

Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen

Univ.-Prof. Stephan Birk, Dipl.-Ing. Architekt BDA
Technische Universität München
Birk Heilmeyer und Frenzel Architekten, Stuttgart
Deutschland



Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen

Der Gebäudesektor steht vor einer grundlegenden Transformation, ansonsten kann das in der Europäischen Union beschlossene Ziel der Klimaneutralität bis 2050 nicht erreicht werden. Die Herausforderungen sind vielfältig, ebenso die Lösungsansätze, die untersucht und aktuell diskutiert werden. Ein wichtiger Ansatz ist die konsequente Umsetzung der Prinzipien der Kreislaufeffektivität im Bauwesen. Gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) wurde in dem dreijährigen Forschungsprojekt «Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen (HOLZHYBRID)» der Nachweis für das mehrgeschossige Bauen im urbanen Raum erbracht, dass kreislaufeffektive Neubauten aus Holz bis zur Hochhausgrenze (Gebäudeklasse 5) möglich sind. Die Bearbeitung erfolgte bis in die Detailtiefe im Maßstab 1:1: architektonisch, (bau)konstruktiv, brand- und wärmeschutztechnisch sowie ökobilanziell.



Abbildung 1: HOLZHYBRID für die Ausbaustufen Parken, Wohnen, Arbeiten, t-lab / Nicolai Becker Images [1]

Am dem Verbundvorhaben waren die folgenden Arbeitsgruppen beteiligt:

Architektur – Prof. S. Birk, Technische Universität München

(bis 03/21: RPTU Kaiserslautern-Landau)

Tragwerk – Prof. Dr.-Ing. J. Graf, RPTU Kaiserslautern-Landau

BIM – Prof. Dr.-Ing. H. Sadegh-Azar, RPTU Kaiserslautern-Landau

Verbindungstechnik – Prof. Dr.-Ing. J. Blaß, Karlsruher Institut für Technologie

Ökobilanzierung – Jun.-Prof. PhD S. Pauliuk, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Brandschutz – Prof. Dr.-Ing. S. Winter, Technische Universität München

Technische Gebäudeausrüstung – Prof. T. Auer, Technische Universität München

1. Grundlagen

Die Entwicklung eines kreislaufeffektiven, siebengeschossigen Stadtbaukörpers für die Ausbaustufen Parken, Wohnen und Arbeiten haben wir uns in dem Forschungsprojekt zur Aufgabe gemacht. Die Nutzung Parken war nicht aus Begeisterung zum Automobil Gegenstand der Untersuchung, sondern vielmehr aufgrund der aktuellen Fragestellungen hinsichtlich der zukünftigen Um- bzw. Weiternutzung beim Neubau von Quartiersgaragen. Auf der Grundlage realer Planungsbedingungen (gültiges Regelwerk, Richtlinien, Normen etc.) wurden verschiedene Grundriss typologien erarbeitet, die Nutzungsflexibilität und Veränderbarkeit der Innenraumstruktur zulassen. Nach Festlegung einer beispielhaften Nutzungsverteilung (drei Geschosse Parken, ein Geschoss Arbeiten, drei Geschosse Wohnen) erfolgte die architektonische und baukonstruktive Durcharbeitung der Vertikalerschließung für Autos und Personen, von Hülle, Ausbau und Tragwerk in Abstimmung mit den anderen beteiligten Arbeitsgruppen. Die gewählte siebengeschossige Holzskelettragstruktur in der Gebäudeklasse 5 bildet die Grundlage der Nutzungsflexibilität und Wiederverwendbarkeit – elementiert, standardisiert und reversibel konstruiert.

