<sup>2</sup>)
- OSB-Platte, 18 mm dick (11 kg/m<sup>2</sup>)
- Tragbalken (Abmessungen in der Tabelle A)
- Abgehängte Decke, von der die Verkleidung aus einer 15 mm dicken Gipskartonplatte besteht (15 kg/m<sup>2</sup>)

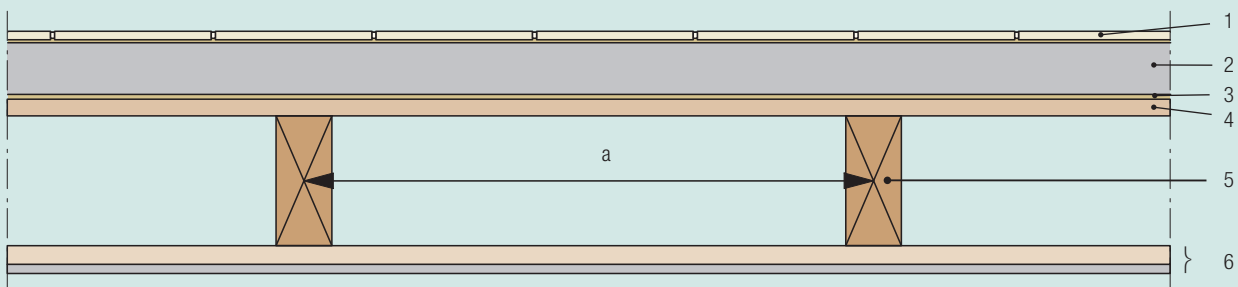
A | Maximale Spannweite des Deckenaufbaus 1 [m].

| Mittenabstand<br>'a' [m] | Balken 63 x 175 mm <sup>2</sup> |                      |     | Balken 75 x 225 mm <sup>2</sup> |                      |     |
|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-----|---------------------------------|----------------------|-----|
|                          | BGZ                             |                      | ÄGZ | BGZ                             |                      | ÄGZ |
|                          | L/350                           | Schwingungskriterium |     | L/350                           | Schwingungskriterium |     |
| 0,3                      | 3,9                             | 3,5                  | 3,9 | 5,3                             | 5,3                  | 6,7 |
| 0,4                      | 3,5                             | 2,9                  | 3,8 | 4,8                             | 4,8                  | 5,8 |
| 0,5                      | 3,3                             | 2,7                  | 3,7 | 4,5                             | 4,5                  | 5,3 |
| 0,6                      | 3,1                             | 2,5                  | 3,6 | 4,2                             | 4,0                  | 4,8 |

## Beispiel 2

Deckenaufbau mit großen Fliesen, Unterbauverkleidung mit Gipskartonplatten, Balken 63 x 175 mm<sup>2</sup> mit einem Mittenabstand von 0,3 m (Eigengewicht Deckenaufbau: 170 kg/m<sup>2</sup>):

- Maximale Durchbiegung L/500: Die maximale Spannweite liegt in der Größenordnung von 2,9 m (siehe Tabelle B).



2 | Schematische Darstellung des Deckenaufbaus 2 mit Estrich und Fliesen (Eigengewicht Deckenaufbau: ± 170 kg/m<sup>2</sup>).

- Fliesen (20 kg/m<sup>2</sup>)
- Estrich, 6 cm dick (120 kg/m<sup>2</sup>)
- Akustische Entkopplungsmembran
- OSB-Platte, 18 mm dick (11 kg/m<sup>2</sup>)
- Tragbalken (Abmessungen in der Tabelle B)
- Abgehängte Decke, von der die Verkleidung aus einer 15 mm dicken Gipskartonplatte besteht (15 kg/m<sup>2</sup>)

B | Maximale Spannweite des Deckenaufbaus 2 [m].

| Mittenabstand<br>'a' [m] | Balken 63 x 175 mm <sup>2</sup> |                      |     | Balken 75 x 225 mm <sup>2</sup> |                      |     |
|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-----|---------------------------------|----------------------|-----|
|                          | BGZ                             |                      | ÄGZ | BGZ                             |                      | ÄGZ |
|                          | L/500                           | Schwingungskriterium |     | L/500                           | Schwingungskriterium |     |
| 0,3                      | 2,9                             | 4,1                  | 3,3 | 4,0                             | 5,7                  | 5,5 |
| 0,4                      | 2,7                             | 3,8                  | 3,1 | 3,6                             | 5,3                  | 5,0 |
| 0,5                      | 2,5                             | 3,6                  | 3,0 | 3,4                             | 5,0                  | 4,5 |
| 0,6                      | 2,3                             | 3,4                  | 2,8 | 3,2                             | 4,8                  | 4,1 |



**C** | Querschnitt und Mittenabstand der Pfosten in Abhängigkeit von der Anzahl der Stockwerke für ein Wohngebäude, von dem die Spannweite der Decken auf 5 m begrenzt ist (siehe nebenstehender Kasten).

| Anzahl der Stockwerke | Leichte Decke (Abbildung 1)               |                    | Schwere Decke (Abbildung 2)               |                    |
|-----------------------|-------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------|--------------------|
|                       | Querschnitt der Pfosten [mm²]             | Mittenabstand [mm] | Querschnitt der Pfosten [mm²]             | Mittenabstand [mm] |
| 0                     | $\geq 38 \times 89$                       | $\leq 600$         | $\geq 38 \times 89$                       | $\leq 600$         |
| 1                     | $\geq 38 \times 89$                       | $\leq 600$         | $\geq 38 \times 89$                       | $\leq 400$         |
|                       |                                           |                    | $\geq 38 \times 140$ oder $45 \times 120$ | $\leq 600$         |
| 2                     | $\geq 38 \times 140$ oder $45 \times 120$ | $\leq 600$         | $\geq 38 \times 140$                      | $\leq 400$         |
|                       |                                           |                    | $\geq 50 \times 140$                      | $\leq 500$         |
| 3                     | $\geq 38 \times 140$ oder $45 \times 120$ | $\leq 400$         | $\geq 50 \times 140$                      | $\leq 400$         |

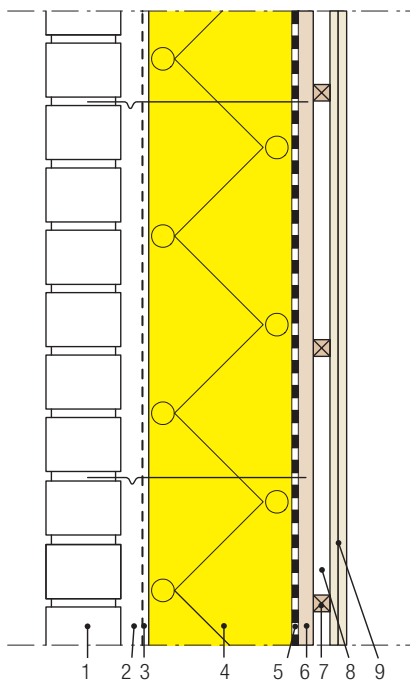
#### BEISPIEL

Wir betrachten ein Appartementhaus mit zwei Stockwerken, bei dem die Spannweite der (schweren) Decken maximal 5 m beträgt.

