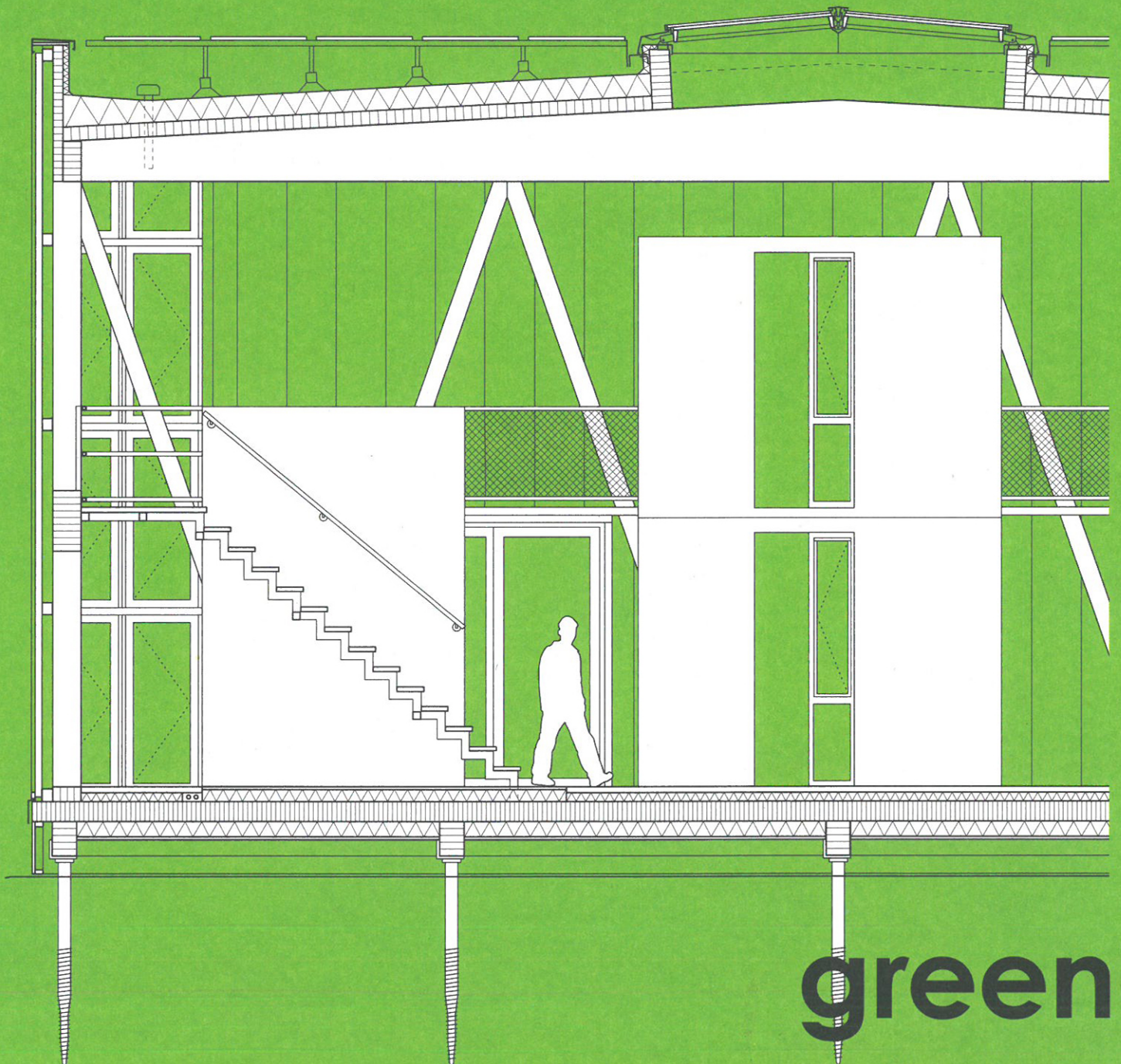


Schwerpunkt: Bauen mit Holz
Messbare Vorteile begrünter Fassaden
Eis-Energiespeicher für Gebäude

DETAIL

01/17 Zeitschrift für nachhaltige Architektur und energetische Sanierung
Review of Sustainable Architecture and Energy-Efficient Refurbishment



green

Holzbau im Höhenrausch

Timber construction on the rise

02

hintergrund

Dalston Lane, London

- Höhe/Building height: **33 m**
- Anzahl Geschosse/
Number of floors: **10**
- Nutzungen/Uses:
**Wohnen, Büros, Gewerbe/
Apartments, offices,
commercial spaces**
- Nutzfläche/Useable area:
**12500 m² (Wohnen/
Apartments)
3460 m² (Büros/Offices)**
- Wandstärke/Wall thick-
ness:
100–160 mm
- Geschossdecken/
Floor slabs:
**160 mm Brettsperrholz/
CLT (Wohnungen/apart-
ments)
220 mm Brettsperrholz/
CLT (Büros/Offices)**
- max. Deckenspannweite/
max. span of floor slabs:
**4-5 m (Wohnungen/
Apartments)
7 m (Büros/Offices)**
- Gebäudekerne/Building
cores:
**160 mm Brettsperrholz +
2 Lagen Gipskarton/
160 mm CLT + 2 layers of
plasterboard**
- verbaute Holzmenge/
Amount of timber used:
4400 m³

»Hyperion« ist knapp 116 Meter hoch und hält damit einen Weltrekord: Einen höheren Baum wird man derzeit auf unserem Planeten kaum finden, da sind sich seine Entdecker sicher. Denn die Wälder Nordamerikas sind inzwischen relativ gut vermessen – und auch andernorts gibt es keine Baumarten, die den Küstenmammutbäumen (*Sequoia sempervirens*) in puncto Wuchshöhe das Wasser reichen können.

Auch der Mensch hat es bisher nicht geschafft, mit der Natur im Holzbau gleichzuziehen – obwohl dort in den letzten Jahren ein regelrechter Höhenwettbewerb begonnen hat. Nahezu im Monatsrhythmus werden Hochhausprojekte aus Holz lanciert, die einmal 100, 200 oder gar 300 Meter erreichen sollen. Die Realität hinkt den Renderings indes noch hinterher: Das jüngste Rekordhochhaus aus Holz, »HoHo Wien«, wird derzeit in dem neuen Wiener Stadtteil Seestadt Aspern errichtet (Abb. 2). Der Neubau von RLP Rüdiger Lainer + Partner soll 84 Meter hoch werden und in seinen drei Gebäudeflügeln mit 11, 16 und 24 Geschossen fast 20 000 m² Mietfläche für Büros und Gewerbe bereitstellen. Investor und Architekt streben mit dem 65-Millionen-Projekt eine Zertifizierung mit dem »Total Quality Building«-Standard der Österreichischen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (ÖGNB) an. Genau genommen handelt es sich bei HoHo Wien um einen Hybrid aus Beton- und Holz-

bau. Das mehrteilige Bauwerk wird durch Aufzugskerne und zentrale, keilförmige Erschließungszonen aus Beton ausgesteift. Daran docken außen die Büro-, Hotel- und Wohngeschosse an. Sie bestehen im Wesentlichen aus vier vorgefertigten, hundertfach wiederholten Einzelelementen. Auf den Fassadenstützen aus Brettschichtholz liegen Durchlaufträger aus Betonfertigteilen auf. Diese wiederum tragen die rund 2,40 × 7 m großen Holz-Beton-Verbunddeckenelemente aus Brettsperrholz und Stahlbeton (Abb. 3). Komplettiert wird die Hochhauskonstruktion durch eine Vorhangfassade aus Brettsperrholzelementen (als innere Fassadenschicht) und hinterlüfteten Holzbeton-Elementen als äußere Verkleidung. Im Gebäudeinneren sollen die Holzoberflächen an Decken und Wänden überall sichtbar bleiben.

