

Josef Kolb, Hanspeter Kolb, Andreas Müller

# Holzbau mit System



Tragkonstruktion  
und Schichtaufbau

Vierte, vollständig  
überarbeitete Neuauflage

Birkhäuser Lignum

Josef Kolb, Hanspeter Kolb, Andreas Müller

# Holzbau mit System

**Tragkonstruktion und Schichtaufbau**

Herausgegeben von  
Lignum, Holzwirtschaft Schweiz, Zürich

**Birkhäuser  
Basel**

# Vorwort

Vieles hat sich seit der ersten Ausgabe von «Holzbau mit System» im Jahr 2007 verändert. Dies gilt sowohl für die erweiterte zweite wie für die aktualisierte dritte Auflage dieses Fachbuchs und die damit verbundenen zahlreichen Nachdrucke bis ins Jahr 2020. Was ursprünglich als moderate Überarbeitung gedacht war, liegt nun in der vierten Auflage vor: als vollständig neu gefasstes Kompendium zum Holzbau der Gegenwart.

Was die Zukunft für den Holzbau bringen wird, ist schwer vorauszusagen. Eines scheint aber sicher zu sein: Der Holzbau hat seinen Platz im Bauwesen eingenommen und wird ihn weiter halten, ausbauen und formen. Klimabewusstes Bauen ist ein Teil dieses Wegs in die Zukunft; weitere Aspekte sind neue Techniken und Systeme im Holzbau und die sich allgemein ändernden Bedingungen und Vorgehensweisen beim Planen und Konstruieren im Bauwesen. Die neuen Methoden in Planung, Berechnung, Fertigung und Montage bestärken die Tendenzen zur Vorfertigung, zur Effizienzsteigerung und zu qualitativ gutem Bauen. Der Stand der Technik wird sich deshalb weiterentwickeln und Neuland erobern. Die heutigen Szenarien für den Waldbau, für die Holzindustrie und für umweltverträgliches Bauen sind Momentaufnahmen. Das heisst: Vieles ist im Umbruch, einiges muss neu gedacht werden. Auch im Holzbau ist die Evolution weiter in vollem Gang und keineswegs abgeschlossen.

Trotz vieler inhaltlicher Neuerungen gibt es indessen auch Bewährtes, das in der Neuausgabe dieses Werks erhalten bleibt. So wurden die Struktur und Gliederung von «Holzbau mit System» nach sorgfältiger Analyse durch einen Kreis von bisherigen Nutzern und Anwendern dieses Fachbuchs beibehalten. Zwar prägen fort-

geschrittenes Einzelwissen und Spezialdisziplinen das Bauen heute mehr denn je, also auch den Holzbau. Dieses Einzelwissen ist eingearbeitet und damit so gegliedert, dass es in der erprobten Struktur und damit im Zusammenhang des Ganzen zu finden ist.

Der Systemgedanke bestimmt nach wie vor die konstruktive Logik und die Struktur von Holzbauten. Die in Architektur- und Konstruktionslehre vermittelten Hinweise, die Systeme konsequent auseinanderzuhalten, treffen im Grundsatz immer noch zu, inzwischen ist jedoch die Kombination von Systemen alltäglich geworden. Dieser Tatsache wird im neu vorliegenden Buch Rechnung getragen. War es ehemals noch hinreichend, die Holzbausysteme zu kennen und sich vertieft mit den gegenwartsbestimmenden Systemen Rahmenbau, Massivholzbau und Skelettbau auseinanderzusetzen, so hat sich mittlerweile die Situation verändert: Die Bauten sind deutlich höher und auch grösser geworden; neue Tragsysteme und Konstruktionen sind dazugekommen. Überdies sind nicht mehr allein die Systeme für Tragwerke von Belang, auch die Gebäudehülle und die raumbildenden Decken und Wände sind aufgrund von Systemlösungen zu geschlossenen, auf Tragwerk und Umwelt abgestimmten Funktionsträgern geworden.

Geschrieben ist dieses Buch von Fachleuten, die mit ihrem baupraktischen Tun dort stehen, wo sich der Holzbau abspielt und sich stetig weiterentwickelt: an den Prozessstellen in Planungsbüros, in den Werken und auf den Baustellen, aber auch in Lehre und Wissenschaft, also an Fachhochschulen und Hochschulen. Auf diesem Fundament lässt sich die Zukunft gemeinsam formen: mit Holz, dem Naturbaustoff, der förmlich vor unserer Haustür steht und fortwährend nachwächst, der Arbeit und Wohlergehen ermöglicht und der zu lebenswerten, gesunden Behausungen führt.

Kesswil, Schweiz

Josef Kolb

# A

## Grundlagen

### Holz, nachhaltiges Bauen, Planung und Prozesse, Werkstoffe

<b>A1</b>	Holz – Naturbaustoff mit Potenzial	10
A1 10	Tradition und Zukunft	10
A1 20	Holzbau	15
A1 30	Fassade	16
A1 40	Ausbau	18
<b>A2</b>	Nachhaltiges Bauen	20
A2 10	Holz – Ein Baustoff mit ökologischen Vorzügen	21
A2 20	Ressource Holz	24
A2 30	Nachhaltiges Bauen: Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft	27
A2 40	Umwelt	29
A2 50	Wirtschaft	44
A2 60	Gesellschaft	48
A2 70	Nachhaltig planen und bauen mit Holz: Die wichtigsten Merkmale	52
<b>A3</b>	Planung, Prozesse, Qualitätssicherung	54
A3 10	Entwurf und Konstruktion	54
A3 20	Planung	58
A3 30	Prozesse	66
A3 40	Qualitätssicherung	78
<b>A4</b>	Vollholzprodukte und Holzwerkstoffe	80
A4 10	Holzarten	80
A4 20	Eigenschaften und Sortierung	81
A4 30	Vollholzprodukte	84
A4 40	Holzwerkstoffe	90
A4 50	Vollholzprodukte und Holzwerkstoffe für den Ausbau	97

# B

## Holzbausysteme

### Bauarten, Baustruktur, Tragwerk, Konstruktion, Bauteile

<b>B1</b>	Systemübersicht	100
B1 10	Die Bausysteme des Holzbau	100
B1 20	Bauteilsysteme: Wände, Decken, Dächer	102
B1 30	Kombinationen	104
B1 40	Hybrides Bauen	106
B1 50	Baurechtliche Hinweise und Qualitätssicherung	107
<b>B2</b>	Grundlagen Tragwerk	108
B2 10	Allgemeines	108
B2 20	Vertikale Lastabtragung	109
B2 30	Horizontale Lastabtragung	113
B2 40	Konstruktive Ausbildung von Wand-, Decken- und Dachscheiben	121
<b>B3</b>	Herstellung – Vorfertigung	123
B3 10	Fertigungsprozesse	123
B3 20	Bauprinzipien	126
B3 30	Fertigungsstufen	130
B3 40	Rationalisierung und Industrialisierung	131
<b>B4</b>	Blockbau, Fachwerkbau, Ständerbau	134
B4 10	Blockbau	134
B4 20	Fachwerkbau	138
B4 30	Ständerbau	142
<b>B5</b>	Rahmenbau	143
B5 10	Allgemeines	143
B5 20	Konstruktionsteile	146
B5 30	Setzmasse	147
B5 40	Baustruktur und Wandaufbau	147
B5 50	Tragwerksplanung	159
B5 60	Tragkonstruktion	163
<b>B6</b>	Skelettbau	166
B6 10	Allgemeines	166
B6 20	Konstruktionsteile	168
B6 30	Baustruktur	170
B6 40	Skelettbauarten	176
B6 50	Tragwerksplanung	200
B6 60	Tragwerk und Gebäudehülle	202

# C

## Gebäudehülle, Wände, Decken

### Funktionen, Schichtaufbau, Konstruktion

<b>C1</b>	Grundlagen, Funktionen, Aufgaben	334
C1 10	Allgemeines	334
C1 20	Gebäudehülle	335
C1 30	Funktionen, Aufgaben und Leistungen	338
<b>C2</b>	Anordnung und Aufbau	356
C2 10	Allgemeines	356
C2 20	Lage der Bauteilschichten	358
C2 30	Bauteilübergänge	361
<b>C3</b>	Aussenwände	366
C3 10	Aussenwandsysteme	366
C3 20	Äussere Bekleidungen	369
C3 30	Innere Bekleidungen	373
<b>C4</b>	Geneigte Dächer	375
C4 10	Nicht wärmedämmte geneigte Dächer	375
C4 20	Wärmedämmte geneigte Dächer	375
<b>C5</b>	Flachdächer	384
C5 10	Grundlagen	384
C5 20	Nicht wärmedämmte Flachdächer	387
C5 30	Wärmedämmte Flachdächer	387
C5 40	Ausführung wärmedämmter Flachdächer	392
<b>C6</b>	Gebäudetrennwände, Innenwände	394
C6 10	Aufgaben	394
C6 20	Schalldämmung von Trennwänden	396
C6 30	Nebenwegübertragungen	399
C6 40	Konstruktionsbeispiele	400
<b>C7</b>	Geschossdecken	403
C7 10	Aufgaben	403
C7 20	Schalldämmung von Holzdecken	404
C7 30	Nebenwegübertragungen	409
C7 40	Schnittstelle Schallschutz – Brandschutz	413
C7 50	Konstruktionsbeispiele	413
<b>B7</b>	Massivholzbau	208
B7 10	Allgemeines	208
B7 20	Vollquerschnitte	212
B7 30	Vollquerschnitte: Systembeispiele	218
B7 40	Zusammengesetzte Querschnitte	226
B7 50	Zusammengesetzte Querschnitte: Systembeispiele	230
<b>B8</b>	Raummodulbau	234
B8 10	Allgemeines	234
B8 20	Entwurf und Konstruktion	236
B8 30	Konstruktionsarten	244
B8 40	Tragwerksplanung	246
B8 50	Planungs-, Produktions- und Montageprozess	252
<b>B9</b>	Mehrgeschossiger Holzbau	254
B9 10	Allgemeines	254
B9 20	Entwurf und Konstruktion	256
B9 30	Formänderungen und Setzungsverhalten	257
B9 40	Tragwerksplanung	264
B9 50	Konstruktionsschnitte	276
B9 60	Holz-Hochhausbau	280
<b>B10</b>	Dachtragkonstruktion	288
B10 10	Allgemeines	288
B10 20	Tragsysteme	292
B10 30	Sparrendach	293
B10 40	Pfettendach	297
B10 50	Dachbinder, Sparrenbinder	302
B10 60	Bindersysteme mit Primär- und Sekundärtragwerk	303
B10 70	Dachelemente	303
B10 80	Tragkonstruktion	304
<b>B11</b>	Deckentragkonstruktion	307
B11 10	Allgemeines, Systemübersicht	307
B11 20	Tragkonstruktion	308
B11 30	Ausführungsdetails	312
B11 40	Balkendecken	317
B11 50	Rippen- und Hohlkastendecken	318
B11 60	Massivholzdecken: Vollholz	322
B11 70	Massivholzdecken: Plattenförmige, verklebte Decken	324
B11 80	Holz-Beton-Verbunddecken	328

## D

### Rahmenbedingungen

#### Holzfeuchte, Holzschutz, Brandschutz

<b>D1</b>	<b>Holzfeuchte</b>	<b>428</b>	
D1 10	Allgemeines	428	
D1 20	Anforderungen	428	
D1 30	Die richtige Einbau-Holzfeuchte	429	
<b>D2</b>	<b>Holzschutz</b>	<b>431</b>	
D2 10	Grundlagen	431	
D2 20	Gefährdung	434	
D2 30	Schutzmassnahmen	437	
D2 40	Kontrolle und Unterhalt	448	
<b>D3</b>	<b>Brandschutz</b>	<b>450</b>	
D3 10	Brandschutzkonzepte und Brandschutzplanung	451	
D3 20	Baustoffe und Bauteile, Klassifikation	453	
D3 30	Konstruktion	458	
D3 40	Anforderungen	463	
D3 50	Anforderungen für Tragwerke und Brandabschnitte, Anwendungsbeispiele	468	

## E

### Anhang

<b>E1</b>	<b>Hinweise und Zuständigkeiten</b>	<b>474</b>
<b>E2</b>	<b>Zitierte Literatur, Fachstellen</b>	<b>475</b>
<b>E3</b>	<b>Auskünfte, Herstellernachweise</b>	<b>478</b>
<b>E4</b>	<b>Arbeitshilfsmittel</b>	<b>479</b>
E4 10	Schweiz	479
E4 20	Deutschland	479
E4 30	Österreich	479
<b>E5</b>	<b>Ergänzende Literatur</b>	<b>480</b>
<b>E6</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>480</b>
	<b>Der neue Holzbau</b>	<b>484</b>

# A

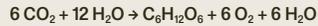


Wohnüberbauung Waldacker, St. Gallen, CH

# Grundlagen

Holz, nachhaltiges Bauen,  
Planung und Prozesse, Werkstoffe

Es gilt für die Fotosynthese:



Die Modellgleichung zur Berechnung der Massenströme beim Aufbau von Holz zeigt:  
 $8.4 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_{8.4}\text{H}_{12}\text{O}_{5.4} + 8.7 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$

Daraus gilt für 1000 kg atro Holz:  
 $1851 \text{ kg CO}_2 + 1082 \text{ kg H}_2\text{O} \rightarrow 1000 \text{ kg Holz} + 1392 \text{ kg O}_2 + 541 \text{ kg H}_2\text{O}$

Aus dieser Formel ergibt sich für die Massenverhältnisse zwischen CO<sub>2</sub> und Holz der Umrechnungsfaktor von 1.851.

4

sich dabei auf die Reduzierung von Kohlenstoff (C), die durch die effektiv verbaute Holzmenge im entsprechenden Objekt zustande kommt. Umweltfaktoren wie Transport und Verarbeitung werden dabei nicht berücksichtigt. Grundsätzlich basiert die Berechnung auf der Fotosynthese-Gleichung gemäss Abbildung 4. Die Auswirkung dazu ist in Abbildung 5 ersichtlich.

Die Effekte durch die Reduktion von CO<sub>2</sub> sind bedeutend. In der Schweiz beträgt der statistische, jährliche CO<sub>2</sub>-Ausstoss pro Einwohner im Inland beispielsweise rund 5 Tonnen. Im Vergleich dazu ergibt sich nach der stark vereinfachten Betrachtung für ein Einfamilien-Holzhaus mit 40 m<sup>3</sup> Holzanteil ein Reduktionsanteil (Speichervermögen) von 40 Tonnen CO<sub>2</sub>, für ein Mehrfamilienhaus mit 500 m<sup>3</sup> Holzanteil eine von 500 Tonnen CO<sub>2</sub>, für ein Schulhaus mit rund 1000 m<sup>3</sup> Holzanteil eine von 1000 Tonnen CO<sub>2</sub>.

4 Berechnungsmethode für die Baupraxis als Rechnungsbasis für den Anteil von Holzvolumen und gespeichertem Kohlenstoff bzw. für die reduzierte Menge an CO<sub>2</sub>: Aufgrund dieser Formel lässt sich der CO<sub>2</sub>-Reduktions-effekt von Holzprodukten oder auch von ganzen Bauten berechnen [2].