In diesem Beispiel darf der Querschnitt der Pfosten der tragenden Wände auf keinen Fall kleiner sein als:

- $38 \times 140$  mm mit einem Mittenabstand von höchstens 400 mm
- $50 \times 140$  mm mit einem Mittenabstand von höchstens 500 mm (siehe Tabelle C).

### 3 | Zusammensetzung einer Holzskelettfassade (Eigengewicht: $\pm 100$ kg/m).



1. Sichtmauerwerk
2. Belüfteter Hohlraum
3. Regensperre
4. Dämmstoff + Fachwerk
5. Dampfsperre
6. OSB-Platte, 12,5 mm dick
7. Lattung
8. Leitungshohlraum
9. 1 oder 2 Gipskartonplatten, 12,5 mm dick

entscheidende Kriterium ist. Für den Deckenaufbau 2, mit einem Estrich und Fliesen, stellt die Verformung des Tragbalkens das entscheidende Kriterium dar. Denn durch die zusätzliche Masse des Estrichs sind die Schwingungen schwächer. Bei Decken mit einer großen Spannweite (mit großen Auflagerreaktionen und einer begrenzten Tragfläche) muss außerdem kontrolliert werden, ob die lotrechte Druckfestigkeit in Höhe der Stützpunkte nicht überschritten wird.

#### 1.3 Dimensionierungstabelle für tragende Wände

Die Tabelle C gibt die Querschnitte und Mittenabstände der Pfosten in Abhängigkeit von der Anzahl der Stockwerke an.

Vorgegeben wird ein Standardaufbau für die tragende Mauer bei einer angenommenen Stockwerkhöhe von 2,8 m (siehe Abbildung 3). Die Masse der Wand pro laufenden Meter beträgt ungefähr 100 kg/m.

Die folgenden Parameter wurden unter anderem berücksichtigt:

- verwendete Holzart für den Tragbalken: Nadelholz
- Festigkeitsklasse: C18
- Klimaklasse: 2
- Feuchtegehalt des auf die Baustelle gelieferten Holzes:  $\pm 22$  %
- Spannweite der Decken: maximal 5 m
- Eigengewicht der Decken:  $70$  kg/m² für die leichte Decke (siehe Abbildung 1, S. 23) und  $170$  kg/m² für die schwere Decke (siehe Abbildung 2, S. 23)
- Eigengewicht des Daches:  $50$  kg/m²
- Nutzlast auf den Decken:  $200$  kg/m² (Kategorie A: Wohngebäude)
- Nutzlast auf dem Dach:  $80$  kg/m² (außer für Instandsetzungsarbeiten unzugängliches Dach)
- Schneelast auf einem Flachdach:  $60$  kg/m² (Gebäude bis zu 300 m Höhe über dem Meeresspiegel).

Die Wind- und Schneelasten auf dem Flachdach wurden kombiniert, um die ungünstigste Entwurfsituation zugrunde zu legen. Die Tabelle darf somit auch auf geneigte Dächer angewendet werden (sichere Methode).

Die technologischen Regeln für die Verbindungen wurden eingehalten (siehe § 2).

Folgende Bewertungskriterien bei den ÄGZ und BGZ kommen zur Anwendung:

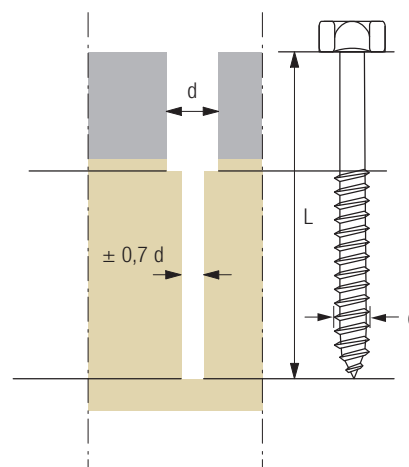
- Kontrolle des Axialdrucks der Pfosten (ÄGZ)
- Kontrolle des senkrechten Druckes auf die Schwellen (BGZ).

## 2 Technologische Regeln für stiftförmige Verbindungsmittel

Mit diesen Verbindungen, die unter Verwendung zylindrischer Stäbe realisiert werden, verstehen wir hauptsächlich Verbindungen mit Dübeln, Nägeln, Holzschrauben, Kopfschrauben (¶), Stiften und Durchsteckschrauben. Diese Verbindungsmittel gestatten es, die Zug- und Scherkräfte durch das Zusammendrücken des Holzes und die Scherung und Biegung der Stifte zu übertragen. Die Festigkeit dieser Verbindungen kann analytisch mit den betreffenden Rechenverfahren des Eurocodes 5 (NBN EN 1995-1-1) ermittelt werden. Jeder Verbindungstyp verfügt über sein spezifisches Rechenverfahren, das von zahlreichen Parametern wie den Abmessungen und der Festigkeitsklasse der zwei zusammenzufügenden Holzelemente, dem Durchmesser der Verbindung, der Eindringtiefe usw. abhängig ist. Es erweist sich somit als recht schwierig, Dimensionierungstabellen für jeden Verbindungstyp zu erstellen. Es ist trotzdem sehr wichtig, eine Anzahl technologischer Regeln einzuhalten, um das vorzeitige Versagen der Verbindung zu vermeiden (z.B. durch Rissbildung).

Die drei wichtigsten technologischen Regeln sind im nachstehenden Kasten kurz erläutert und in der Abbildung 5 auf der folgenden Seite anhand von drei beispielhaften Verbindungen, die man beim Holzskelettbau häufig antrifft, veranschaulicht. In den Tabellen E und F ist schließlich für jede beispielhafte Verbindung der Mindestabstand zwischen zwei Verbindungen und zwischen einer Verbindung und den Enden der verbundenen Elemente sowie die Eindringtiefe in das letzte Holzelement aufgeführt. ■

### 4 | Vorboren von Holzelementen für die Anbringung von Holzschrauben mit $d > 6$ mm.



## DIE DREI WICHTIGSTEN TECHNOLOGISCHEN REGELN

### Anordnung der Stifte

Um das Risiko der Rissbildung im Holz zu vermeiden, gibt der Eurocode 5 für jeden Stifttyp den mindestens einzuhaltenden Abstand in Abhängigkeit des Verbindungstyps, des Nenndurchmessers  $d$  des Stifts und der Richtung der wirkenden Kräfte bezüglich der Faserrichtung der Holzelemente (parallel oder senkrecht) an. Wenn die Faserrichtung der zu fügenden Holzelemente nicht identisch ist, muss man die Elemente getrennt bewerten und hält man den größten Mindestabstand ein. Die Tabellen E und F, die zur Abbildung 5 gehören, geben die Abstände für die drei Verbindungstypen an (S. 26-27).