Brandschutzvorschriften im Holzbau

In Deutschland wäre ein Gebäude wie HoHo derzeit nicht realisierbar. Für Bauten oberhalb der Hochhausgrenze, bei denen der oberste Geschossfußboden mehr als 22 Meter über dem Geländeniveau liegt, schreiben die Bauvorschriften vor, dass alle tragenden Bauteile aus nicht brennbaren Materialien gefertigt sein müssen. Für Gebäude bis 22 Meter ist der Holzbau dagegen zulässig, solange für Wände und Decken die geforderten Feuerwiderstandsdauern nachgewiesen werden können. Diese liegen je nach Gebäudehöhe bei 60 und 90 Minuten und lassen sich grundsätzlich auch ohne nicht brennbare Verkleidungen (z. B. aus Gipskarton) erreichen, wenn die Holzbauteile entsprechend großzügig bemessen werden. Das Land Baden-Württemberg, aber z. B. auch die Schweiz, erlauben daher mittlerweile auch Bauten bis zur Hochhausgrenze mit sichtbaren Holzoberflächen. Mit seiner kategorischen Ablehnung von tragendem Holz im Hochhausbau steht Deutschland hingegen zunehmend alleine da. Die Schweiz hat erst 2015 die Vorschrift gestrichen, derzufolge Gebäude über sechs Geschossen aus nicht brennbaren Materialien errichtet werden müssen. Der Schweizer Holzbauverband Lignum wertet dies als Anerkennung der Tatsache, »dass die Brennbarkeit eines Baustoffes nicht das maßgebende Kriterium ist, sondern die brandschutztechnisch korrekte Ausführung einer Konstruktion einen größeren Einfluss auf das Brandverhalten hat.«



1

London auf dem »Holzweg«

Auch in den britischen Bauvorschriften gibt es keine prinzipielle Beschränkung der Höhe von Holzhäusern. Obwohl das Baumaterial mangels einheimischer Anbieter nach wie vor aus dem Ausland importiert werden muss, ist der mehrgeschossige Massivholzbau in einigen Regionen stark auf dem Vormarsch. Vor allem der Ost-Londoner Stadtteil Hackney verfolgt diesbezüglich eine ambitionierte Förderpolitik. Ein gutes Dutzend größerer Wohngebäude und Schulbauten wurde in den letzten Jahren dort gebaut, weitere entstehen derzeit. Spitzenreiter in puncto Höhe und Größe ist ein bis zu zehngeschossiger Büro-, Einkaufs- und Wohnkomplex an der Dalston Lane, den die Architekten Waugh Thistleton geplant haben (Abb. 1). Auch hier wird das Erdgeschoss aus Stahlbeton gefertigt, schon um die für den Einzelhandel erforderlichen größeren Deckenspannweiten realisieren zu können. Die Obergeschosse bestehen dagegen komplett aus Brettsperrholz, einschließlich der Aufzugschächte und sogar der Treppenläufe in den Fluchttreppenhäusern. Sichtbar ist indes das Wenigste davon. Die Wände und Decken sind mit Gipskarton beplankt – in den Wohnungen einlagig und in den Erschließungskernen zweilagig.

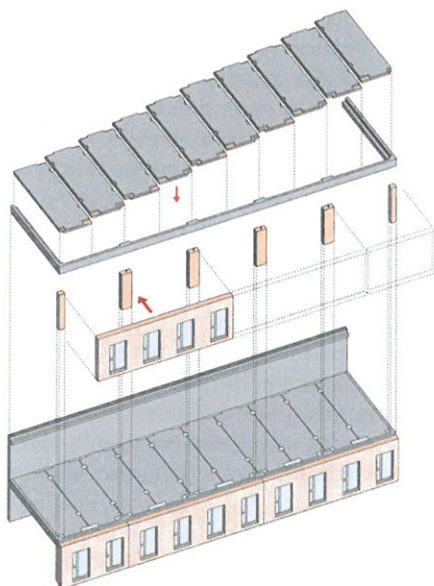
Die Tragkonstruktion des Neubaus basiert auf einem vielfach erprobten Prinzip: Fast wie bei einem Kartenhaus werden Wand- und Deckenelemente aus Brettsperrholz übereinander gestapelt. Die Deckenstärke variiert je nach Nutzungsart: In den Wohngeschossen beträgt sie 140 mm und in den Büros aufgrund der höheren Spannweiten 220 mm. Die Spannweiten der Holzkonstruktion sind in der Dalston Lane auf sieben Meter begrenzt. Prinzipiell, so der Architekt Andrew Waugh, lassen sich im Massivholzbau aber auch größere Distanzen überspannen, wenn die Wandscheiben im darüber liegenden Geschoss als Träger verwendet werden. Bei der Bemessung der Tragglieder legten die Architekten Wert darauf, möglichst effizient mit dem Baumaterial umzugehen. Daher nehmen die Wandstärken im Gleichschritt mit der Belastung nach oben hin ab – von 160 mm im Erdgeschoss auf 100 mm in der obersten Etage.

