

Leuchtturm, Forschungsprojekt, Vorbild

Bauwirtschaft beschreitet dank Holzbau, Rückbaufähigkeit und außergewöhnlicher Verbindungsmittel neue Wege

Im Düsseldorfer Medienhafen entsteht ein Bürobau nach dem Prinzip Cradle-to-Cradle in Holzhybrid-Bauweise. Der umfängliche Anspruch umfasst auch die bereits im Planungsprozess integrierte Wiederverwertung von rückbaufähigen Bauteilen.

Die Ausgangslage war bekannt: Bauland, insbesondere in den Agglomerationen, wird zunehmend knapper und damit teurer. Dem folgen die Bau- und Rohstoffe, wie z.B. Bausand, für den früher hauptsächlich die Transportkosten anfielen. Doch die Zeiten vormals ubiquitär erscheinender, kostengünstiger Ressourcen sind vorbei. Ferner zählt der Bausektor zu den größten Energie- und Rohstoffverbrauchern, und zeichnet für weltweit rund 58 % des Abfallaufkommens verantwortlich. Recyclingquoten: gering. Langzeitperspektiven: keine. Bis jetzt.

In der Landeshauptstadt Nordrhein-Westfalens ist die Bauherrschaft mit einem Team aus Architektur, Holzbau, Tragwerksplanung und Gebäudetechnik angetreten, um neue Planungswege zu beschreiten, die bis dato in dieser Konsequenz noch niemand beschritten hat. Für das gemäß dem Prinzip Cradle-to-Cradle mittels BIM konzipierte, multifunktionale Bürogebäude mit Restaurationsbetrieb gleichen Namens – „The Cradle“ – wurde das Ziel proklamiert, definierte Bauteile nach Nutzungsende – ob in 50 oder 100 Jahren – bis zu 97 % zurückbauen und für Neubauten wiederverwenden zu können. In Erkenntnis dessen galt es, möglichst wenig unterschiedliche und später einfach zu separierende Materialien in der Planung zu berücksichtigen. Denn Baustoffe wie Holz, Glas, Gips, Lehm, Ziegel oder Beton lassen sich auch Jahrzehnte nach der Erstverwendung gut aufbereiten und erneut einsetzen, sofern sie sortenrein vorliegen.

Holzbau ebnet Weg für kreislauforientierte Bauwirtschaft

Dazu passte, dass das beauftragte Holzbauunternehmen, die Derix-Gruppe, als erster Hersteller im deutschsprachigen Raum bereits ein ähnliches Kreislaufprinzip mit Rücknahmeverpflichtung für seine in Verkehr gebrachten, genormten Holzbauprodukte Brett-schichtholz (BSH) und Brettspertholz (BSP) aufgesetzt hatte. Hierbei werden die gelieferten Holzbauelemente nach Ablauf der Gebäudelebensdauer zurückgenommen und für neue Konstruktionen und Bauvorhaben bereitgestellt. Mit der Demontage erfolgt die Sortierung in Bauteilqualitäten, Maße und Einsatzbereiche mit anschließender Dokumentation in einer Datenbank. Anhand der jeweils geltenden Rohstoff-, Markt- und Lohnkostensituation können dann zum Zeitpunkt X Angebot und Nachfrage abgeglichen und entsprechende Preise kalkuliert werden. Entscheidend dabei ist eine vollständig digitalisierte 3D-Dokumentation, die es den zukünftigen Nutzern erlaubt, ihre Suche nach verwendbaren, gebrauchten Bauteilen möglichst punktgenau durchführen zu können.



Start für die Montage des ersten Obergeschosses nach Errichtung des Erdgeschosses und der Erschließungstürme in Stahlbetonbauweise Foto: HPP Architekten

Das erklärte Ziel der Derix-Gruppe ist es, diese Verfahrensweise in der gesamten Baubranche zu etablieren, wobei der Holzbau als Pionier den Weg für eine kreislauforientierte Bauwirtschaft ebnet. Mit zunehmender Ressourcenverknappung sowie steigenden Material- und Energiekosten sei damit zu rechnen – so die Überlegung –, dass das Cradle-to-Cradle-Prinzip bei Bauherren und Investoren Einzug halten und die Rücknahme einschließlich der Wiederverwendung gebrauchter (Holz-)Bauteile zum Standard wird. Um die Rücknahmequoten hoch zu halten, setzt man bereits im Planungsprozess auf möglichst trockene und einfache Bauteilverbindungen, zumal Verbundmaterialien von der Rücknahme ebenso ausgeschlossen sind, wie Bauteile mit Beplankung oder Putzresten.