### Eindringtiefe in das letzte Element

Man muss Mindesteindringtiefen einhalten, um den in Eurocode 5 erwähnten Restwiderstand nutzen zu können (siehe p-Werte in den Tabellen E und F, die zur Abbildung 5 gehören).

### Anbringung mit oder ohne Vorbore

Für die Stifte, deren Durchmesser größer als 6 mm ist, und für die Montage von Laubholz ist ein Vorboreloch vorzusehen, dessen Durchmesser vom Verbindungstyp abhängt (siehe nachstehende Tabelle D).

### D | Abmessungen der Vorborelöcher nach Eurocode 5.

| Befestigungstyp        | Anforderung                                                                                                                                                                                                 | Durchmesser des Vorboreloches                                                                                                                                         |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dübel und Nägel        | Vorboreloch für $d \leq 6$ mm nicht erforderlich                                                                                                                                                            | $\leq 0,8 d$                                                                                                                                                          |
| Schraube $d \leq 6$ mm | Vorboreloch nicht erforderlich                                                                                                                                                                              | $\leq 0,8 d$                                                                                                                                                          |
| Schraube $d > 6$ mm    | Vorboreloch erforderlich                                                                                                                                                                                    | $d$ für den glatten Teil und $0,7 d$ für den Teil mit Gewinde (siehe Abbildung 4)                                                                                     |
| Stifte                 | Vorboreloch erforderlich                                                                                                                                                                                    | $\leq d$                                                                                                                                                              |
| Durchsteckschrauben    | Vorboreloch erforderlich sowie Verwendung einer Unterlegscheibe mit: <ul style="list-style-type: none"> <li>einem Durchmesser <math>\geq 3 d</math></li> <li>einer Dicke <math>\geq 0,3 d</math></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>In Holz: <math>\leq d + 1</math> mm</li> <li>In einer Stahlplatte: Max. <math>(d + 2</math> mm; <math>1,1 d</math>)</li> </ul> |

## NENNDURCHMESSER ,d‘

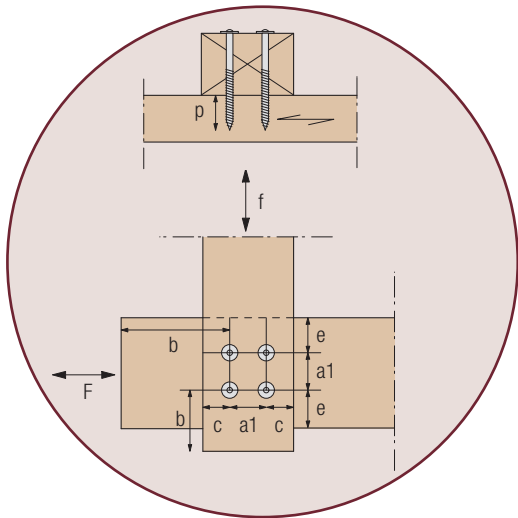
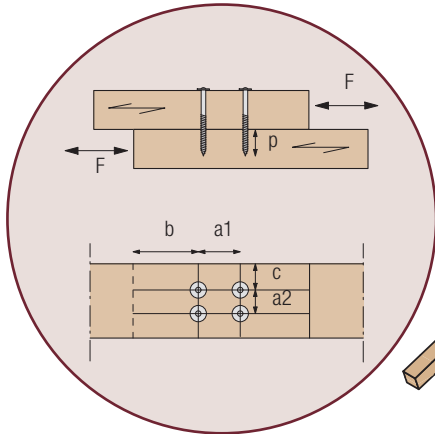
Für Schrauben ist ,d‘ der maximale Durchmesser des mit Gewinde versehenen Teils und für Nägel und Dübel ist ,d‘ der Nenndurchmesser des glatten Teils des Stiftes.

(¶) Kopfschrauben sind Holzschrauben mit einem größeren Stift und einem Vierkant- oder Sechskantkopf. Im weiteren Artikel verwenden wir deshalb auch für die Kopfschrauben den Ausdruck ,Holzschrauben‘.