5 Der Baum reduziert pro Kubikmeter Holz, abhängig von der Holzart, rund 1 Tonne CO<sub>2</sub>.

CO<sub>2</sub> Reduktion pro Kubikmeter



5

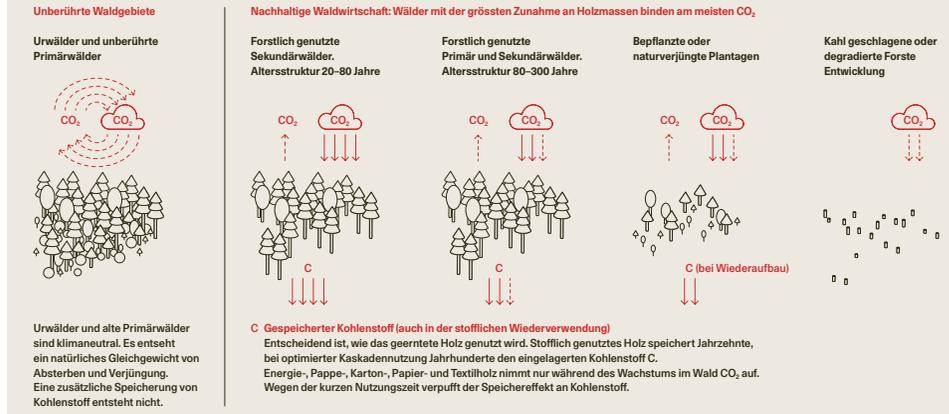
A2 11 Klimaleistung des Waldes

Wälder sind ein wesentliches Element im Kohlenstoffkreislauf. Sie erfüllen im Klimaschutz zwei wesentliche Leistungen. Sie sind eines der wenigen Ökosysteme, die in der Lage sind, gasförmiges CO<sub>2</sub> der Atmosphäre zu entziehen und es gleichzeitig in einen festen, klimaschädlichen Stoff – in Holz – umzuwandeln. Dies ist im Hinblick auf die Dynamik der Klimaveränderungen eine prioritäre Leistung.

Solange der Baum im Wald wachsen kann, speichert er CO<sub>2</sub>. Forstlich genutzte Wälder der Altersklasse von 20 bis 80 Jahren (nach waldbaulichen Vorgaben in Europa) entziehen der Atmosphäre am meisten CO<sub>2</sub>, weil Wälder dieser Altersklasse die höchsten Zuwächse an Holzmasse aufweisen (Abb. 6). Alte Wälder speichern zwar aufgrund ihrer langen Lebenszeit grosse Mengen CO<sub>2</sub> – haben jedoch den Nachteil, dass sie aufgrund des abnehmenden Zuwachses viel weniger CO<sub>2</sub> binden können und wegen ihres steigenden Ausfallrisikos und der Mortalität das gespeicherte CO<sub>2</sub> wieder an die Atmosphäre abgeben. Alte und nicht bewirtschaftete Wälder sind überproportional anfälliger für Stürme und haben einen erhöhten Totholzanteil.

Die Wirkung von Wald für den Klimaschutz definiert sich nicht im Wald allein, sondern auch darin, was mit dem Holz und der frei werdenden Waldfläche geschieht. Wird der Wald nachhaltig bewirtschaftet und die nächste Generation Bäume vor oder unmittelbar nach der Ernte eines Baumbestandes wieder sichergestellt, kann diese Waldfläche mehr CO<sub>2</sub> binden und speichern als ein nicht bewirtschafteter Wald in derselben Zeitspanne. Wird Holz geerntet und für langlebige Bauteile verwendet, ist die Klimawirkung äusserst positiv, da das gebundene CO<sub>2</sub> länger dem Kreislauf entzogen wird. Nachhaltigkeitsfachleute rechnen, dass über Holzprodukte bei einer konsequenten Kaskadennutzung (Abb. 7) dem Kreislauf CO<sub>2</sub> bis zu 1000 Jahre entzogen werden könne. Ein zusätzlicher positiver Effekt ist, dass nicht nur keine zusätzlichen Emissionen entstehen, sondern mit Holz auch die Verwendung anderer nicht erneuerbaren und klimaschädlichen Rohstoffe vermieden werden kann (Abb. 10).

Klimaleistungen der Wälder – Kohlenstoffkreislauf



6

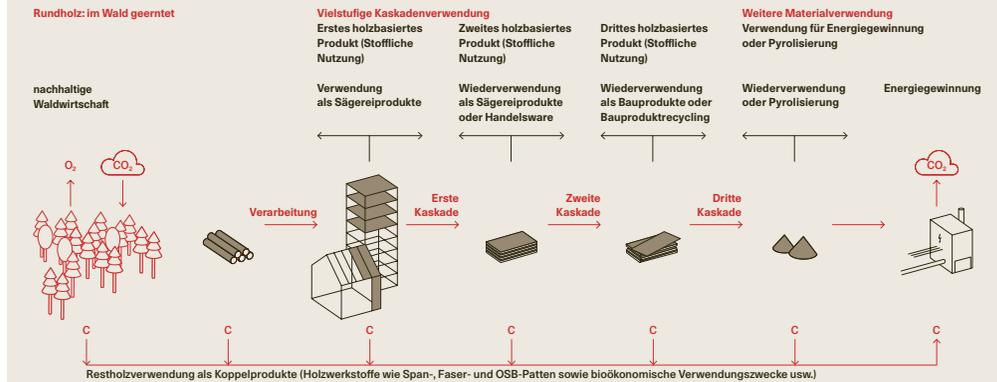
Nicht alle Wälder absorbieren und speichern gleich viel Kohlenstoff (Abb. 6). Die Verringerung von Waldflächen ist schädlich für das Klima, da ein CO<sub>2</sub>-Speicher aufgelöst wird. Die Erhöhung der Waldfläche vermag über eine bestimmte Zeit (bis zum Gleichgewicht) den Speicher zu erhöhen. Aber diese Effekte werden durch mehr Waldbrände, Schädlinge, Trockenheit, Hitze, Stürme und Krankheiten zunichtegemacht, wodurch sich der Waldverlust auch in Teilen Europas beschleunigt.

Als Primärwälder nach Abbildung 6 gelten Wälder, die weitgehend frei von deutlich sichtbaren Spuren menschlicher Aktivitäten sind. In ihnen können sich ökologische Prozesse im Wesentlichen ungestört vollziehen. Sie setzen im Gleichgewicht jedoch gleich viel CO<sub>2</sub> frei, wie sie binden. In einem gesellschaftlichen Kontext setzen sie indirekt mehr CO<sub>2</sub> frei, weil die Gesellschaft auf andere Rohstoffe (Beton, Stahl, Glas usw.) ausweichen muss, um ihre Bedürfnisse zu befriedigen. Das heisst: Diese Waldfläche wird im Bestreben, CO<sub>2</sub> zu reduzieren, wenig effizient genutzt.

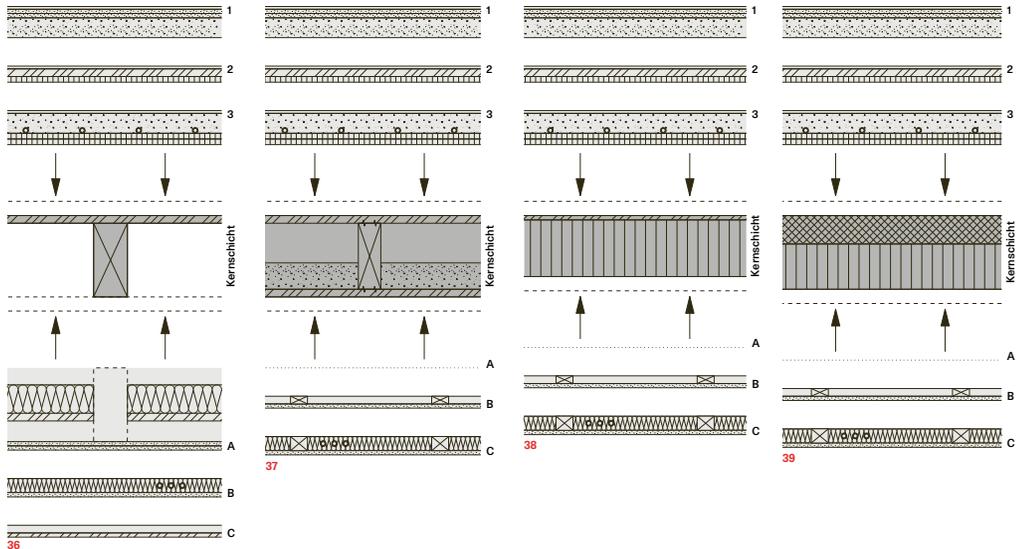
6 Der Wald als Quelle und Senke für Kohlenstoff: Nicht alle Wälder absorbieren und speichern gleich viel Kohlenstoff [3]. Forstlich genutzte Wälder der Altersklasse von 20 bis 80 Jahren entziehen der Atmosphäre am meisten CO<sub>2</sub>. Solange ein Baum gesund ist und wachsen kann, speichert er CO<sub>2</sub> (erweiterte, prinzipielle Darstellung).

7 Kaskadennutzung von Holz als Ziel: Es sind mehrere Schritte innerhalb der Kaskaden zweckmässig. Heute gilt es, die Gebäude so zu bauen, dass die Bauteile nach Kapitel A2 44 «Rückbau und Wiederverwendung» einer Wiederverwendung zugeführt werden können [3]. Je länger der Werkstoff Holz genutzt wird, desto länger bleibt Kohlenstoff (C) gespeichert. Zudem: Auch Gebäudes kann als wertvolles Materiallager für eine Wiederverwendung betrachtet werden (erweiterte, prinzipielle Darstellung).

Anzustrebende Kaskadennutzung



7



Pressverklebung mit der Deckenrippe schubsteif verbunden. Um den Schallschutz zu optimieren, werden die Hohlräume mit einer Hohlraumbedämpfung teilweise gefüllt oder mit einer Kalksplittschüttung beschwert, um Masse einzubringen. Ein Beispiel eines solchen Aufbaus ist in Abbildung 37 dargestellt. Die einzelnen Bestandteile der Hohlkasten- oder der Rippendecke können aufgrund der Schraubpressverklebung nicht getrennt werden. Deshalb können die Decken nur dann wiederverwendet werden, wenn sie sich als gesamtes Element in ein anderes Gebäude einbauen lassen. Der weitere Aufbau in Bezug auf abgehängte Decken oder Bodenaufbauten ist jedoch flexibel. Balkendecken nach Abbildung 36 können gänzlich in ihre Einzelteile zerlegt werden.

Bei den Bodenaufbauten sind Trockenaufbauten gegenüber gegossenen Unterlagsböden in Bezug auf eine Wiederverwendung vorzuziehen. Parkettbeläge werden vielfach auf Unterlagsböden gelegt. Schwimmend verlegte Gehbeläge, ein auf die

Unterkonstruktion geschraubtes Massivholzparkett oder Bodenriemen sind mit Blick auf eine Wiederverwendung vorzuziehen.

### Massivholzdecken (Abb. 38)

Massivholzdecken sind als Tragelement verhältnismässig einfach aufgebaut. Zu den Massivholz-Rohdecken zählen die Konstruktionsarten Brettstapel, Brettschichtholz oder auch die plattenförmig verleimten Systeme wie Brettspertholz. Im Gegensatz zu Holz-Beton-Verbunddecken sind die weiteren Bodenschichten nicht miteinander statisch verbunden. Die Holzdecke allein reicht jedoch vielfach nicht aus, um Schallschutzanforderungen von Nutzungstrennungen zu erfüllen. Deshalb wird auf der Massivholzdecke vielfach eine Beschwerung (Splittbeschwerung, Kalksplittschüttung) aufgebracht. Eine Trennung der einzelnen Bauteilschichten ist aufgrund der Schichtordnung von den verschiedenen Materialien gut möglich. Auch hier gilt die Vorgabe, dass die einzelnen Bauteilschichten nicht miteinander verklebt, sondern miteinander verschraubt werden.

36

**Systemaufbau Balkenlage**  
Kernschicht Balkenlage mit flächiger Tragstruktur.

Bodenaufbau 1 bis 3, variabel, demontierbar. Ausführung je nach Aufbau, Installationsführung, Schallschutzanforderungen und Gehbelag. Deckenaufbau A bis C, variabel. Hohlräume gefüllt mit Bedämpfung oder Beschwerung. Deckenverklebung direkt befestigt oder abgehängte Decke als Vorsatzschale je nach Installations-, Schallschutz-, Gestaltungs- und Unterhaltskonzept

37

**Systemaufbau Hohlkastendecke**  
Kernschicht mit Deckenrippen und flächigen Beplankungen. Durch Pressverklebung mit der Deckenrippe schubsteif verbunden. Hohlräume gefüllt mit Bedämpfung oder Beschwerung. Bodenaufbau 1 bis 3, variabel, demontierbar. Ausführung je nach Aufbau, Installationsführung, Schallschutzanforderungen und Gehbelag. Unterscheidung zwischen Unterlagsböden oder Trockenaufbau. Hinweis: Trockenaufbauten sind gegenüber gegossenen Unterlagsböden in Bezug auf eine Wiederverwendung vorzuziehen. Deckenaufbau A bis C, variabel. Flächige Beplankung bleibt sichtbar oder abgehängte Decke als Vorsatzschale, je nach Installations-, Schallschutz-, Gestaltungs- und Unterhaltskonzept

38

**Systemaufbau Massivholzdecken**  
Kernschicht mit Tragwerk. Brettstapel, Brettschichtholz, Brettspertholz. Bodenaufbau 1 bis 3, variabel, demontierbar. Ausführung je nach Aufbau, Installationsführung, Schallschutzanforderungen und Gehbelag. Unterscheidung zwischen Unterlagsböden oder Trockenaufbau. Hinweis: Trockenaufbauten sind gegenüber gegossenen Unterlagsböden in Bezug auf eine Wiederverwendung vorzuziehen. Deckenaufbau A bis C, variabel. Tragwerk bleibt sichtbar oder abgehängte Decke als Vorsatzschale, je nach Installations-, Schallschutz-, Gestaltungs- und Unterhaltskonzept

39

**Systemaufbau Holz-Beton-Verbunddecken**  
Kernschicht mit Tragwerk. Holzdecke (Balken-Hohlkasten-, Massivholzdecken) mit darüberliegenden, armierten Betonplatten (Überbeton), schubfest miteinander verbunden. Bodenaufbau 1 bis 3, variabel, demontierbar. Ausführung je nach Aufbau, Installationsführung, Schallschutzanforderungen und Gehbelag. Unterscheidung zwischen Unterlagsböden oder Trockenaufbau. Hinweis: Trockenaufbauten sind gegenüber gegossenen Unterlagsböden in Bezug auf eine Wiederverwendung vorzuziehen. Deckenaufbau A bis C, variabel. Tragwerk bleibt sichtbar, oder die abgehängte Decke wird als Vorsatzschale ausgeführt, je nach Installations-, Schallschutz-, Gestaltungs- und Unterhaltskonzept

### Holz-Beton-Verbunddecken (Abb. 39)

Holz-Beton-Verbunddecken sind Hybridbauten, bei denen die jeweils am besten geeigneten Eigenschaften der Materialien Holz und Beton vereint werden. Ein Beispiel eines solchen Aufbaus ist in Abbildung 39 dargestellt. Die beiden Materialien, Holz in der Zugzone und armerter Beton in der Druckzone, sind mithilfe von Schrauben, Schubverbindern oder auch Verklebung verbunden (siehe Teilkapitel B11 80 «Holz-Beton-Verbunddecken»). Die Trennung des Betons vom Holz ist nur möglich, wenn ein Rückbau berücksichtigt ist. Ohne diese Möglichkeit kann die Konstruktion nur



40



41

40 und 41  
Nachhaltigkeit als Hauptfokus. Dienstleistungs- und Wohngebäude, «Haus des Holzes», Sursee CH. Energiestandard Minergie P-ECO. SNBS Hochbau Standard Platin.  
Die Planung erfolgte nach den Grundsätzen von VDC (BIM-Methode). So liess sich ein grosses Verständnis zwischen den verschiedenen Ingenieur-, Architektur-, Gestaltungs- und Herstellungsdisziplinen erreichen. Da sie sich alle am zirkulären Bauen orientierten, ist der Holzbau so konzipiert und konstruiert, dass er ohne Demontage-schäden zurückgebaut werden kann.

dann wiederverwendet werden, wenn sie sich als gesamtes Element in einem anderen Gebäude einbauen lässt.