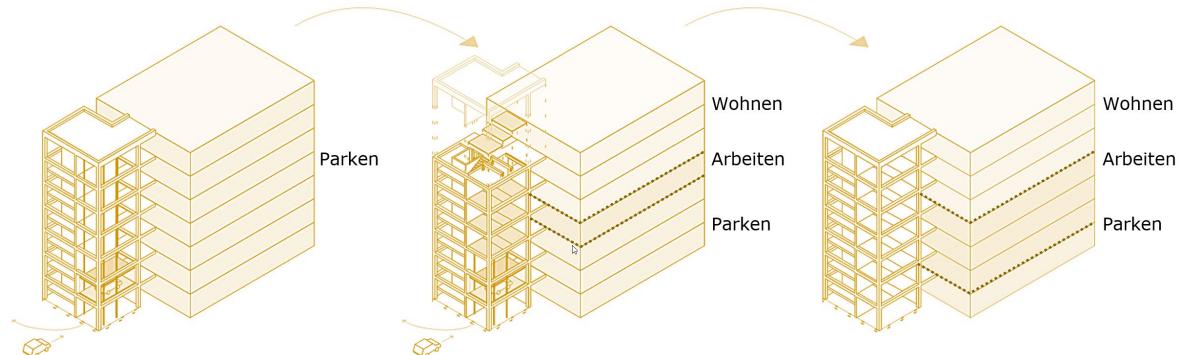


Abbildung 2: Nutzungsflexibilität, t-lab [1]

Als Typologie bestimend hat sich im Entwurf die Ausbaustufe Parken herausgestellt, vor allem die Gebäudetiefe von 16 m wird durch diese Nutzung definiert: Die erforderliche Fahrgassenbreite beträgt 6 m, die Parkplatztiefe beidseitig der Fahrgasse 5 m. Unter Beachtung eines Bandrasters von 1.25 m und Bänderbreiten in Abhängigkeit der Innenstützen von 40/40 cm bzw. der Außenstützen von 30/40 cm ergibt sich mit dem erforderlichen Einrücken der Innenstützen infolge der Nutzung Parken ein Achsraster von 4.10 / 7.90 / 4.10 m in Querrichtung und ein Achsraster von 5.40 m in Längsrichtung. Die Geschosseshöhe des siebengeschossigen Bauwerks beträgt einheitlich 3.60 m. Außerdem wurde die Grundrissfläche auf 400 m² beschränkt, um nutzungsflexibel ein Brandabschnitt einzuhalten. Unversetzbare Brandwände für die notwendige Brandanforderung R90 sind im Innenraum nicht erforderlich.

Um den Aufwand des Rück- und Umbaus gering zu halten, wurde auf Rampenbauwerke für die Erschließung verzichtet, stattdessen ein Fahrzeugaufzugsystem gewählt. In konstruktiver Klarheit wurde das Primärbauwerk Holzhybrid (Wohnen, Arbeiten, Parken) als Holztragwerk und räumlich getrennt das Erschließungsbauwerk (Treppenhaus, Personen- aufzug, Autoaufzug) als Stahlbetontragwerk entwickelt. Außerdem dient das Erschließungsbauwerk als notwendiges Fluchttreppenhaus der Brandschutzanforderung R90.

2. Tragwerk

Der siebengeschossige Holzhybrid ist als kreislaufeffektiver Skelettbau aus Furnierschichtholz Buche konstruiert. Die Gebäudeaussteifung erfolgt in Querrichtung über vier stehende Fachwerke in den außenliegenden Seitenfeldern. In Gebäudelängsrichtung erfolgt die Aussteifung geschossweise über die Anbindung des Primärtragwerks an das Erschließungstragwerk. Das Tragwerk ist auf Einzelfundamenten (Mikropfähle oder Bohrpfähle) gegründet. Die Hauptabmessungen des Gesamttragwerks betragen:

- Tragwerksabmessungen (Achsmaße):
Länge / Breite / Höhe (OK Dachebene) = 16.10 m / 21.60 m / 25.20 m
- Grundrissraster in allen Ebenen (Achsmaße):
Querrichtung: 4.10 m / 7.90 m / 4.10 m
Längsrichtung: 5.40 m
- Geschossgröße Tragwerk in allen Ebenen: 3.60 m
mit: Ausbauhöhe Decke in allen Ebenen: 16.20 cm (Bodenaufbau), 40.60 cm (Abhangdecke), Hohlkastendecke 27.40 cm; Gesamtdeckenaufbau 84.20 cm
mit: Lichte Raumhöhe in allen Ebenen: 2.758 m

