

## Vorgefertigtes Bauen mit Holz

### Prefabricated Construction with Wood

Arthur Schankula

 www.detail.de

Holz eignet sich in besonderer Weise für die Vorfertigung – es ist leicht, besitzt eine hervorragende Tragfähigkeit und lässt sich einfach be- und verarbeiten. Bereits vor Jahrhunderten wurden Wände und Decken von Fachwerkhäusern oder ganze Dachstühle auf dem Reiß- oder Schnürboden »abgebunden«, d. h. sie wurden auf dem Boden vollständig für den Zusammenbau in der Höhe vorbereitet. Heute sind neben Stützen, Sparren, Trägern etc. auch komplette Wand-, Decken- und Fassadenelemente üblich. Auch gibt es immer wieder Ansätze für ganze Raumeinheiten. Von besonderer Bedeutung bei zusammengesetzten Bauteilen sind die Beplankungen. Seit den 1920er-Jahren werden dafür Sperrholz- und Spanplatten verwendet, so genannte Holzwerkstoffe, oder Gipskarton- und Gipsfaserplatten, die in Kombination mit Mineralwoll- und Holzfasermatten die ideale Ergänzung hinsichtlich Brand-, Schall- und Wärmeschutz bilden. Je komplexer Bauteile werden, z. B. Wandtafeln mit aufwändigen Schichtaufbauten, desto wichtiger sind optimale Fertigungsbedingungen. Diese können nur witterungsunabhängige Werkhallen mit entsprechender technischer Ausstattung bieten. Die immer größer werdenden Bearbeitungsmaschinen lassen sich nicht einfach auf der Baustelle einrichten, daher sollten die zusammengesetzten Bauteile transportiert werden. Dies ist problemlos möglich, solange die Grenzen für Transport und Montage eingehalten werden.

*Moderner raumbildender Holzbau: Tafelbau*  
Beim Tafelbau kommen ganze Wände und Wand- oder Deckenelemente zum Einsatz, die mit Schrauben, Nägeln und Dübeln kraftschlüssig miteinander verbunden sind. Sie sind je nach Vorfertigungsgrad bereits beplankt, gedämmt und mit Installationen oder Fenstern und Türen versehen. Die tragenden Elemente sind als Holzrahmenbau oder Massivbau hergestellt und bestehen aus Kanthölzern und/oder so genannten Halbzeugen wie z. B. Leimholz, keilverzinkte Endlos-Träger, zusammengesetzte Doppel-T-Träger, Kastendeckenelemente, Brett-

Arthur Schankula leitet seit 2003 das Architekturbüro Schankula Architekten und beschäftigt sich neben seiner Planungstätigkeit als Architekt mit der Entwicklung und Anwendung von Holzbausystemen für Sanierung und Neubau.

*Since 2003, Arthur Schankula has headed the office of Schankula Architects. In addition to his planning work as an architect, he is concerned with the development and application of timber building systems for both refurbishment and new construction.*

sperrholzplatten (Abb. 2) oder keilverzinkte Endlosplatten aus Brettsperholz. Da Tafel-elemente zugleich den Raumabschluss bilden, müssen sie auch die hohen Standards in Bezug auf Wärme-, Schall- und Brandschutz und vor allem die besonderen Anforderungen an die Dichtigkeit erfüllen. Gerade der mehrschichtige Aufbau bietet die Möglichkeit, auf projektbezogene Anforderungen einzugehen und sie diesbezüglich zu optimieren. Wichtig ist dabei auch, mit einfachen Konstruktionen und schnell auszuführenden Verbindungen die Kosten niedrig zu halten. Meist erfolgt dies mit linearen Schraubverbindungen, die gewährleisten, dass die Fugen auf ganzer Länge geschlossen sind. Der Vorfertigungsgrad kann besonders bei Wänden sehr hoch sein. Bei WC-Anlagen z. B. können Tafel-elemente in Rahmenbauweise mit einer komplett vormontierten Sanitärinstallation und Leerrohren für Elektroleitungen eingebaut werden. Auf der Baustelle erfolgt nur noch der Anschluss an die Hauptstränge. Bei Außenwänden sind fertiggestellte Oberflächen und bereits eingebaute Fenster wegen der besseren Arbeitsbedingungen (Abb. 16–18) in der Halle sehr sinnvoll. So wird ein Maximum an Ausführungsqualität erreicht, die jeder Fertigung auf der Baustelle weit überlegen ist.