### Rückbau und Wiederverwendung: Modulbauten (Abb. 42 und 43)

Der Holzbau kennt Herstellungs- und Fertigungsprozesse für Kleinmodule, für Elemente in einem Raster-, Raum oder Grundrissraster oder für gesamte Raumsysteme (Modulbauten). Dank ihrer ausgeklügelten Modularität und Vorfertigung ermöglichen sie nicht nur eine einfache, schnelle Montage, sondern genauso einfache Demontage und Wiederaufbau. Diese Art modularen Bauens hat sich in den letzten Jahren insbesondere für temporäre Bauten durchgesetzt. Sie kommen zur Anwendung bei einem schnellen Bedarf von Schul- oder Ausbildungsbauten, aber auch bei einem kurzfristigen Platzbedarf in den Nutzungssegmenten Wohnen, Industrie und Gewerbe, Gesundheitswesen etc. Hier bietet sich eine einfache und eine mit grossem Hebel wirksame Möglichkeit, das Thema Rückbau und Wiederverwendung anzugehen. Die verschiedenen Bauprinzipien sind im Kapitel B3 «Herstellung - Vorfertigung» beschrieben. Der Raummodulbau nach Kapitel B8, gezeigt in den unten stehenden Abbildungen 42 und 43, bietet die einfache Wiederverwendung ganzer



42



43

42 und 43  
Holzmodulbau: Hohe Modularität und Vorfertigung ermöglichen einerseits eine einfache und schnelle Montage, andererseits auch, entsprechende Planung vorausgesetzt, die einfache Demontage und Wiederverwendung. Modulares Bauen mit Holz ist bereits heute hoch entwickelt und deckt das Bedürfnis nach Zirkularität im Bauen hervorragend ab.

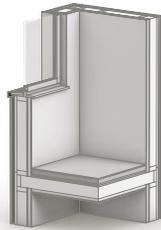
**Modelltypen im digitalen Planungsprozess**

Im digitalen Planungsprozess werden unterschiedliche Modelle für die einzelnen Anspruchsgruppen generiert. Architekten erstellen digitale Modelle mit den für sie relevanten Informationen, welche die Grundlage für die nachfolgenden Planungsbeteiligten bilden. Ebenso erstellen die Ingenieure, Haustechniker und zu guter Letzt das ausführende Unternehmen ihre Modelle. Im Holzbau kommen die folgenden häufig ausgetauschten Modelltypen zum Einsatz:

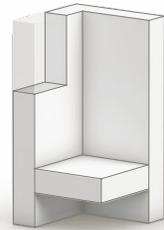
- Referenzmodell (Architekturmodell)
- Anforderungsmodell(e)
- Tragwerksmodell
- Fachmodelle (Gewerke)

**Referenzmodell (Architekturmodell)**

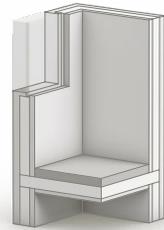
In der aktuellen Praxis wird das Referenzmodell von der Architektur geliefert. Dieses Modell muss eine klare Zonenstruktur, Raumstruktur und alle notwendigen Bauteile aufweisen. Es beinhaltet alle raumbegrenzenden Bauteile wie Wände, Decken, Stützen, Unterzüge und die dadurch geschaffenen Räume mit einer Information zu ihrer Nutzungsart. Ebenso sollten Fenster und Türen enthalten sein. Dieses Referenzmodell bildet die Grundlage für alle folgenden Modelle. Die Informationstiefe, in der alles Wichtige im Architekturmodell für den Holzbauunternehmer enthalten sollte, ist mit dem Unternehmer abzusprechen. Vielfach genügt für den Holzbauplaner das einfache Hüllkörpermodell mit Abmassen und Öffnungen. Mit den Definitionen der Aufbauten und Details kann der Holzbauer die Daten für das Produktionsmodell erstellen und die notwendigen Daten dann zurück in das Referenzmodell transferieren.



33



34



35

**Anforderungsmodelle**

Die Anforderungsmodelle spielen eine entscheidende Rolle im Datenmanagement-Prozess, da die Anforderungen von vielen verschiedenen Quellen oder Disziplinen stammen und verschiedenen «Daten-Containern», wie z.B. Gebäude, Zone, System, Raum und Bauteil, zugeordnet werden können. Die Anforderungsmodelle bilden den SOLL-Zustand ab. Beispiele dafür sind Schallschutzanforderungsplan/-modell, Brandabschnittsschema/-modell, Dämmperimeter-Schema/-modell oder Nutzlastenplan/-modell.

**Tragwerksmodell**

Das Tragwerksmodell bildet alle tragenden Elemente in der richtigen Dimension ab und wird vom Ingenieur erstellt. Mit dem daraus abgeleiteten Sperrzonenmodell und dem Aussparungsmodell des Haustechnikplaners können Durchbrüche koordiniert werden. Das Tragwerksmodell kann als Grundlage für Ingenieur- und Lastenpläne verwendet werden und bildet zudem die Grundlage für das Statikmodell.

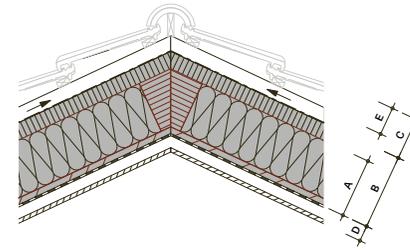
**Fachmodelle**

Die Fachmodelle enthalten die Planungsergebnisse der Fachplanerteams (z.B. Haustechnikplaner oder Brandschutzplaner, Holzbauplaner) als digitales Bauwerksmodell. Diese werden nach der Erstellung zusammen mit dem Architekturmodell und dem Tragwerksmodell zu einem Koordinationsmodell zusammengefügt respektive übereinandergelegt.

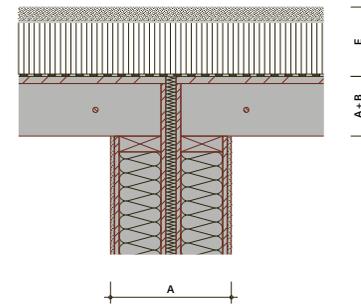
33 Konventioneller Modellaufbau: Jede Schicht zu Tragwerk und zu Wand- und Deckenaufbau ist einzeln dargestellt und beschrieben.

34 Einschichtiges Hüllkörpermodell

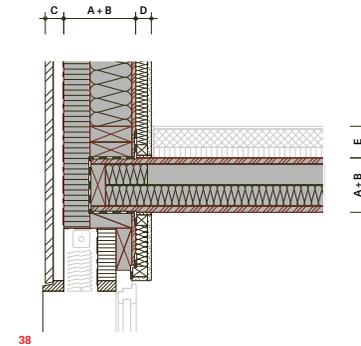
35 Dreischichtiges Hüllkörpermodell: mit Informationen zu Tragwerk und Aufbauten



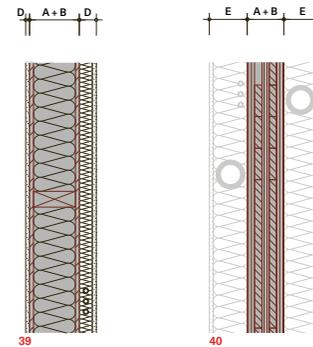
36



37

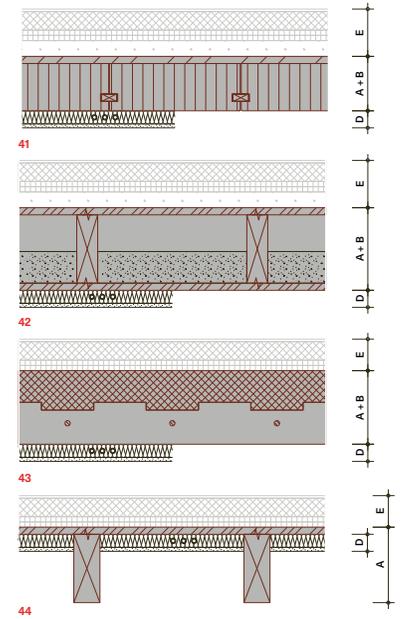


38



39

40



- Legende
- A = Konstruktion/Tragwerk
  - B = Holzsystembau
  - C+D = Ausbau/Bekleidungen
  - E = Anschliessende Gewerke

**Mehrwert für den Holzbau**

Die gesamtheitliche Betrachtung des digitalen Prozesses über den ganzen Lebenszyklus eines Gebäudes bringt für alle Beteiligten einen Mehrwert. Damit kann ein digitaler Zwilling eines Bauwerks aufgebaut, bearbeitet und verwendet werden, und dies über alle Phasen hinweg: von der Planung, der Fertigung über die Nutzung und Wartung sowie allfälligen Umbauten und den Rückbau am Ende der Lebensdauer. Der Mehrwert eines sorgfältig geführten BIM-Modells ist eine disziplinenübergreifende Datenintegration, die im Idealfall die nahtlose Zusammenarbeit einer Vielzahl von verschiedenen Fachleuten, Auftragnehmenden und Mitarbeitenden über mehrere Jahrzehnte hinweg erlaubt.

36 bis 44  
Zuteilung von Schichten zu Leistungsbereichen und Gewerken [22]

36 Steildach  
37 Flachdach  
38 Aussenwand, Anschluss Decke  
39 Innenwand  
40 Innenwand, Massivholzbau mit Vorsatzschalen  
41 Decke, Vollholz  
42 Decke, Hohlkasten  
43 Decke, Holz-Beton-Verbund  
44 Decke, Rippen

Querlagen verwendet werden, mit dem sich eine Vielzahl von individuellen Abmessungen ergibt. Die maximale Trägerlänge liegt je nach Hersteller bei 12 bzw. 18 Metern.

Furnierschichtholz weist hohe Festigkeiten auf und wird für Furnierschichtholz ohne Querverfurniere (LVL-P) in den Festigkeitsklassen LVL32P, LVL35P, LVL48P, LVL50P bis LVL80P hergestellt [40]. Die Festigkeits- und Steifigkeitswerte sind spezifisch den Europäischen Technischen Bewertungen (ETA) der Hersteller zu entnehmen. Für qualitätsgesichertes Furnierschichtholz aus Buche kann z.B. gemäss ETA 14/0354 [27] eine Festigkeitsklasse GL75 angesetzt werden. Mehrschichtig aus mehreren Lagen verleimtes Furnierschichtholz wird als GLVL (glued laminated veneer lumber) bezeichnet.

Als Plattenwerkstoff das Ausgangsprodukt für Trägerformate, ist Furnierschichtholz auch unter den Holzwerkstoffen, Kapitel A5 52 beschrieben.

**Baurechtliche Grundlagen**

Da verklebte Laubholzprodukte derzeit nicht von einer harmonisierten europäischen Produktnorm erfasst sind, werden die Herstellung und ihr Vertrieb in den Ländern noch getrennt geregelt. In ihnen ist derzeit Brettschichtholz aus Laubholz nur mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ), einer allgemeinen Bauartgenehmigung (aBG), einer Europäisch technischen Bewertung (ETA) oder mit einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE) verwendbar, vorteilhaft ist eine Europäische Technische Bewertung (ETA). Solche Dokumente liegen für verschiedene Holzarten vor.

Um Überraschungen zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Verfügbarkeit und Lieferfristen der Produkte und auch die möglicherweise nach Ländern unterschiedlichen Bedingungen zur Anwendbarkeit und Zulassungen am besten direkt bei den Herstellern abzufragen und sich bestätigen zu lassen.



19



20

**A4 40 Holzwerkstoffe**

Holzwerkstoffe werden industriell aus Brettern, Platten, Spänen, Fasern im Nass- oder Trockenverfahren, meist mit Hilfe von Klebstoffen hergestellt. Auf diese Weise lassen sich die vorteilhaften Eigenschaften von Holz gezielt verstärken. Die Entwicklung der meist plattenartigen Produkte hat wesentlich zum heutigen Bauen mit Holz beigetragen.

Holzwerkstoffe werden meist nach einer harmonisierten europäischen Produktnorm produziert und in Verkehr gebracht. Sofern die Eigenschaften wesentlich von diesen Normen abweichen, werden die Produkte jeweils auf Grundlage einer ETA (Europäisch Technische Bewertung; oft auch europäische Zulassung genannt) vom Hersteller deklariert. Dies trifft auf zahlreiche Produkte zu.

Die Holzwerkstoffe für die Verwendung im Bauwesen sind in der EN 13986 [41] geregelt, die deren wesentliche Eigenschaften festlegt. In der Schweiz sind die Anforderungen an plattenförmige Holzwerkstoffe in der SIA 265/1 «Holzbau – Ergänzende Festlegung» [23] zu finden.

Abbildung 21 zeigt in einer Übersicht die gebräuchlichsten Produkte für den Holzbau, die in der Praxis verwendeten Abkürzungen in deutscher Sprache und ihre wichtigsten Merkmale. Die Produkte werden in den Folgekapiteln einzeln beschrieben.

Holzwerkstoffe					
Bezeichnung	Brettspertholz	Furnierschichtholz	Massivholzplatten	Sperrholzplatten (Furnierspertholzplatten)	OSB-Flachpressplatten
Abkürzung/Nennung	BSP, CLT	FSH, LVL	SWP	BFU	OSB
Herstellung	Schnittholz, Brettlagen, Querverklebung	Furnierschichten verklebt	Schnittholz, Brettlagen verklebt, mehrlagig querverklebt	Furnierschichten querverklebt	Holzspäne verklebt
Hergestellt nach	EN 16351/ETA	EN 14374/ETA	EN 13353+A1	EN 636	EN 300
Systemskizze					
Rohdichte	Nadelholz 400-500 kg/m³	Nadelholz 450-580 kg/m³ Buche 690-750 kg/m³	Nadelholz 400-500 kg/m³	Nadelholz 450-580 kg/m³ Buche 690-750 kg/m³	550-650 kg/m³
Hauptanwendung	Tragende Bauteile	Tragende Konstruktionsteile	Tragende und nicht tragende Konstruktionen, Innenausbau	Tragende und nicht tragende Konstruktionen, Innenausbau	Tragende und nicht tragende Konstruktionen, Innenausbau

Holzwerkstoffe (Fortsetzung)					
Bezeichnung	Spanplatten (Flachpressplatten)	Mitteldichte Faserplatten	Poröse Holzfasern-Dämmplatten	Gipsfaserplatten	Zementgebundene Spanplatte
Abkürzung/Nennung		MDF	SP		
Herstellung	Holzfasern verleimt	Holzfasern verleimt	Holzfasern	Gips- und Papierfasern	Späne in Zement gebunden
Systemskizze					
Hergestellt nach	EN 312	EN 622-5	EN 13171	ETB/ETA	EN 633, EN 634-1+2
Rohdichte	300-900 kg/m³	750-800 g/m³	40-230 kg/m³	1000-1250 kg/m³	1000-1500 kg/m³
Hauptanwendung	Tragende Konstruktionen, Innenausbau	Innenausbau, auch aussteifende Beplankung	Dämmung	Innenausbau, auch aussteifende Beplankung	Tragende Konstruktionen mit hoher Feuchtebeanspruchung

21



22



23

21 Übersicht gebräuchlichste Holzwerkstoffe

22 Brettspertholz, Anwendungsbeispiel: Massivholzsysteme wie Brettspertholz, Brettsapfel usw. bilden die Tragkonstruktion und können zugleich als fertiger Ausbau zur Anwendung kommen.

23 Massivholzplatten, Anwendungsbeispiel: Massivholzplatten können als Teil der Tragkonstruktion (zugleich als fertiger Ausbau) oder als nicht tragende, innere Bekleidungen angewendet werden.