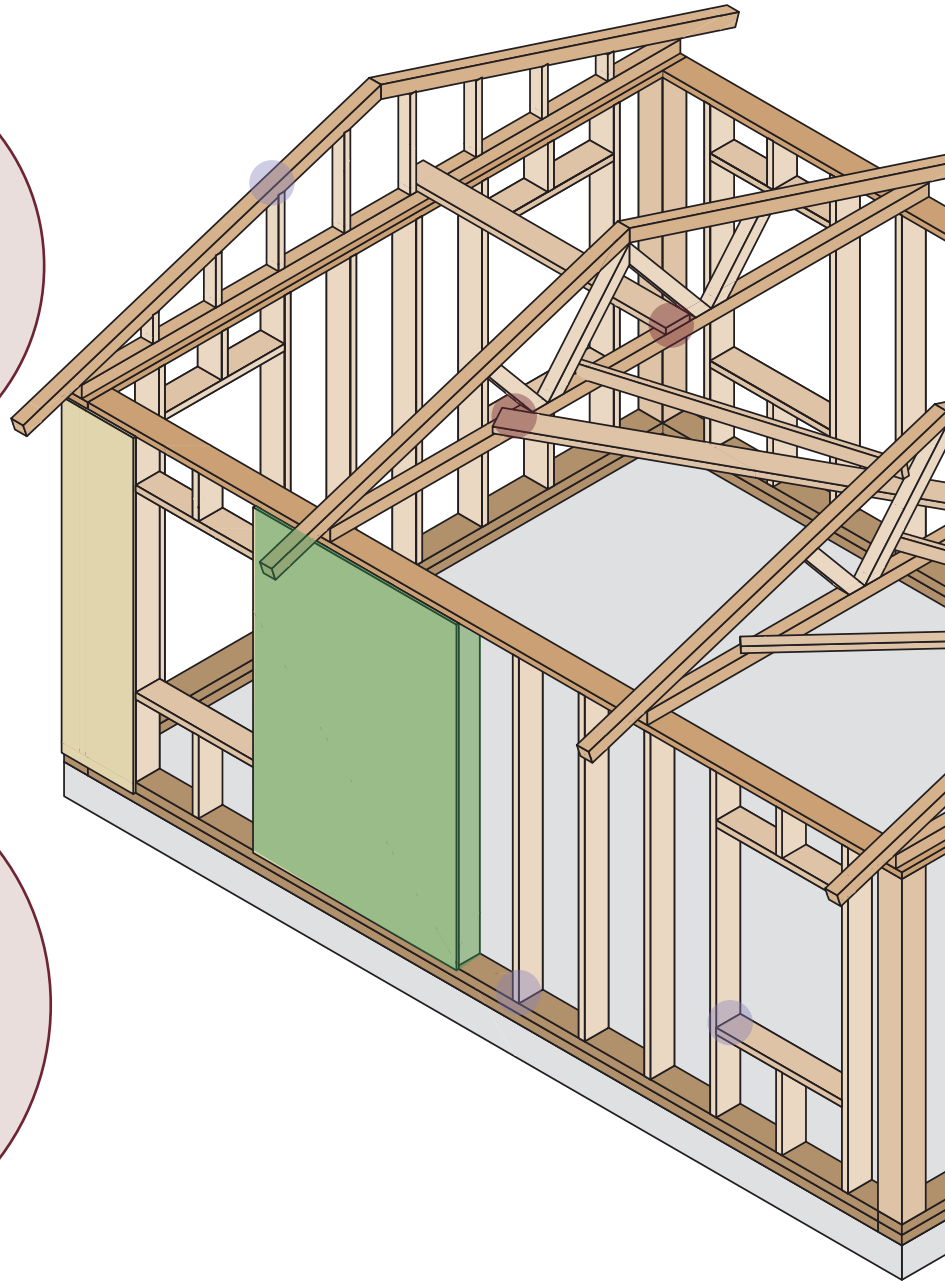


**E** | Mindestabstände und -tiefen für die Befestigung des Skeletts, in Abhängigkeit vom Befestigungstyp.

| Befestigungstyp                                     | Mindestabstände |     |                   |     |     | Mindesteindringtiefe in das letzte Element |
|-----------------------------------------------------|-----------------|-----|-------------------|-----|-----|--------------------------------------------|
|                                                     | a1              | a2  | b                 | c   | e   | p                                          |
| Dübel/Nagel/Schraube $d \leq 6$ mm ohne Vorbohrloch | 10 d            | 5 d | 15 d              | 5 d | 7 d | 6 d<br>(8 d bei glatten Nägeln)            |
| Schraube $d \leq 6$ mm mit Vorbohrloch              | 5 d             | 4 d | 12 d              | 3 d | 5 d |                                            |
| Schraube $d > 6$ mm                                 | 5 d             | 4 d | Max. (7 d; 80 mm) | 3 d | 4 d |                                            |



Senkrecht zur Holzfaser können nur nicht glatte Dübel permanente oder Langzeitzugbelastungen aufnehmen. Die Verwendung von glatten Dübeln ist folglich verboten.



**5** | Typverbindungen beim Holzskelettbau.



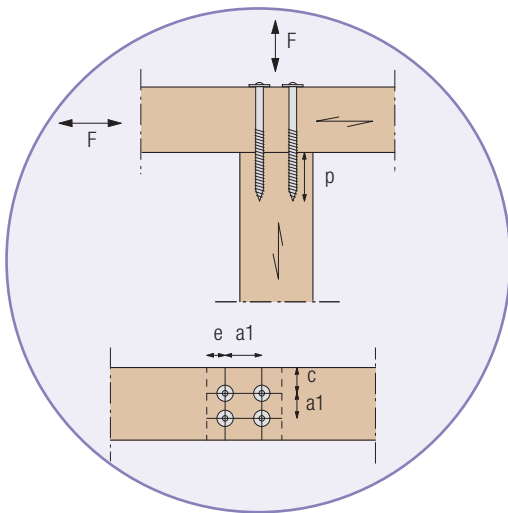
Holz-Holzverbindung senkrecht zur Holzfaser



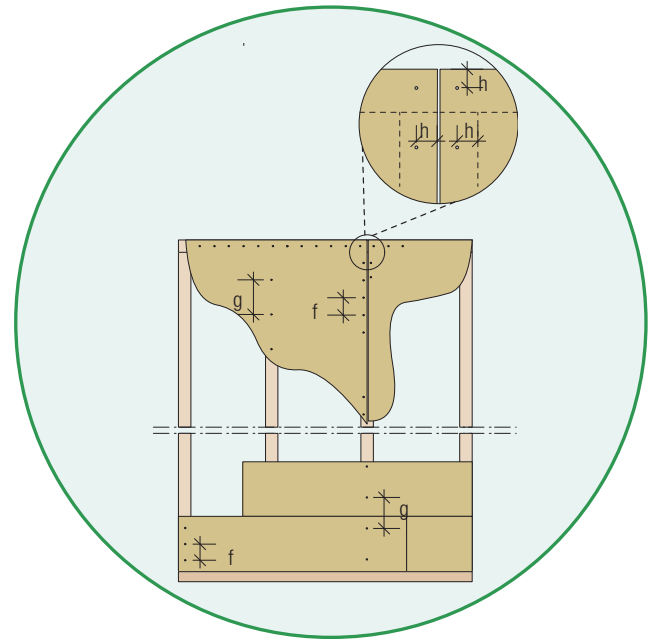
Holz-Holzverbindung in Hirnholz



Verbindung zwischen den Platten und dem Skelett



Stifte in die stirnseitige Ebene der Sparren (parallel zur Holzfaserrichtung) können weder Axialkräfte, noch Kräfte in der Querrichtung einer Tragstruktur übertragen.



Für die Platten mit geraden Rändern müssen die Zwischenpfosten, auf die zwei Plattenränder genagelt werden, eine Mindestbreite von  $20 d$  aufweisen. Die anderen Zwischenpfosten und die äußersten Pfosten müssen eine Mindestbreite von  $10 d$  aufweisen. So muss die Mindestbreite eines Pfostens auf der Naht zwischen zwei Platten  $20 d$  bzw.  $56 \text{ mm}$  betragen, und zwar für Nägel mit einem Durchmesser  $d$  von  $2,8 \text{ mm}$ . Die anderen Pfosten müssen eine Mindestbreite von  $10 d$  bzw.  $28 \text{ mm}$  aufweisen.

Wenn man Nut- und Federplatten verwendet, müssen alle Ränder genagelt oder die Nut- und Federfugen verleimt werden. Für diese Platten beträgt die Mindestbreite der Pfosten  $10 d$ .

**F** | Mindestabstände und -tiefen für die Befestigung von Platten, in Abhängigkeit vom Befestigungstyp.

| Befestigungstyp | h                                                    |                      | f                                       | g                                        | p                    |
|-----------------|------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|----------------------|
|                 | Mindestabstand vom Rand des Pfostens oder der Platte |                      | Maximaler Abstand an den Plattenrändern | Maximaler Abstand an den Zwischenpfosten | Mindesteindringtiefe |
|                 | OSB oder anderes                                     | Mehrschichtsperrholz |                                         |                                          |                      |
| Dübel/Nagel     | 5 d                                                  | 3 d                  | 150 mm                                  | Min. (300 mm; 2 f)                       | 6 d                  |
| Schraube        | 5 d                                                  | 3 d                  | 200 mm                                  |                                          | 6 d                  |
| Klammer         | 5 d                                                  | 3 d                  | 150 mm                                  |                                          | 14 d                 |

# Einbauweisen und Zugänglichkeitsanforderungen für Schreinerarbeiten

Wir gehen in diesem Artikel auf die Schwierigkeiten ein, mit denen man sich bei der Montage von Außenschreinerarbeiten beim Holzbau konfrontiert sieht. Wir besprechen unter anderem die Probleme im Zusammenhang mit der Befestigung, dem Vorhandensein von Rollläden und Sonnenschutzvorrichtungen, der Luft- und Wasserdichtheit und der Zugänglichkeit und zeigen dabei mögliche Lösungen auf.