BIM-Daten für Baumaterial-Pass und Bauteil-Datenbank

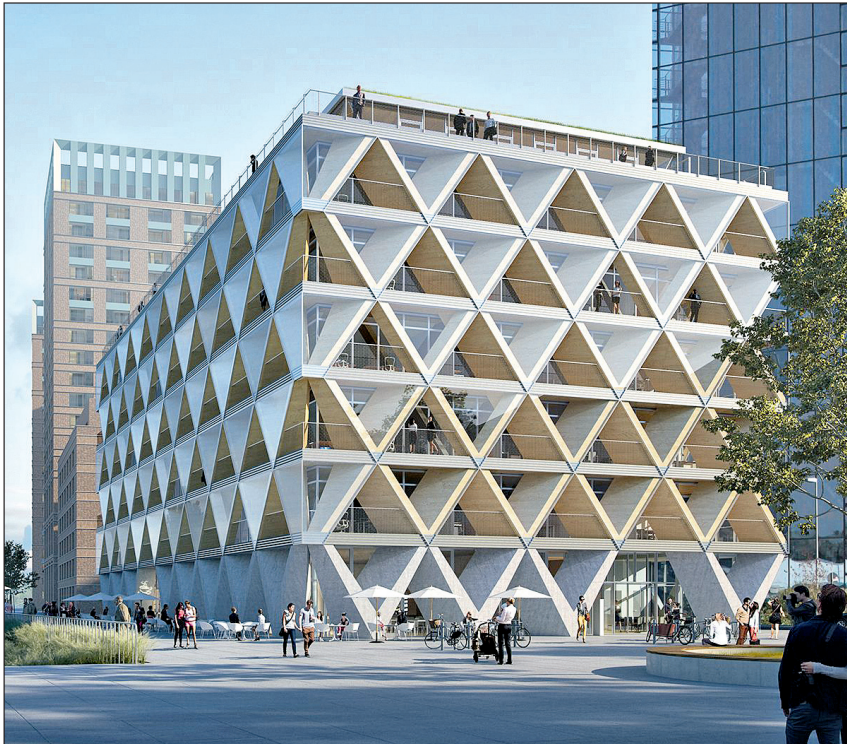
Die Planung und Konzeption des Gebäudes „The Cradle“ basiert auf CAD-Modellen, die anhand definierter Parameter interdisziplinär entwickelt und mittels Simulationen optimiert wurden. Daraus resultierte ein 3D-Modell als Grundlage für den integralen BIM-Prozess, bei dem sämtliche Bauteile und Materialien in einen sogenannten „Building Material Passport“ eingeflossen sind. Aus diesem resultierte eine optimierte und präzisierte Materialauswahl mit individuellen Bauteilnummern und zeitgleicher Dokumentation für den späteren Rückbau. Die darin vorgenommene Klassifizierung der Bauteile erfolgte anhand bestimmter Kriterien, wie z.B. Demontierbarkeit, CO₂-Bilanz oder der Recyclingfähigkeit von Materialien bzw. Produkten. Diese Dokumentations-Plattform namens „Madaster“ – deren Name nicht zufällig an ein Kataster erinnert – bildet

den kompletten Lebenszyklus der Bauteile von der Herstellung über Einbau und Nutzung bis zum Abriss ab. „The Cradle“ wird als erstes Bauvorhaben im deutschsprachigen Raum auf diese Weise auf der „Madaster“-Plattform vollumfänglich registriert. In Zukunft soll daraus eine weltweite, digitale Online-Datenbank für sämtliche gängigen Bauprodukte und Bauvorhaben entstehen. Unter Einbindung der Rohstoffbörsen wäre es dann möglich, jedes Gebäude als minutiös erfasstes Rohstoffdepot mit einem Material- und Immobilienwert zu dokumentieren, bei dem auch auf zukünftige Veränderungen der Grundparameter Preis und Nachfrage flexibel reagiert werden kann.

