»In Beton denken – mit Holz bauen«

Stumpfe Verklebung von Brettsperrholzdeckenbauteilen erhält bauaufsichtliche Zulassung

Die Timber Structures 3.0 AG (TS3), Thun (Schweiz), hat für ihre „TS3"-Bauweise in Deutschland die bauaufsichtliche Zulassung und die allgemeine Bauartgenehmigung erhalten. Bei der Bauweise werden Brettsperrholzplatten mit einer stumpfen Verbindung durch Fugenverguss zu Großflächen verbunden. So können auf bis zu 8 × 8 m stützenfreie Massivholzdecken errichtet werden.

Ein punktgestütztes, zweiachsig tragendes Flachdeckensystem in Holz war das ambitionierte Ziel des Holzbauingenieurbüros Timbatec, ebenfalls mit Sitz in Thun. So sollten die Möglichkeiten von Stahlbetonkonstruktionen auch im Holzbau erreicht werden. Nach zahlreichen Projektwettbewerben, in denen der klassische Stahlbeton bevorzugt wurde, begann die Forschungs- und Entwicklungsarbeit, um eine Lösung für dieses Problem zu finden. Ab 2010 arbeitete Timbatec gemeinsam mit Industriepartnern und Forschungsinstituten wie der Berner Fachhochschule und der ETH Zürich an unterschiedlichen Varianten zur seitlichen Verbindung von Brettsperrholzplatten.

Mehrere Forschungsprojekte mit Unterstützung des Schweizerischen Wald- und Holzforschungsfonds sowie der Innosuisse und des Technologiefonds wurden durchgeführt. Acht Bachelor- und 15 Masterarbeiten sowie vier Dissertationen brachten Erkenntnisse über verschiedene Klebstoffsysteme, Holzeigenschaften, Bearbeitungsparameter der Fügeflächen und Produktionsbedingungen. Langzeitversuche und der Einsatz unter Baustellenbedingungen (Kälte, Feuchte, Sonneneinstrahlung, Bewegungen etc.) folgten.

Nach sechsjähriger Prüfungsphase des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) hat „TS3" nun die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) und die allgemeine Bauartgenehmigung (aBG) erhalten und kann damit in Deutschland angewendet werden. Die meisten Konstruktionen damit wurden bislang in der Schweiz ausgeführt, insgesamt drei weitere in Kanada und Österreich.

„TS3' ermöglicht es uns, in Beton zu denken, aber mit Holz zu bauen und eröffnet damit völlig neue Möglichkeiten für nachhaltiges und innovatives Bauen", so Stefan Zöllig, Geschäftsführer von Timbatec und Gründer von TS3. Sven Bill, Geschäftsführer von TS3, erklärt: „Die ‚TS3'-Technologie ermöglicht die Konstruktion von massiven Holzdecken mit Stützenabständen von bis zu 8 × 8 m. Die ‚TS3'-Verbindung mittels Fugenverguss ermöglicht den Bau von unterzugsfreien Skelettbaustrukturen aus Holz mit schlanken, punktgestützten Platten, was bisher nur in Stahlbeton möglich war. Die Bemessung einer ‚TS3'-Decke erfolgt ähnlich wie bei einer Stahlbeton-Flachdecke."

Die Verbindung kann als starr angenommen werden, was eine effiziente Modellierung und Berechnung ermöglicht. Auch unregelmäßige Grundrisse können problemlos umgesetzt werden, was Architekten große gestalterische Freiheiten bietet, und komplexe Architekturen ermöglicht, die bisher nur mit Stahlbeton umsetzbar waren.