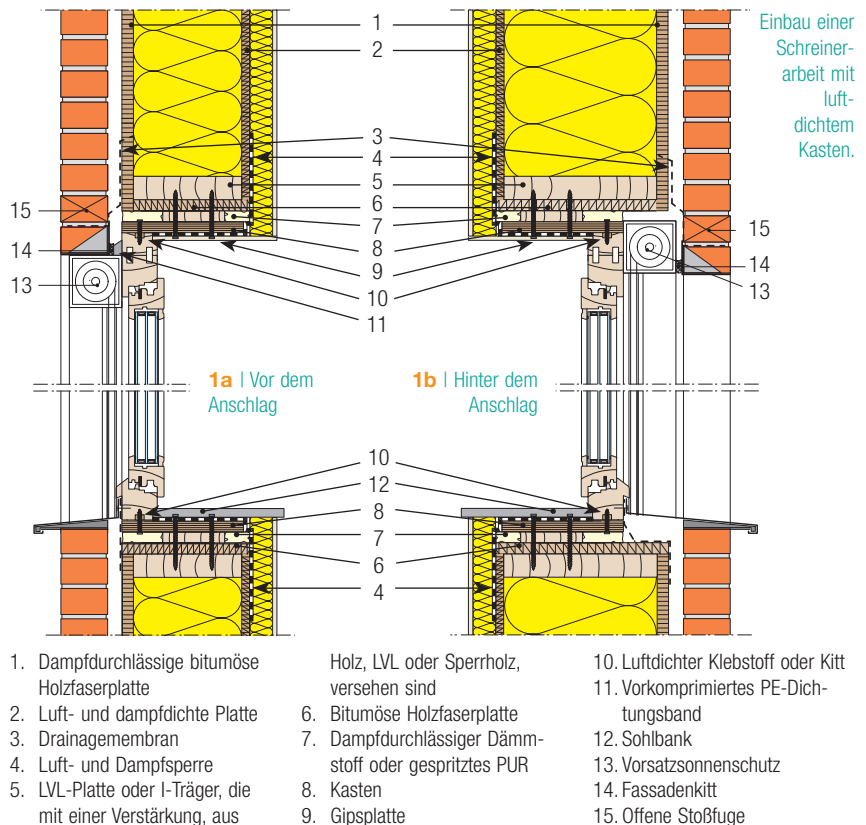
In Holzskelettwänden mit I-Trägern aus Holz, deren Tiefe 300 bis 400 mm betragen kann, lassen sich zwei Einbauweisen für Außenschreinerarbeiten in Erwägung ziehen:

- Einbau mithilfe von Schrauben und Stützklötzchen oder Abstandsschrauben
- Einbau mit einem luftdichten Kasten.

Bei einem Einbau mit Schrauben bringt man eine dampfdichte Luftdichtheitsfolie auf dem gesamten Umfang des Fensterrahmens an. Für thermisch unterbrochene Aluminiumrahmen oder PVC-Rahmen gibt es Luftdichtheitsfolien, die sich am festen Fensterrahmen einschnappen lassen. Der freie Teil der Luftdichtheitsfolie darf auf keinen Fall durchbohrt werden.

Der Einbau kann auch mithilfe eines luftdichten Kastens (siehe Abbildung 1) ausgeführt werden, der luftdicht aus miteinander verbundenen Platten aufgebaut ist (in den schematischen Darstellungen handelt es sich um 22 mm dicke Sperrholzplatten mit einer Qualität, die der Norm EN 636-2 entspricht). Um die Luftdichtheit des (gedämmten) Bereichs von ungefähr 2 cm zwischen dem Kasten und der Öffnung der Holzskelettwand zu gewährleisten, ist darauf zu achten, dass eine luft- und dampfdichte Folie auf der Innenseite angebracht wird, und zwar vor der Ausführung des Leitungshohlraums und der Fertigstellung der Fensterleibung. Bei Anwendung eines Kastens muss der Anschlag mindestens 8 cm, und manchmal sogar 10 cm betragen, um eine Überlappung der Schreinerarbeit von 4 cm aufrechtzuerhalten. Bei einer Holzskelettwand mit I-Trägern aus Holz müssen diese in der Fensteröffnung der Holzskelettwand mit einer Verstärkung versehen werden, die aus Holz, LVL (Furnierschichtholz, siehe NBN EN 14279) oder Sperrholz besteht. Die I-Träger können auch durch LVL-Platten oder Massivholzquerbalken ersetzt werden.

Eventuelle Sonnenschutz- oder Rolllädenkästen werden vorzugsweise vor dem Fensterrahmen, in die Leibung, montiert (siehe Abbildung 1a). Wenn man nicht möchte, dass diese Kästen von außen sichtbar sind, kann man sie, hinter dem Anschlag, in den Raum des Fassadenwandvorsprungs montieren (siehe Abbildung 1b). Als Alternativlösung kann man sich

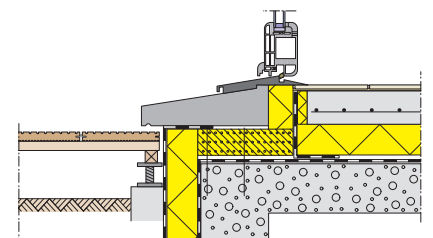


für einen gedämmten Einbaurollladenkasten (mit oder ohne Sonnenschutz) entscheiden.

Um die gute Luftdichtheit der Türen bei Konstruktionen mit einer hohen thermischen Leistung zu gewährleisten, muss der Zylinder mehrere Schließstifte betätigen und die Aufhängung mit mehr als drei Scharnieren sichergestellt werden. Es werden Haken oder Schließpunkte zwischen den Scharnieren montiert, um zu vermeiden, dass die Türprofile sich übermäßig verformen können. Im unteren Teil müssen sowohl die Durchgängigkeit als auch die Zusammendrückbarkeit der Dichtungsfugen effizient realisiert sein. Hierzu kann man unten ein feststehendes Profil anbringen, das allerdings die Zugänglichkeit des Gebäudes einschränken wird.