Stahlbetoneinsatz in Erd- und Untergeschossen

Die Gründung des Gebäudes basiert auf einer sogenannten „Weißen Wanne“ ohne zusätzliche Beschichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit. Die erdberührende Stahlbetonhülle, bestehend aus einer 80 cm dicken, elastisch gebetteten Bodenplatte und 30 bis 40 cm dicken Ortbetonwänden, wurde in Gänze wasserundurchlässig errichtet. Dabei übernimmt die Wanne als monolithisches Bauwerk mit hoher Betongüte und minimalen Rissbreiten zugleich die tragende wie auch die abdichtende Funktion. Deren Dämmung gegen das Erdreich erfolgte mit 14 cm dicken Schaumglasplatten aus recyceltem Altglas.

Dabei dienen drei Untergeschosse, die über eine im Baukörper integrierte Rampe erschlossen werden, als Tiefgaragen (Ebenen I und II) sowie als Räume für Gebäudetechnik und Lagerflächen (Ebene III). Ebenso wie die Untergeschosse wurden auch das Erdgeschoss und die beiden Erschließungskerne – einer mit Treppenhaus und Auf-



Über dem Erdgeschoss werden „The Cradle“ fünf Vollgeschosse und ein Teilgeschoss in demontierbarer Holzbauweise aufgesetzt. Grafik: Bloomimages



Montage eines Fachwerk-Fassadenträgers im ersten Obergeschoss Foto: Ansgar van Treeck

zug, der andere mit der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) – aus Stahlbeton errichtet. Diese stellen den geschossübergreifenden, barrierefreien Personenverkehr sicher und leiten die Horizontallasten des daran angeschlossenen Holzbaus in die Fundamente ab.

Gemeinsam mit der rautenförmigen Fassadenstruktur zeichnen die Erschließungskerne zudem für die Horizontalaussteifung des Gebäudes verantwortlich. Darüber hinaus erfüllen sie die Vorgaben des Brandschutzes in der Bereithaltung sicherer Fluchtwege bzw. der sicheren Einhausung der gebäudetechnischen Leitungsführungen. Auf diese Stahlbeton-Gründungsebene werden fünf Vollgeschosse sowie ein Staffelgeschoss in vorelementierter Holzbauweise in den Maßen 48 × 26 m und einer Höhe bis zur Traufkante von 22 m platziert.

Buchenfurnierschichtholz für Innenstützen und Unterzüge

Das Tragraster der Obergeschosse besitzt Spannweiten zwischen 6 m und 7,15 m. Aufgrund der hohen Traglasten der ersten fünf Obergeschosse basiert das Tragwerk auf Innenstützen und Unterzügen aus besonders festem Buchen-Furnierschichtholz (FSH) der Festigkeitsklasse GL75h – die 3,5 m langen Stützen mit 0,4 × 0,4 m und die 6,8 m langen Unterzüge mit 0,40 × 0,56 m. Bedingt durch die signifikante Verringerung der Traglasten im finalen Staffelgeschoss können die Innenstützen und Unterzüge hier aus normalem Fichten-BSH erstellt werden.

In der sich geschossweise wiederholenden Montageabfolge stellt man zuerst um die Erschließungskerne herum 14 Innenstützen aus Buchen-FSH. Danach folgt ringsum die Errichtung der rautenförmigen Fassadenstruktur, was je Geschoss rund eine Woche in Anspruch nimmt. Im Anschluss werden 18 Unterzüge aus Buchen-FSH sowie drei Stahl-Unterzüge platziert. Letztere spannen zwischen den beiden Erschließungskernen und verbinden den Stahlbetonbau mit dem Holztragwerk. Als Anschlussverbindungen für den Holzbau an die Erschließungskerne werden Stahlwinkel montiert. Hierauf wird eine massivhölzerne Deckenebene verlegt, bestehend aus 70 ebenfalls werkseitig vorproduzierten Elementen aus Brettspertholz (BSP), die mit Vollgewindeschrauben an der Fassadenstruktur befestigt werden. Dieses Prozedere von rund vier Wochen Rohbau-Montage wiederholt sich bei jedem Obergeschoss, so dass die sechs Obergeschosse



Vorfertigung des Fassadenfachwerks aus Lärche bei Derix: links ein schmales, rechts ein tiefes V-Stützenelement



Fotos: HPP Architekten und Derix-Gruppe

Leuchtturm, Forschungsprojekt, Vorbild

Fortsetzung von Seite 420

in Holzbauweise in etwa sechs Monaten erstellt werden.