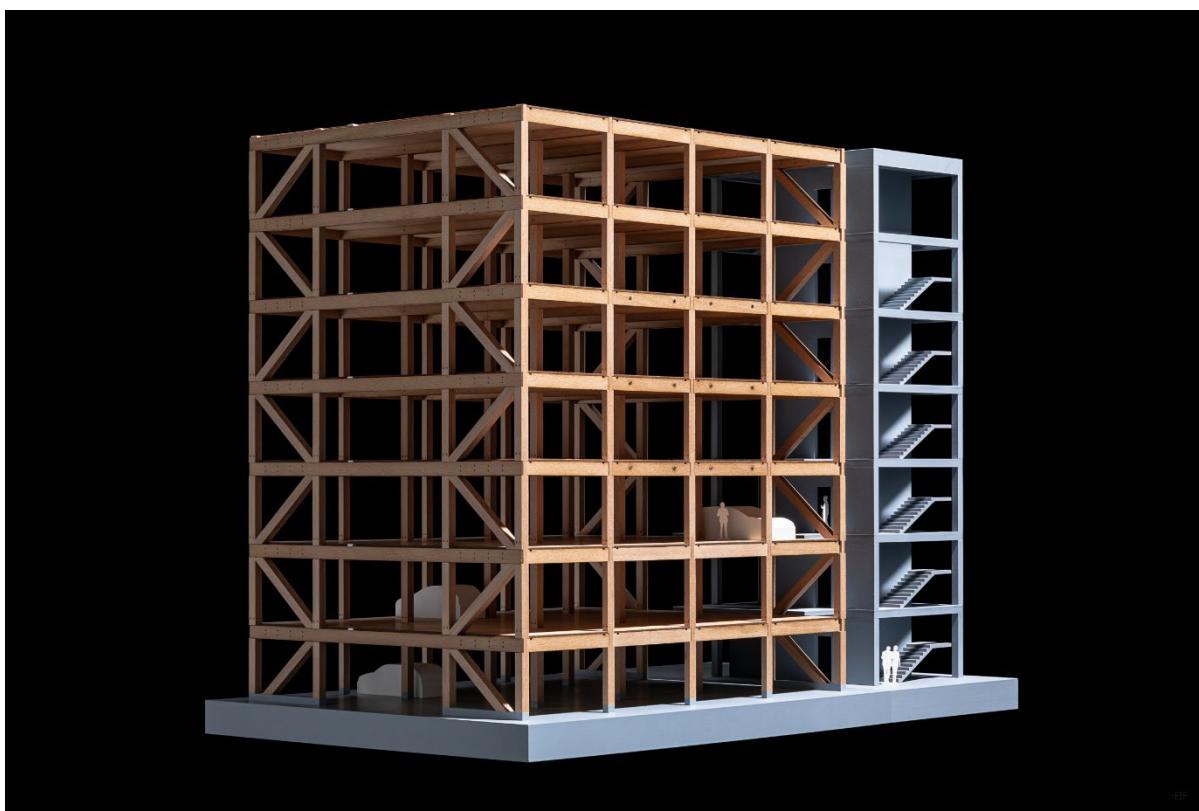


Abbildung 3: Raumgerüst aus Buchenfurnierschichtholz, t-lab [1]

Das Erschließungsbauwerk ist im Forschungsprojekt als Stahlbetonkonstruktion ausgeführt, die tragenden Wände sind 30 cm dick, die Stützen messen 40/40 cm. Das Tragwerk ist auf Einzelfundamenten (Mikropfähle oder Bohrpfähle) gegründet.