Beim Einbau der Fenster- und Schiebetüren, bei denen der Fensterrahmen sich auf die Dämmung stützt, muss dieser Rahmen eine Druckfestigkeit von mehr als 1 N/mm<sup>2</sup> aufweisen (NBN

EN 826). Die Positionierung der (Fenster-)Türen im Holzbau wird durch die Tatsache erschwert, dass die untere Schwelle des Holztragwerks sich mehr als 20 cm über dem fertig gestellten Außenbodenniveau befinden muss (S. 12-15). Damit das Gebäude dennoch leicht zugänglich ist, muss man die Außenplattform vor dem Eingang in Höhe der Türschwelle mit einem Drainagegitter versehen (Les Dossiers du CSTC Nr. 2006/4.4 und 2007/1.12). Wenn das Niveau der unteren Schwelle für diese Lösung zu hoch ist, muss man diese unterbrechen und die Türschwelle auf einen Dämmstoff montieren. ■





Einer der Gründe, warum sich immer mehr Bauherren für den Holzbau entscheiden, liegt darin begründet, dass diese Bauweise die ökologischste sein soll. Der vorliegende Artikel versucht, anhand einer Lebenszyklusanalyse, den Unterschied zwischen einer Holzskelettaußenwand und einer vergleichbaren Mauerwerkswand hinsichtlich der Umweltauswirkung der beiden Bauweisen zu veranschaulichen. Außerdem werden einige Empfehlungen gegeben, wie man diese Auswirkung möglichst niedrig halten kann.

# Auswirkung auf die Umwelt

## 1 Auswirkung des Lebenszyklus einer Außenwand

### 1.1 Methode

Wir haben die Umweltauswirkung, über eine Lebensdauer von 60 Jahren, von zwei Arten von Außenwänden von 1 m<sup>2</sup> mit einem identischen Wärmedämmniveau ( $U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) verglichen:

- Die erste Wand besteht aus einem Holzskelett mit Pfosten von 220 x 45 mm aus behandeltem belgischem Fichtenholz, die sich in einem Abstand voneinander von 60 cm befinden. Das Skelett wurde an der Innenseite mit einer OSB-Platte und an der Außenseite mit einer Holzfaserplatte verkleidet. Der Raum zwischen den Pfosten wurde mit Zelluloseflocken ausgefüllt. Die

äußere Verblendung wurde aus Ziegelsteinen aufgebaut und die innere Verkleidung besteht aus einer Dampf- und Luftsperrung und Gipskartonplatten auf einer Holzlattung

- Die zweite Wand ist eine traditionelle Hohlmauer, die aus 14 mm dicken Ziegelsteinen aufgebaut ist und mit Polyurethanplatten gedämmt wurde. Die äußere Verblendung besteht aus Ziegelsteinen und die innere Verkleidung aus Gipsputz.

Die Analyse des Lebenszyklus erfolgte einerseits auf Basis der ReCiPe-Methode und andererseits auf Basis von sieben Indikatoren für die Umweltauswirkung, die in der Norm NBN EN 15978 festgelegt sind. Die ReCiPe-Methode bietet den Vorteil, dass sie mehr Kriterien berücksichtigt und es zulässt, die Ergebnisse in einer Einzulangabe zu

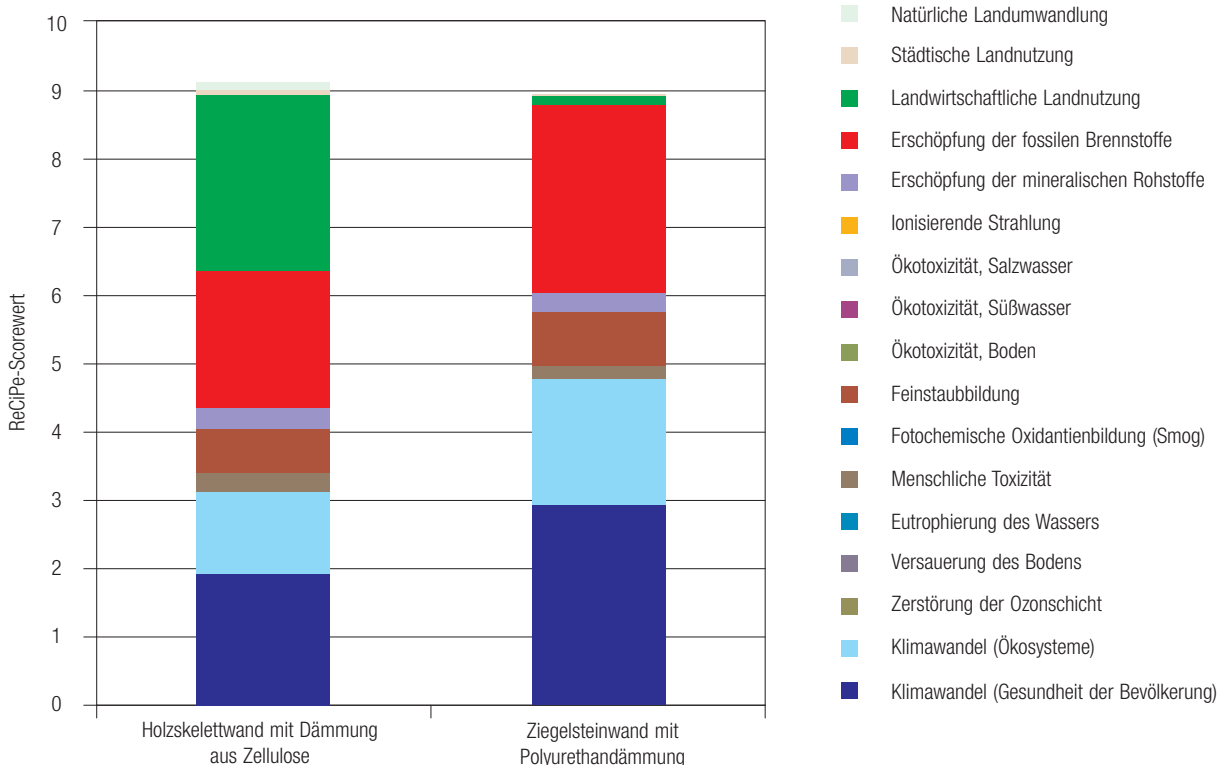
gruppieren (Je höher dieser Scorewert ist, desto größer ist die Umweltauswirkung).

### 1.2 ReCiPe-Indikator

Dem aggregierten ReCiPe-Scorewert zufolge gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden untersuchten Wandtypen. Denn die Scorewerte liegen so dicht beieinander, dass je nach den gemachten Annahmen (z.B. im Zusammenhang mit der Abfallbehandlung der Materialien und der Lebensdauer der Innenverkleidungen) die Ergebnisse zugunsten der einen oder anderen Lösung ausfallen.

Eine weitergehende Studie zeigt, dass für jede Wand ungefähr genauso viel einzelne Umwelt-

Umweltauswirkung von zwei Außenwänden mit unterschiedlicher Tragkonstruktion und Dämmung.





Indikatoren (gemäß ReCiPe) positiv sind und dass der Unterschied bei den meisten Indikatoren relativ klein ist (geringer als 25 %).