Stilbildende Fassadenstruktur

Die gelungene Verbindung von Entwurfsdesign und Tragwerksplanung offenbart sich in der rautenförmigen, verglasten Fassadenstruktur der Nutzungsklasse 2, die „The Cradle“ zugleich als Holzbau nach außen kenntlich macht. Diese besteht aus vorgefertigten BSH-Elementen, die in einer Fachwerkträgern ähnlichen Anordnung als außenliegende vertikal und horizontal lastabtragende Konstruktion fungieren. Die rauten- bzw. V-förmigen Teile der BSH-Elemente bestehen aus witterungsresistentem Lärchenholz der Festigkeitsklassen GL24h und GL28c.

Die Bauherrschaft überzeugte neben der Dauerhaftigkeit die homogene Beschaffenheit und natürliche Optik des Lärchenholzes, für das rund das Doppelte wie für Fichten-BSH zu bezahlen war. Horizontal werden die Fachwerk-Fassadenelemente von Fassadenrandträgern aus Fichten-BSH der Festigkeitsklasse GL24h eingefasst. Die bis zu 6 t schweren Fachwerk-Fassadenelemente mit einem Maximalmaß von 3,49 x 17,20 m und einer Tiefe bis 1,09 m haben eine zweifache Lasur als Zwischen- und Schlussbeschichtung erhalten. Diese Schutzgrundierung auf der Basis von Wasser und natürlichen Ölen zieht tief in die Holzschichten ein und generiert eine hydrophobierende Wirkung sowie einen dreifachen UV-Schutz durch UV-Stabilisatoren, UV-Filter und mikronisierte, lichtbeständige Pigmente.



Anschluss eines Fachwerk-Fassadenträgers an den Steckverbinder
Foto: Ansgar van Treeck

Übereinstimmung von Form, Funktion und Materialität

Bei der Entwicklung der komplexen Rautenstruktur galt es, mehrere Teilwerke miteinander zu verknüpfen: Fassade, Tragwerk, Innenraumabschluss, Sonnenschutz und Raumkultur. Die je nach Gebäudeseite unterschiedlich tiefen Fachwerk-Fassadenelemente – an Süd- und Westseite tiefe Fassadenstützen mit 1,85 m, an der Nordseite schmale Fassadenstützen mit 0,36 m – generieren einen mit der Sonne wandernden Verschattungseffekt. Zusätzlich geben sie mit knapp 2 m Tiefe den Büros der Süd- und Westseite als begehbare Loggien eine gediegene Wohnraumqualität: Form, Funktion und Materialität ergänzen und bedingen einander, sodass gebaute Nachhaltigkeit erlebbar wird.

Die vor jedes zweite dreieckige Fassadenfeld vor den offenen Fensterflügeln eingesetzten Prallscheiben dienen als konstruktiver Holzschutz und ermöglichen zudem einen natürlichen Luftwechsel. Denn die in einem Abstand von 10 cm zur Fensterfront angebrachten Prallscheiben kragen an beiden Seiten über die Außenkante der Fenster hinaus und gewährleisten über die Randschlitzte an den Seiten die Belüftung. Dabei wirken sie zugleich schalldämpfend, ohne die Büroräume in Gänze akustisch von der Außenwelt zu separieren. Hier zeigt sich ein Paradigmenwechsel im gewerblichen Hoch-

bau, da man Abstand von hermetisch geschlossenen Fronten und rein künstlichen Raumklimaten genommen hat. Der Mensch und seine Bedürfnisse – in diesem Fall nach echter Frischluft – stehen wieder im Vordergrund.