Die stumpfe Fuge wird in zwei Arbeitsschritten ausgeführt: Vorbehandeln der Fügeflächen im Werk und Vergießen der Fugen auf der Baustelle: Nach dem Abbund der Brettsperrholz-Deckenelemente werden die Fügeflächen im Abbundwerk vorbehandelt. Die Fügeflächen werden mit dem 2K-PUR-Harz „TS3 PTS PT192" und geeigneten Spachtelwerkzeugen versiegelt. Die Vorbehandlung ermöglicht die Haftung des Gießharzes auf der Holzstirnseite unter optimalen Werksbedingungen, die Konservierung der frischen Schnittkante in ihrem für die Verklebung optimalen Zustand und den Schutz der Fügeflächen während des Transports zur Baustelle vor äußeren Einflüssen wie z.B. Feuchteveränderungen. Nach der Vorbehandlung und dem Anbringen von Dicht- und Segmentierungsbändern werden die Elemente für den Transport wasserdicht verpackt.

900 m² Überdachung mit dem „TS3"-System wurden 2021 im Strandbad der Schweizer Gemeinde Ingenbohl-Brunnen verbaut. Foto: TS3

Auf der Baustelle werden die Platten ausgepackt, visuell kontrolliert und mit dem Kran gemäß Verlegeplan an die korrekte Position eingehoben. Die Auflagerung erfolgt auf Wänden, Stützen oder falls erforderlich auf Lehrgerüsten und werden wo nötig mit Sprießen unterstützt. Die Oberseite der Fugen wird mit transparentem Klebeband abgedichtet. Das 2K-PUR-Giessharz wird durch die vorgesehenen Einfüllbohrungen injiziert. Dieses Ausführungsprinzip gewährleistet die notwendige hohe Qualität und Sicherheit der Verbindung.

Bauplanung bis auf die Nachkommastelle

Fortsetzung von Seite 229

zwei Varianten – barrierefrei und konventionell – verbaut werden.

Als weiterer Aspekt kam das Thema Angemessenheit zur Sprache: Gemeint ist damit, zu hinterfragen, welcher Standard genügt, um Ressourcen nicht unnötig zu verbrauchen. Angestrebt wird das QNG-Siegel mit einer Zertifizierung nach DGNB und Konformität mit den EU-Taxonomie-Kriterien bzgl. Umwelt, Sozialem und verantwortungsvoller Unternehmensführung. Wenn es möglich ist, in dieser anspruchsvollen Kombination aus Zertifizierung, Holzbau und stark reglementierender Förderung guten Wohnraum zu schaffen, funktioniert das Konzept auch, um Eigentumswohnungen zu erstellen, so die Argumentation der Projektbeteiligten.

Richtiges Material an der richtigen Stelle einsetzen

Mit dem Baufeld erwarb Blu nicht nur das Grundstück, sondern auch einen fertigen Bauantragsstand. Die vorhandene Planung, ein klassischer Massivbau, wurde ökobilanziert und diente als Vergleichsmaßstab. In sechs Monaten wurde die neue, CO_2-minimierte Planung erarbeitet, dabei fiel die Wahl auf eine hybride Konstruktion aus Holzskelettbau und Stahlbeton. Letzterer wurde zur Aussteifung, aus Brandschutzgründen für die Treppenhäuser sowie für das Erdgeschoss und den Keller mit Tiefgarage gewählt. Die Ausführung aller neunzehn Treppenläufe ist gleich, für Anpassungen wird mit Podesten aus Ortbeton gearbeitet. Damit fanden auch Anforderungen des zirkulären Bauens Eingang in den Planungsprozess: Bei der Wiederverwendung von Treppenläufen sind solche Anpassungen unerlässlich.

Aufgrund städtebaulicher Vorgaben erhalten die Gebäude eine Klinkerfassade. Um den vergleichsweise großen CO_2-Rucksack, den dieser Baustoff mitbringt, zu reduzieren, kommen gebrauchte Klinker zum Einsatz. Jeder der Steine wurde ferner in drei Riemchen aufgetrennt. Um die Holzkonstruktion schlank zu halten, sind die Fassaden selbsttragend ausgeführt und die Balkone vorgestellt. Damit konnte eine standardisierte Lösung für die Holzkonstruktion erarbeitet werden, die auch für zukünftige Projekte einsetzbar ist. Die Balkonbodenplatten bestehen aus Carbonbeton, einem relativ teuren Baustoff. Dank dessen hoher Festigkeit ist jedoch eine geringe Plattenstärke ausreichend. Die resultierende Gewichtsersparnis erlaubt wiederum, die Stahlgerüste der Vorstellbalkone mit sehr geringem Materialaufwand auszuführen.