Maßgeblich für die Materialwahl waren die brandschutztechnischen Anforderungen an den Flucht- und Rettungsweg. In einem weiterführenden Entwicklungsschritt sollte die Erstellung als Holztragwerk mit acetyliertem Buchenholz untersucht werden. Das Erschließungsbauwerk ist mit Fluchttreppenhaus, Personenaufzug und reversibel eingebautem Autoaufzug flexibel gegenüber den untersuchten Nutzungen des Holzhybrides. Auf den Geschossen ohne, bzw. mit rückgebautem Autoaufzug kann die Fläche als gemeinschaftliche Terrasse in den Ausbaustufen Arbeiten und Wohnen genutzt werden.

3. Ausbaustufen

Eine der wesentlichen Herausforderung war es, die lichten Raumhöhen der Ausbaustufen Parken, Arbeiten und Wohnen unter den Anforderungen Brandschutz, Schallschutz (Wohnen und Arbeiten) und Feuchteschutz (Parken) so anzugehen, dass bei Änderung der Nutzung in einer Geschossebene kein Höhensprung zur Decke des Erschließungsbauwerks entsteht.



Abbildung 4: Umsetzung der Ausbaustufen Parken, Arbeiten und Wohnen, t-lab [1]

3.1. Parken

Die Ausbaustufe Parken ist dadurch geprägt, dass zum einen der Feuchtigkeitseintrag auf das Grundmodul Deckenelement aus Furnierschichtholz Buche durch die Autos verhindert wird (Dauerhaftigkeit der Holzkonstruktion durch Primär- und Sekundärabdichtungen), zum anderen Fahrbahn und Parkplätze geneigt eingebaut werden müssen, um das kontrollierte Abfließen des Feuchteintrags zu gewährleisten. Randbedingung war außerdem die Ausbauhöhe, die sich an den Ausbaustufen Wohnen und Arbeiten orientieren musste. Im Ergebnis wurde ein Parkdeck aus reversibel gefügten, elementierten und standardisierten, 60 mm dicken CPC-Platten entwickelt, die entlang der Querrichtung des Bauwerks in den Stützenachsen Hochkanten und mittig zwischen den Stützenachsen Tiefkanten ausbilden. Im Falle einer Umnutzung zu Arbeiten oder Wohnen können die CPC-Platten als Estrichersatz kreislaufeffektiv genutzt werden.

3.2. Arbeiten

Die Ausbaustufe Arbeiten ließ sich im Ergebnis in unterschiedlichen Varianten in dem definierten Raumgerüst abbilden. Die aus dem Parken resultierende Gebäudehöhe konnte sinnfällig genutzt werden. Die Erfüllung der Technischen Regeln für Arbeitsstätten hat sich als wesentlich für die Geschosshöhen erwiesen (Lichte Raumhöhe ≥ 2.75 m).

3.3. Wohnen

Für die Ausbaustufe Wohnen stellt sowohl die Gebäudehöhe als auch die vertikale Leitungsführung eine Herausforderung dar. Im Ergebnis hat dies zu alternativen Wohnformen mit privaten Räumen und Gemeinschaftsflächen geführt. Andere Wohnformen sind grundsätzlich möglich, diese wurden in Varianten untersucht.

4. Kreislauffähigkeit

Neben der Anforderung der Langlebigkeit, welche durch die Nutzungsflexibilität erfüllt wird, stand die vollständige Kreislauffähigkeit des Primärtragwerks im Vordergrund. Diese wird maßgeblich durch eine zerstörungsfreie Rückbaubarkeit (Reversibilität) elementierter und standardisierter Baukomponenten und Bauelemente der Tragstruktur erreicht. Daher lag der Fokus der Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. J. Graf auf der Erforschung weniger Grundelemente der Tragstruktur, die bis in den Maßstab 1:1 ausführungsreif entwickelt wurden. Der Skelettbau selbst besteht im Ergebnis daher neben dem Aussteifungssystem kreislaufeffektiv aus vier konstruktiven Grundelementen: Hohlkastendecke, Zangenträger, Stützen und Randriegel. Sonderelemente werden an den vier Außenseiten des Bauwerks erforderlich. Die Randriegel dienen der Anbindung der reversibel gestalteten Außenwandbauteile sowie als Teil der aussteifenden Decken.

