

Kreislaufgerechte (Holz)Bauweise

Text: Prof. Dr. Jürgen Graf

Gibt es im Bauwesen die Verpflichtung, das lineare Wirtschaften zu hinterfragen und Lösungen für kreislaufgerechtes Bauen bereitzustellen? Ja, unbedingt. Das Bauwesen ist durch die Errichtung und die Nutzung von Gebäuden in Europa für 40 % der CO₂-Emissionen und für 50 % des Ressourcenverbrauchs verantwortlich [1]. Die stoffliche Verwendung von Holz ist direkt klimaschutzwirksam, da Holz Kohlenstoff bindet [2]. Kein anderes konstruktives Baumaterial leistet diese CO₂-Speicherung sofort am Lebensanfang. Erst bei der Verbrennung oder der Kompostierung wird das gespeicherte CO₂ wieder an die Umwelt abgegeben. Folglich ist die „unendlich stoffliche Verwendung“ anzustreben, indem Holzkomponenten so hergestellt werden, dass sie wiederverwendet werden können. Zusätzliche Eigenschaften wie geringe Rohdichte, einfache Maschinenteknik zur Verarbeitung als Rohware, CNC-gesteuerte, millimetergenaue Fertigungsprozesse sowie die natürlichen Dämmeigenschaften machen Holz für das kreislaufgerechte Bauen besonders geeignet. Kreislaufgerecht zu bauen erfordert jedoch grundsätzlich baukonstruktive Strategien zu den Themen:

- Nutzungsflexibilität in Grundriss und Aufriss
- Elementierung in Abhängigkeit von Austauschzyklen
- Wiederverwendung – im Idealfall Bestandserhalt
- Demontierbarkeit und Trennbarkeit durch Standardisierung

Nutzungsflexibilität

Ressourcenschonung und damit auch Vermeidung von CO₂-Emissionen gelingt, wenn einmal hergestellte Baukomponenten möglichst lange genutzt werden ohne Verlust der Wertigkeit. Dies gelingt bei Neubauten dann am



Abbildung 1: „Wandelbarer Holzhybrid“. 7-geschossiges Gebäude bis zur Hochhausgrenze für die Nutzungen Parken (3 Geschosse), Arbeiten (1 Geschoss) und Wohnen (3 Geschosse) nach [5]. Quelle: t-lab / Nicolai Becker, Stuttgart

besten, wenn die Gebäude nutzungsflexibel geplant werden – entweder als Einraum (die typische Halle) oder als Skelettbau [3]. Dadurch sind bei Nutzungsänderungen keine Eingriffe in die Tragstruktur des Bauwerks nötig, eine Langlebigkeit der Bausubstanz ist werkstoffunabhängig gewährleistet. Da die relevante Bauaufgabe das mehrgeschossige Bauen im urbanen Raum ist [4], sind mindestens Nutzungen für Wohnen und Arbeiten in allen Grund- und Aufrissen abzubilden. Beispielhaft für die nutzungsflexible Skelettbauweise sei das durch die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderte Projekt „Wandelbarer Holzhybrid [5]“ genannt (Abb. 1-3).

Elementierung

Für oberflächennahe Bauelemente von Bauteilen, wie die Bekleidung oder die Installationsebene, gelten andere Austauschzyklen wie beispielsweise für das nach außen und innen geschützte Tragwerk. Unterschiedliche Bauelemente sind daher geschichtet und elementiert auszuführen, um austauschbar zu sein. Um zu verstehen, an welchen Schichtengrenzen Zerlegbarkeit integriert werden soll, werden die Betrachtungsebenen der Kreislauffähigkeit ([6] und Abb. 4) eingeführt: aus der Addition von Materialien entstehen Baukomponenten, aus Baukomponenten entstehen Bauelemente, aus Bauelementen entstehen Bauteile und aus Bauteilen entstehen

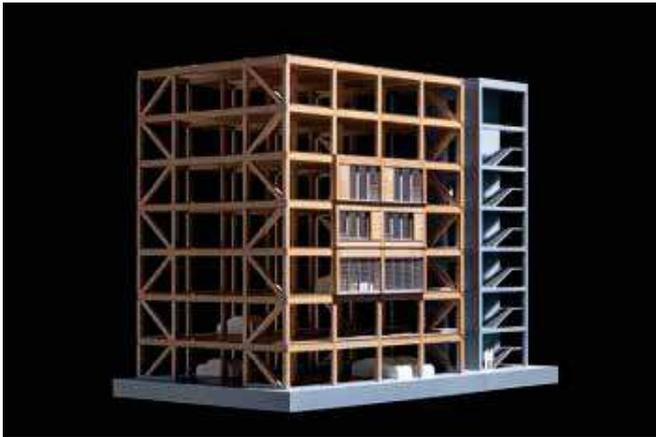


Abbildung 2: Nutzungsflexibilität durch den mehrgeschossigen Skelettbau nach [5]. Außenwände werden in die „Gefache“ reversibel montiert und sind bei Nutzungsänderung austauschbar. Bandraster in Längsrichtung: Achsabstand 5,40 m aus Grundraster 1,25 m und Band 0,40 m (Stützenbreite). Quelle: t-lab / Bernhard Friese Fotografie