Pioniertaten in der skandinavischen Provinz

Eine ähnliche Pionierrolle wie Hackney nimmt in Schweden die Stadt Växjö ein. Aufgrund einiger verheerender Brände Mitte des 19. Jahrhunderts waren Holzbauten mit mehr als zwei Geschossen in dem skandinavischen Land bis Mitte der 90er-Jahre komplett verboten. Als die Bauvorschriften endlich wieder gelockert wurden, entwickelte sich die südschwedische 80000-Einwohner-Stadt rasch zu einem Zentrum des großmaßstäblichen Holzbaus. Einen wesentlichen Beitrag hierzu leistete die 2005 beschlossene kommunale Strategie zur Holzbauförderung. Bis 2020 sollen 50 % aller Neu-



2



3

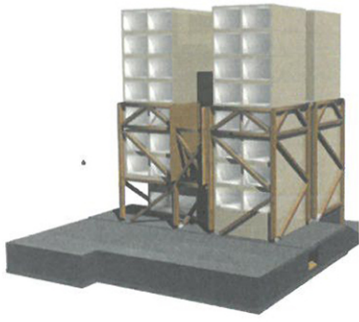
bauten in der Stadt mit Tragkonstruktionen erstellt werden, die im Wesentlichen aus Holz bestehen. Das derzeitige Vorzeigeprojekt nennt sich »Vallen«, ist bis zu neun Geschosse hoch und beherbergt in seinem Inneren 60 Wohnungen. Über einem Erdgeschoss aus Stahlbeton erhebt sich ein Holzskelettbau, der durch betonierte Aufzugskerne ausgesteift wird. Die Konstruktion basiert auf dem Bausystem Trä8, das das Unternehmen Moelven Töreboda gemeinsam mit Experten der Technischen Universität in Luleå entwickelt hat (Abb. 7). Dabei laufen die Brettschichtholzstützen über die gesamte Gebäudehöhe durch. Seitlich daran werden über Stahlschuhe Querträger befestigt und darin wiederum die Rippendecken aus Furnierschichtholz eingehängt. Letztere können bei Trä8 bis zu acht Meter stützenfrei überspannen und erreichen Aufbauhöhen bis 45 Zentimeter. Balken und Platten der Deckenelemente bestehen aus Furnierschichtholz, die Stützen und Träger hingegen aus Brettschichtholz.

HoHo Wien

- Höhe / Building height: **84 m**
- Anzahl Geschosse / Number of floors: **24**
- Nutzungen / Uses: **Wohnen, Hotel, Büros, Wellness / Apartments, hotel, offices, wellness areas**
- Bruttogeschossfläche / Gross floor area: **25 000 m²**
- Stützenquerschnitt / Column dimensions: **400 x 320 mm – 400 x 1080 mm**
- Geschossdecken / Floor slabs: **140–160 mm Brettsperrholz + 120 mm Beton / 140–160 mm CLT + 120 mm concrete**
- max. Deckenspannweite / max. span of floor slabs: **6,90 m**
- Gebäudekerne / Building cores: **Stahlbeton / reinforced concrete**
- verbaute Holzmenge / Amount of timber used: **3800 m³**

- 1 Wohn- und Bürogebäude Dalston Lane in London, Waugh Thistleton Architects (im Bau)
- 2 Büro- und Geschäftshaus HoHo Wien, RLP Rüdiger Lainer + Partner (im Bau): Visualisierung der Tragstruktur
- 3 Montageprinzip

- 1 Residential and office building, Dalston Lane in London, Waugh Thistleton Architects (under construction)
- 2 Office and commercial building HoHo Wien in Vienna, RLP Rüdiger Lainer + Partner (under construction): Visualisation of the load-bearing structure
- 3 Construction principle



4

- 4 Wohngebäude Treet in Bergen, ARTEC 2015: Montageprinzip
- 5 Südansicht vom Fjord aus
- 6 Fitnessraum im Obergeschoss

- 4 Residential building Treet in Bergen, ARTEC 2015: Construction principle
- 5 South elevation seen from the fjord
- 6 Fitness area in the uppermost storey

Tragwerksplanung sehr hoher Holzhäuser

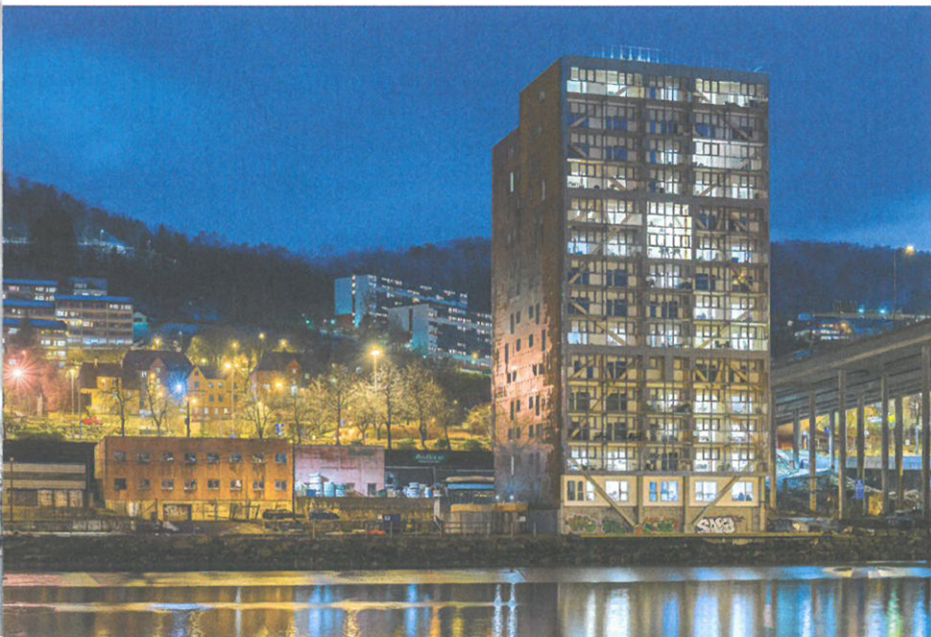
Holz unterscheidet sich von Stahlbeton vor allem in zwei wesentlichen Punkten: Es ist deutlich leichter und seine Druckfestigkeit quer zur Faser ist sehr gering. Daher können Stützen und tragende Wände ab einer gewissen Geschosshöhe nicht mehr einfach auf die Geschossdecken aufgestellt werden. An den Kreuzungspunkten werden stattdessen Knotelemente aus Beton oder Stahl erforderlich, um die Vertikalkräfte durchzuleiten. Das geringe Gewicht des Holzes macht sich bei der Bemessung der Fundamente positiv bemerkbar: Sie können bei Holzbauten deutlich kleiner ausfallen. Ein negativer Effekt tritt dagegen bei Wind auf, der auf der Luvseite hoher Gebäude starke Zugkräfte verursachen kann. Bei Massivbauten reicht das Eigengewicht der Konstruktion normalerweise aus, um diese auszugleichen. Nicht so bei den deutlich leichteren Holzkonstruktionen: Der Rohbau von Dalston Lane wiegt nach Schätzung von Andrew Waugh rund 80% weniger als eine äquivalente Betonkonstruktion. Für Holzbauten empfiehlt Waugh daher gegliederte Bauvolumina aus mehreren in der Höhe gestaffelten Baukörpern, die sich gegenseitig aussteifen. Wo dies noch nicht ausreicht, müssen in den Stützen und Wänden Zugbewehrungen vorgesehen werden. Beim Projekt Dalston Lane wurden die Wandelemente an einigen Stellen mit Stahlwinkeln und Schraubbolzen durch die Geschossdecken hindurch miteinander verbunden. Bei HoHo in Wien sind als Zugbewehrung Rundstähle in die Fassadenstützen einlaminiert, die diese mit den Betonfertigteil-Randbalken verbinden.