Die vier- bis fünfgeschossigen Gebäude werden in einer hybriden Konstruktion als Holzskelett- und Stahlbetonbau errichtet. Das ausführende Holzbauunternehmen war die Gebr. Schütt KG, Landscheide-Flethsee, für Ökobilanzierung und Tragwerksplanung zeichneten Assmann Beraten und Planen, Hamburg, verantwortlich.

Decken, Unterzüge und Stützen bleiben holzsichtig, da die Konstruktion auf Abbrand ausgelegt wurde. Zum Beispiel sind in den 14 cm starken Brettsperrholzdecken 4 cm Abbrand eingerechnet.

Decken, Unterzüge und Stützen sind holzsichtig und wurden auf Abbrand berechnet. Beispielsweise bestehen die Decken aus 14 cm starkem Brettsperrholz, wovon 4 cm auf den Abbrand entfallen. Die Außenwände sind als Holzrahmenkonstruktion ausgeführt. Da sie nichttragend sind, ist hier eine Zellulosedämmung möglich, wobei das verwendete Produkt besonders geringe Umweltwirkungen aufweist. Für die Innenwände kamen Strohplatten zum Einsatz. Sämtliche Betonbauteile bestehen aus Geopolymerbeton, der statt Zement Hüttensand oder Flugasche als Bindemittel enthält. Diese industriellen Nebenprodukte werden z.B. mit Wasserglas aktiviert und verursachen weit weniger CO_2-Emissionen als Zement.

Bauprodukte im Zentrum des Planungprozesses

Die Planung ging in hohem Maß von den Produkten aus, weil diese den Klimafußabdruck eines Gebäudes maßgeblich mitbestimmen. Das bedeutete, ungewöhnlich früh im Planungsprozess weitreichende Entscheidungen treffen zu müssen, beispielsweise wurden die Fertigbäder drei Monate vor Erteilung der Baugenehmigung bestellt. Möglich machten dies Vertrauen, offene Kommunikation und der Wunsch, auch in Zukunft miteinander zu bauen.

Als Entscheidungsgrundlage dienten Ökobilanzierung und Kostenberechnung verschiedener Varianten. Beispielsweise wurden für das Tragwerk eine Holzhybrid- und eine Stahlbetonkonstruktion mit den jeweiligen Untervarianten Geopolymerbeton, konventioneller Beton und CO_2-reduzierter Beton modelliert. Auch Joost betonte, wie wichtig es sei, Details zu beachten, belastbare Daten zusammenzutragen und alles „sauber durchzurechnen". Insbesondere dürfe man „nicht einfach wegrunden", sondern müsse sensibel auf Nachkommastellen achten, denn „mehr ist sowieso nicht drin".

Die Komplexität solcher Berechnungen wird an folgendem Beispiel deutlich: Der Bauantrag musste geändert werden, um den sommerlichen Wärmeschutz anzupassen. Mit der Integration eines Sonnenschutzes rückten die Fenster jedoch weiter in die Gebäude, entsprechend verringerte sich die Fläche. Das ist finanziell ungünstig, da sich Fördermittel und Mieteinnahmen nach der Fläche bemessen, zudem ergeben sich Nachteile für die Zertifizierung, denn auch der Grenzwert der CO_2-Emissionen hat die Nutzfläche als Bezugsgröße. Bei der Variantenberechnung müssen diese Zusammenhänge entsprechend einfließen. Im konkreten Beispiel konnte der Flächenverlust durch eine Verkleinerung der Treppenhäuser auf insgesamt 10 m² begrenzt werden.