19 Tragwerk aus Furnierschichtholz, Holzart Fichte, Verwaltungsgebäude Meyer Memorial Trust, Portland, USA

20 Tragwerk aus Stabschichtholz, Holzart Buche, Anwendung im Hochgebirge, Höhe über Meer 2930 Meter, Schneesport-Testcenter in Zermatt, CH. Trotz hoher Schneelasten ermöglicht der Hochleistungs-werkstoff eine schlanke und leichte Bauweise



24

24 Holz im Ausbau, Holzart Douglasie, Historisches Archiv in Köln, D



25

25 Holz im Ausbau, Holzart Esche, Haus des Holzes Sursee, CH

# B



Illwerke Zentrum Montafon, Vandans, A

# Holzbau- systeme

**Bauarten, Baustruktur, Tragwerk,  
Konstruktion, Bauteile**

## B1 20 Bauteilsysteme: Wände, Decken, Dächer

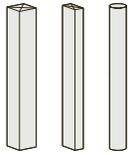
Der zeitgemäße Holzbau kennt für Wände, Decken und Dächer eine grosse Vielfalt unterschiedlicher Bauteile, Bausysteme und Produkte. Diese Bauteilsysteme bestehen aus ein- oder beidseitig beplankten Wand-, Decken- und Dachsystemen oder aus massiven Holzbauanteilen, die zu flächig wirkenden Systemen gefügt oder verklebt werden. Sie unterscheiden sich in Fertigung, Aufbau und Anwendung deutlich.

In Abbildung 8 sind die vertikalen Bauteilsysteme auf der Ebene von Stützen oder Wänden und in Abbildung 9 in horizontaler Richtung für Träger, Decken und Dächer dargestellt. Diese Bauteilsysteme werden als eigenständige Systeme und unabhängig von Bauart und Konstruktionsweise eingebaut. Das bedeutet, diese Wand-, Decken- und Dachsysteme können Teil eines Holzbaus, eines Holz-Hybridbaus oder eines Hybridbaus sein. Oder sie sind Teil eines Gebäudes, das nach den Regeln eines durchgehenden Holzbausystems geplant und gebaut wird.

### Vertikale Bauteile

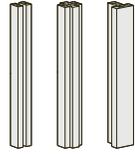
#### Stützen

Einteilige Querschnitte



Vollholz  
Balkenschichtholz  
Brettschichtholz  
Stabschichtholz  
Furnierschichtholz

Zusammengesetzte Querschnitte



Verschiedene Kombinationen,  
zusammengesetzte Stützen

#### Wände

##### Beplankte Systeme

Beplankte Wände

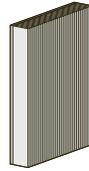


Rahmenbau

Einseitig beplankt  
Beidseitig beplankt  
Mit/ohne Dämmung

##### Massivholzsysteme

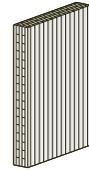
Vollholzwände



Massivholzbau  
Produktbezogene Systeme

Brettstapel  
Brettschichtholz  
Kreuzweise gedübelt

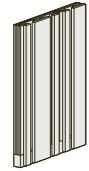
Plattenförmig verklebte Wände



Massivholzbau  
Produktbezogene Systeme

Brettspertholz  
Brettspertholz modifiziert  
Mehrschichtplatten

Zusammengesetzte Wände



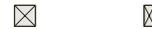
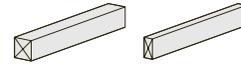
Massivholzbau modifiziert  
Produktbezogene Systeme

Auf Abstand querverleimt  
Holzmodul-Stecksystem

### Horizontale Bauteile

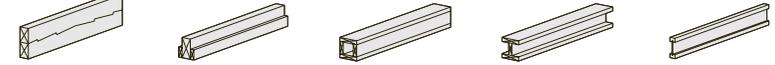
#### Träger

Einteilige Querschnitte



Vollholz  
Balkenschichtholz  
Brettschichtholz  
Stabschichtholz  
Furnierschichtholz

Zusammengesetzte Querschnitte

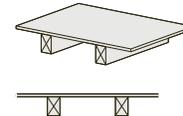


Trägersysteme  
Produktbezogene Systeme  
Verschiedene Kombinationen  
Zusammengesetzte Träger  
Bindersysteme

#### Decken, Dächer

##### Stabförmige, beplankte Systeme

Balkenlagen (Balkendecken)  
Sparrenlagen



Sichtbar  
Teilweise sichtbar  
Bekleidet

##### Holz-Verbundsysteme

Rippendecken  
Hohlkastendecken



Rippenplatte  
Hohlkasten mit/ohne Füllung

Produktbezogene Systeme  
(auch als Massivholzsysteme)



Produktbezogene Systeme:  
Hohlkasten  
Auf Abstand querverleimt  
Brettspertholz modifiziert

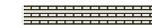
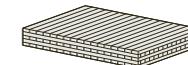
##### Massivholzsysteme

Vollholzdecken



Brettstapel  
Brettschichtholz  
Furnierschichtholz  
Brettschichtholzdielen, Dillböden  
Vollholzbalken

Plattenförmig verklebte Decken



Brettspertholz  
Furnierschichtholz

Holz-Beton-Verbunddecken



Stabförmige Systeme  
Massivholzsysteme

8 Vertikale Bauteilsysteme:  
Stützen, Wände

9 Horizontale Bauteilsysteme:  
Träger, Decken, Dächer

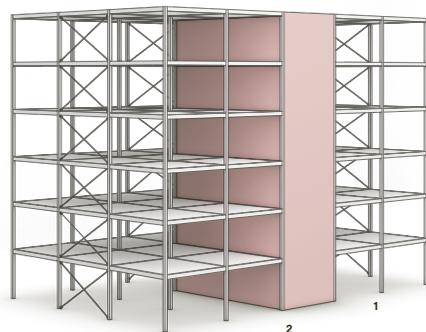
## B130 Kombinationen

Die Systeme Block- und Fachwerkbau bilden in sich geschlossene Systeme. Die Wände, die Decken wie auch das Dach sind gemäss ihrem spezifischen System konstruiert und bilden so eine Einheit. Gleiches gilt für die zeitgemässen Systeme wie Rahmenbau und Massivholzbau, wobei in der Baupraxis die Grenzen vermischt sein können und Kombinationen alltäglich geworden sind. So können Wände als Rahmenbau und die Decken in einem Massivholzsystem konstruiert werden. Umgekehrt können Wände in einem Massivholzsystem und die Decken in stabförmigen Konstruktionen kombiniert werden. Im Skelettbau sind solche Kombinationen selbstverständlich, denn ein stabförmiges Tragwerk wird durch die unterschiedlichsten Bauteilsysteme ergänzt, einerseits zur Stabilisierung und andererseits zur Raumbildung. Wobei auch anzumerken ist, dass die Sekundärtragkonstruktionen im Skelettbau meistens beplankte Stabkonstruktionen sind, die die Aufgaben der Tragkonstruktion wie der Raumbildung übernehmen.

Kombinationen können je nach Anforderungen der Schutzfunktionen (Brandschutz, Schallschutz, Wärme- und Feuchteschutz), aber auch infolge der Grundrissgestaltung, der Grösse des Baues oder der Höhe der abzutragenden Lasten sowie in Bezug auf die Herstellung als Optimierung verstanden werden und durchaus Sinn machen. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, materialspezifische Vorteile gezielt zu nutzen. Bedingung ist, dass Kombinationen die Baustruktur als Ganzes unterstützen und die architektonische Gestalt des Baus nicht beeinträchtigen.

Die Kombination der Materialien und Systeme kann auf Stufe des Gebäudes, der Bausteine oder auch des Bauteils stattfinden. In Abbildung 10 sind mögliche Kombinationen der unterschiedlichen Gebäudeteile ersichtlich, bei denen Tragsysteme und Baustoffe auf der Ebene des Gebäudes wechseln. Auf der Stufe Bausteine können Aussenwände, Decken und Dächer in verschiedenen Bauteilsystemen ausgebildet sein, während die Tragkonstruktion als Skelett- oder Rahmenbau erstellt ist (Abb. 11 bis 14). Auf der Ebene des Bauteils sind insbesondere die Decken in einem Holz-Beton-Verbundsystem zu erwähnen (Abb. 15 und 16). Weitere Kombinationen sind im nächsten Kapitel B140 «Hybrides Bauen» behandelt.

In Abbildung 10 bis 16 sind mögliche Kombinationen von Systemen, Bauweisen und Werkstoffen dargestellt. Dabei wechselt nicht nur das Tragsystem, sondern vielfach auch die Lage der Dämmung und der weiteren Bauteilschichten und ihren zugeordneten Funktionen. Im Teil B dieses Buches sind die Bauweisen der Trag- und Holzbausysteme so dargestellt, dass auch der Schichtaufbau mit dem dazugehörigen Holzbausystem vermittelt wird. In den Teilen B wie auch C ist dargestellt, wie sich die Lagen eines Tragwerks mit den weiteren Bauteilschichten bauphysikalisch korrekt und mit wenigen Schnittstellen, Übergängen und Bauteildurchbrüchen handwerksgerecht fügen lassen.

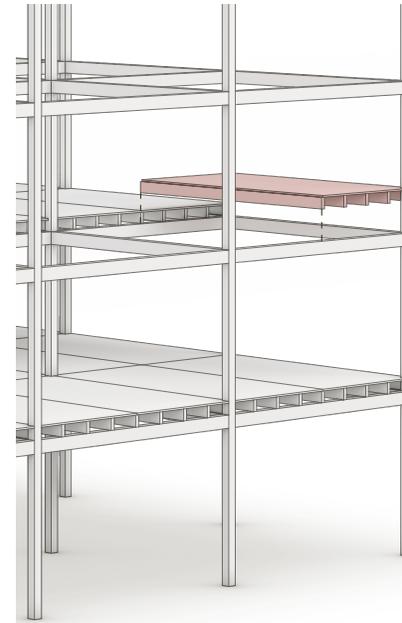


10  
Kombinationen auf Stufe Gebäude und räumlicher Organisation:  
1 Gebäudeteil Holzbau  
2 Gebäudeteil für Erschliessung mit Fluchtwegen und/oder Gebäudeaussteifung in Stahlbetonbauweise

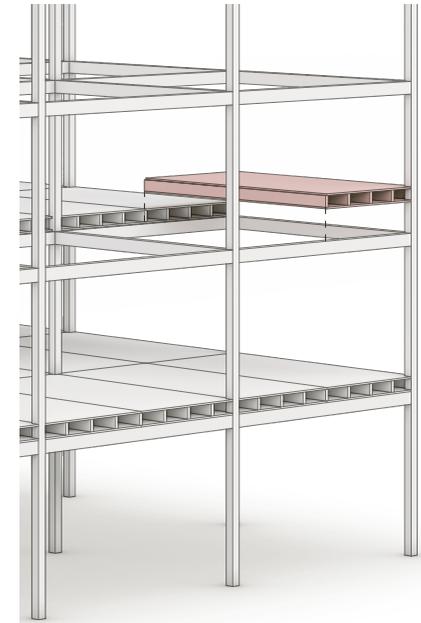
11 bis 14  
Der zeitgemässe Holzbau kennt eine grosse Vielfalt verschiedener Bauteilsysteme, die sich auf Stufe Bausteine kombinieren lassen. Kombination auf Stufe Bausteine:

11 und 12  
Tragwerk als Skelettbaukonstruktion, in Holz-, Stahl- oder Stahlbetonbauweise. Deckenelemente als flächige Bauteilsysteme, zum Beispiel als Rippendecke (Abb. 11) oder als Hohlkastendecke (Abb. 12)

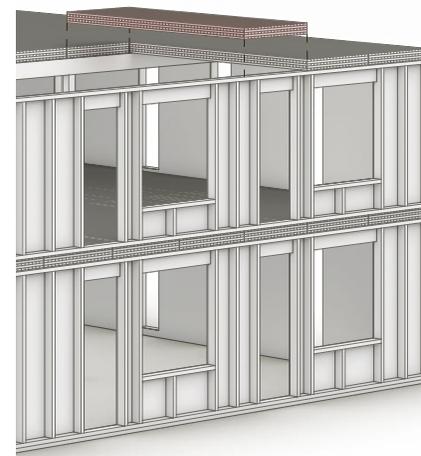
13 und 14  
Wände in Holzrahmenbauweise, Deckenelemente in Massivholzbauweise, zum Beispiel Brettsperroholz (Abb. 13) oder Brettstapel (Abb. 14)



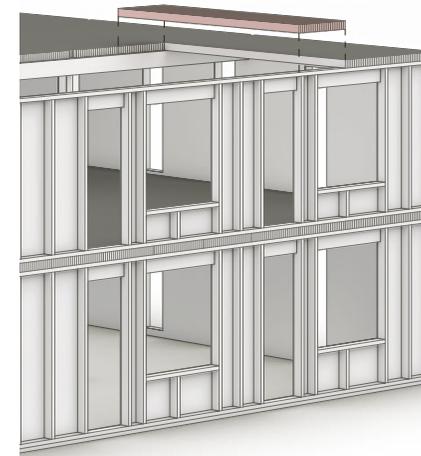
11



12



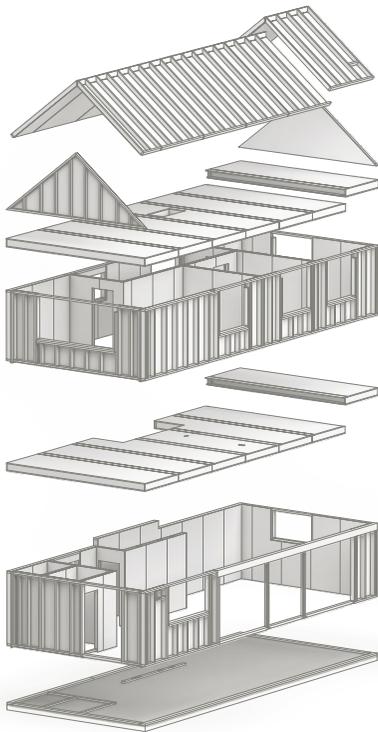
13



14

kontinuierlich. Der Bund Deutscher Zimmermeister hat bereits Mitte der 1980er-Jahre mit der Herausgabe des Konstruktionskataloges *Holzrahmenbau* [58] (im Jahre 2021 in sechster und überarbeiteter Auflage erschienen) ein unterstützendes Arbeitsmittel für Bauschaffende publiziert. In der Schweiz wurde im selben Zeitraum eine Dokumentation zum Holzrahmenbau [59] als Bestandteil des Impulsprogramms Holz bearbeitet und herausgegeben.

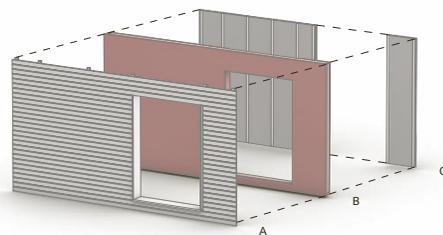
Die Rahmenbauweise gilt als wirtschaftliches, bewährtes Bausystem und zeichnet sich durch einfache Konstruktion und architektonische Freiheit innerhalb des Systems aus. Die standardisierten und abgesicherten Detaillösungen haben sich bewährt und führen so zu einer hohen Planungssicherheit und Ausführungsqualität. Zudem sind die standardisierten Holzquerschnitte und plattenartigen Holz- und Gipswerkstoffe in hoher Qualität lieferbar und kurzfristig verfügbar.



2

Die Rahmenbauweise wird zunehmend durch den jeweils produzierenden Betrieb geprägt. Um den Fertigungsprozess zu optimieren, wird das Grundelement, bestehend aus Traggerippe, Dämmung sowie der inneren und äusseren Beplankung, nach Möglichkeit den betrieblichen Gegebenheiten sowie den konstruktiven und bauphysikalischen Anforderungen angepasst. Auf dieses Grundelement können zusätzliche äussere und innere Bekleidungsschichten aufgebracht werden, welche individuell gemäss den Wünschen der Bauherrschaft und der entwerfenden Architekten gestaltet werden (Abb. 2 und 3). Auf die äusseren und inneren Bekleidungsschichten wird im Teil C «Gebäudehülle, Wände, Decken» näher eingegangen, im Kapitel B5 40 «Baustruktur und Wandaufbau» auf die systemspezifischen Wand- und Deckenaufbauten wie auch auf deren Anschlüsse.