#### Holzrahmenbau

Auch mit dem Konstruktionsprinzip des Holzrahmenbaus lassen sich Holztafeln fertigen (Abb. 2). Hierbei sind auf einer Schwelle Ständer aufgesetzt, die am oberen Ende ein so genanntes Rähm zusammenhält. Dieses Ständerwerk wird beidseitig, meist mit Gipsplatten, beplankt und die Zwischenräume mit Mineral- oder Holzfaserdämmung ausgefacht. Den Abstand der Stiele bestimmt die Standardbreite der Platten. Diese werden meist in zwei Lagen aufgebracht, um die entsprechende Biegesteifigkeit bzw. Scheibenwirkung zu erreichen. Die Gipsplatten schützen die Konstruktion gegen Brandeinwirkung und verhindern in Verbindung mit der Ausfachtung aus Mineralwolle das Durchbrennen der Wand – eine Bauwei-



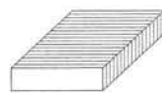
se mit hervorragenden Schalldämmwerten. Eine weitere Verbesserung lässt sich mit einer doppelten Ausbildung, wie bei Wohnungstrennwänden, erreichen. Werden diese Wände als Außenwand eingesetzt, sind die Ständer auf die erforderliche Dämmstärke abzustimmen. Die außenseitige Beplankung erfolgt dann z. B. mit einer 2 cm starken und druckfesten Holzfaser-Dämmplatte, die mit einer diffusionsoffenen Fassadenbahn abgedeckt wird. Hierauf sind hinterlüftete Schalungen oder Fassadenplatten möglich, auch armerter Putz. An der Innenseite der Außenwand trennt Dämmung und Beplankung eine Dampfbremse. Da diese nicht wirklich dicht durchdrungen werden kann, ist bei Installationen mittels Konterlattung die Einführung einer Installationsebene nötig. Die Zwischenräume können gedämmt werden, sodass sich die Tiefe der Fassadenständer um dieses Maß reduzieren lässt. Somit geht kein Innenraum verloren. Bei Decken werden z. B. mehrere Tragbalken mit Platten, die als Sekundärträger fungieren, zu einem Element verbunden. Bei geschlossenen Kastendecken (Abb. 2, 6) werden die Hohlräume gedämmt oder aus Schallschutzgründen mit Sand- oder Kiesfüllungen gefüllt. Diese Wände oder Decken bilden steife Scheiben und können daher auch Windlasten aufnehmen.

#### Massive Bauelemente in Blockständer- und Brettstapelbauweise

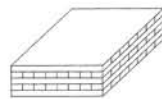
Eine Sonderform des Rahmen- oder Ständerbaus sind Brettstapel- und Blockständerwände, bei denen rechteckige oder quadratische Hölzer dicht nebeneinander stehen. Aufgrund ihrer Masse können diese Elemente Wärme und Feuchte besser speichern und wesentlich höhere Lasten abtragen als Ständerkonstruktionen. Zur Aussteifung und Fixierung der losen Blockständer ist auch hier eine Beplankung (Abb. 7, 10) erforderlich. Bei Außenwänden sind Dämmstärken bis zu 24 cm erforderlich, die mit einer hinterlüfteten Konstruktion verkleidet werden können. Bei druckfester Isolierung ist auch das Aufbringen eines armerierten Putzes möglich. In diesem Fall sind die Dämm-



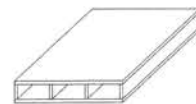
- 1 energetisch sanierte Fassade eines Wohngebäudes in Bad Aibling, 2008; Architekten: Schankula Architekten/Diplomingenieure
- 2 Elemente der Holztafelbauweise
- 3 achtgeschossiges Wohn- und Bürogebäude aus vorgefertigten Holzelementen in Bad Aibling, 2012; Architekten: Schankula Architekten/Diplomingenieure



Brettstapeldecke/  
Stacked-plank floor



Brettsperrholzdecke/  
Laminated cross-boarded floor

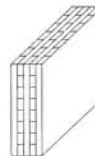


Kastendecke/  
Coffered floor

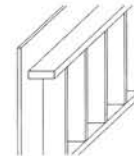
- 1 Housing facade in Bad Aibling, 2008, that has undergone an energy refurbishment; architects: Schankula Architekten/Diplomingenieure
- 2 Elements used in wood-panel construction
- 3 Eight-storey timber housing and office building in Bad Aibling, 2012; architects: Schankula Architekten/Diplomingenieure