Die Hohlkastendecke lagert in Anlehnung an die Plattformbauweise auf den Zangenträgern auf. Die Zangen werden seitlich in die als Federn über den Deckenaufbau durchgehenden Stützen eingelegt und formschlüssig lagefixiert. Die einzelnen Geschosslasten werden dadurch über Querdruck der Zangen auf den Stützen abgeleitet. Die in konstruktiver Klarheit direkt übereinanderstehenden Stützen sind oben mit Federn und unten mit Nuten ausgebildet. Die Geschosslasten der darüberliegenden Geschosse werden so direkt über Längsdruck, also dem Hirnholzkontakt der Nuten auf den Federn, übertragen. Über alle Geschosse hinweg werden die Geschosslasten durch die übereinander angeordneten Stützen bis in die Fundamentierung abgeleitet. Die Abmessungen der konstruktiven Grundelemente betragen:

- Standard-Hohlkastendecke: Konstruktionshöhe = 274 mm;
Spannweite (Achsmaß): 5.40 m; Konstruktionsbreite: 1.80 m
Obere Platte: 40 mm; Steg 80/200 mm; Untere Platte 40 mm
- Zangenträger: 2 x 110/580 mm
- Stützen: Außenstütze 300/400 mm; Innenstütze 400/400 mm
- Randriegel: 160/640 mm

Die zerstörungsfreie Rückbaubarkeit wird durch formschlüssige Verbindungen erreicht. Das sind vor allem Konusdübel aus Kunstharzpressholz sowie Längsschubverbinder aus Furnierschichtholz Buche. Beide Verbinder werden auf Abscheren beansprucht und durch Stahlschrauben, die in Einschraubmuffen fixiert sind, reversibel lagegesichert.

5. Ökobilanzierung

Der Holzhybrid wurde von der Arbeitsgruppe Jun.-Prof. PhD S. Pauliuk einer normgerechten Lebenszyklusanalyse unterzogen und anschließend mit einer Stahlbetonskelettkonstruktion verglichen. Es zeigt sich, dass bezogen auf das Treibhauspotential die Materialauswahl entscheidend ist. Auch die Nutzungsflexibilität spielt bezogen auf das Treibhauspotential eine große Rolle. Durch eine reversible Bauweise können hier nur geringe zusätzliche Einsparungen erzielt werden, da jene Bauteile, die gut rückbaubar sind, meist aus Holzprodukten bestehen und somit sowieso wenig CO₂ emittieren. In Summe können für den Siebengeschosser durch die Indikatoren Holz statt Stahlbeton, Nutzungsflexibilität statt Abriss und Wiederverwendung von Bauelementen statt Deponierung bis zu 60% Treibhausgase eingespart werden. Nutzungsflexibilität und Rückbaubarkeit mit anschließender Wiederverwendung führen außerdem dazu, ressourceneffizient beim Rohstoff Holz bis zu 66% einzusparen.

Das heißt, im Gebäudesektor können große Mengen CO₂ und Ressourcen eingespart werden, indem Holz kreislaufeffektiv eingesetzt wird. Und der dadurch steigende Druck auf die Wälder (Waldflächenfußabdruck) kann effektiv mit nutzungsflexiblen Grundrissen und Geschosshöhen sowie reversiblen Konstruktionen abgemildert werden.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Graf, J.; Birk, S. et al. (2022) Schlussbericht Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.
- [2] Musterbauordnung (MBO) Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 25.09.2020
- [3] Technische Regeln für Arbeitsstätten, Raumabmessungen und Bewegungsflächen ASR A1.2, Ausgabe: September 2013, zuletzt geändert GMBI 2022, S. 241
- [4] Muster-Garagenverordnung M-GarVO, Fassung vom Mai 1993, geändert durch Beschlüsse vom 19.09.1996, 18.09.1997 und 30.05.2008
- [5] Empfehlungen für die Anlagen des ruhenden Verkehrs EAR 05, Ausgabe 2005
- [6] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL), Fassung Juni 2021