Seit einigen Jahren werden immer mehr auch mehrgeschossige Wohn-, Büro- und Schulbauten sowie Beherbergungsbetriebe in der Holzrahmenbauweise erstellt. Die Erfahrungen mit dieser standardisierten Bauweise sind positiv und zeigen auf, dass sich der Rahmenbau mit Modifikationen oder in Kombination mit anderen Holzbauweisen auch für das mehrgeschossige Bauen eignet. Dank breit abgestützter Vorgaben zum Schall- und Brandschutz, zu Tragkonstruktion und Bauphysik, aber auch aufgrund der Entwicklungen hin zur industriellen Herstellung und zu schneller, konzeptioneller und präziser Montage dürfte der Rahmenbau weiter an Bedeutung gewinnen.



3

#### Die Merkmale des Holzrahmenbaus

- » Einfache Bauweise
- » Geschosswise Aufbau
- » Erprobte Detaillösungen
- » Das Traggerippe besteht aus schlanken, standardisierten, meist schichtverklebten Querschnitten.
- » Rastermass 400–700 Millimeter, vorzugsweise 625 Millimeter
- » Das Traggerippe wird beidseitig bekleidet.
- » Gebäudeaussteifung und Stabilisierung des Traggerippes durch Beplankung
- » Einfache Materialbeschaffung
- » Verbindungen mit Kontaktstössen und durch mechanische Verbindungsmittel
- » Kurze Bauzeit, eine unterschiedliche Fertigungstiefe ist möglich.
- » Materialeffiziente Bauweise, ressourcenschonend

#### Mehrgeschossiges Bauen mit Rahmenbau

- » In modifizierter Art geeignet
- » Höhere Lasten können durch grössere Ständerbreiten bei gleichbleibender Wanddicke aufgenommen werden.
- » Setzungsunempfindliche Tragkonstruktion und Detaillösungen wählen (siehe Kapitel B9 «Mehrgeschossiger Holzbau»)
- » Kombinationen mit anderen Bauweisen sind möglich.
- » Hohe Präzision bei Herstellung und Montage erforderlich
- » Frühzeitiger Einbezug von spezialisierten Fachplanern sinnvoll



4



5



6

2 und 3  
Konstruktionsprinzip des Rahmenbaus

2 Darstellung der einzelnen Tragwerkebenen

3 Prinzipielle Darstellung der Bauteilschichten der Aussenwand

A Fassadenaufbau, äussere Bekleidung

B Kernelement mit Traggerippe, Dämmung, äusserer und innerer Beplankung

C Innerer Ausbau, Lattenroste, Installationsschichten, Bekleidungen

4 Asylzentrum in Rahmenbauweise, Lausanne, CH

5 Verwaltungsbau in Rahmenbauweise, Hauptsitz Meyer Memorial Trust, Portland, USA

6 Mehrfamilienhaus in Rahmenbauweise, Aescherstrasse, Basel, CH



51

51 Geschossdecken im Rahmenbau  
 1 Balken-, Rippendecken  
 2 Hohlkastendecken  
 3 Massivholzdecken

### Geschossdecken

Die Tragkonstruktion der Rahmenbauweise besteht aus einem stabförmigen Traggerippe und einer das Traggerippe stabilisierenden Beplankung. Dies gilt für die Wände, innerhalb des Systems Rahmenbau gilt das grundlegend aber auch für Dach und Decken. Jedoch werden im Rahmenbau in der Kombination von Systemen (Kapitel B1, 30 «Kombinationen») häufig auch die weiteren Deckenkonstruktionen eingesetzt (Abb. 51), wie sie im Kapitel B11 «Deckentragkonstruktion» dargestellt werden. Dies gilt insbesondere für den mehrgeschossigen Holzbau, wo der Rahmenbau aus konstruktiven, bauphysikalischen (Schallschutz) und brandschutztechnischen Gründen oft mit anderen Deckensystemen kombiniert wird. Die Abbildungen 52 bis 54 zeigen eine Auswahl von Decken- und Konstruktionsarten im Anschlussbereich Decke an Aussenwand.

### Konstruktive Kriterien für Balkendecken:

#### Balken

- » Abstand der Balken; 500 bis 700 Millimeter, in der Regel 625 Millimeter
- » Stützweite:  $l$  = kleiner als 5 Meter
- » Gesamtlast: Eigenlast (ständige Einwirkung) und veränderliche Einwirkung aus der Geschossdecke und eventuell ständige Einwirkungen aus Zwischenwänden
- » Zulässige Durchbiegung nach den nationalen Normenwerken berücksichtigen. Objektbezogen sind auch steifere Decken notwendig.
- » Berücksichtigung der Kriechverformung
- » Bei Balken mit  $h/b$  grösser als 2,5 sind die Balken gegen Kippen zu sichern.
- » Aussteifungsanforderungen an die Deckenscheibe sind einzubeziehen.
- » Aussparungen an den Deckenbalken müssen konstruktiv berücksichtigt werden.
- » Wechselbalken mit anschliessenden Deckenbalken sind entsprechend zu dimensionieren.

#### Beplankung

- » Formate nach Abstand der Balken: 500 bis 700 Millimeter, in der Regel 625 Millimeter
- » Gesamtlast: Eigenlast (ständige Last) und veränderliche Einwirkung
- » Aussteifungsanforderung an die Deckenscheibe

Bei normal belasteten Geschossdecken von Wohnräumen und bei einem Balkenabstand von maximal 650 Millimetern genügt eine Holzspanplatte (25 mm), eine Dreischichtplatte (27 mm) oder eine Massivholzschalung (22 Millimeter). Die Beplankungsschichten sollen sich über mindestens zwei Balkenfelder erstrecken. Materialstösse im freien Feld zwischen den Balken sind zu vermeiden.

### Aussenwände

Das Ausknicken der tragenden Holzständer (Rippen) wird in der Wandebene durch die Beplankung verhindert. Somit sind für die Wandstützen die Komponenten Druck und Biegung um die stärkere Achse massgebend. Die grösstmögliche Belastung der tragenden Innen- und Aussenwände wird in der Regel durch die zulässige Querdruckspannung in Schwelle und Einbinder bestimmt (Abb. 57). Sie ist neben den auftretenden Lasten von den Querschnitten der Stützen sowie von der Holzart und der Vorholzausbildung der Schwellen und Einbinder abhängig. Bei mehrgeschossigen Gebäuden ist die Konstruktion durch einen Tragwerksingenieur zu berechnen.

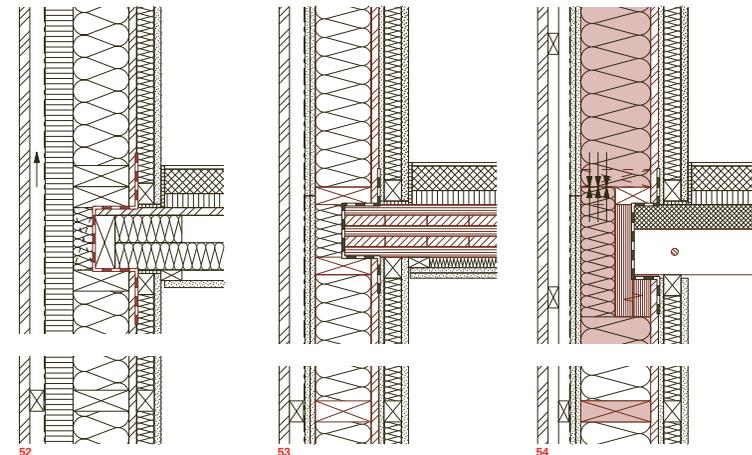
Bei Systemkombinationen (Kapitel B1 30 «Kombinationen») mit dem Skelettbau entfällt die Funktion der vertikalen Lastabtragung durch die Rahmenbauelemente; diese können jedoch für die Gebäudestabilisierung eingesetzt werden. Dabei ist zu beachten, dass Aussenwandelemente senkrecht zur Fläche wirkende Windlasten aufnehmen müssen, unabhängig davon, ob sie zur Gesamtstabilisierung eingesetzt sind oder nicht.

### Einige Kriterien

- » Windlast senkrecht zur Wandfläche
- » Ausknicken der Ständer in der Wandebene durch Beplankung verhindert
- » Senkrechte Lasten aus Dach und Geschossdecken sowie Eigenlast der Konstruktion
- » Knicklänge der Holzständer (ca. Geschosshöhe)
- » Holzständerabstand:  $e = 625$  Millimeter
- » Querdruckspannung bei Schwelle und Einbinder

### Innenwände

Die Belastung der Innenwände wird wie bei den Aussenwänden durch die Lasten aus Dach, Geschossdecken und der Eigenlast der Innenwände bestimmt. Grossflächige Innenwände wie z.B. Wohnungstrennwände können für die Stabilisierung des Gebäudes eingesetzt werden. In dieser Funktion übernehmen sie horizontale und vertikale Kräfte (siehe Kapitel B2 «Grundlagen Tragwerk»).



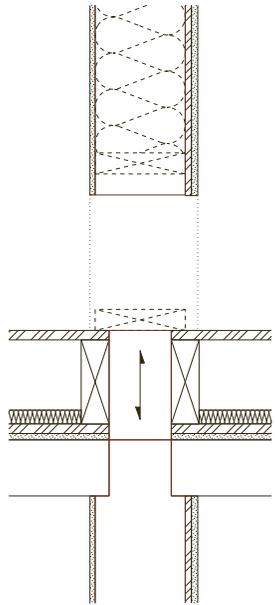
52

53

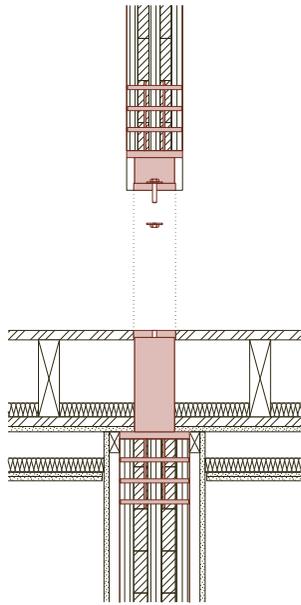
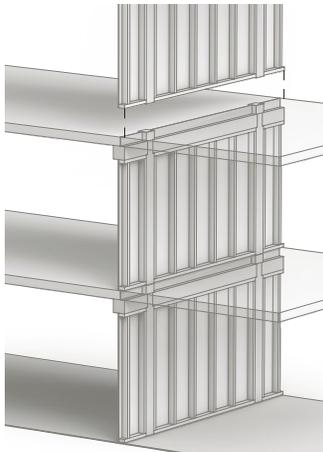
54

52 bis 54 Anschluss Geschossdecke-Aussenwand:

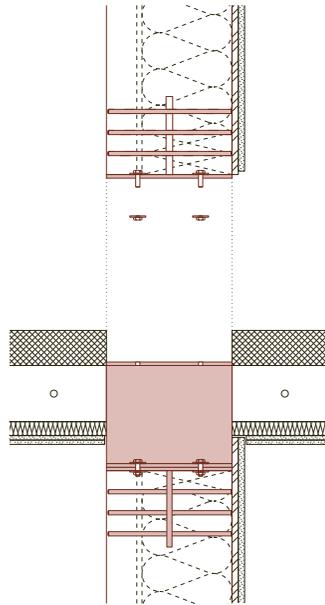
- 52 Aussenwand Rahmenbau, Decke: Balkendecke, Rippen- oder Hohlkastendecke (stabförmige Systeme)
- 53 Aussenwand Rahmenbau, Decke: Massivholzdecke (Brettsperrholz)
- 54 Anschluss mehrgeschossiger Holzbau, Aussenwand modifizierter Rahmenbau: Reduzierung der Setzmasse durch direkte Lastübertragung über das Stirnholz der Rippen; Decke: Holz-Beton-Verbund mit Brettstapel



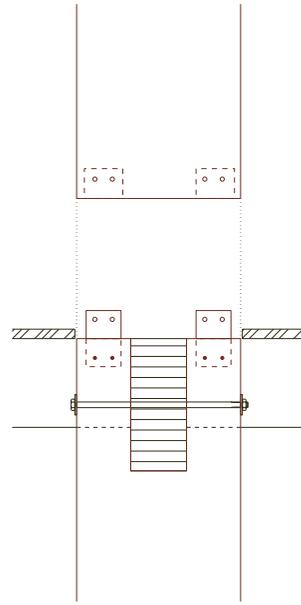
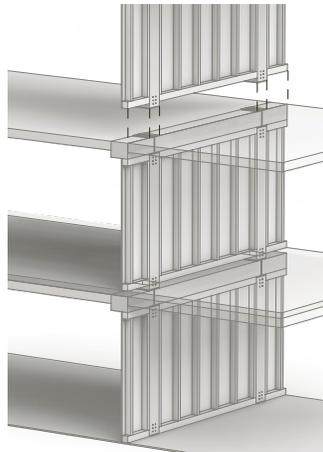
**35** Kraftabtragung über Kontaktstöße (Stirnholz) mittels im Deckenelement integriertem Füllholz mit stehenden Fasern. Auflagerung der Unterzüge über Querpressung oder mechanische Verbindungen an der Stütze



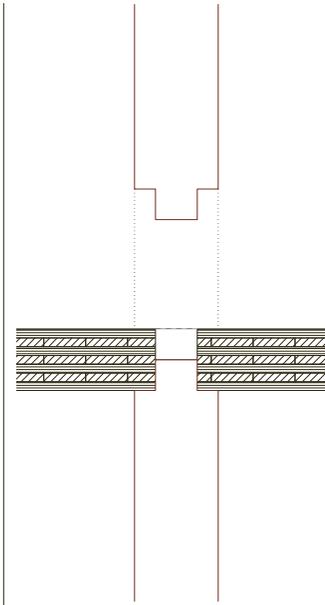
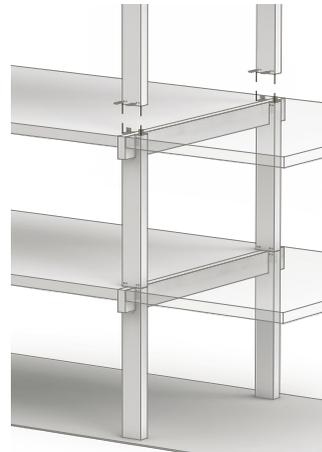
**36** Kraftabtragung bei Innenwänden (Massivholzbau bzw. mit mehrlagigen Massivholzplatten) über Stahlteile. Anwendung bei vertikalen Druck- u. Zugkräften. Bei aussteifenden Wandscheiben sind die Horizontalkräfte durch zusätzliche Verbindungen z.B. über die Decken zu übertragen.



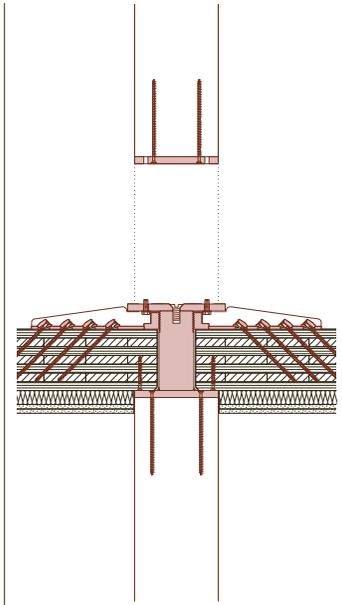
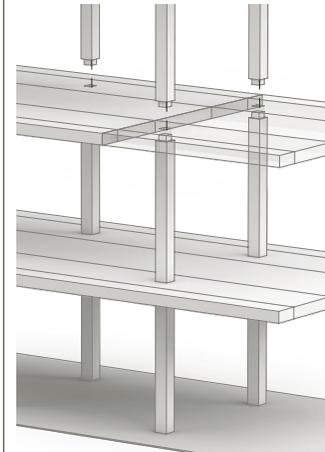
**37** Kraftabtragung in Deckenebene mittels Stahlteilen. Die Deckenelemente liegen auf Unterzügen auf, welche die Kräfte an die Hauptstützen abtragen.