Brettstapelwand/  
Stacked-plank wall



Brettsperrholzwand/  
Laminated cross-boarded wall



Holzrahmenbauweise/  
Timber-frame construction

2

platten geklebt. Solche Aufbauten mit Wandstärken bis zu 42 cm verbrauchen mehr Grundrissfläche als Außenwände in Ständerbauweise, die bei gleicher Dämmwirkung um 10–12 cm dünner sein können. In innerstädtischen Lagen kann dies ein Entscheidungskriterium sein, da sich die Nutzfläche entsprechend verringert. Brettstapeldecken (Abb. 2) bestehen aus in Tragrichtung angeordneten stehenden Brettern bzw. Bohlen, die miteinander vernagelt bzw. verleimt oder mittels Hartholzdübeln zu Brettstapeln verbunden sind. Auf der Baustelle werden sie dicht nebeneinander montiert und mit Werkstoffplatten zu Scheiben verbunden. Auch hier ist die gute Speicherwirkung hervorzuheben. Nicht verschwiegen sei allerdings, dass hinsichtlich Schallschutz bei massiven Wänden mit Vorsatzschalen (Abb. 10) und bei Decken mit Splittschüttungen (Abb. 10) nachgebessert werden muss. Die Raumakustik optimieren profilierte Fugen zwischen den Brettern an den Deckenuntersichten. Besonders leistungsfähig werden sie, wenn in den Fugen zusätzlich Holzfaserstreifen eingelegt sind (Abb. 4).

**Massive Bauelemente aus Brettsperrholz**  
Elemente aus Brettsperrholz (Abb. 2, 13), auch Kreuzlagenholz genannt, zählen zu den massiven Bauteilen aus Holz. Sie bestehen aus kreuzweise aufeinander geleimten Schichten dicht nebeneinanderliegender Bretter. Auf diese Weise entstehen Platten unterschiedlicher Stärke, die mit einer Keilzink-Verleimung in jeder transportierbaren Größe hergestellt werden können. Ausgefräste Öffnungen und Gipskartonbeplankungen lassen sich im Werk vorfertigen. Wände aus Brettsperrholz sind hoch tragfähig. Daher sind sie, neben der Blockständerwand, bei höheren Gebäuden in den unteren Geschossen sinnvoll. Massive Bauteile aus Holz haben einen wesentlich höheren Rohstoffverbrauch als der Rahmenbau. Mittelfristig ist davon auszugehen, dass der Holzbau weiter zunimmt und eines Tages auch die Ressource Holz knapper wird. Spätestens dann ist diese Bauweise neu zu überdenken.

**Dichtigkeit von Holzkonstruktionen**

Fugen in Wandecken und bei Deckenübergängen müssen abgedichtet sein, damit keine Innenluft in die Konstruktion von Außenwänden dringt und dort Feuchteschäden verursacht oder Rauch im Brandfall von einer Nutzungseinheit in die andere gelangt. Dies wird erreicht durch

- Verkleben der bereits in die Elemente eingebauten Dichtbahnen
  - Einbau von Kompribändern (Abb. 10)
  - Verspachteln der Ecken bei Gipsplatten.
- Eine flächige Abdichtung von Decken erhält man am besten mit kaltverschweißten bituminösen Dichtbahnen, die direkt nach dem Verlegen der Holzelemente aufgebracht

werden und damit zunächst die Notabdichtung in der Bauphase gewährleisten. Mit dem Anschluss an aufgehende Wände wird die Decke luft- und rauchdicht und schützt darunter liegende Räume bei Wasserschäden. Kunststofffolien oder Fassadenbahnen (Abb. 14) eignen sich ebenfalls zur Rauchabschottung.

**Energetische Sanierung von Fassaden**

Die präzise Vorfertigung von Holzelementen ermöglicht auch die Sanierung von Fassaden bestehender Gebäude im bewohnten Zustand (Abb. 1). Der Eingriff lässt sich von außen sehr schnell und ohne größere Störungen realisieren. Die Zielgruppe für eine

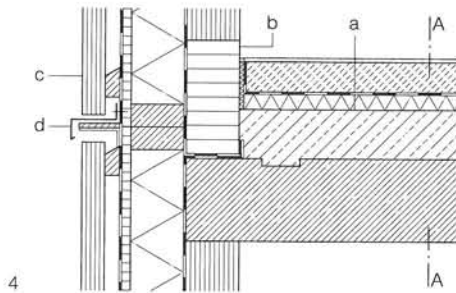


3

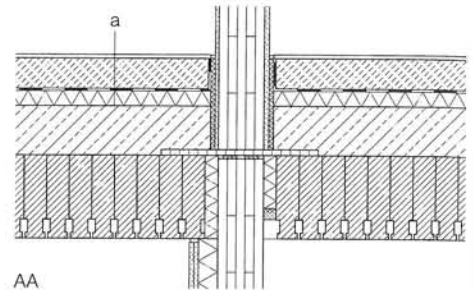


- 4 Schulgebäude in Bad Tölz, Fertigstellung 2013; Arch.: Schankula Architekten/Diplomingeieure Außenwand mit Deckenaufleger und tragende Innenwand; Zeichnungen Maßstab 1:20
- 5, 6 Schulmensa in München, 2010; Architekten: Schankula Architekten/Diplomingeieure Geschossdecke aus Kastenelementen
- 4 School in Bad Tölz; completion date: 2013; architects: Schankula Architekten / Diplomingeieure; external wall with floor bearing; and load-bearing internal wall; drawings scale 1:20
- 5, 6 School refectory in Munich, 2010; architects: Schankula Architekten/Diplomingeieure intermediate floor consisting of coffered elements