Neuartige Steckverbindung ohne Kleber oder Schrauben

Das integrale Holztragwerk entstand in interdisziplinärer Zusammenarbeit der HPP Architekten mit den Holzbauingenieuren von SJB Kempter Fitze, den Tragwerksplanern von Knippers Helbig und den Energieplanern von Transsolar. Besondere Erwähnung verdienen die weltweit erstmalig eingesetzten Steckverbinder, die eigens für „The Cradle“ entwickelt wurden. Die produktionstechnische Grundlage bildete ein computergenerierter 3D-Rohling aus BSH, der dann mittels CNC-Technik als Steckverbindermodell herausgefräst wurde. Der daraus entwickelte eigentliche Steckverbinder basiert auf einer unteren, geschweißten Stahlplatte, auf die in vorbereitete Aussparungen eine Knappe aus Buchen-FSH gestellt wird – unverklebt und unverschraubt. Auf die mit stählernen Kopfplatten versehenen Steckverbindungsanschlüsse der Knappe werden dann die andockenden BSH-Elemente gesteckt, die ebenfalls über entsprechende Aussparungen verfügen. Dabei nimmt die Knappe die Schubkräfte der Elemente auf und leitet diese in das jeweils parallel versetzte Bauteil weiter. Ebenso muss die Knappe starke Parallelkräfte aufnehmen und einen Teil der Aussteifung übernehmen. Um an dieser Stelle



Der eigens für „The Cradle“ entwickelte Verbinder besteht aus einer Knappe aus Buchen-FSH, die auf eine Stahlplatte gesteckt ist. Es ist eine reine Steckverbindung, weder hier noch bei der Verbindung zwischen Knappe und Fassadenbauteil kommen Kleber oder Schrauben zum Einsatz.



Ausfräsungen für die Steckverbindung an Fassadenbauteilen

dungen beim Einbau nicht auseinanderfallen. Hieraus resultierte eine Stahl-Hebe-Konstruktion, bei der die Bauteile von unten angehoben und am Punkt der Montage abgelassen werden. In Summe erhöht sich mit jedem eingesetzten Fassaden-Fachwerkträger die Auflast und durch den Druck des Eigengewichtes der einzelnen Bauteile aufeinander die Stabilität der Gesamtkonstruktion.

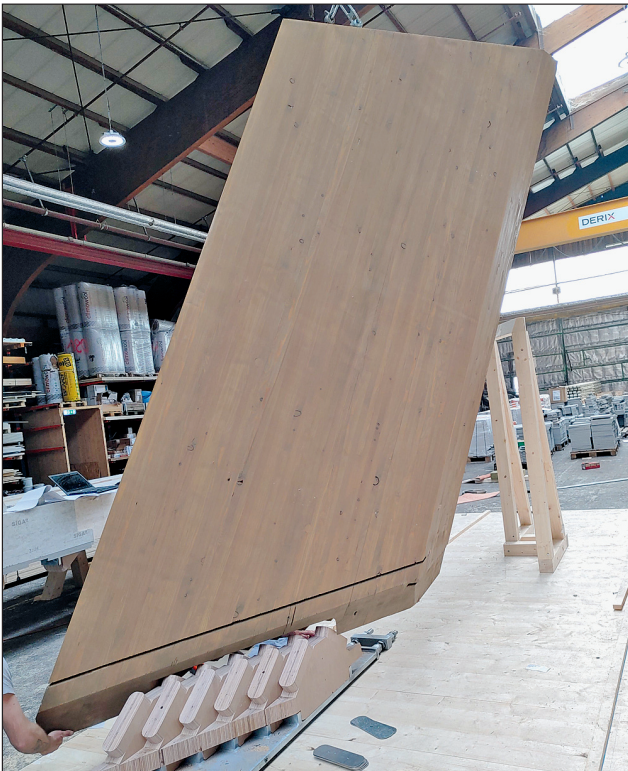
Unverbundene Decke aus Holz und Beton

Ab dem ersten Obergeschoss bestehen die Etagendecken aus 30 cm dicken, neunschichtigen BSP-Elementen mit unterseitiger Sichtqualität mit maximalen Abmessungen von 3,48 x 7,80 m. Da an den Stößen mittels aufgenagelter Deckleisten aus Furnierschichtholz miteinander verbunden, können die Elemente als statisch wirksame Deckenscheiben angesetzt werden, die die Horizontallasten über die Fassaden-Fachwerkträger in die Fundamente ableiten. Überdies steifen sie die Gesamtkonstruktion aus, wozu man die BSP-Scheiben mit Bolzenankern am Erschließungskern verankerte.