Das Durchrechnen der Varianten – für das Projekt waren es 60 – und die Festlegung auf Produkte bzw. Konstruktionsweisen muss in der Vorplanung, das heißt in Leistungsphase (LP) 2 stattfinden und unbedingt vor der Entwurfsplanung (LP 3) abgeschlossen sein, sonst ist es wahrscheinlich, in der Ausführungsplanung (LP 5) tiefgreifend umplanen zu müssen, unterstrich Joost: „Als Bauherr muss man begreifen, wie wichtig bestimmte Entscheidungen sind und welchen Einfluss sie haben."

Unerwartete Belastungen für Kosten- und CO_2-Budget

Das Gesamtinvestitionsbudget einschließlich Grundstück betrug 27,49 Mio. Euro. Die Kosten für die Wohnfläche belaufen sich auf rund 5150 Euro/m² ohne Grundstück, d.h. über die Kostengruppen (KG) 200 bis 800 gerechnet, davon entfallen 3140 Euro/m² auf die Baukonstruktion (KG 300) und 1140 Euro/m² auf die technischen Anlagen (KG 400). Bei allen Angaben handelt es sich um Bruttobeträge. Als erheblicher Kostenfaktor erwies sich der Schutz gegen Erschütterungen, der aufgrund einer benachbarten U-Bahnlinie erforderlich war: Von den 1004 Euro/m² Wohnfläche für den Rohbau (KG 100 bis 800) entfallen allein 84 Euro auf den Erschütterungsschutz, wobei der Einsatz der speziellen Matten bereits auf das erforderliche Minimum reduziert wurde.

Die Treibhausgasemissionen werden mit 22,83 kg $CO_{2äq.}$/m²*a prognostiziert (zur Erinnerung: QNG Plus erlaubt maximal 24 kg $CO_{2äq.}$/m²*a). Davon entfallen 7,39 kg $CO_{2äq.}$/m²*a auf die Konstruktion und 15,44 kg $CO_{2äq.}$/m²*a auf den Betrieb der Gebäude – was hier zu Buche schlägt ist die Versorgung mit Fernwärme. Ursprünglich war geplant, ausschließlich Photovoltaik und Wärmepumpen zu nutzen, jedoch stellte sich heraus, dass ein Zwang zum Fernwärmeeinsatz besteht. Ohne diese Anforderung würde die Prognose insgesamt 15,14 kg $CO_{2äq.}$/m²*a lauten, was sogar den QNG-Premium-Grenzwert von maximal 20 kg $CO_{2äq.}$/m²*a unterboten hätte. Die CO_2-Anteile wären dabei hälftig für Konstruktion und Betrieb angefallen.

Problem Klimaneutralität in Betrieb und Lebenszyklus

Der Referent machte deutlich, dass die Gebäude nicht klimaneutral im Betrieb sein werden. Die mit Photovoltaik belegbare Dachfläche beträgt 650 m² und wird voll ausgenutzt. Um die CO_2-Freisetzung im Betrieb zu kompensieren, müsste die Fläche etwas mehr als doppelt so groß sein. Für Klimaneutralität über den gesamten Lebenszyklus – dazu müssen auch die CO_2-Emissionen aus Erstellung und Verwertung kompensiert werden – wären sogar 1000 m² zusätzlich nötig. Diese Flächen stehen jedoch nicht zur Verfügung bzw. stellen für mehrgeschossige Bauten ein generelles Problem dar: Die mit Photovoltaik ausstattbare Dachfläche bleibt die gleiche, unabhängig davon, wie viele Etagen mit Strom versorgt werden müssen. Eine Lösung könnte darin bestehen, den Bauherren zu verpflichten, an anderer Stelle Photovoltaik-Anlagen entsprechender Größe einzurichten, beispielsweise entlang von Autobahnen.

Die Fertigstellung von „UBS4" ist zum Jahresende vorgesehen. Erst nach Abschluss des Projekts wird es Gewissheit geben, aber die Chancen stehen gut, dass sich die Beteiligten über eine Zertifizierung nach DGNB Gold und das QNG-Plus-Siegel freuen können. Auch die Konformität mit der EU-Taxonomie-Verordnung, verifiziert durch die DGNB, sollte erreicht werden.

Vera Steckel, Springe