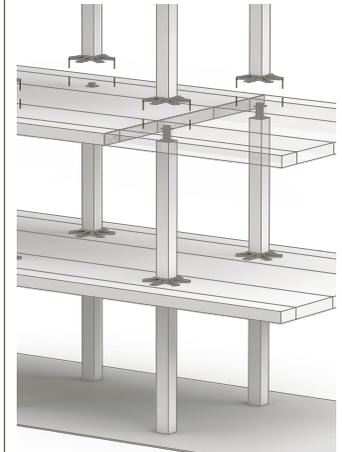
**38** Kraftabtragung mit durchgehenden oder übereinander angeordneten Gabelstützen. Kraftabtragung über Längsholz oder Kontaktstöße, meistens jedoch in Verbindung mit mechanischen, eingeschützten Verbindungsmitteln. Dazwischen liegende Wandelemente, vertikal nicht tragend ausgebildet



**39** Kraftübertragung mit Geschossstoss der Stütze in der Platte. Die Platte liegt auf der durch Rückschnitt der Stütze hergestellten, umlaufenden Konsole auf. Die (biegesteifen) Stöße der Brettsperrholzplatten untereinander erfolgen durch eine Spezialfugen-Verbindungstechnologie (vergleiche Kapitel B6 48).



**40** Kraftabtragung mit produktspezifischem System (Spider Connector). Im System integriert sind die Auflagerverstärkung und die Aufhängung der Brettsperrholzplatte (vergleiche Kapitel B6 48).

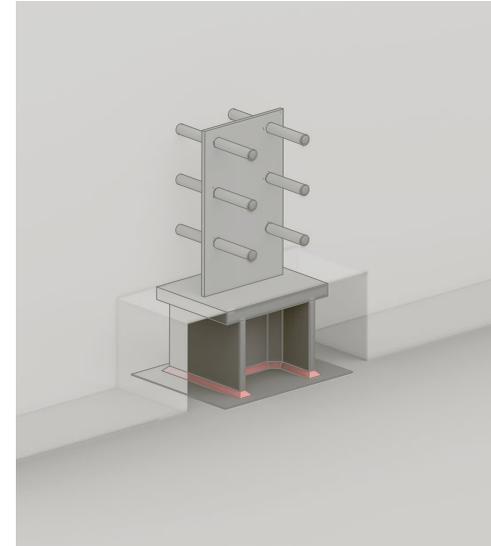


### B9 43 Horizontale Lastabtragung, Gebäudeaussteifung

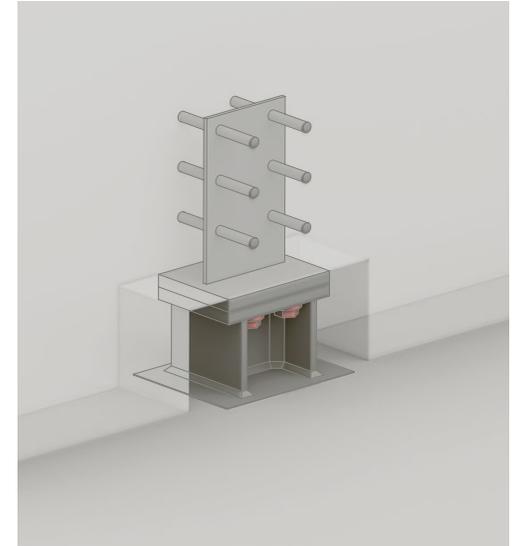
Die Aussteifung eines mehrgeschossigen Gebäudes zur Aufnahme horizontaler Belastungen aus Wind, Lasten, Schrägstellung und Erdbeben ist eines der Schlüsselemente beim Tragwerksentwurf, bei der Planung und den statischen Nachweisen. Bei mehrgeschossigen Gebäuden muss diese Betrachtung deshalb ganz am Anfang stehen. Nur durch eine gute interdisziplinäre Zusammenarbeit lässt sich ein Gebäude auch hinsichtlich seines dynamischen Verhaltens im geforderten Mass abstimmen. Nur so kann es höchste Anforderungen hinsichtlich der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit (Komfort) erfüllen. Die Formänderung (horizontale Auslenkungen des Gebäudes) ist ein wesentlicher Faktor für seine Akzeptanz durch die Nutzer.

Die vertikalen Auflagerreaktionen infolge von Wind nehmen im Quadrat zur Gebäudehöhe zu: Bei doppelter Gebäudehöhe erhöhen sich die vertikalen Auflagerreaktionen um das Vierfache. Daraus ergeben sich bei mehrgeschossigen Gebäuden hohe Kräfte, welche durch Aussteifungselemente (Wände und Verbände), eine einwandfreie Stabilisierung und deren Verankerung aufzunehmen sind. Ebenso ist der Nachweis für die Einwirkung bei Erdbeben unumgänglich. Die konstruktiven Regeln für die Anordnung der Tragwerkselemente (Wandscheiben) sind zu beachten. Die Grundsätze der Aussteifung sind in Kapitel B2 «Grundlagen Tragwerk» ausführlich beschrieben. Die dafür notwendigen Berechnungen und Bemessungen und die notwendigen Ingenieur- und Ausführungspläne sind durch holzbauerfahrene Tragwerksplaner zu erstellen.

An der Schnittstelle zum Massivbau (Kellerdecke, Bodenplatte oder Fundamente) muss die Einleitung der Vertikalkräfte ebenfalls direkt über Kontaktstöße erfolgen. Die Toleranzen zwischen Holzbau und Massivbau werden in der Regel mit Fließmörtel aufgenommen. Die konstruktive Verbindung zur Aufnahme von Zugkräften erfolgt meist über im Massivbau verankerte Stahlteile (Abb. 41 bis 44).



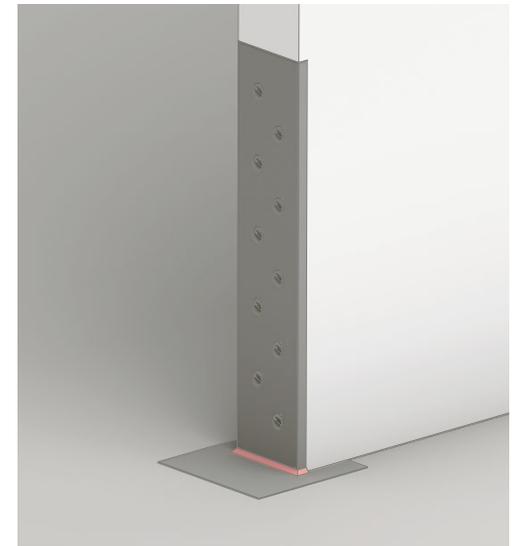
41



42



43



44

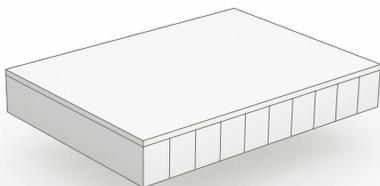
41 bis 44  
Systemskizzen von Verankerungen im  
Massivbau (Untergeschoss oder Fundament)

41 Kräfteinleitung mit Stahlteil  
(eingeschlitzte Bleche und  
Passbolzen) an eingelegter  
Stahlplatte (Anschweißplatte) und  
Schweißnähten am im Element  
bereits vormontierten Stahlteil

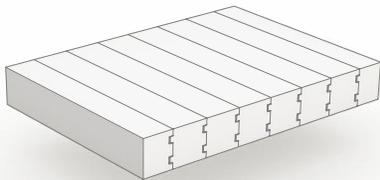
42 Alternativ zu 41 wird hier das im  
Element integrierte Anschlussstück  
durch eine Bolzenverbindung an das  
vorgängig angeschweißte Formteil  
angeschlossen.

43 Kräfteinleitung von horizontalen Kräften  
mit Stahlteil-Verbindungssystem,  
Direktmontage mit Schwerlastanker  
oder Anschweißplatte

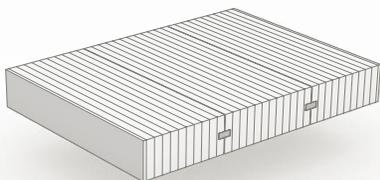
44 Kräfteinleitung in das Fundament mit  
Stahlteil, zentrisch an der Stirnseite mit  
Vollgewindeschrauben fachwerkartig  
unter 45° im Massivholzelement ver-  
schraubt, Verankerung mit eingelegter  
Stahlplatte (Anschweißplatte) und  
Schweißnähten vor Ort



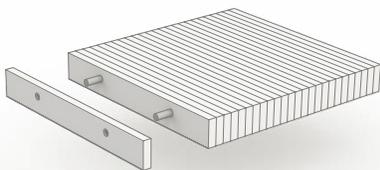
48



49



50



52

### B11 62 Brettstapeldecke

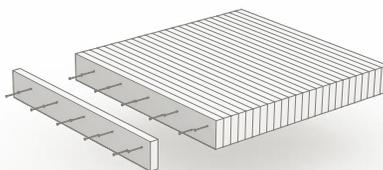
Die Brettstapelelemente bestehen aus hochkant aneinandergereihten Brettlamellen mit Stärken von 20 bis 50 Millimetern (Abb. 51). Die Verbindung der Lamellen erfolgt über Dübel (Abb. 52) oder Nägel (Abb. 53). Diese übertragen die Schubkräfte in Querrichtung und verteilen Einzellasten.

Die einzelnen Brettstapelelemente mit einer Breite bis zu 3,50 Metern (Transportsituation beachten) und einer Deckenstärke von 80 bis zu 240 Millimetern sind wiederum schubsteif zu verbinden. Je nach Hersteller und Konstruktionsweise stehen hier bewährte Systeme zur Verfügung. Die Brettstapeldecke gehört in die Kategorie Massivholzbau, welche im Kapitel B7 «Massivholzbau» behandelt ist. Dieses Kapitel enthält auch weitere Angaben zur Anwendung der Brettstapelbauweise.

Dank unterschiedlicher Oberflächen der Deckenunterseite kommt die Brettstapeldecke für verschiedene Anforderungen und Nutzungen zum Zuge. Durch spezielle Profilierungen kann die Raumakustik über die Deckentragkonstruktion direkt beeinflusst werden. Solche Profilierungen haben zudem oft einen angenehmen Einfluss auf die Innengestaltung der Decken und Räume.



51



53

## B11 70 Massivholzdecken: Plattenförmige, verklebte Decken



54

Plattenförmige, verklebte Decken bestehen aus Brett- oder Furnierlagen, welche kreuzweise oder mehrschichtig verleimte, grossflächige Deckenelemente ergeben. Die zwei wesentlichen Produkte Brettspertholz und Furnierschichtholz (Abb. 54 bis 56) sind in den Kapiteln B11 71 und B11 72 separat beschrieben. Die Verbindungen zwischen den einzelnen Deckenelementen können mit Nut und Feder (Abb. 50) oder Passbrett (Abb. 58) erfolgen. In den letzten Jahren haben sich neue Verbindungssysteme etabliert, die in den Abbildungen 59 bis 61 dargestellt sind. Die Verwendung von Brettspertholz ist als Wandsystem wie auch als Deckensystem weit verbreitet und deshalb auch im Kapitel B7 «Massivholzbau» eingehend beschrieben.

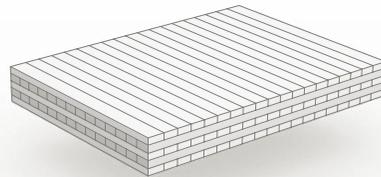
Eine Überschneidung gibt es auch bei den produktspezifischen Systemen, die unter den Markennamen wie «Lignatur», «Lignotrend» oder «Novatop» bekannt sind. Diese Systeme haben einen mehr oder weniger grossen Massivholzanteil und könnten durchaus in der Rubrik «Massivholzdecke: plattenförmig verklebte Decken» aufgelistet werden. Lignatur- und Novatop-Deckensysteme sind in Bezug auf ihre statische Wirkungsweise tendenziell Hohlkastensysteme, Lignotrend-Decken sind eher Rippendeckensysteme und deshalb unter B11 50 «Rippen- und Hohlkastendecken» eingereiht. Lignotrend und Novatop sind auch als Gesamt-Holzbausystem erhältlich und deshalb unter dem Kapitel B7 «Massivholzbau» als solche vorgestellt. Novatop unter dem Teilkapitel B7 34 «Brettspertholz modifiziert»; Lignotrend unter B7 51 «Brettspertholz: Auf Abstand querverleimt».

### Vorteile

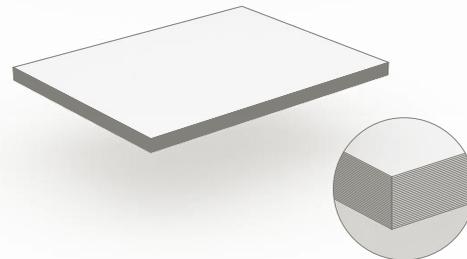
- ↘ Geringe Konstruktionshöhe
- ↘ Grundsätzlich ist eine Lastabtragung in zwei Richtungen möglich, wobei zwischen einer Haupt- und einer Nebentragrichtung zu unterscheiden ist (was auch ein Nachteil sein kann, siehe dazu Abbildungen 15 und 16 im Kapitel B7 25)
- ↘ Sofort begehbar und belastbare Deckenkonstruktion
- ↘ Dank kreuzweiser Anordnung der einzelnen Lagen sind die Schwind- und Quellmasse in Plattenebene vernachlässigbar.
- ↘ Herstellung von grossformatigen Bauteilelementen
- ↘ Schnelle Montage
- ↘ Sichtbare Deckenunterseite ist möglich.
- ↘ Positive Auswirkung auf das Raumklima durch den hohen Holzanteil
- ↘ Die Ausgangslage für den Schallschutz ist aufgrund des höheren Flächengewichts der Massivholzdecke gegenüber der Balkenlage etwas verbessert.

### Nachteile

- ↘ Hoher Holzverbrauch
- ↘ Nur mässiges Tragverhalten im Verhältnis zum hohen Holzverbrauch



55



56

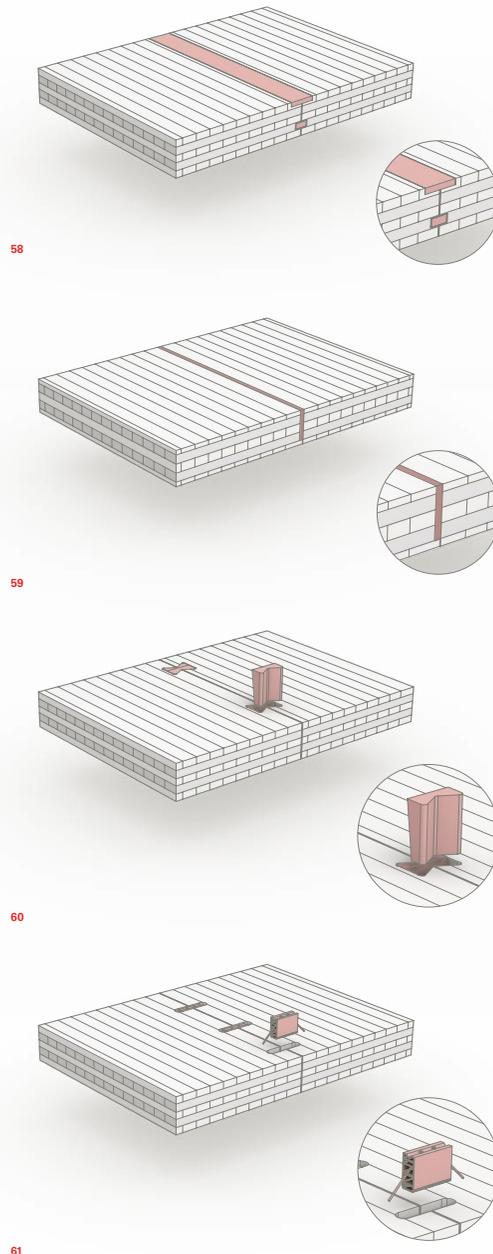


57

## B11 71 Brettsperrholz

Brettsperrholz besteht aus mehreren Lagen kreuzweise, vollflächig verleimter, auf 10 bis 12 % getrockneter Brettschichten. Dank des mehrschichtigen, kreuzweisen Aufbaus, welcher immer eine ungerade Anzahl an Schichten enthält, bleiben die Schwind- und Quellungsbewegungen auf ein Minimum reduziert. Auch grossformatige Platten bleiben so formstabil. Die Lamellen weisen Dicken von 20 bis 60 Millimetern auf. Je nach geforderten Deckenstärken werden 3, 5, 7, 9 oder auch mehr Lagen bis zu einer Deckenstärke von 500 Millimetern aufeinandergeklebt. Brettsperrholzplatten werden im Regelfall und je nach Hersteller bis zu 2,5 Metern Breite produziert. Breitere Formate sind unter Berücksichtigung des Transportes zu prüfen. Die Verbindung der Brettsperrholzelemente kann mit verschiedenen Verbindungssystemen erfolgen (Abb. 58 sowie 59 bis 61). Neu entwickelten Systeme (Abb. 59 bis 61) werden von verschiedenen Herstellern angeboten und können Scherkräfte aufnehmen. Dadurch entstehen vollflächige Scheiben, welche zur Gebäudestabilisierung eingesetzt werden können.