- a Geschossdecke in Hybridbauweise: Stahlfaserbeton, Brettstapeldecke profiliert (zur Verbesserung der Akustik)
- b Fassadenprofil Brettschichtholz
- c Holzschalung nicht hinterlüftet
- d Brandschott der Fassade, Blechwinkel geschossweise umlaufend



- a Floor in hybrid form of construction: steel-fibre-reinforced concrete and stacked-plank slabs with shaped sections (to improve acoustics)
- b Laminated-timber facade section
- c Wood boarding (not rear-ventilated)
- d Fire division in facade: peripheral metal section around block on each floor



bauliche und energetische Instandsetzung ist in erster Linie der Geschosswohnungsbau mit Lochfassaden aus den 1920er- bis 1970er-Jahren. Die vorgefertigten Fassadentafeln ähneln der Rahmenbauweise von Außenwänden, die innere Gipsbeplankung fehlt jedoch. Die Elemente sind so breit wie die Nutzungseinheit dahinter, die maximale Produktionslänge endet bei 12 m. Die Tafeln werden ohne die Verwendung eines Gerüsts auf vorbereitete Konsolleisten aufgesetzt und vom Hubsteiger aus mit der Bestandswand verschraubt. Voraussetzung dafür ist ein exaktes Aufmaß, aus dem ein 3D-Modell am Computer erstellt wird. Darauf basiert die Planung des Architekten und der ausführenden Firmen. Zum ersten Mal konnten wir diese Technik zusammen mit der Holzbaufirma Huber & Sohn vor etwa vier Jahren anwenden (Abb. 1). Die fertige Oberfläche ist frei wählbar. Vorgehängte Fassaden bieten sich für die Herstellung kompletter Wandbauteile an. Zudem kann besonders die haptische Qualität einer Holzoberfläche die oftmals abweisende Gebäudehülle mildern. Auch für die gebäudetechnische Ausstattung eröffnen sich viele Möglichkeiten, z. B. mit einer Lüftungs- oder Kollerktorfassade (s. DETAIL 7/8 2010, S. 762ff.).

*Decken mit großen Spannweiten*

Decken aus Kastenelementen (Abb. 2, 6) sind für große Spannweiten besonders ge-

eignet. Die Tragwirkung lässt sich deutlich erhöhen durch das Verleimen der oben und unten aufgetragenen Plattenwerkstoffe. Dies sind Furnierschichtholz-Platten, deren Maserung bei den meisten Lagen in Richtung der Kraftbeanspruchung verläuft. Bei einer Deckenstärke von 40 cm und einer Flächenlast von 3,5 bis 5 kN/m<sup>2</sup> sind Spannweiten bis zu 10 m bei möglich – bei einem deutlich geringeren Gewicht als bei entsprechenden Betondecken.

Ähnliche Spannweiten lassen sich mit so genannten Hybridkonstruktionen (Abb. 4) erreichen, d. h. mit Holzmassivplatten (Brettstapel oder Brettsperrholz) oder Holzbalken als Zugzone mit einer Oberlage aus Beton als Druckzone, die eine statische Einheit bilden. Die kraftschlüssige Verbindung beider Materialien erfolgt durch in das Holz eingefräste Kerfen, in die der Beton eingreift oder durch in das Holz eingeschraubte Stahldübel. Bei ebenfalls 10 m Spannweite und entsprechender Last liegen die Materialstärken für das Holz bei 22–25 cm und für den Stahlbeton bei 14–15 cm. Daraus resultiert eine Gesamtstärke von 36–40 cm. Diese Deckenelemente können mit anschließendem Fugenverguss vorgefertigt montiert oder auf der Baustelle mit Ortbeton ergänzt werden. Beide Varianten garantieren eine zügige Montage. Der Aufbeton vor Ort lässt sich auch später ergänzen. Das Eigengewicht der Holz-Beton-

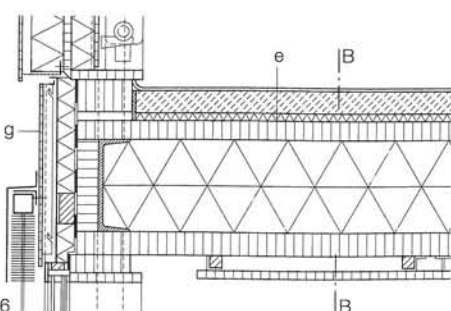
Decke ist ebenfalls geringer als bei vergleichbaren Stahlbeton-Konstruktionen.

