

MOHOHO

Modulares-Holzhochhaus

Programm / Ausschreibung	THINK.WOOD, THINK.WOOD Innovation, THINK.WOOD Innovation - Holz als Werkstoff/Holzbaustoff	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.03.2023	Projektende	28.08.2024
Zeitraum	2023 - 2024	Projektlaufzeit	18 Monate
Keywords	Holzbausystem; Holzhochhaus; Modulbau; Skelettmodul; modulares Holzhochhaus		

Projektbeschreibung

Das hohe Bevölkerungswachstum verbunden mit steigendem Urbanisierungsgrad, verursachen wachsenden Neubaubedarf in städtischen Gebieten. Gleichzeitig ist die Bauindustrie für rund 60% des weltweiten Ressourcenverbrauchs, für rund 50% des weltweiten Abfallaufkommens und für rund 50% der weltweiten Emissionen von klimaschädlichen Gasen verantwortlich. Dem gegenüber stehen die nationalen, mit der EU vereinbarten Emissionsreduktionsziele, die eine 55% Reduktion der Treibhausgase bis 2030 fordert und bis 2050 komplett klimaneutral werden will.

Um die ambitionierten Ziele des EU Green Deals einhalten zu können, muss auf alle Ebenen der Nachhaltigkeit eingegangen werden. Aufbauend auf die Sustainable Development Goals (SDGs) und dem Prinzip des reduce, reuse, recycle, werden diese Ebenen sukzessive abgearbeitet und mit der ganzheitlichen Systemlösung umgesetzt.

Das Forschungsprojekt MOHOHO entwickelt, untersucht und liefert den Funktionsnachweis einer Holzmodulbaulösung für den Hochhausbereich. Es verbindet den hohen Vorfertigungsgrad des Holzmodulbaus mit der Flexibilität und der Ressourceneffizienz des Skelettbaus. Der Fokus liegt zum Einen in der Entwicklung und Untersuchung eines kreislaufwirtschaftsfähigen und ressourcenoptimierten Skelettmoduls mit demontierbaren Zwischenwänden für mögliche Umnützungen. Zum Anderen wird ein Verbindungsknoten entwickelt und untersucht, der ein nachträgliches Auswechseln ganzer Module oder Modulelemente unabhängig von der Tragstruktur ermöglicht. Mit dem Vorteil, dass das Versagen einzelner Module (Brand- od. Wasserschaden) nicht zu einem Kollaps vom gesamten Gebäude führt. Dies soll den städtischen Holzbau widerstands- und entwicklungsfähiger (resilienter) gegenüber äußeren oder inneren Einflüssen machen.

Die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt werden der Holzbaubranche in Form von Nachschlagewerken und Publikationen zur Verfügung gestellt. Sie enthalten, auf dieses System basierende Grundrisslösungen, Vorbemessungstabellen, Gegenüberstellungen mit vergleichbaren Systemen, Details, statische Berechnungen, anschauliche Grafiken und Erklärungen der Systemlösung. Weiters dienen die Ergebnisse als Grundlage für nachfolgende Forschungsprojekte oder Dissertationen, die eine serienreife Entwicklung zum Ziel haben.

Abstract

High population growth combined with an increasing degree of urbanization cause a growing demand for new buildings in urban areas. At the same time, the construction industry is responsible for about 60 % of the global resource consumption, for about 50 % of the global waste generation and for about 50 % of the global emissions of climate-damaging gases. This contrasts with the national emission reduction targets agreed with the EU, which calls for a 55 % reduction in greenhouse gases by 2030 and aims to become completely climate-neutral by 2050.

In order to meet the ambitious goals of the EU Green Deal, all levels of sustainability must be addressed. Based on the Sustainable Development Goals (SDGs) and the principle of reduce, reuse, recycle, these levels are successively worked through and implemented with the holistic system solution.

The MOHOHO research project develops, investigates and provides functional proof of a modular timber construction solution for high-rise buildings. It combines the high degree of prefabrication of timber modular construction with the flexibility and resource efficiency of skeleton construction. On the one hand, the focus is on the development and investigation of a circular-economy and resource-optimized skeleton module with demountable partition walls for possible conversions. On the other hand, a connection node is developed and investigated, which allows a subsequent replacement of whole modules or module elements independent of the supporting structure. The advantage is that the failure of individual modules (fire or water damage) does not lead to the collapse of the entire building. This should make urban timber construction more resistant and evolvable (resilient) to external or internal influences.