Abbildung 3: Demontierbarkeit – Beispiel im mehrgeschossigen Skelettbau auf Bauelementebene (siehe auch Abb. 2): Stütze, Unterzug (Zangenträger), Decke. Reversibilität durch Konusadapter. Quelle: t-lab

Gebäude. Die Austauschbarkeit erfolgt vorrangig durch Formschluss auf der Bauelementebene, z. B. der Austausch einer Fassade (äußere Bekleidungsebene) ohne Eingriff in das verbleibende Bauteil Außenwand. Beispielhaft ist der Bauteilaufbau Außenwand der Werk- und Forschungshalle Diemerstein dargestellt ([7], [8] und Abb. 5-7). Die äußere Bekleidung ist durch eine Rhombuslattung mit der Dämmebene durch einfachen Formschluss verbunden (Vorhangfassade). Die Dämmebene ist mit der Konstruktionsebene durch leicht lösbare Stahlverbinder verbunden. Letztlich ist die Konstruktionsebene mit dem Rahmentragwerk form-

schlüssig durch konusförmige Dübel verbunden. Die Schichtung der Bauelemente ermöglicht also deren zeitlich getrennte Austauschbarkeit.

Wiederverwendung

Die Wiederverwendbarkeit von Bauelementen und Bauelementen vermeidet Abfall und erhöht die Klimaschutzwirkung durch deren Langlebigkeit. Wiederverwendung findet dort statt, wo elementiert wird und einfache, zerstörungsfreie Rückbaubarkeit und Wiedereinbaubarkeit möglich sind. Erforderlich sind dafür reversible, standardisierte Verbindungen. Je höher die Elementierung ist, desto einfacher die Wiederverwendbarkeit (Bau-

kastensystem nach [6]).

Ein im nutzungsflexiblen Gebäude unveränderliche Tragwerk ist dafür besonders geeignet.

Demontierbarkeit und Trennbarkeit

Rückbaubarkeit ist zu unterscheiden in Demontierbarkeit und Trennbarkeit (Abb. 4). Bauelemente, die als gesamte Einheit aus unterschiedlichen Bauelementen bestehen und als solche Einheit wiederverwendet werden sollen, müssen demontierbar sein. Demontierbarkeit ist eindeutig definiert: wenige und einfach zugängliche Verbindungsstellen, (de)montierbar, hochtragfähig, universell einsetzbar, formstabil und

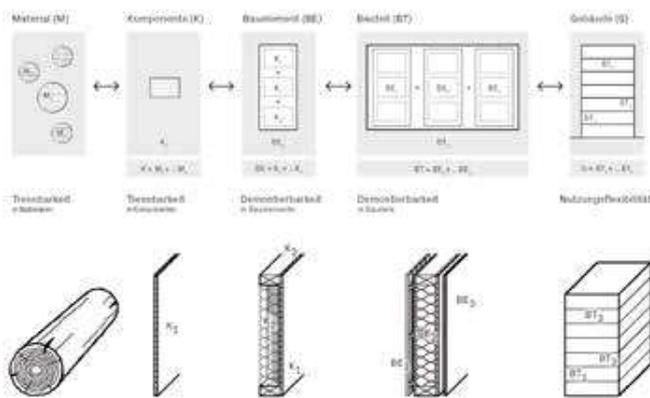


Abbildung 4: Betrachtungsebenen der Kreislauffähigkeit am Beispiel der Außenwand [6]. Quelle: t-lab



Abbildung 5: Werk- und Forschungshalle Diemerstein. Bauwerk zu 100% reversibel. Innenansicht. Quelle: t-lab / Andreas Labes, Berlin



Abbildung 6: Werk- und Forschungshalle Diemerstein. Douglasienfassade als Vorhangfassade. Außenansicht. Quelle: t-lab / Andreas Labes, Berlin