*Holzbaukonzept für Schulbauten*

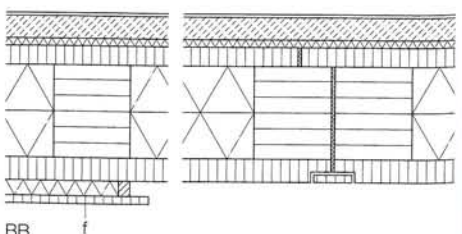
Ihre statischen Eigenschaften prädestinieren die genannten Deckensysteme für den Einsatz in Versammlungsstätten. Beim Neubau einer Schulmensa (s. DETAIL 10/2010, S. 1032ff.) haben wir Decken aus Kastenelementen – 2,40 m breit, bis zu 12,80 m lang und mit Spannweiten bis zu 11 m (Abb. 5, 6) – verwendet. Diese lagern auf Stahlstützen mit dazwischen liegenden, vorgefertigten Fassadenteilen. Innere Trennwände sind Tafel-elemente in Rahmenbauweise, die auch die Gebäudeaussteifung übernehmen. Die Installationswände in den Sanitärbereichen wurden mit allen Wasser-, Abwasserleitungen und Leerrohren für Elektroleitungen auf die Baustelle geliefert. Vor Ort erfolgte nur noch der Anschluss an die Hauptstränge. Tragende Zwischenwände bestehen aus Brettsperrholz-Elementen, die einseitig mit einer Schallschutz-Vorsatzschale versehen sind. Das Gebäude erfüllt das Kriterium der feuerbeständigen Bauweise (F90 B). Ein Montagetrupp kann in dieser Bauweise bis zu 1500 m<sup>2</sup> Rohbaufläche in mehreren Geschossen übereinander in einer Arbeitswoche bzw. einen Schulerweiterungsbau mit 15 Klassenräumen in zwei Wochen aufstellen. Der Ausbau geht dann mit weit weniger Störung und Gefährdung der Schüler von-



- e Kastendecke aus Furnierschichtholz-Platten und Trägern aus Brettschichtholz, dazwischen Mineralwolle
- f Akustikelement: MDF-Platte geschlitzt mit Akustikvlies und Polyesterabsorber
- g Schichtstoffplatte hinterlüftet



- e Coffered floor consisting of laminated timber sheeting and laminated timber beams with mineral wool between
- f Acoustic elements: medium-density fibreboard slabs, slit and with acoustic mat and polyester absorber
- g Laminated panel, rear-ventilated





7–10 achtgeschossiges Wohn- und Bürogebäude aus Holz in Bad Aibling, 2012; Architekten: Schankula Architekten/Diplomingenieure; Zeichnungen Maßstab 1:20

7 Außenecke mit Schalung Nut und Feder

8 Wohnungsgrundriss des Dreispanners

9 Brandschott der Fassade, Blechwinkel geschossweise umlaufend

10 Außenwand und Wohnungstrennwand mit Deckenauflägern

7–10 Eight-storey timber housing and office block in Bad Aibling, 2012; architects: Schankula Architekten/Diplomingenieure; drawings scale 1:20

7 External corner with tongued-and-grooved boarding

8 Layout of three-unit housing storey

9 Fire division in facade: peripheral metal section around block on each floor

10 External wall and partition wall between dwellings with floor bearings

External wall and partition wall between dwellings with floor bearings

h Holzschalung nicht hinterlüftet, Fassadenbahn, Dämmung Steinwolle, Winddichtung

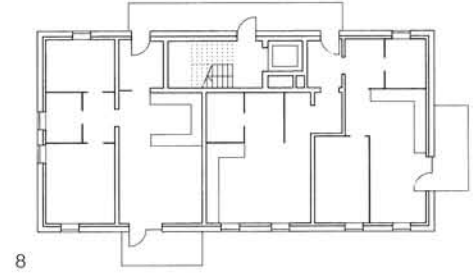
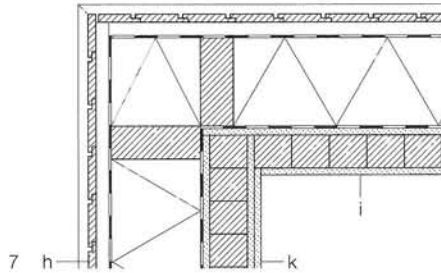
i Blockständerwand beidseitig beplankt, Gipsfaser 18 mm, nicht tragend (Längswand)

k Blockständerwand beidseitig beplankt, Gipsfaser innenseitig 2x 18 mm, tragend (Stirnwand)

h Wood boarding not rear-ventilated; facade sealing layer; rock-wool insulation; windproof layer

i Block-stud wall with lining on both faces; 18 mm gypsum fibreboard; non-load-bearing long wall

k Block-stud wall lined on both faces; 2x 18 mm gypsum fibreboard on inside face; load-bearing end wall



statten. Der Bau der Schulmensa mit großer Lehrküche dauerte ab Bodenplatte bis Bezug lediglich drei Monate.