Von allen Indikatoren, zu denen die untersuchten Wände einen relativ bedeutenden Beitrag liefern (siehe Diagramm), zeigen nur drei einen signifikanten Unterschied: der Klimawandel, die (landwirtschaftliche) Landnutzung und die Erschöpfung der fossilen Brennstoffe.

### 1.2.1 Auswirkung auf den Klimawandel

Die Holzskelettwand hat eine kleinere Auswirkung auf den Klimawandel als die traditionelle Wand, obwohl der Unterschied kleiner als erwartet ist und nicht nur auf die Wahl der Tragkonstruktion, sondern auch zum Teil auf die Wahl des Dämmstoffes (Polyurethan bzw. Zellulose) zurückzuführen ist. Denn der positive Einfluss der Absorption von CO<sub>2</sub> während des Wachstums des Baums und dessen Lagerung während seiner Lebensdauer ist in der Grafik nicht mehr sichtbar, da davon ausgegangen wird, dass dieses CO<sub>2</sub> am Ende des Lebenszyklus des Holzes erneut abgegeben wird. Daneben liefern auch

die anderen Lebenszyklusphasen des Holzes und der einzelnen Wandteile ihren eigenen Beitrag zum Gesamt-CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Wand.

### 1.2.2 Erschöpfung der fossilen Brennstoffe

Dieser Studie zufolge trägt die Holzskelettwand weniger zur Erschöpfung der fossilen Brennstoffe als die traditionelle Hohlmauer bei. Dies ist allerdings eher der Wahl des Dämmstoffes als der Wahl der Tragkonstruktion zuzuschreiben. Denn wenn man den Dämmstoff in beiden Wandtypen durch Steinwolle (mit demselben U-Wert) ersetzt, wird der Unterschied zwischen beiden Wänden für diesen Indikator verschwindend klein (geringer als 10 %) und kann je nach betrachtetem Transport (lokales oder importiertes Holz) zugunsten der einen oder anderen Wand sein Vorzeichen ändern. Bei gleichem U-Wert wird die traditionelle Mauer mit Steinwolle jedoch etwas dicker sein als die Holzskelettwand und folglich ein besonderes Fundament erfordern (im Rahmen dieser Analyse nicht untersucht).

### 1.2.3 Auswirkung auf die landwirtschaftliche Landnutzung

Da man eine größere Fläche für Wälder benötigt, hat die Holzskelettwand logischerweise eine viel größere Auswirkung auf die landwirtschaftliche Landnutzung als die traditionelle Wand. Es ist übrigens vor allem dieser Faktor, der für die Holzskelettwand negativ zu Buche schlägt. Es besteht jedoch bezüglich dieses Parameters kein wissenschaftlicher Konsens, weshalb er auch nicht in die europäische Norm (CEN-Indikatoren) aufgenommen wurde.

## 1.3 Ergebnis mit CEN-Indikatoren

Von allen europäischen Indikatoren schlagen vier für die Holzskelettwand (Klimawandel, Erschöpfung der fossilen Brennstoffe, Versauerung des Bodens und die fotochemische Oxidantienbildung) und zwei für die Ziegelsteinmauer (Eutrophierung des Wassers und Erschöpfung der mineralischen abiotischen Rohstoffe) positiv zu Buche und einer ist für

beide Varianten identisch (Zerstörung der Ozonschicht). Mit Ausnahme des Klimawandels, der Erschöpfung der fossilen Rohstoffe und der fotochemischen Oxidantienbildung sind die Unterschiede jedoch erneut relativ klein (geringer als 20 %) und hängen vorwiegend von den Ausgangshypothesen ab (z.B. kann die Verwendung von Winkeleisen anstelle von Nägeln für die Befestigung der Holzpfosten einen entscheidenden Einfluss auf die Schlussfolgerungen bezüglich der Erschöpfung der mineralischen Rohstoffe ausüben).

## 2 Nachhaltiger Holzbau

Wie oben bereits dargelegt, hat jeder Strukturtyp seine Vor- und Nachteile. Wer sich für den Holzskelettbau entscheidet, kann dessen Umweltauswirkung dadurch reduzieren, dass er einige Grundregeln berücksichtigt:

- Die Dauerhaftigkeit der Struktur ist entscheidend: Denn eine Struktur mit einer kurzen Lebensdauer führt zum frühzeitigen Austausch durch andere Materialien. Es ist mit anderen Worten wichtig, eine Holzart und/oder Behandlung zu wählen, die an die vorgesehene Nutzung angepasst ist, um die guten Langzeitleistungen des Gebäudes zu gewährleisten
- Wählen Sie nach Möglichkeit immer Holz, das aus nachhaltig verwalteten Wäldern stammt (mit FSC- oder PEFC-Zertifizierung) (\*)
- Für bestimmte Materialien auf Holzbasis (z.B. OSB) kann es interessant sein, sich für Produkte mit einem Ökolabel (z.B. Blauer Engel) zu entscheiden, um die Umweltbelastung durch den Klebstoff zu beschränken
- Für den Transport ist es schwieriger, eine Grundregel an die Hand zu geben: Es ist logisch, dass man die Auswirkung des Transports für jede Holzart durch die Wahl von lokalem Holz verringern kann. Man muss jedoch den Sachverhalt etwas umfassender betrachten und neben der Herkunft und der Transportweise des Holzes auch dessen Dauerhaftigkeit und die eventuelle – an die Anwendung angepasste – Behandlung berücksichtigen. So kann eine exotische Holzart, die aus einem nachhaltig verwaltetem Wald stammt, für bestimmte Anwendungen (z.B. Fassadenverblendungen) eine genauso große oder sogar niedrigere Umweltauswirkung haben als eine lokale Holzart mit einer niedrigen Widerstandsklasse. ■

(\*) Ein FSC- oder PEFC-Label, das auf einem Holzprodukt angebracht wurde oder das auf einem dem Produkt beiliegenden Dokument angegeben ist, bescheinigt, dass dieses Produkt aus nachhaltig verwalteten Wäldern stammt und/oder zu deren Bestehen beiträgt. Die Verwendung dieser Labels unterliegt einer strikten Reglementierung und Kontrolle.