The results of the research project will be made available to the timber construction industry in the form of reference books and publications. They contain floor plan solutions based on this system, pre-dimensioning tables, comparisons with comparable systems, details, static calculations, descriptive graphics and explanations of the system solution. Furthermore, the results serve as a basis for subsequent research projects or dissertations aiming at a development ready for series production.

Endberichtkurzfassung

Zu Beginn des Projektes wurden die theoretischen Ansätze des kreislauffähigen Bauens analysiert, diskutiert und schrittweise in einen Kriterien katalog überführt. Das Ergebnis war ein Kriterienkatalog, der die Grundlage für die konstruktive und detaillierte Ausarbeitung des Modulsystems bildete. Die Kriterien wurden sukzessive eingearbeitet und in das Modulsystem überführt. Neben ökologischen Aspekten wurden auch soziale und ökonomische Fragestellungen berücksichtigt und zur Nutzung von Synergieeffekten gezielt kombiniert.

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Verbindung, des hohen Vorfertigungsgrads des Holzmodulbaus mit der Flexibilität und Ressourceneffizienz der Skelettbauweise funktioniert und viele Vorteile mit sich bringt. Dies gilt vor allem im urbanen Raum, wo der Modulbau aufgrund der kurzen Bauzeit sowie der reduzierten Lärm- und Schmutzbelastung überzeugt. Zudem ermöglicht die industrielle Vorfertigung unter kontrollierten Bedingungen eine hohe Qualität und Nachvollziehbarkeit der Fügungen, was für die Reparaturfähigkeit und Trennbarkeit der Bauteile essenziell ist. Die Auflösung in eine Holzskelettstruktur orientiert sich dabei am Stahlmodulbau und an dessen Verbindungstechnik zwischen den einzelnen Modulen. Durch die gezielte punktuelle Lastabtragung konnte die Holzmodulbauweise über die Hochhausgrenze hinaus erweitert und materialeffizienter umgesetzt werden. Gleichzeitig erhöht sich die Flexibilität im Entwurf und das Gebäude kann auf zukünftige Nutzungsänderungen reagieren. Ein weiterer wichtiger Baustein der Innovation bildet der

Verbindungsknoten zwischen den Modulen. Durch eine gezielte Lastumleitung ermöglicht der entwickelte Systemknoten eine robuste und ganzheitlich reparaturfähige Konstruktion.

Durch die Auflösung des Moduls in eine Skelettstruktur mit punktueller Lastabtragung können die Innenwände losgelöst von den Modulgrenzen positioniert werden. Bis auf Trennwände mit schalltechnischen Anforderungen können die Innenwände flexibel positioniert und an die jeweilige Grundrisskonfiguration angepasst werden. Somit kann gezielt auf die jeweiligen Bauaufgaben und auf die Örtlichkeit eingegangen werden und die modulare Bauweise ist weniger bestimmend für den Entwurf. Darüber hinaus erlaubt der losgelöste Innenausbau in Verbindung mit einer nutzungsneutralen Tragstruktur eine flexible Anpassung an mögliche Nutzungsänderungen. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass die Erschließung sowie die Dimensionierung der Versorgungsschächte für zukünftige Anpassungen ausgelegt sind und so positioniert werden, dass sie zukünftige Grundrissvariationen nicht einschränken.

Die Grundkonstruktion der Module bildet eine auf Sicht gelassene Holzskelettstruktur, die einem klaren Stützenraster folgt. Zwischen den Stützen sind Träger eingehängt die wiederum die Moduldecke und den Modulboden tragen. Als Material wird Brettschichtholz bzw. Brettspertholz mit einer herkömmlichen Festigkeitsklasse (GL24h bzw. CL24h) verwendet, dies zielt einerseits auf eine möglichst ökonomische Bauweise ab und erlaubt andererseits eine weitere Optimierung durch höhere Festigkeitsklassen oder andere Holzarten. Die Wandfüllungen und der Bodenaufbau können je nach Anspruch auf ihre ökologischen, ökonomischen oder sozialen Aspekte optimiert werden und erlauben einen wirtschaftlichen Spielraum. Durch den kleingliedrigen Aufbau und die reversiblen Verbindungen können einzelne Schichten bis hin zur Haupttragstruktur ausgetauscht und repariert werden. Dies erlaubt es dem Modulsystem auf zukünftige Schadensereignisse sowie auf klimatische und nutzungsspezifische Veränderungen zu reagieren.