Durch die Klebefuge in Abbildung 59 entstehen Deckenkonstruktionen, die in beide Hauptrichtungen Lasten abtragen können und nicht mehr auf eine lineare Auflagersituation angewiesen sind (siehe auch Kapitel B6 «Skelettbau», Skelettbauart Stütze und punktgestützte Platte). Die Oberflächen der Brettsperrholzplatten lassen sich sowohl für eine sichtbare oder auch nicht sichtbare Anwendung herstellen. Brettsperrholz gehört in die Kategorie Massivholzbau, welche im Kapitel B7 «Massivholzbau» behandelt ist. Dieses Kapitel enthält auch weitere Angaben zur Anwendung von Brettsperrholz.



- 58 Verbindung mit Passbrett  
 59 Klebefuge: Kraftübertragung mit Spezialfugen-Verbindungstechnologie (Konstruktionssystem TS-3)  
 60 Mechanische Verbindung: Übertragung von Scherkräften mit Schutzstahl in der Plattenebene und als Montagesicherung (Verbindung Slot, Rothblaas)  
 61 Holz-Holz-Verbindung: selbstspannender, schwalbenschwanzförmiger Verbinder in Keilform. Übertragung von Scherkräften und Montagesicherung (X-fix Verbinder)

## B11 72 Furnierschichtholz

Im Unterschied zu Brettsperrholz, welches aus 20 bis 60 Millimeter dicken Brettlagen besteht, wird Furnierschichtholz aus etwa 3 bis 6 Millimeter dicken Schäl furnieren hergestellt (Abb. 56). Die Furniere werden vorwiegend in derselben Faserrichtung ausgerichtet. Zur Verbesserung der Masshaltigkeit können einzelne Furnierschichten quer angeordnet werden. Somit entsteht ein homogener und formstabiler Querschnitt.

Furnierschichtholz wird im Gegensatz zu den anderen hier vorgestellten Produkten nicht im eigentlichen Sinne einer Decktragkonstruktion verwendet. Es

benötigt ein quer zur Haupttragrichtung verlaufendes, lineares Tragwerk. Furnierschichtholz eignet sich jedoch insbesondere auch für statisch hoch belastbare Träger und Stützen sowie für Gurte und Lamellen von Hohlkastenträgern. Häufig wird Furnierschichtholz für die Ausbildung von Wand- und Deckenscheiben mit hohen Anforderungen eingesetzt.

Die Standardoberfläche von Furnierschichtholz besteht aus ungeschliffenen Fichtenschäl furnieren, die in regelmässigen Abständen eine dunkle Schäftungsfuge (Stoss der einzelnen Furnierschichten) aufweisen. Auf Wunsch sind auch hell verleimte Schäftungsfugen, ausgewählte Deckfurniere und ein- oder beidseitig geschliffene Oberflächen lieferbar. Furnierschichtholz wird auch als einzelne Balken, Stützen, Unterzüge und flächige Deckenelemente verwendet (Abb. 62).

Die Namen und Adressen der Hersteller sind über die nationalen Holzförderinstitute [301, 302, 303] oder über andere Stellen [304] zu finden.

62 Verwendung von Furnierschichtholz als Deckenelement, Unterzug und Stütze



## B11 80 Holz-Beton-Verbunddecken

Für hohe Lasten, grössere Spannweiten und überall dort, wo eine besonders steife Konstruktion und ein hoher Schall- und Brandschutz verlangt sind, bieten Holz-Beton-Verbunddecken eine interessante und wirtschaftliche Variante zu reinen Holz- oder Stahlbetondecken. Holz-Beton-Verbunddecken bestehen aus einer Holzdecke, welche mit einer darüberliegenden (bewehrten) Betonplatte (überbeton) schubfest verbunden ist (Abb. 63).



63

### Holzdecke

Bei der Holzdecke sind die verschiedenen Konstruktionsarten zu unterscheiden: Balkendecken nach Kapitel B11 40, Rippen- und Hohlkastendecken nach Kapitel B11 50 oder flächige Massivholzdecken nach den Kapiteln B11 60 und B11 70 haben ein spezifisches Tragverhalten, das zu berücksichtigen ist. Grundsätzlich ist mit allen diesen Ausgangssystemen eine Ausbildung zur Holz-Beton-Verbundkonstruktion möglich. Die unten liegende Holzdeckenkonstruktion übernimmt dabei die Biegezugkräfte der Gesamtkonstruktion, der oben liegende Beton die Druckkräfte. Diese unterschiedlichen statischen Belastungen nutzen die Materialeigenschaften von Holz (hohe Zugfestigkeit) und Beton (hohe Druckfestigkeit) optimal.

### Schubverbindung

Die zwischen Druck- und Zugzone auftretenden Schubkräfte vergrössern sich von der Feldmitte bis zum Auflager der Decke konstant. Aufgrund dieser Schubentwicklung ist eine gute Schubverbindung besonders im Auflagerbereich erforderlich. Die Verbindungssysteme unterscheiden sich in ihrer Leistungsfähigkeit (Steifigkeit) und Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung.

Für die schubfeste Verbindung zwischen Holz und Beton stehen verschiedene Verbindungssysteme zur Verfügung:

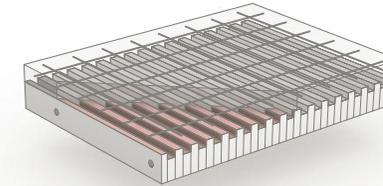
- ✎ Formschluss (Abb. 64 bis 68)
- ✎ Mechanische Verbindungen (Abb. 69 bis 71)
- ✎ Geklebte Verbindungen (Abb. 72 bis 74)

### Überbeton

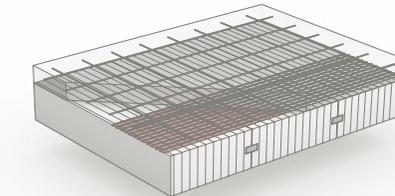
Der Überbeton weist meist eine Stärke von 60 bis 160 Millimetern auf. Die Dicke der Betonplatte ist abhängig von den zu übernehmenden Druckkräften der Gesamtdeckenkonstruktion, den einzulegenden Installationen sowie den Brand- und Schallschutzanforderungen. Vermehrt werden schwindarme, selbstverdichtende hochfeste Spezialbetone verwendet.

## B11 81 Schubverbindung: Formschluss

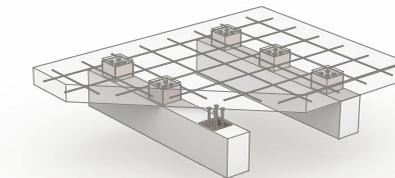
Beim Formschluss werden die Schubkräfte zwischen Beton und Holz meist über Kerben, Profilierungen, «Nocken» oder unterschiedlich hohe Lamellen (bei Brettstapeln) aufgenommen (Abb. 64 bis 68). Je nach System können aufgrund der Exzentrizität abhebende Kräfte entstehen. Diese werden von mechanischen Verbindungsmitteln aufgenommen.



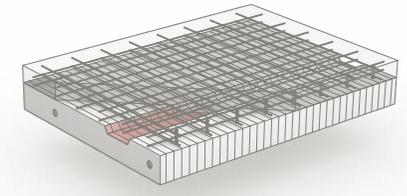
64



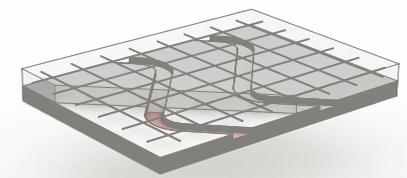
65



67



66



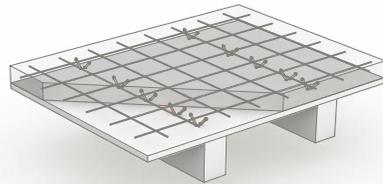
68

64 bis 68  
Übersicht Holz-Beton-Verbundsysteme:  
schubfeste Verbindungen mittels  
Formschluss

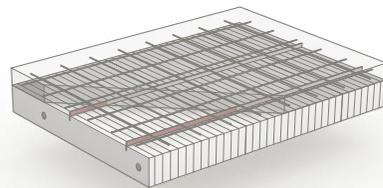
- 64 Brettstapeldecke mit unterschiedlich hohen Lamellen, gegebenenfalls in Kombination mit Flachstahlschloss (Abb. 70)
- 65 Massivholzdecke mit Mikrokerben (Shark-Geschossdecken)
- 66 Brettstapeldecke mit Kerben und Schrauben
- 67 Balkendecke mit «Nocken» und vorgefertigtem Betonelement (System Wilma)
- 68 Furnierschichtholz und wellenförmige Vertiefung (Entwicklung ETH Zürich)

**B11 82 Schubverbindung: Mechanische Verbindung**

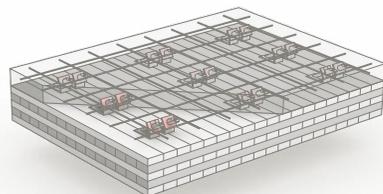
Die Schubkräfte zwischen Beton und Holz werden mittels Schrauben, Bolzen, eingeneteten Flachstählen oder speziell entwickelten Verbindern aufgenommen (Abb. 69 bis 71). Aktuell werden laufend neue Systeme entwickelt. Die Auflistung ist deshalb nicht abschließend.



69



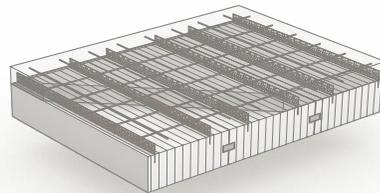
70



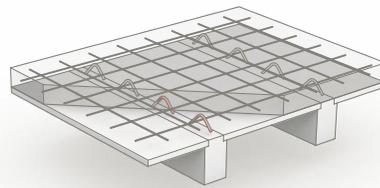
71

**B11 83 Schubverbindung: Geklebte Verbindung**

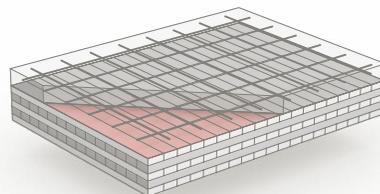
Die Schubkräfte zwischen Beton und Holz werden mit eingeklebten Lochblechen oder profilierten Stäben sowie durch direkte Verklebung von Beton und Holz aufgenommen (Abb. 72 bis 74). Auch hier ist aktuell eine zügige Entwicklung im Gange. Die Auflistung ist deshalb nicht abzuschliessen.



72



73



74

**B11 84 Fertigung und Montage**

Holz-Beton-Verbunddecken können auf der Baustelle, jeweils in verschiedenen Arbeitsgängen mit dem Aufrichten des Holzbaus, dann mit dem Einbringen der Armierung (Bewehrung) und in einem nächsten Schritt mit dem Einbringen der Betonschicht gebaut werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die erwähnten Arbeitsgänge Holzkonstruktion, Armierung und Einbringen des Betons im Werk zu tätigen und dann das Holz-Beton-Verbundelement in einem Arbeitsgang zu montieren. Ein Zwischenschritt ist die separate Vorfertigung der Holz- und Betonkonstruktion und deren Montage in zwei Arbeitsgängen. Die Möglichkeiten sind nachstehend umschrieben:

- » Baustellenfertigung
- » Erstellung mit vorgefertigten Stahlbeton-Fertigteileplatten
- » Vorfertigung im Werk

**Baustellenfertigung**

Die Holztragkonstruktion wird aus Einzelteilen oder als Element auf der Baustelle montiert. In einem weiteren Schritt werden allfällige Trennlagen und Installationen eingebracht. Je nach gewähltem Verbindungssystem zwischen Holz und Beton sind die Schubanker anzubringen oder zu ergänzen (bei der Elementbauweise). Im Anschluss an die Montage der Verbindungsmittel wird die Betonstahlarmierung eingelegt und der Beton gegossen (Abb. 75). Bei mehrgeschossigen Gebäuden wird vielfach zuerst die Holzkonstruktion bis und mit Dach fertig aufgerichtet und anschliessend der Ortbeton mit Hilfe einer Betonpumpe eingebracht. Dies ist wirtschaftlich, erfordert aber eine spezielle Detailausbildung an den Geschosstössen.



75



76

**Vorteile**

- » Schnelle und kostengünstige Variante
- » Einfache Anschlussdetails
- » Keine speziellen und teilweise aufwendigen Verbindungen der Elemente zur Ausbildung von (sehr) steifen Deckenscheiben notwendig

**Nachteile**

- » Einbringen von Feuchtigkeit in das Bauobjekt
- » Verzögerung durch Austrocknungszeit
- » Provisorische Zwischenabstützung (Spriessung) erforderlich
- » Schutz der Sichtoberflächen der Holzbauteile notwendig

**Erstellung mit vorgefertigten Stahlbeton-Fertigteileplatten**

Vorgefertigte Stahlbeton-Fertigteileplatten (Abb. 76) werden auf der Baustelle mit der bereits montierten Holzdecke verbunden. Hierfür stehen unterschiedliche Verbindungsmittel zur Verfügung: beispielweise der Form-Verguss der Schubverbindung nach Abbildung 67 oder ein Schubverbund durch Vollgewindeschrauben nach Abbildung 71.

69 bis 71 Übersicht Holz-Beton-Verbundsysteme: mechanische Verbindung

69 Balkendecke mit gekreuzten Schraubenspaaren (SFS-ACC-Verbinderschraube, Rothoblaas CTC-System)

70 Brettstapeldecke mit eingeneteten Flachstahlschlössern

71 Massivholz oder Balkendecke mit Spezialverbindern (Würth; Häring Rapid; Nilco® HBV-Verbinder)

72 bis 74 Übersicht Holz-Beton-Verbundsysteme: Klebeverbund

72 Balken- oder Massivholzdecke mit eingeklebten Lochblechen (TiComTec GmbH)

73 Balken- oder Massivholzdecke mit eingeklebten profilierten Stahlstäben (GSA-HBV)

74 Massivholzdecke mit aufgeklebtem Beton

75 Holz-Beton-Verbunddecke: Variante Herstellung vor Ort, Einbringen des Betons vor Ort

76 Montage von Stahlbeton-Fertigteilen vor Ort

### Vorfertigung im Werk

Auch eine komplette Fertigung im Werk, inklusive Schubverbindung und Betonschicht, ist möglich (Abb. 77 bis 80). Für die Anschlüsse und Stossverbindungen wurden je nach System und Objekt spezielle Detaillösungen entwickelt. Das ergibt deutlich schnellere Bauzeiten.

#### Vorteile

- › Schnelle und trockene Bauweise
- › Keine Zwischenabstützungen erforderlich
- › Sofortiges Weiterbauen ist möglich.
- › Witterungsschutz ist durch Überbeton gewährleistet.