Obenauf liegt vollflächig eine selbstklebende, 2 mm dicke Feuchteschutz-Membrane, die aus einer mit einem Acrylat-Haftklebstoff beschichteten Propylenoxid-Funktionsschicht und einer silikonisierten Propylenoxid-Trennschicht besteht. Sie schützt das Holz vor Feuchtigkeit und ermöglicht durch ihre Diffusionsoffenheit das Trocknen der Decken auf Ausgleichsfeuchte. Darüber hinaus stellt die Membrane die erforderliche Raumdichtigkeit her und dient der 2 mm hohen Lage Quarzsand als Rieselschutz. In den Sand wurden 5 cm dicke Beton-Gehwegplatten eingebettet. Sie bringen zusätzliche Masse in den Aufbau und wirken dem Trittschall und Schwingungen des Bodens entgegen. Zugleich erfüllen sie das Kriterium einfacher und sortenreiner Rückbaufähigkeit. Den Bodenabschluss markieren ein Schutzvlies nebst Trennlage für den darauf gegossenen, 5 cm dicken Zementestrich, auf den final 1 cm dicke, robuste Teppichfliesen ohne Kleber gelegt wurden.

Ungekapselte Holzbauteile

Bei dem als Sonderbau der Gebäudeklasse 5 eingeordneten Gebäude wurden sämtliche tragenden und aussteifenden Bauteile in der Qualität F90 feuerbeständig ausgeführt. Dabei erfolgt die geschossweise Trennung über die 30 cm dicken BSP-Massivholzdecken, die ebenso wie die Holzbauteile aus Fichten-BSH und Buchen-FSH mit einer Abbrandrate von 0,7 mm/min an Stelle von aufwendigen Kapselungen angesetzt wurden. Durch eine leichte Überdimensionierung der Holzbauteile konnten deren Querschnitte die für F90 erforderliche Tragfähigkeit nachweisen, was zudem den Einbau von Brandwänden erübrigte.



Probeweise Platzierung eines V-förmigen Lärche-Fassadenelements auf dem Steckverbinder
Fotos: Derix-Gruppe (3)

Darüber hinaus verfügt „The Cradle“ über eine flächendeckende Brandmeldeanlage sowie im Sicherheitstreppehaus über eine Druckbelüftungsanlage. Des Weiteren wurden sämtliche TGA-Leitungsführungen mit Gipskartonplatten gekapselt und Hohlräume weitestgehend vermieden bzw. brandschutzsicher mineralisch mit Steinwolle ausgefüllt. Um die entsprechende Brandwiderstandsdauer F90 nachweisen zu können, erhalten Stahlprofile und -anschlüsse eine Bekleidung aus 25 mm dicken, zementgebundenen und glasfaserbewehrten Leichtbeton-Brandschutzplatten.

Strahlungsenergie von oben und begrünte Wände als Filter

Die energetische Versorgung des Gebäudes stellt ein Fernwärmeanschluss sicher, der von einem Blockheizkraftwerk (BHKW) mittels Kraft-Wärme-Kopplung gespeist wird. Die Energieverteilung in die Büroräume erfolgt über abgehängte Heiz-/Kühl-Deckenelemente. Diese bestehen aus pulverbeschichteten Metallmodulen mit Akustikeinlage, die auf einer Unterkonstruktion mit integrierter Heiz-/Kühltechnik auf der Rückseite der Deckenplatten sitzen. Die an die Deckenunterseite montierten, auch als Deckensegel bezeichneten Elemente werden von kaltem bzw. warmem Wasser durchströmt. Deren relativ hoher Strahlungsanteil sorgt dafür, dass sie nicht zuvorderst die Raumluft, sondern die Raumboflächen erwärmen, was durch den verminderten Konvektionsanteil der Zugluftproblematik und damit der Staubaufwirbelungen entgegengewirkt. Die einfach und schnell zu montierenden Deckenelemente benötigen keinerlei Wartung. In raumklimatischer Ergänzung zur Strahlungswärme filtern begrünte, geschosshohe Wände im Eingangsbereich und in den Büroräumen zusätzlich Schadstoffe aus der Luft und wirken schalldämpfend. Dabei handelt es sich um eine vor den Innenwänden platzierte Unterkonstruktion, in welcher die Pflanzen automatisiert be- und entwässert werden. Das energetische Versorgungsmosaik wird durch eine PV-Anlage auf dem Dach komplettiert, deren Strom für den Bürobetrieb und das hauseigene E-Car-/E-Bike-Sharingmodell mit Ladestationen genutzt wird.