*Achtgeschossiges Wohn- und Bürogebäude*

Blockständerwände und Decken aus Brettsperrholzplatten sind die Basis für ein achtgeschossiges Gebäude aus Holz (Abb. 3), das als Baukonzept zusammen mit den Firmen baut auf sowie Huber & Sohn entwickelt wurde. Bauordnungen begrenzen Holzbauten auf fünf Geschosse, daher galt es zunächst die Machbarkeit zu klären. Ein umfassend abgestimmtes und ganzheitliches Brandschutzkonzept ließ gesetzliche Abweichungen zu, wobei eine feuerbeständige Bauweise in F90 B für alle tragenden Teile außer Frage stand. Zwingend gefordert wurde ein Treppenhaus aus Stahlbeton (Abb. 15), das gleichzeitig die Aussteifung des Gebäudes übernimmt. Die kurzen Giebelwände und dazu parallele Innenwände sind daher tragend ausgebildet und geben so die Deckenspannrichtung vor. Dies ermöglicht flexible Grundrisse (Abb. 8) in den Geschossen, die sich auch in der Fassade zeigen, was mit nicht tragenden Außenwänden an den Längsseiten (Abb. 7) problemlos möglich war. Bei den vorgefertigten Wandelementen sind bei der Montage bereits die Fenster und die Sichtschalung (Abb. 15) angebracht. Die Holzverkleidung mit Nut und Feder ist nicht hinterlüftet und geschosswei-

se mit einem durchlaufenden Metallwinkel (Abb. 9, 10), der 3 cm übersteht, unterbrochen – dies verhindert eine Brandweiterleitung über die Fassade. Die Massivholzwände im Inneren sind beidseitig beplankt (Abb. 10) und erfüllen so die statischen Anforderungen und den Brandschutz. Um bei acht Geschossen Setzungen an den Auflagern zu verhindern, sind bei den Wänden Schwelle und Rähm (Abb. 10) als Furnierschichtholz ausgeführt. Bei den Deckenplatten aus Brettsperrholz (Abb. 13) sind im Abstand von etwa 50 cm Bohrungen (Abb. 11) vorhanden, die mit Beton vergossen wurden. Somit stehen die Wände nicht auf den Decken, sondern auf den Betonsockeln, deren Verformung nicht relevant ist. Setzungen sind damit ausgeschlossen. Da der Holzbau leicht ist, galt es noch die horizontalen Windkräfte abzutragen. Dies geschieht mit geschossweise verbundenen Stahlstangen (Abb. 12) in den Innenwänden, die die Zugkräfte in die Fundamente einleiten. Der gesamte Holzbau wurde in 16, das Treppenhaus aus Betonfertigteilen in 15 Arbeitstagen aufgerichtet.

*Arbeitsweise/Fazit*

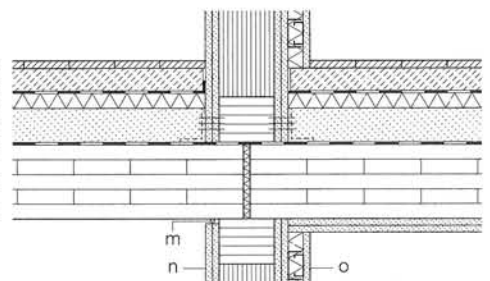
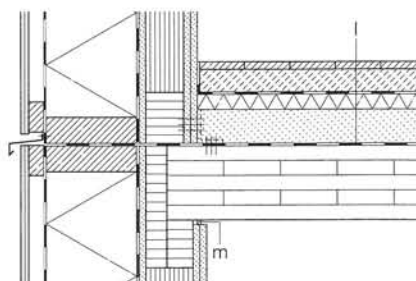
Die Vorfertigung mit Holz erfordert eine hohe Planungsdisziplin. Die Wand- und Deckenteile kommen quasi »fertig« auf die Baustelle und sind nicht mehr veränder- oder anpassbar. Elemente verschiedener Gewerke werden zum Teil parallel gefertigt, somit ent-