Wohnregal am Fjordufer

Bei Hochhäusern mit schlankem Querschnitt lässt sich den Windkräften auch entgegenwirken, indem man die vertikalen Lasten aus dem Gebäude möglichst direkt in die Außenwände

und dort weiter in die Fundamente leitet. Auch diagonale Windverbände sollten möglichst in der Fassadenebene angebracht werden. Diese Strategie lässt sich gestalterisch nutzen, indem Hochhäuser mit prägenden Exoskeletten versehen werden. Ein Beispiel hierfür ist der derzeitige Rekordhalter im Holzhochhausbau, »Treet« (norwegisch für Baum) in Bergen, den das Architektur- und Ingenieurbüro ARTEC und das Bauunternehmen Sweco 2015 fertiggestellt haben. Das 14-geschossige Passivhaus bietet auf 4000 m² Fläche Platz für 62 Wohnungen und ein Fitnessstudio. Auf dem Dach steht den Bewohnern eine Terrasse zur Verfügung (Abb. 5–6). Treet ist mit einem großen Regal aus Brett-schichtholzträgern vergleichbar, in das einzelne Wohnmodule in Holzrahmenbauweise wie Schubladen eingeschoben sind (Abb. 4). Die Module sind immer vier Geschosse hoch übereinandergestapelt. Im 5. und 10. Obergeschoss folgt je ein Zwischengeschoss mit geschosshohen Fachwerkbändern aus Brett-schichtholz und einer darauf aufliegenden Geschossdecke aus Betonfertigteilen, die gleichsam als Regalboden fungiert. Weder die Holzrahmenmodule noch die drei Treppenhaus- und Aufzugskerne sind kraftschlüssig mit dem Außenskelett des Bauwerks verbunden. Für die Ableitung der Horizontal- und Vertikalkräfte sorgen allein die Brett-schichtholzträger und die Zwischendecken aus Beton. Die Stützen des Holzfachwerks sind bis zu 50 x 65 cm stark; die Diagonalen messen 40 x 40 cm. An den Knotenpunkten sind sie mit Stahlelementen verbunden.

Ablesbar wird die Tragkonstruktion von Treet vor allem an der Nord- und Südseite. Dort öffnet sich das Haus zu einer verglasten Loggiazone mit Balkonplatten aus Brettsperrholz. Die Ost- und Westfassade sind hingegen weitgehend geschlossen und mit Cortenstahl verkleidet. Das Haupttragwerk des Gebäudes ist auf



5



6



eingeklebte Gewindestangen verschraubt. Die Gebäudefassaden bestehen aus acht Meter breiten, geschosshohen Stahlrahmenelementen, die außen mit braunen HPL-Platten verkleidet sind.

Weil in der kanadischen Provinz British Columbia sonst nur Holzbauten bis zu sechs Geschossen gestattet sind, musste für die Brock Commons ein eigenes Brandschutzkonzept abgestimmt werden. Alle Wände und Decken sind mit drei bis vier Lagen Gipskarton verkleidet, um den Brandwiderstand zwischen den Wohneinheiten über die normalerweise geforderten 60 Minuten hinaus auf zwei Stunden zu erhöhen. Ferner wird im ganzen Haus eine Sprinkleranlage installiert. Lediglich im obersten Geschoss, das vorwiegend Gemeinschaftsräume enthält, soll die Tragkonstruktion – gleichsam als didaktisches Anschauungsobjekt – unverkleidet bleiben.

Ein Klassiker wird neu interpretiert

In ganz anderen Größenordnungen bewegt sich eine Reihe von Hochhausprojekten, die derzeit noch hypothetischer Natur sind. 2013 hat das amerikanische Architektur- und Ingenieurbüro SOM untersucht, wie sich ein klassisches Wohnhochhaus der 60er-Jahre, die 42-geschossigen DeWitt Chestnut Apartments in Chicago, mit einer Holz-Hybridkonstruktion nachbauen ließen. Die Aufgabenstellung mag eklektisch anmuten, doch laut SOM ist das (seinerzeit vom gleichen Büro entworfene) Gebäude bis heute beispielhaft für effiziente Tragwerkskonstruktion und Grundrissflexibilität und daher uneingeschränkt marktauglich. Das so entstandene Bausystem besteht aus 60 x 60 cm starken Fassadenstützen aus Brettschichtholz, einem Gebäudekern aus 30 cm starken Brettsperrholzwänden und sowie 23 cm dicken Holz-Hybriddecken, die zwischen Kern und Fassade teils mehr als acht Meter freispannen (Abb. 12). Auf die 18 cm starken Brettsperrholzdecken wird nach dem Einbau



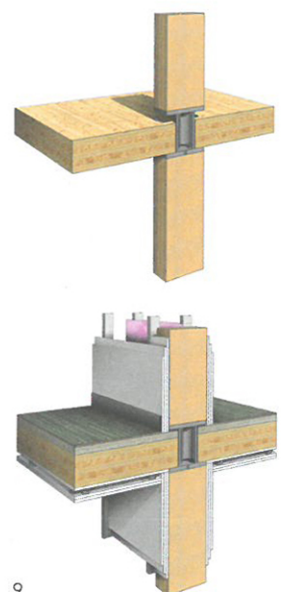
8

Treet, Bergen

- Höhe/Building height: **49,4 m**
- Anzahl Geschosse/ Number of floors: **14**
- Nutzungen/ Uses: **Wohnen/ Apartments**
- Nettogeschossfläche/ Net floor area: **5830 m²**
- Stützenquerschnitte/ Column dimensions: **495 x 495 mm**
495 x 650 mm
- Geschossdecken/ Floor slabs: **Holzbalkendecken/ timber joist ceilings**
250 mm Betonfertigteile (alle 5 Geschosse)/
250 mm precast concrete (on every 5th floor)
- max. Deckenspannweite/ max. span of floor slabs: **10,20 m**
- Gebäudekerne/ Building cores: **Brettsperrholz/ CLT**
- verbaute Holzmenge/ Amount of timber used: **950 m³ (nur Primärtragwerk/ primary load-bearing structure only)**

- 7 Bausystem Trä8: Hohlkastendecken aus Furnierschichtholz werden in ein Brettschichtholzskelett mit durchlaufenden Stützen eingehängt.
- 8 Studentenwohnheim Brock Commons in Vancouver, Acton Ostry Architects (im Bau)
- 9 Knotenpunkt ohne und mit Gipskartonverkleidung

- 7 The Trä8 system consists of pre-fab LVL floor elements and glulam posts and beams
- 8 Students' residence Brock Commons in Vancouver, Acton Ostry Architects (under construction)
- 9 Column/floor joint without and with plasterboard cladding



9

einen Feuerwiderstand von 90 Minuten bemessen; für die Wände und Decken der einzelnen Wohnmodule wurde ein Feuerwiderstand von 74 Minuten nachgewiesen. Als zusätzlicher Schutz ist das ganze Haus (einschließlich der Balkone) mit einer Sprinkleranlage ausgerüstet. Selbst der Aufzugsschacht ist aus Brettschichtholzelementen gefertigt, die aus Deutschland angeliefert wurden. Die Leimholzbinder und -stützen stammen hingegen aus norwegischer Fabrikation und die einzelnen Wohnmodule wurden – einschließlich der Fußbodenaufbauten, Küchenzeilen und Einbauschränke – in Estland vorgefertigt. Die weitgehende Vorfertigung führte dazu, dass im Schnitt ein ganzes Wohngeschoss pro Tag in das große Leimholzregal eingeschoben werden konnte.