# WTB-Projekte

Um den Erfordernissen des Bausektors gerecht zu werden, führt das WTB gegenwärtig mehrere Untersuchungen im Bereich des Holzbaus durch. Wir machen Sie gerne auf die folgenden Projekte aufmerksam:



Wallonie

- DREAM – Durabilité de l'étanchéité à l'air des produits, parois et des assemblages: impact sur les règles de mises en œuvre
- DURAPERF – Durabilité des performances des éléments menuisés en bois énergétiquement améliorés
- CIMEDE – Constructions industrielles de maisons évolutives durables et économiques
- STABILAME – Etude de fabrication d'un panneau de construction en bois structurel isolant pour les constructions en bois



- AH+ – Akoestische optimalisatie van houtskeletbouw
- DO-IT HOUTBOUW – Duurzame innovatie op het vlak van technologie en leefcomfort voor houttoepassingen in de bouw (koördiniert vom CTIB)



- Bewertung der Leistungen und Dauerhaftigkeit von sehr leistungsfähigen Fenstern und ihr Anschluss im Rohbau
- Verformung von Dämmstoffen in Gebäuden: Bewertung und Kriterien
- die Normen-Außenstellen Akustik, Brandverhütung, Energie und Raumklima, Eurocodes, Ausbau und Fassadenelemente



- OPTIMBERQUAKE – Optimization of Timber Multi-Storey Buildings Against Earthquake Impact (CORNET)
- STAR – Sustainable Thermal Acoustic Retrofit (ERACOBUILD)

Dieser thematische WTB-Kontakt wurde in Zusammenarbeit mit den folgenden technologischen Beratungsdiensten realisiert:



- Construction durable en bois



- Eco-construction et développement durable en Région de Bruxelles-Capitale

## Publikationen

Die WTB-Veröffentlichungen sind verfügbar:

- auf unserer Website:
  - kostenlos für Auftragnehmer, die Mitglied des WTB sind
  - über den Bezug im Abonnement für die sonstigen Baufachleute (Registrierung unter [www.wtb.be](http://www.wtb.be))
- in gedruckter Form und auf USB-Stick.

Weitere Auskünfte erhalten Sie telefonisch unter 02/529.81.00 (von 8.30 bis 12.00 Uhr) oder schreiben Sie uns entweder per Fax (02/529.81.10) oder per E-Mail ([publ@bbri.be](mailto:publ@bbri.be)).

## Schulungen

- Für weitere Informationen zu den Schulungen wenden Sie sich bitte telefonisch (02/655.77.11), per Fax (02/653.07.29) oder per E-Mail ([info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)) an J.-P. Ginsberg.
- Nützlicher Link: [www.cstc.be](http://www.cstc.be) (Rubrik „Agenda“).



Veröffentlichung des Wissenschaftlichen und Technischen Bauzentrums, Institut anerkannt in Anwendung der Rechtsverordnung vom 30. Januar 1947

Verantwortlicher Herausgeber: Jan Venstermans, WTB, Rue du Lombard 42, B-1000 Brüssel

Dies ist eine Zeitschrift mit allgemein informativer Ausrichtung. Sie soll dazu beitragen, die Ergebnisse der Bauforschung aus dem In- und Ausland zu verbreiten.

Das Übernehmen oder Übersetzen von Texten dieser Zeitschrift, auch wenn es nur teilweise erfolgt, ist nur bei Vorliegen eines schriftlichen Einverständnisses des verantwortlichen Herausgebers zulässig.

[www.wtb.be](http://www.wtb.be)

## Forscht • Entwickelt • Informiert

Das WTB bildet schon mehr als fünfzig Jahren den wissenschaftlichen und technischen Mittelpunkt des Bausektors. Das Bauzentrum wird hauptsächlich mit dem Mitgliedsbeitrag der 85.000 angeschlossenen belgischen Bauunternehmen finanziert. Dank dieser heterogenen Mitgliedergruppe sind fast alle Gewerke vertreten und kann das WTB zur Qualitäts- und Produktverbesserung beitragen.

### Forschung und Innovation

Eine Industrieraufgabe ohne Innovation ist wie Zement ohne Wasser. Das WTB hat sich deswegen entschieden, seine Forschungsaktivitäten möglichst nahe bei den Erfordernissen des Sektors anzusiedeln. Die Technischen Komitees, die die WTB-Forschungsarbeiten leiten, bestehen aus Baufachleuten (Bauunternehmer und Sachverständige), die täglich mit der Praxis in Berührung kommen.

Mithilfe verschiedener offizieller Instanzen schafft das WTB Anreize für Unternehmen, stets weitere Innovationen hervorzubringen. Die Hilfestellung, die wir anbieten, ist auf die gegenwärtigen gesellschaftlichen Herausforderungen abgestimmt und bezieht sich auf diverse Gebiete.

### Entwicklung, Normierung, Zertifizierung und Zulassung

Auf Anfrage von öffentlichen oder privaten Akteuren arbeitet das WTB auch auf Vertragsbasis an diversen Entwicklungsprojekten mit. So ist das Zentrum nicht nur bei den Aktivitäten der nationalen (NBN), europäischen (CEN) und internationalen (ISO) Normierungsinstitute aktiv beteiligt, sondern auch bei Instanzen wie der *Union belge pour l'agrément technique dans la construction* (UBAtc). All diese Projekte geben uns mehr Einsicht in den Bausektor, wodurch wir schneller auf die Bedürfnisse der verschiedenen Gewerke eingehen können.

### Informationsverbreitung und Hilfestellungen für Unternehmen

Um das Wissen und die Erfahrung, die so zusammengetragen wird, auf effiziente Weise mit den Unternehmen aus dem Sektor zu teilen, wählt das Bauzentrum mit Entschlossenheit den Weg der Informationstechnik. Unsere Website ist so gestaltet, dass jeder Bauprofi mit nur wenigen Mausklicks die gewünschte WTB-Publikationsreihe oder gesuchten Baunormen finden kann.

Eine gute Informationsverbreitung ist jedoch nicht nur auf elektronischem Wege möglich. Ein persönlicher Kontakt ist häufig noch stets die beste Vorgehensweise. Jährlich organisiert das Bauzentrum ungefähr 650 Informationssitzungen und Thementage für Baufachleute. Auch die Anfragen an unseren Beratungsdienst Technische Gutachten finden regen Zuspruch, was anhand von mehr als 26.000 geleisteten Stellungnahmen jährlich deutlich wird.

### FIRMENSITZ

Rue du Lombard 42, B-1000 Brüssel  
Tel.: 02/502 66 90  
Fax: 02/502 81 80  
E-Mail: [info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)  
Website: [www.wtb.be](http://www.wtb.be)

### BÜROS

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe  
Tel.: 02/716 42 11  
Fax: 02/725 32 12

- Technische Gutachten – Publikationen
- Verwaltung – Qualität – Informationstechniken
- Entwicklung – Valorisierung
- Technische Zulassungen – Normierung

### VERSUCHSGELÄNDE

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette  
Tel.: 02/655 77 11  
Fax: 02/653 07 29

- Forschung und Innovation
- Bildung
- Bibliothek

### DEMONSTRATIONS- UND INFORMATIONSZENTRUM

Marktplein 7 bus 1, B-3550 Heusden-Zolder  
Tel.: 011/22 50 65  
Fax: 02/725 32 12

- ICT-Wissenszentrum für Bauprofis (ViBo)
- Digitales Dokumentations- und Informationszentrum für den Bau- und Betonsektor (Betonica)

### BRUSSELS MEETING CENTRE

Boulevard Poincaré 79, B-1060 Brüssel  
Tel.: 02/529 81 00  
Fax: 02/529 81 10