fällt auch das sonst übliche Maßnahmen auf der Baustelle. Das erfordert eine Fertigung und Montage mit sehr geringen Toleranzen. Im Gegenzug erhält man eine hohe Ausführungssicherheit mit einem geringeren Maß an Unwägbarkeiten. Voraussetzung hierfür ist die Prüfung und Freigabe der Werkstattplanung durch den Architekten, den Tragwerksplaner und die Fachplaner aller Technikwerke. Somit erfolgt ein wesentlicher Teil der Bauüberwachung im Büro vor der Produktion und besonders vor der Montage auf der Baustelle – eine für Planer meist gewöhnungsbedürftige Arbeitsweise. Holz ist bei Geschossbauten alles andere als üblich und gilt gemeinhin nicht als das ideale Material für den Stadtraum. Dabei sind Gebäude mit komplett fertiggestellten Wand- und Deckenteilen aus Holz wegen der schnellen Errichtungszeit gerade für die Nachverdichtung in Ballungsräumen besonders gut geeignet. Aufgrund des geringen Gewichts der Konstruktion können diese auch auf bestehenden Kellern abgebrochener Bauten errichtet werden. Die dargestellten Bauweisen unterschiedlicher Gebäudetypen zeigen auch, dass der Baustoff Holz durchaus Beton, Stahl und Ziegel ersetzen kann. Die ökologischen und ökonomischen Anforderungen hinsichtlich Verfügbarkeit, grauer Energie, CO<sub>2</sub>-Senke und energetischer Verwertbarkeit nach dem Rückbau sind hier berücksichtigt.



- l Brettsperrholzdecke
- m Rauchabschottung Kompriband
- n Wohnungstrennwand tragend: Blockständerwand beidseitig beplankt, Gipsfaser 2x 18 mm
- o Vorsatzschale: Schallschutzplatte, Dämmung, CD-Profil mit Direktschwinger

- l lam. cross-boarded floor
- m Compressed smoke-sealing strip
- n Load-bearing party wall: block-stud wall lined on both faces with 2x 18 mm gypsum fibreboard
- o Dry lining: sound-insulating sheeting, insulation; CD sections with direct oscillation





- 11 Auflager Brettsperrholzdecke mit Bohrungen für Betonsockel
- 12 Gewindestange in tragender Innenwand zur Aufnahme der horizontalen Windkräfte
- 13 Deckenelement aus Brettsperrholz, ausgebildet als Zweifeldträger
- 14 Verlegen der Kunststoffolie auf der Geschossdecke
- 15 Montage der komplett vorgefertigten Fassadenelemente

- 11 Bearer for laminated cross-boarded floor slab with borings for concrete plinth
- 12 Screwed rod in load-bearing internal wall to absorb horizontal wind loads
- 13 Laminated cross-boarded floor element in form of two-bay beam
- 14 Laying plastic membrane on floor surface
- 15 Assembly of fully prefabricated facade elements



11



12



13



14



15

Wood is particularly suited to prefabricated construction. It is light in weight, has excellent load-bearing properties and is easy to work. Centuries ago, the walls and floors of half-timbered buildings as well as roof trusses were prepared on the ground for erection. Today, wall, floor and facade elements are commonly prefabricated in their entirety; indeed, complete spatial units are available. Of great significance in this respect are the cladding and coverings of the constructional elements. Since the 1950s, plywood, chip-board and composite wood boards have been used for this purpose, as well as plaster-board and gypsum fibreboard, which, used in conjunction with mineral wool and wood-fibre mats, are ideal for fire protection, sound and thermal insulation. The greater the complexity of compound units, the more important it is to manufacture them under workshop conditions and with the appropriate machinery. Transport to the site should not cause any problem if the usual constraints of freight and assembly are observed.

With panel forms of construction, entire wall and floor elements can be produced, including the linings, insulation, fixings, service installations, doors and windows. Load-bearing elements can be fabricated in timber-frame or solid forms of construction and consist of squared timbers and/or semi-finished products (ill. 2). When panels are used as a spatial enclosure, they have to comply with high standards in terms of thermal and sound insulation, fire protection, impermeability, etc. Individual requirements can be met through the use of multi-layer elements, but it is important in this respect to find an economical system with a simple form of construction and quickly executed connections. The degree of prefabrication can be very high in the case of wall elements; it also makes sense to supply external walls units complete with finished surfaces and in-built windows (ills. 16–18).

Manufacturing panels is based on the principles of timber-framed construction. Posts are set on a horizontal plate and held in position by a rail at the top. The studding is covered on both faces – usually with two layers of plasterboard to ensure the requisite rigidity –