#### Nachteile

- › Hoher Platzbedarf für die Fertigung im Werk
- › Höhere Kosten für Transport und Montage
- › Aufwendigere Anschlussdetails und Schubverbindungen zwischen den Elementen für die Scheibenausbildung

Die Namen und Adressen der Hersteller sind über die nationalen Holzförderinstitute im Kapitel E3 «Auskünfte, Herstellernachweise» [301, 302, 303] oder über andere Stellen [304] zu finden.



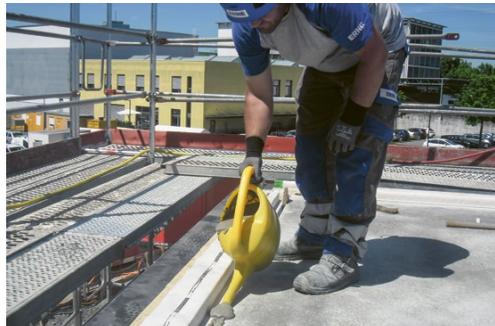
77



78



79



80

- 77 Einbringen der Betonüberschicht im Werk
- 78 Aushärtung der Betonschicht im Werk
- 79 Montage der vorgefertigten Holz-Beton-Verbundelemente
- 80 Verfüllung der Elementfugen

C



Wohnhaus Mettlenweg, Stans, CH

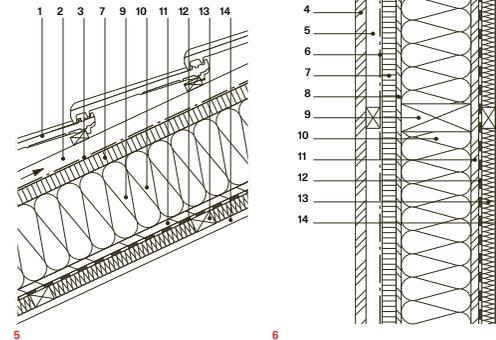
# Gebäude- hülle, Wände, Decken

Funktionen, Schichtaufbau, Konstruktion

Zu den Funktionen einer Gebäudehülle gehören auch Aufgaben der Lastabtragung und der Stabilisierung. Je nach gewähltem Bausystem sind diese Funktionen direkt in die Gebäudehülle integriert. So kann zum Beispiel im Rahmenbau der Aufbau einer Aussenwand zugleich tragend wie auch raumabschliessend sein. Im Skelettbau hingegen ist der Aussenwandaufbau nicht tragend, übernimmt doch das eigentliche Tragsystem die statischen Funktionen. In jedem Fall sind aber die Bauteile der Gebäudehülle so zu bemessen, dass sie ihre Eigenlasten wie auch die auf sie einwirkenden Kräfte, zum Beispiel Windkräfte, übernehmen und ins Gesamttragssystem ableiten können. Dies unabhängig davon, ob im Aussenwandaufbau die Haupttragwerkskonstruktion integriert ist oder nicht. Die Funktionen des Tragens sind ausführlich im Teil B beschrieben, geordnet nach Bausystemen und Konstruktionsarten.

**C122 Bauteilschichten**

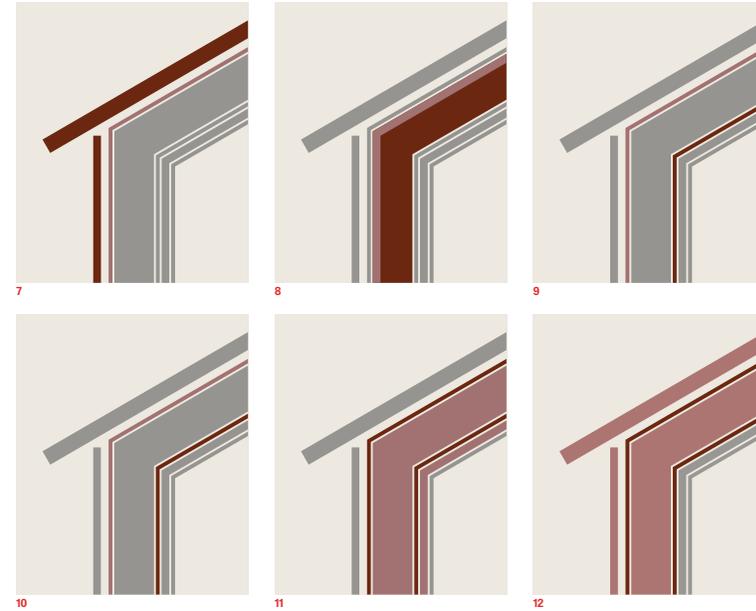
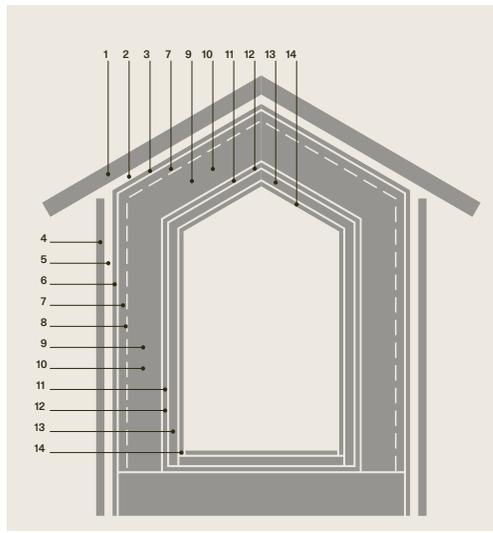
Die einzelnen Bauteilschichten haben die Aufgaben der in Kapitel C121 beschriebenen Schutzfunktionen zu erfüllen. Die Gebäudehülle ist nach aussen durch Bekleidung (Fassade) und Deckung (Dach) abgegrenzt. Diese Schichten bilden den primären Schutz gegen Einwirkungen von aussen. Unterdächer und Dämmschutzschichten bzw. Fassadenbahnen haben in Kombination mit Durchlüftungsräumen vor Witterungseinflüssen (Flugschnee, Schlagregen, Rückstauwasser usw.) zu schützen, welche durch die Bekleidung oder



**4 bis 6**  
Bauteilschichten im Holzbau

- 4** Bauteilschichten der Gebäudehülle
- 1** Oberste Schicht, Deckung: Schutz der darunter liegenden Bau- und Gebäudeteile vor Witterungseinflüssen
  - 2** Durchlüftung Dach: Unterlüftung der Eindeckung und des Unterdaches
  - 3** Unterdach/Unterdachbahn: Witterungsschutz während der Bauphase, Aufnahme und Ableitung von eindringendem Wasser, Rückstauwasser oder bei Eisbildung, Schutz vor Staub oder Flugschnee
  - 4** Äussere Bekleidung: Witterungsschutz und Gestaltungselement aussen
  - 5** Hinterlüftung Aussenwand: Hinterlüftung der Aussenwandbekleidung, Ableiten bzw. Austrocknen von eindringendem Wasser von aussen
  - 6** Fassadenbahn: Schutz der dahinterliegenden Schichten vor eindringendem Wasser (Schlagregen), Wind und UV-Strahlung
  - 7** Zusatzdämmung oberhalb der Dachkonstruktion bzw. ausserhalb der Wandkonstruktion
  - 8** Dämmschutzschicht: Schutz der Dämmung und der Wandkonstruktion; die Schall- und Brandschutz-Schicht kann ausserhalb bzw. über der Schicht 7 liegen.
  - 9** Tragkonstruktion: tragende Konstruktion für Wände und Dächer (Buchtteil B)

- 10** Dämmung: Wärmeschutz im Winter und im Sommer, Schall- und Brandschutz
  - 11** Innere Beplankung: Stabilisierung, Vermeidung von unzulässigem Feuchteintrag infolge von Konvektion und Dampfdiffusion, Sicherstellung der erforderlichen Luftdichtheit, Schall- und Brandschutz
  - 12** Dampfbremse, Luftdichtung: Vermeidung von unzulässigem Feuchteintrag infolge von Konvektion und Dampfdiffusion, Sicherstellung der erforderlichen Luftdichtheit
  - 13** Lattenrost, Installationsraum: Unterkonstruktion der inneren Bekleidungen und Raum für Installationen und eventuell zusätzliche Dämmung
  - 14** Innere Wand- oder Deckenbekleidung: Raum und Konstruktion abschliessende Schicht auf den Innenseiten von Wand, Decken- oder Dachkonstruktionen
- 5** Bauteilschichten im Dach
- 6** Bauteilschichten in der Aussenwand



- 7 bis 12**  
Funktion und Bauteilschicht
- 7** Witterungsschutz  
Hauptfunktion: Dacheindeckung, äussere Bekleidung.  
Unterstützend je nach Ausführung: Unterdach, Fassadenbahn und/oder Dämmschutzschicht
  - 8** Wärmeschutz  
Hauptfunktion: Dämmung.  
Unterstützend je nach Ausführung: Zusatzdämmung, Überdachdämmung, Dämmschutzschicht, Unterdach, Installationshohlraum (wenn ausgedämmt), innere Bekleidung
  - 9** Feuchtechutz  
Hauptfunktion: Dampfbremse.  
Unterstützend je nach Ausführung: innere Bekleidung, innere Beplankung, Dämmschutzschicht, Fassadenbahn
  - 10** Luftdichtung  
Hauptfunktion: Luftdichtheit der Gebäudehülle.  
Unterstützend je nach Ausbildung: innere Beplankung, Dämmschutzschicht, Fassadenbahn, Unterdach
  - 11** Schallschutz  
Hohe Dämmwertwerte sind mit gezielten Massnahmen, meist bezogen auf den Gesamtaufbau, zu erreichen.
  - 12** Brandschutz  
Hohe Feuerwiderstände sind mit gezielten Massnahmen, meist bezogen auf den Gesamtaufbau, zu erreichen; bei Deckung und äusserer Bekleidung sind spezielle Vorschriften wie Schutzabstände oder Brandverhaltensgruppen zu berücksichtigen, siehe Kapitel D3 «Brandschutz».

Deckung eindringen könnten. Weitere Schichten erfüllen die Aufgaben des Wärme-, Schall-, Feuchte- und Brandschutzes sowie der geforderten Luftdichtheit. Raumseitige Zusatzschichten sind notwendig, wenn Installationen oder Haustechnikanlagen in der Gebäudehülle dies nahelegen. Decken- und Wandbekleidungen grenzen die Gebäudehülle nach innen ab. Abbildung 4 zeigt die verschiedenen Bauteilschichten der Gebäudehülle. In Abbildung 5 und 6 sind die Schichten im Dach- und Aussenwandaufbau vergrössert ersichtlich.

Bei bestimmten Konstruktionsarten sind Schichten, wie zum Beispiel Durch- oder Hinterlüftungsräume, Installationsebenen, Lattenroste, Fassadenbahnen, Dämmschutzschichten oder Dampfbremsen, nicht erforderlich, oder sie werden mit anderen Schichten zusammgelegt. In den meisten Fällen begünstigt allerdings die Zuordnung einer Funktion zu einer separaten Schicht die Funktionstüchtigkeit und die Fehlertoleranz einer Konstruktion. Auf jeden Fall sind sämtliche Schutzfunktionen einer Gebäudehülle durch die zugeordneten Bauteilschichten abzudecken, gleichgültig ob für bestimmte Funktionen nur eine oder mehrere Bauteilschichten zuständig sind oder ob eine einzelne Bauteilschicht mehrere Funktionen übernimmt.

**C123 Zuordnung der Funktionen und Aufgaben der Bauteilschichten**

Die einzelnen Bauteilschichten übernehmen eine oder mehrere Funktionen. Zweckmässig ist es, beim Schall- und Brandschutz, aber auch bei weiteren Schutzfunktionen wie dem Wärme- oder Feuchtechutz den gesamten Wand- oder Dachaufbau in die Beurteilung einzubeziehen. Ein funktionierender Witterungsschutz wiederum lässt sich durch die Dacheindeckung und das Unterdach sowie bei der Fassade durch die äussere Bekleidung und die Dämmschutzschicht bzw. Fassadenbahn erreichen. Die Abbildungen 7 bis 12 zeigen die Zusammenhänge und die Zuteilung der Bauteilschichten zu den Funktionen.



3



4



5

3 Holz mit vorwiegend tragender Funktion: vor Witterung geschützte Bauteile, in gut belüfteten, im Winter gut beheizten Räumen, durchschnittliche Holzfeuchte 9%, Schwankungsbereich  $\pm 3\%$ , gemäss Tabelle 2

4 Holz mit vorwiegend bekleidender Funktion: vor Witterung geschützte Bauteile, in gut belüfteten, im Winter gut beheizten Räumen, durchschnittliche Holzfeuchte 9%, Schwankungsbereich  $\pm 3\%$ , gemäss Tabelle 2

5 Holz mit vorwiegend bekleidender Funktion: Bauteile, kleine Querschnitte, Fassadenbekleidungen, durchschnittliche Holzfeuchte 17%, Schwankungsbereich  $\pm 4\%$  (wenig strahlungsabsorbierend, gemäss Tabelle 2

## D2 Holzschutz

### D2 10 Grundlagen

Um eine langfristige Funktionstüchtigkeit von Holzbauteilen zu erreichen (Dauerhaftigkeit), sind in erster Linie bauliche Massnahmen in Bezug auf die gestalterische, architektonische Konzeption und die konstruktive Ausführung zu treffen. In zweiter Linie werden materialtechnische Massnahmen getroffen. Wo nötig, sind diese Massnahmen durch physikalische und chemische Massnahmen zu unterstützen. Dazu gehören Holzmodifikationen oder Imprägnierungen mit Schutzmitteln.

In den Schweizer Normen SIA 260 «Grundlage der Projektierung von Tragwerken» [81] und SIA 265: «Holzbau» [80] wird der Holzschutz grundsätzlich behandelt. Konkrete Ausführungsvorgaben sind im Lignatec 35/2023 Holzschutz im Bauwesen [109] enthalten. Auf Grundlage der Europäischen Normen im Holzschutz existieren in Deutschland und Österreich die nationalen Holzschutznormen DIN 68800 [110] und ONORM B 3802 [111]. Diese bestehen aus jeweils 4 Teilen und enthalten konkrete Vorgaben zum Holzschutz.

#### Unter dem Stichwort «Dauerhaftigkeit» gelten für Tragwerke (und auch für andere Bauteile)

- Ein Tragwerk soll bei angemessener Einpassung und Gestaltung während der Nutzungsdauer wirtschaftlich, robust, zuverlässig und dauerhaft sein.
- Die Anforderungen an die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit sollen im Rahmen der vereinbarten Nutzung und Nutzungsdauer sowie der vorhersehbaren Einwirkungen ohne unvorhergesehenen Aufwand für Instandhaltung und Instandsetzung erfüllt werden.
- Die Gewährleistung der Dauerhaftigkeit während der Nutzungsdauer wird erreicht mit: dem korrekten Erfassen der Einwirkungen und der Abschätzung möglicher Schädigungen, konzeptionellen und baulich-konstruktiven Massnahmen, einer fachgerechten Projektierung, Planung und Bauausführung sowie einer plangemässen Überwachung.
- Chemische Holzschutzmassnahmen sind – wenn überhaupt – nur nach Ausschöpfung sämtlicher baulich-konstruktiver Massnahmen in Betracht zu ziehen.

### D2 11 Gebrauchsklassen

Die Zuordnung zu einer Gebrauchsklasse (mit Hilfe von Abb. 1, 2 und 3 sowie Tab. 4) ermöglicht die Wahl einer geeigneten Holzart, eines notwendigen chemischen Holzschutzes oder allenfalls auch die Erkenntnis einer konzeptionellen Anpassung, um eine günstigere Gebrauchsklasse zu erhalten.

#### Vorgehen bei der Auswahl von Holzschutzmassnahmen



1

1 Vorgehen bei der Auswahl von Holzschutzmassnahmen [77]