Die Wälder in die Stadt geholt

Ganze sechs Minuten dauert es, bis in den Wäldern Nordamerikas 2233 m³ Holz nachgewachsen sind. Diese Holzmenge soll für den derzeit im Bau befindlichen, höchsten Holzbau auf dem Kontinent verbraucht werden. Das 18-geschossige Studentenwohnheim »Brock Commons« entsteht noch bis Ende 2017 auf dem Campus der University of British Columbia in Vancouver und soll einmal gut 400 Studierende beherbergen (Abb. 8–9). Der 53 Meter hohe Neubau ruht auf einem Erdgeschoss aus Beton und wird von zwei betonierten Aufzugskernen ausgesteift. Getragen wird der Skelettbau im Wesentlichen von schlanken Brettschichtholz- und Furnierschichtholzstützen im relativ engen Raster von 2,85 x 4 Metern (Abb. 10). Über angeschraubte Verbindungselemente aus Stahl-Rundrohren an den Stützenfüßen und -köpfen lassen sich die Stützen wie Legosteine ineinander stecken. Die Geschossdecken bestehen aus 165 mm Brettsperrholz mit 40 mm Aufbeton. Sie liegen jeweils auf den Stützen des unteren Geschosses auf und werden mit diesen über

Brock Commons, Vancouver

- Höhe/Building height: **53 m**
- Anzahl Geschosse/ Number of floors: **18**
- Nutzungen/Uses: **Wohnen, Gewerbe/Apartments, commercial areas**
- Bruttogeschossfläche/ Gross floor area: **15 115 m²**
- Stützenquerschnitte/ Column dimensions: **215 x 265 mm**
265 x 265 mm
- Geschossdecken/ Floor slabs: **169 mm Brettsperrholz/ CLT + 40 mm Ortbeton/ in-situ concrete**
- max. Deckenspannweite/ max. span of floor slabs: **4 m**
- Gebäudekerne/ Building cores: **Stahlbeton/ Reinforced concrete**
- verbaute Holzmenge/ Amount of timber used: **2223 m³**

10 Studentenwohnheim Brock Commons in Vancouver: Rohbauzustand der Holzstruktur

10 Brock Commons students' residence in Vancouver: Timber structure as a shell

eine 5 cm starke Betonschicht vergossen, die den Schallschutz verbessern soll. Die Deckenaufleger in der Fassadenebene und am Gebäudekern bestehen aus Stahlbeton-Fertigteilen und werden mit den Geschossdecken verschraubt (Abb. 14). Ohne diesen biegesteifen Anschluss hätten die Deckenelemente nochmals um drei Viertel dicker ausfallen müssen. In der Zwischenzeit haben die Ingenieure von SOM gemeinsam mit der Oregon State University erste Belastungstests mit den neu entwickelten Verbunddecken durchgeführt. Auf diese Weise sollen die Praxistauglichkeit des Bausystems nachgewiesen und Erkenntnisse gesammelt werden, um die US-amerikanischen Bauvorschriften um Regeln für Holz-Beton-Verbundbauten zu erweitern. Diese würden unter anderem festlegen, bis zu welcher Gebäudegröße und -höhe die neue Bauweise zulässig wäre und welche zusätzlichen Brandschutzmaßnahmen dabei erforderlich wären.

300 Meter für London – wer bietet mehr?

Noch höher könnte nach seiner Fertigstellung der »Oakwood Tower« werden, ein Holzhochhaus für London, dessen Konzept das Büro PLP Architecture mit einem Forschungsteam der Universität Cambridge entwickelt hat (Abb. 15). Das hypothetische Holzhochhaus soll 300 Meter hoch werden, bis zu 80 Geschosse umfassen und auf dem Gelände des Londoner Barbican errichtet werden. Das Tragwerk vereint im Grunde die baulichen Prinzipien von HoHo und Treet miteinander: Wie bei dem Wiener Hochhaus gliedert es sich in mehrere Baukörper unterschiedlicher Höhe, die sich gegenseitig aussteifen. Und wie bei dem Wohnungsbau in Bergen werden die Lasten aus den Geschossdecken über ein außen liegendes Brettschichtholzskelett abgetragen. Eine verglaste Fassade wird das Tragwerk vor Wind und Wetter schützen; eine Brandschutzverkleidung ist allerdings aller Voraussicht nach nicht erforderlich: Mit Stützenquerschnitten bis zu 2 m² am Gebäudefuß-

punkt dürfte das Holzskelett auch so ohne Weiteres einen mehrstündigen Feuerwiderstand gewährleisten.