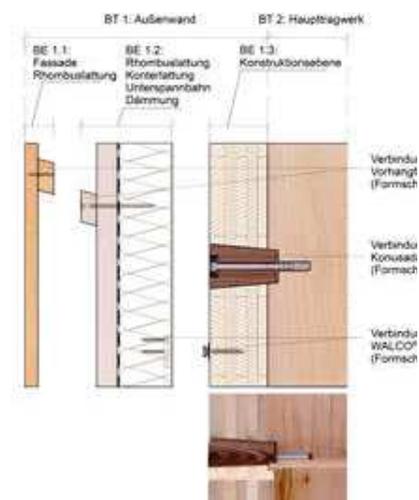


Abbildung 7: Werk- und Forschungshalle Diemerstein. Reversibler Aufbau der Bauelemente (BE) des Bauteils (BT) Außenwand durch formschlüssige Verbindungen zwischen den Elementen. Bauteilanschluss Außenwand an Haupttragwerk mit Konusadaptern. Quelle: t-lab

formschlüssig. Als demontierbare Verbindungen sind die in Abb. 3 und Abb. 7 dargestellten Konusadapter aus Kunstharzpressholz (KP) beispielhaft. KP ist ein mit Phenolharz getränktes, unter hohem Druck verdichtetes Buchen-Furnierschichtholz. Die Konusform vereinfacht den Zusammenbau zwischen zwei Bauelementen, die Lastübertragung erfolgt durch Scherkräfte. Jeder Konusadapter überträgt in der Verbindung Fichte/Fichte 25 kN und in der Verbindung BauBuche/BauBuche 50 kN [9], so dass selbst bei großen Bauelementen nur wenige dieser Verbindungen eingesetzt werden müssen. Die Trennbarkeit dagegen definiert die Zerlegbarkeit von Bauelementen in Baukomponenten. Das können dann z. B. Verschraubungen hoher Anzahl sein.

Fazit

Kreislaufgerecht zu bauen ist das Gebot der Stunde. Dies umfasst Konstruktionsstypologien von Einraumssystem und Skelettbau hoher Nutzungsflexibilität. Elementierte Komponenten sowie Reversibilität von Bauelementen durch standardisierte Verbindungen hoher Tragfähigkeit fördern die Wiederverwendbarkeit. Nicht zuletzt ist das Bauen mit dem nachwachsenden Baustoff Holz hoch klimaschutzwirksam. Untersuchungen zeigen, dass durch kreislauf-

effektives Bauen, nutzungsflexibel und wiederverwendbar, bis zu 80 % Ressourcen und auch bis zu 80 % CO₂-Emissionen für Gebäudetragwerke eingespart werden können [6].

Literatur

[1] Heisel, F.; Hebel D. E. (2021) Einführung. In: Heisel, F.; Hebel D. E. [Hrsg] Urban Mining und kreislaufgerechtes Bauen – Die Stadt als Rohstofflager. Fraunhofer IRB Verlag, 2021, S. 9-15

[2] Mishra, A.; Humpenöder, F.; Churkina, G.; Reyer, C. P. O.; Beier, F.; Bordinisky, B. L.; Schellnhuber H. J.; Lotze-Campen, H.; Popp, A. (2022) Land use change and carbon emissions of a transformation to timber cities. Nature Communications | (2022) 13:4889. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32244-w>

[3] Graf, J.; Birk, S.; Poteschkin, V.; Braun, Y. (2022) Kreislaueffektive Bauweise – Auf dem Weg zu einer neuen Tektonik. Bautechnik. <https://doi.org/10.1002/bate.202100111>

[4] United Nations – Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014) World Urbanization Prospects: The 2014 Revision

[5] Graf, J.; Birk, S.; Poteschkin, V. et al. (2023) Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen. Abschlussbericht (FNR-Förderung) DOI: 10.13140/RG.2.2.34197.81120

[6] Graf J, Hao B, Birk S, Shi W, Poteschkin V, Klopfer R, Jagsch C, Ciesla E-M. (2024) Legitimation der kreislauf-effektiven Holzbauweise – Nachweis der Klimaschutzwirkung. Bautechnik 101, S1. <https://doi.org/10.1002/bate.202300087>

[7] Graf J. (2023) Wiederverwendung tragender Bauteile. Tagungsband 1. Süddeutscher Holzbau Kongress SHK 2023, 247-259

[8] Homepage des t-lab Holzarchitektur und Holzwerkstoffe: <https://t-lab.architektur.rptu.de/>

[9] Graf, J.; Shi, W; Birk, S. (2022) Kreislaueffektives Potential von Holz im Hallenbau. Bautechnik. <https://doi.org/10.1002/bate.202100105>