and the intermediate spaces are insulated. The plasterboard also provides protection against fire. This form of construction has excellent sound-insulating properties. If elements of this kind are used for external walls, the outer cladding can consist of a 2 cm layer of wood fibreboard lined with a moisture-diffusing sealing layer and boarding or facade slabs with a ventilated cavity to the rear. Alternatively, reinforced rendering can be used as a finishing coat. Internally, the insulation will be separated from the lining by a vapour-retarding layer. Special forms of framed or stud construction consist of stacked-plank and block-stud walls. The latter are formed with square or rectangular timber members set closely next to each other. Elements of this kind can bear much greater loads than other systems and can also absorb and store heat and moisture better. A boarded finish will be necessary as a means of fixing and bracing the loose studs (ills. 7, 10). Insulation thicknesses of up to 24 cm will be necessary for external walls, which can be finished with cladding and a rear ventilated cavity. If rendering is used as a finish, the insulation slabs must be adhesive fixed. With thicknesses of up to 42 cm, external walls of this kind take up a greater floor area than post-and-beam construction, which can be 10–12 cm thinner while providing the same insulation standard. Stacked-plank floors (ill. 2) consist of vertically stacked planks laid out in the direction of the span and connected by nails, dowels or adhesive. The stacked planks are joined with sheeting to form solid slabs; but units of this kind require additional sound insulation – walls in the form of a dry lining; and floors with a layer of stone chippings (ill. 10). Laminated cross-boarded elements (ills. 2, 13) are also a solid form of timber construction. They can be of various thicknesses. Openings can be cut and plasterboard applied at works. Walls of this kind have a high load-bearing capacity.

A much greater quantity of wood is required for the production of solid timber elements than for framed systems.

Joints at the corners of walls and at junctions with floors must be sealed so that internal air



16–18 Vorfertigung von Holz-Tafelelementen in der Montagehalle

16–18 Prefabrication of timber panel elements in assembly hall



16



17

cannot penetrate the outer wall construction and allow moisture or smoke from a fire to advance from one cavity to another. To achieve this, the sealing layers that have been incorporated can be adhesive fixed, and compressed strips can be inserted (ill. 10). Where plasterboard is used, it can be grouted at the corners. Cold-welded bituminous sealing layers are best suited for the floor areas. Extending the seal to the walls at the edges makes the floor construction airtight and impervious to smoke. It also protects the spaces in the storey below from water damage.

Precision in the prefabrication of timber elements allows them to be used for the refurbishment of existing facades (ill. 1). The work can be executed from the outside without disturbing those living or employed within. Prefabricated facade panels resemble framed external wall construction, but without the internal plasterboard layer. The elements, with a maximum length of 12 m, can be hoisted on to strip corbels and bolted to the existing wall without the use of scaffolding. Precise dimensioning is necessary, for which 3D computer models can be made.

Floors in coffered construction (ills. 2, 6) are suited to large spans. The load-bearing capacity can be considerably increased if the upper and lower layers of sheeting are adhesive fixed. With a floor thickness of 40 cm and a surface loading of 3.5–5 kN/m<sup>2</sup>, spans of up to 10 m are possible, whereby the construction is much lighter in weight than comparable concrete slabs.

Similar spans can be covered using a hybrid type of construction (ill. 4) with equivalent overall thicknesses. Hybrid forms consist of a tension layer of solid timber slabs (stacked-plank or laminated cross-boarded elements) or timber beams, plus an upper compression layer of concrete. The two form a structural unity. A friction bond between the materials can be achieved by cutting shallow recesses in the wood or by means of plugs. Hybrid slabs can be prefabricated and assembled in a finished state with grouted joints. Alternatively, the concrete can be laid in-situ.

The floor systems described above are ideal for places of assembly. In a school refectory

(DETAIL 10/2010) coffered floor elements 2.40 m wide and up to 12.80 m long were used to cover spans as great as 11 m (ills. 5, 6). They were supported on steel columns with prefabricated facade units in between. Walls with sanitary installations were supplied complete with all pipe runs and ducts for electrical wiring. The load-bearing intermediate walls consist of laminated cross-boarded elements with a sound-insulating dry lining on one face. An assembly team can erect a car-cass structure up to 1,500 m<sup>2</sup> in area and a number of storeys in height in a single working week, or a school extension structure with 15 classrooms in just two weeks. The finishings can be executed with far fewer impediments. An eight-storey timber structure (ill. 3) was erected with block-stud walls and laminated cross-boarding. Building regulations restrict the height of timber structures to five storeys, however, so that as part of the fire-safety concept a concrete staircase was required (ill. 15). This also served to brace the building. Prefabrication with wood calls for great disci-

pline during the planning stage. Wall and floor elements are supplied in a more or less finished state and cannot be adapted on site. Elements made by different trades are executed parallel to each other in part, which requires very tight tolerances. One condition for this is the control and approval of the workshop planning. Much of the supervision, therefore, occurs in the office prior to production and assembly. Planners need to familiarize themselves with this manner of working. Multi-storey timber construction is not an everyday occurrence; nor is wood usually regarded as an ideal material for urban situations, even though prefabricated timber units are eminently suited to work in cities because of the short erection time they allow. In view of their light weight, they also lend themselves to erection on the existing basement structures of demolished buildings. As the examples show, timber can be used in many cases instead of concrete, steel and brickwork. Of importance, too, are the ecological and economic aspects associated with this material.



18