Was bringt das Ganze? Versuch einer Bilanz

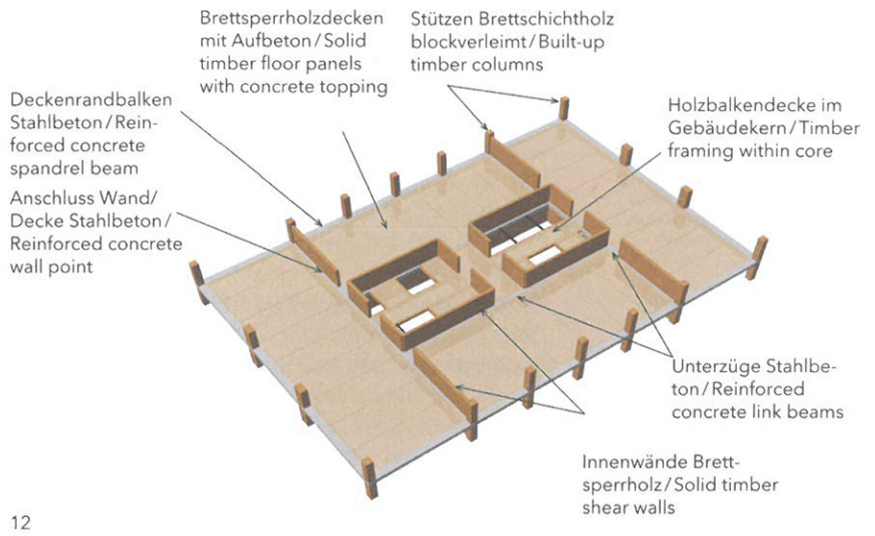
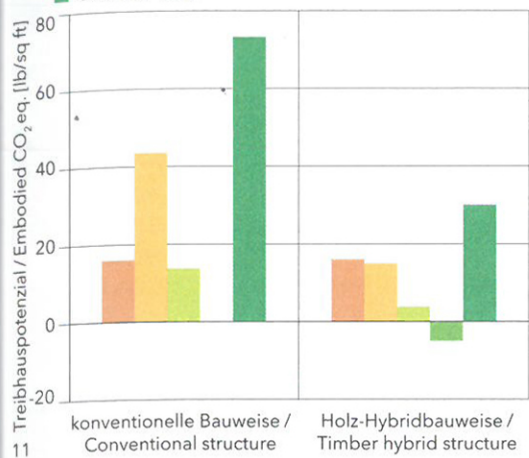
Trotz des großen Medienechos ist der mehrgeschossige Holzbau noch immer ein Nischenprodukt. Für die Schweiz schätzt Christoph Starck, Direktor des Holzbauverbandes Lignum, seinen Marktanteil auf rund 7%. Einer weiteren Verbreitung stehen laut Starck die Risikoaversion der Bauherren sowie die Mehrkosten durch die Holzbauweise entgegen. Sie müssen mit Vorteilen in anderen Bereichen aufgewogen werden – etwa der Zeitersparnis durch Vorfertigung sowie dem ökologischen Mehrwert des Baustoffs. Andrew Waugh schätzt, dass die vorgefertigte Holzbauweise in der Dalston Lane die Gesamtbauzeit um gut ein Viertel von 30 auf 22 Monate senken wird. Selbst bei Holz-Hybridbauten mit aussteifenden Betonkernen lassen sich vergleichsweise große Betonmengen durch Holz ersetzen. Bei HoHo liegt der Holzanteil in der Tragkonstruktion bei fast drei Vierteln, wenn man das betonierte Erdgeschoss und die Fundamente außer Acht lässt. Das geplante Hochhaus von SOM soll einschließlich der Fundamentpfähle und des Erdgeschosses zu 70% aus Holz bestehen. Entsprechend hoch sind auch die Mengen an CO₂-Emissionen, die sich durch die Holzverwendung vermeiden lassen. Bei SOM soll die CO₂-Einsparung (bezogen auf die Herstellung des Rohbaus) 60–75% betragen, beim Projekt Dalston Lane rund 60% gegenüber einem konventionellen Betonbau. Bei sehr großen Gebäuden können so beträchtliche ökologische Vorteile zusammenkommen. RLP Rüdiger Lainer + Partner beziffern die CO₂-Emissionsvermeidung bei HoHo Wien auf 2800 Tonnen, was den Emissionen von rund 500 Erdumrundungen mit dem Auto entspricht. Bei dem Wohnturm von SOM in Chicago schließe sogar fast die vierfache CO₂-Einsparung zu Buche, würde er je realisiert. Im Detail hängt die CO₂-Einsparung aber stark davon ab, wie aufwendig die Knotenpunkte in der Konstruktion und die brandschutztechnischen Kompensationsmaßnahmen ausfallen. Vor allem Verkleidungen aus Gipskarton sollten möglichst vermieden und Verbindungselemente aus Stahl oder Beton minimiert werden. Beides lässt sich bei mittleren Gebäudehöhen von sechs bis zehn Geschossen eher erreichen als in den ganz hohen Leuchtturmprojekten. Andrew Waugh sieht den derzeitigen Höhenrausch im Holzbau daher mit einiger Skepsis. Allerdings hält er die statischen Möglichkeiten im Holzbau bei Weitem noch nicht für ausgereizt. Große Hoffnungen setzt Waugh in neuartige Materialien wie (tragfähige) Laubhölzer für den Hochbau oder Zugbewehrungen aus Carbonfasern. Sein Fazit: »Wir stehen derzeit am Anfang einer ganz neuen Holzbau-Ära«.

JS



10

■ Baustellenbetrieb / Construction ■ Beton / Concrete
■ Stahl, Bewehrung / Steel and rebar ■ Holz / Timber
■ Gesamt / Total



12

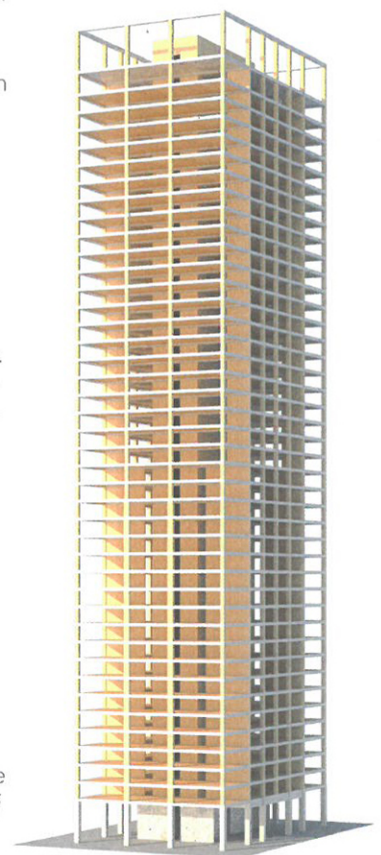
In recent years there has been a concerted race by the timber industry to construct ever-taller timber buildings. New high-rise projects as tall as 100, 200 or even 300 metres are being built on an almost monthly basis. Currently, the tallest timber structure, called HoHo Wien, is being constructed in Vienna's new district, Seestadt Aspern (fig. 2). Architects RLP Rüdiger Lainer + Partners designed the high-rise, which will reach an impressive height of 84 metres. The three wings – 11, 16 and 24 storeys – of the new-build will accommodate almost 20,000 m² of rental floor area for office and retail use. The architects and investors are aiming at a TQB (Total Quality Building) certification with their 65 million Euro, hybrid timber/concrete structure. The ground floor is built completely in concrete and the multi-storey tower above has concrete lift cores and central, wedge-shaped circulation zones. The office floors connected to the outside of these cores, consist primarily of four prefabricated elements (fig. 3). Laminated timber columns on the facade support continuous precast concrete beams, which in turn carry the load of the timber/concrete composite floors, made from 140–160-mm laminated timber and 120-mm reinforced concrete. The high-rise facade will consist of CLT panels on the interior, an intermediate insulation layer, a ventilated rainscreen of wood-fibre and reinforced concrete elements on the outside.

tests (fig. 1). Here too, the ground floor consists of reinforced concrete, whereas the upper floors are built entirely from cross-laminated timber. This includes the lift shafts and even the fire escape stairs. Only a small amount of this timber is actually visible. Externally, the walls will be finished in masonry as stipulated by the local building authority. Internally, the walls and ceilings are lined with plasterboard: a single layer in the apartments and a double layer in the circulation cores. The structural frame of the new building is based on a tried and trusted principle: Similar to a house of cards, cross-laminated wall and floor elements are stacked on top of each other. In the case of Dalston Lane, the maximum span of the timber structure is limited to seven metres, however according to architect Andrew Waugh, in principle even greater spans could be achieved in solid timber construction if the walls on the upper floors were used as beams.