Um einen möglichst niedrigen Bodenaufbau zu ermöglichen, wurde die Konstruktionsweise eines nicht selbsttragenden Moduls angewendet. Dabei stützt sich der Boden des darüberliegenden Moduls auf den Unterzug des darunterliegenden Moduls und die volle Tragfähigkeit ergibt sich erst nach dem Versetzen der Module. So konnte der Bodenaufbau auf unter 40 cm reduziert werden und ist damit vergleichbar mit herkömmlichen Holzskelettbauten. Jedoch können durch die zweischalige Konstruktion und den schallentkoppelten Verbindungsknoten deutlich bessere Schallschutzwerte (Klasse A) erreicht werden.

Ein weiteres zentrales Ergebnis ist der entwickelte Modulknöten. Ähnlich wie im Stahlmodulbau verbindet er die Module untereinander und wenn vorhanden mit dem aussteifenden Kern. Er erlaubt eine effiziente Montage auf der Baustelle und gewährleistet durch die Möglichkeit der Kraftumlagerung die Reparatur- und Austauschfähigkeit der tragenden Holzkonstruktion. Die Scherplatte leitet die vertikalen Kräfte einer darüberliegenden Stütze in die diagonal darunterliegende Stütze um. Die Scherplatte mit Scherblock ist durch ein Elastomer-Lager von der darüberliegenden Fußplatte aus Kunstharzpressholz (KPH) schalltechnisch entkoppelt. Die Stirnplatte aus KPH dient neben der gleichmäßigen Krafteinleitung in Kombination mit den Abstandhaltern aus KPH als Einhängpunkt für den Kran während der Montage. Die Umlagerung der vertikalen Kräfte stellt nach den umfangreich erstellten Rechenmodellen keine große Herausforderung dar und ist je nach Geschossanzahl auch nicht automatisch der maßgebende Bemessungsfall. Es ist jedoch erforderlich, diese Rechenmodelle durch Versuche zu validieren.

Die Möglichkeit, dass sich vertikale Lasten auf benachbarte Module umlagern können, führt zu einer deutlichen Erhöhung

der Robustheit des Gebäudes, da einzelne Stützen oder ganze Module ausfallen können, ohne das Gebäude oder größere Bereiche zum Einsturz zu bringen. Dies bietet dem Holzbau eine Alternative zu den in der EN 1991-1-7 verankerten Robustheitskonzepten mit Zugverankerungen, da auf ein Verkleben oder Vergießen des Holzes mit anderen Materialien (nicht reversible Verbindungen) wie Stahl und Beton verzichtet werden kann.

Darüber hinaus wurde die Möglichkeit einer gezielten Lastumleitung genutzt, um die Konstruktion reparaturfähig und austauschbar zu machen. Hierfür wurde der Systemmodulknoten so konzipiert, dass ein Hubzylinder zwischen den Abstandhaltern eingesetzt werden kann, mit dem die darüberliegende Stütze leicht angehoben wird. Dadurch lassen sich die Abstandhalter entfernen und die Kräfte können nach dem Absenken des Hubzylinders über die Scherplatte umgeleitet werden. Dies entlastet die darunterliegenden Bauteile und schafft den erforderlichen Raum für den Tauschprozess.

Die Konstruktion ist so ausgelegt, dass je nach Schadensfall einzelne Elemente oder ganze Module ausgetauscht werden können. Aufgrund möglicher unterschiedlicher Besitzverhältnisse wurde der Ansatz gewählt, die einzelnen Elemente und Verbindungsknoten so auszulegen, dass sie unabhängig vom Nachbarmodul von innen zugänglich und tauschbar sind. Neben der Zugänglichkeit müssen die einzelnen Elemente reversibel sein, um eine reparaturfähige Konstruktion zu gewährleisten. Dies setzt eine zerstörungsfreie und rückbaufähige Konstruktion voraus. Der Ansatz, beschädigte Elemente oder Module auszutauschen, ermöglicht es zudem, das Gebäude immer wieder in seinen Ursprungszustand zurückzuführen, wodurch sich die Lebensdauer der Module und ihrer Bauteile / Komponenten deutlich erhöht.

Durch die gezielte Kombination von Modul- und Skelettbauweise sowie dem reversiblen Modulknoten konnten die im Projektantrag definierten Zielsetzungen vollständig erreicht werden. Das Ergebnis ist eine effiziente und ressourcenschonende Modulbauweise, die durch die Integration des mitentwickelten Modulknotens einerseits eine erhöhte Robustheit aufweist und andererseits reparaturfähig wird. Diese Eigenschaften wurden sowohl rechnerisch als auch konstruktiv unter Einhaltung der österreichischen Normen und Regelwerken anhand einer 24-geschossigen Hochhausvariante erarbeitet und

Projektkoordinator

- Technische Universität Graz

Projektpartner

- Kaufmann Bausysteme GmbH
- KS Ingenieure ZT GmbH