Gebäude als Materiallager

Der Vertriebsleiter der Derix-Gruppe, Markus Stepler, fasst die Parameter zusammen: „Die größten Herausforderungen für den Holzbau liegen beim Projekt ‚The Cradle‘ vor allem in drei Punkten: Zum einen erfordert die außenliegende Tragkonstruktion der Fassadenstützen besondere Maßnahmen hinsichtlich Witterungsschutz, Abdichtung und Feuchtemonitoring. Zum zweiten ist die Planung und Ausführung der architektonisch aufwendigen, zum Teil sehr tiefen 3D-Bauteile sehr anspruchsvoll und nur durch eine hochdetaillierte und koordinierte Planung

im 3D-Modell zu bewältigen. Und zu guter Letzt setzt das Prinzip Cradle-to-Cradle eine einfache und rückbaubare Konstruktion voraus, die von uns durch Steckverbindungen in Kombination mit maximaler Vorfertigung und Vormontage der Verbindungspunkte im Werk ermöglicht wird.“

Dazu passen die Ergebnisse der TU München, welche die Langzeitstabilität von BSH anhand der Klebfugenqualität des alten Radstadions untersucht hat, das für die Olympischen Spiele 1972 errichtet worden war. Die Analysen wurden mit den Methoden der Delaminierungs- und Blockscherprüfung durchgeführt und zeigten, dass auch nach 50 Jahren dauerhafter Belastung die BSH-Bauteile gemäß der heute geltenden Prüfrichtlinien, die direkt nach der Produktion angewendet werden, eine sehr hohe Qualität der Verklebungen aufweisen. Ergo: der moderne Holzbau zeigt sich einmal mehr gut vorbereitet auf die neuen Wege der Wiederverwendung von rückbaubaren Bauteilen, die aus jedem errichteten Gebäude ein Materiallager der Zukunft kreieren. Und „The Cradle“ fängt damit jetzt mal an.

Marc Wilhelm Lennartz

BAUTAFEL

»The Cradle«

- ◆ Grundstücksfläche: 1246 m²
- ◆ Brutto-Rauminhalt: 30 700 m³
- ◆ Brutto-Grundfläche: 9 100 m²
- ◆ Netto-Grundfläche: 7 245 m²
- ◆ Bürofläche: 6 583 m²
- ◆ Primärenergiebedarf: 89 kWh/m²a
- ◆ Bauzeit: ab April 2020, noch andauernd
- ◆ Bauherr: Interboden GmbH & Co. KG, Ratingen
- ◆ Architektur: HPP Architekten GmbH, Düsseldorf
- ◆ Architektur LPH 6-8: Diete + Siepmann Ingenieurgesellschaft mbH, Kaarst
- ◆ Holzbau-Vorfertigung, Werk- und Montageplanung: Derix-Gruppe, Niederkrüchten und Westerkappeln, mit Design To Production, Erlenbach/Zürich
- ◆ Holzbau Statik: SJB Kempter Fitze AG, Eschenbach, Schweiz
- ◆ Cradle-to-Cradle-Beratung: EPEA Internationale Umweltforschung GmbH, Hamburg
- ◆ Tragwerksplanung und Statik: Knippers Helbig GmbH, Stuttgart
- ◆ Bauphysik: Drees & Sommer SE, Köln
- ◆ Brandschutzplanung: Nees Ingenieure GmbH, Münster
- ◆ TGA: Bähr Engineering GmbH, Köln
- ◆ Energieplanung: Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart
- ◆ Fassade: Rupert App GmbH & Co., Leutkirch