Pioneering work in provincial Scandinavia

In 2005 the town of Växjö in Sweden agreed on a communal strategy to promote timber construction: By 2020, 50% of all new buildings in the town should be constructed with a structural frame consisting primarily of timber. The current pilot project, known as Vallen, rises up to 9 storeys high and contains 60 apartments. A timber frame stiffened by solid lift cores rises over the reinforced concrete ground floor level. The structure is based on the construction system Trä8 – developed by the company Moelven Töreboda together with experts from the technical university of Luleå (fig. 7) – whereby the glulam timber columns extend up the entire height of the building. Glulam crossbeams fixed to the sides of the columns with steel brackets support ribbed slabs made from laminated veneer timber. These floor elements can achieve a clear span of up to 8 metres, with a depth of floor structure only 45 cm deep.

- 11 Timber Tower Project (Wohnhochhaus auf Basis der DeWitt Chestnut Apartments in Chicago), SOM: Ökobilanz der CO₂-Emissionen in der Herstellungsphase
- 12 Konstruktionsprinzip
- 13 Visualisierung der Tragstruktur
- 11 Timber Tower Project (residential building based on the DeWitt Chestnut Apartments) in Chicago, SOM: comparison of embodied CO₂ emissions
- 12 Construction principle
- 13 Visualisation of the load-bearing structure



13

London borough Hackney; a hotbed for timber construction

Multi-storey timber structures are also on the increase in some parts of the United Kingdom; despite the fact that the bulk of materials have to be imported due to a lack of homegrown timber supplies. The east London district of Hackney, in particular, is pursuing an ambitious planning policy in support of timber construction. A forerunner in the area in terms of its height and dimensions, is a ten-storey office, retail and residential complex in Dalston Lane, designed by Waugh Thistleton Archi-

**Timber Tower Project,
Chicago**

- Höhe/Building height:
124 m
- Anzahl Geschosse/
Number of floors:
42
- Nutzungen/Uses:
Wohnen/Apartments
- Bruttogeschossfläche/
Gross floor area:
37 000 m²
- Stützenquerschnitte/
Column dimensions:
610 x 610 mm
- Wandstärke/Wall thick-
ness:
305 mm
- Geschossdecken/
Floor slabs:
**178 mm Brettsperrholz/
CLT + 51 mm Ortbeton/
in-situ concrete**
- max. Deckenspannweite/
max. span of floor slabs:
8,23 m
- Gebäudekerne/Building
cores:
**305 mm Brettsperr-
holz/CLT**
- verbaute Holzmenge/
Amount of timber used:
10 700 m³

- 14 Timber Tower Project in Chicago, SOM: Schnitt Innenwand/Stütze/Geschossdecke Maßstab 1:20
- a Innenwand Brettsperrholz 205 mm
 - b Betonfertigteil
 - c Geschossdecke 177 mm Brettsperrholz
 - d Fassadenstütze Brett-schichtholz blockverleimt 410/410 mm
 - e einlaminierete Zugbe-
wehrung
- 15 Holzhochhaus für London, PLP Architecture (in Planung): Fotomontage
- 16 Vogelperspektive der Tragkonstruktion

Structural engineering of multi-storey timber buildings

Timber differs from reinforced concrete in two essential respects: It is significantly lighter, and its compressive strength across the grain is relatively low. Therefore, once the building exceeds a certain number of floors, load-bearing columns and walls can no longer simply be placed on the floor slab, and concrete or steel joints are required at the connection points to transmit the vertical loads. The reduced weight of timber is significant in relation to the size of foundations, which can be decreased significantly for timber buildings. A negative aspect comes into play in relation to wind loads, however, which can create high tensile forces on the windward side of buildings. Whereas with solid buildings their own self-weight is usually sufficient to compensate for this load, this is not the case for significantly lighter timber buildings. According to estimates by Andrew Waugh, the building shell of Dalston Lane weights approximately 80% less than an equivalent structure in concrete. For this reason Waugh recommends that timber buildings should have several vertical volumes of different heights which can stiffen one another. Where this is not sufficient, tensile reinforcement must be integrated into the walls and columns. In Dalston Lane, the wall units are connected to each other through the floor slabs with steel angles and threaded bolts at certain points. In HoHo in Vienna, tensile reinforcement is provided by steel rods laminated into the facade, which are connected to the precast concrete edge beams.

Like a giant bookshelf

When it comes to tall, slender buildings, wind loads can be counteracted by transferring vertical loads as directly as possible into the foundations via the external walls. Similarly, cross-bracing elements are best located along a building's perimeter. Both of these principles lend themselves to a design approach where the structure of tall buildings is articulated as a characteristic exoskeleton. A good example of

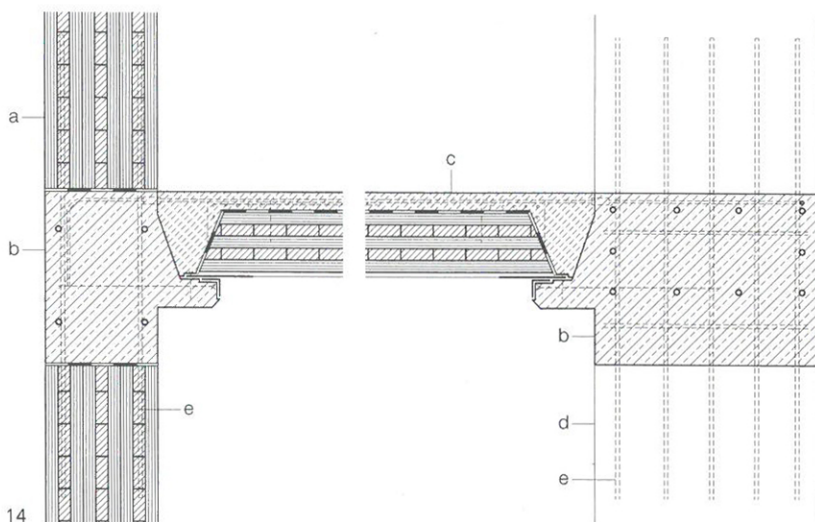
this is the apartment building Treet (Norwegian for tree) in Bergen, designed by the architecture and engineering firm ARTEC 2015. The almost 4,000 m², 14-storey passive building accommodates 62 apartments and a fitness studio. Residents also have access to a communal roof terrace (fig. 5-6). Treet is comparable to a large bookshelf made of glulam timber beams, into which prefabricated timber-framed apartment units are slotted (fig. 4). The apartment modules are stacked four floors high above one another. There are intermediate levels on the fifth and the tenth floors with storey-high glulam trusses supporting precast concrete floor slabs. Neither the apartment modules nor the lift and stair cores are structurally connected to the external building skeleton. The structural frame of Treet is clearly visible on the north and south facades, where the building opens onto glazed loggias. The east and west facades, in contrast, are mostly clad in corten steel. Even the lift shaft is made of glulam timber elements supplied by a German manufacturer. The apartment modules - including floor finishes, kitchen units and built in closets - were manufactured in Estonia. The extensive prefabrication meant that, on average, an entire apartment floor could be inserted into the laminated timber skeleton on a daily basis.

Forests brought into the city

The tallest timber building currently on site in North America will be completed by the end of 2017 on the campus of the University of British Columbia in Vancouver. The 18-storey student residence, Brock Commons, has been designed to accommodate over 400 students (fig. 8). At 53 metres tall, the building rises over a concrete ground floor and is stiffened by two concrete lift cores. Its structural frame consists predominantly of thin glulam and laminated veneer columns in a relatively dense grid of 2,85 x 4 metres (fig. 10). With steel pipe connectors attached to each end, the columns can be slotted together rather like Lego pieces. Each floor slab (consisting of 165-mm plywood and 40-mm concrete finish) is supported by the columns on the level below and secured by in-situ threaded rods. All walls and ceilings are lined with three or four layers of plasterboard to achieve a fire resistance of two hours between the apartments. A further fire safety measure is a sprinkler system installed throughout the entire building. Only on the uppermost floor, where the communal spaces are located, is the structure left unclad as a didactic showpiece element.

Reinterpreting a classic

There is an entire series of high-rise projects on an even larger scale, which are currently still in a conceptual stage. In 2013, the American architecture and engineering firm SOM examined how a classic 1960s residential tower





floor slabs are transferred by a glulam timber exoskeleton. A glazed facade protects the structure from wind and weather. With column sections up to 2 m² at the buildings base, internal fire resistant cladding will probably not be required. Without any additional protection, the building frame itself should ensure several hours of fire resistance.

What are the benefits of timber construction?

Despite the widespread media response, multi-storey timber construction still remains rare. According to Christoph Starck, director of the Swiss timber construction association Lignum, one of the main reasons for this is the aversion to risk on the part of many building developers, as well as the additional costs associated with timber construction. These factors have to be offset by gains in other areas, such as time saved through prefabrication and the added ecological value of the building materials themselves. Andrew Waugh maintains that the prefabrication methods employed on the Dalston Lane project will reduce the overall construction period by over a quarter, or from 30 to 22 months. Even in timber-hybrid construction with solid concrete cores, comparatively large amounts of concrete are replaced by timber. In HoHo the timber content of the structure is almost three quarters, not counting the concrete ground floor. SOM's proposed high-rise will consist of 70% timber, including the foundation piles and solid ground floor. The reduction in CO₂ emissions associated with timber construction is similarly high. In SOM's project the CO₂ saving will be around 60–75% (in relation to the building shell), and in Dalston Lane it will be about 60% when compared to a conventional concrete building. When it comes to large-scale buildings, there are considerable ecological advantages to be gained. RLP Rüdiger Lainer + Partners estimate that the CO₂ emissions from HoHo Wien will be about 2,800 tonnes; which is about the equivalent amount of emissions as 500 car trips around the world. In detail, the actual CO₂ savings achieved rely heavily on the complexity of the structural joints and on the measures required to achieve adequate fire resistance. Plasterboard wall linings in particular should be minimized, and steel or concrete connection elements should be avoided if possible. Both of these principles are more easily achieved in mid-range building heights of six to ten floors than in excessively tall projects. Andrew Waugh views the current frenzy for height with some scepticism, however he also believes that the structural possibilities of timber are nowhere near exhausted. Waugh has great hopes for high-rise construction using new materials like (sustainable) hardwoods or tensile reinforcement made from carbon fibre. He concludes that we are "witnessing the beginning of a whole new era in timber construction".

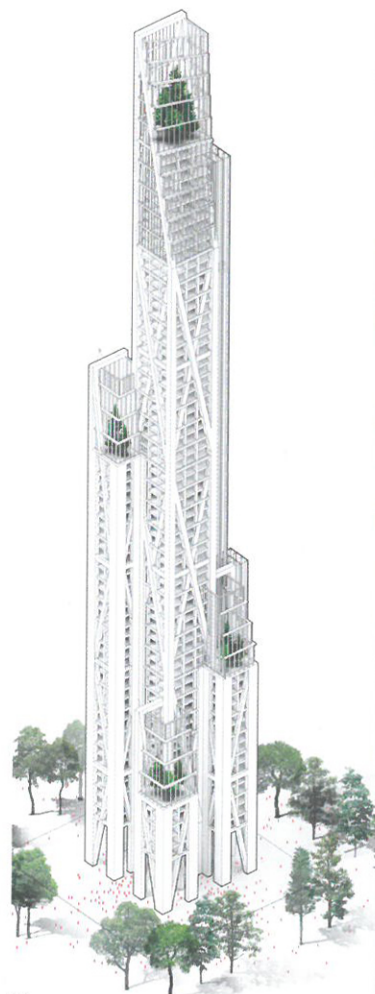
- 14 Timber Tower Project in Chicago, SOM: Section of internal shear wall/floor slab/column with spandrel beam
Scale 1:20
 - a 205 mm cross-laminated timber shear wall
 - b precast concrete element
 - c floor slab, 177 mm cross-laminated timber + 51 mm concrete finish
 - d 410 × 410 mm built-up timber column
 - e epoxy laminated reinforcement
- 15 Timber high-rise project for London, PLP Architecture: photomontage showing the placement on the Barbican site in London
- 16 Bird's eye perspective of the load-bearing structure

er, the 42-storey DeWitt Chestnut Apartments in Chicago, could be recreated using a timber-hybrid construction. The task may seem somewhat eclectic, however according to SOM the building (originally designed by the same office) is still a shining example of efficient structure and floor plan flexibility, and therefore its marketability has remained unaffected.

The resulting building system consists of a 60 x 60-cm-thick glulam facade structure, a building core made from 30 cm thick cross laminated timber walls, and 23-cm-thick, timber-hybrid floor slabs, some of which span up to eight metres between core and facade (fig. 12). The floor slab connections to the facade and core walls are made of precast concrete and are bolted to the floor elements. Without these rigid connectors the floor slabs would need to be about 75% thicker. In the meantime SOM, together with the Oregon State University, have undertaken the first successful compression load tests on the newly developed composite slabs. In this way the feasibility of the building system can be verified and data can be compiled, in order to further advance the American building regulations in relation to timber-concrete hybrid construction.

300-metre high-rise in London

The Oakwood Tower, a timber tower in London designed by PLP Architecture together with a research team from the University of Cambridge, could be even taller by the time it is completed. Located on the grounds of the London Barbican Centre, the conceptual timber tower is predicted to reach up to 300 metres in height and have up to 80 floors (fig. 15). Similarly to HoHo Wien it is divided into several building volumes of different heights, which structurally brace one another. As is the case in the Treet building, structural loads from the



16