

02/20 steeldoc

Stahl kombiniert mit ...
Holz



Leichtbau – Bauen mit System

Isabel Gutzwiller, Architektin ETH SIA

Stahl spielt eine wichtige Rolle in der ressourcenschonenden Leichtbauweise. Interessante Möglichkeiten eröffnen sich, wenn Stahl für das Tragwerk mit Holz kombiniert wird. Beruhen Leichtbauten auf Systemen und serieller Fertigung und sind sie auf die Zirkularität von Materialien und Bauteilen ausgelegt, so werden die Vorteile der Bauweise noch deutlicher.

In diesem steeldoc werden zwei Gebäude vorgestellt, die die Kombination von Stahl und Holz in systemischen Leichtbauten ausloten: Das «Building d(emountable)» von architectenbureau cepezed ist komplett auf Zirkularität und eine künftige Wiederverwendung des Gebäudes oder von Teilen davon ausgelegt. Das hybride Tragwerk besteht aus einem viergeschossigen Stahlskelett, das mit vorgefertigten, leichten Deckenelementen aus Furnierschichtholz kombiniert wird. Die geschosshohen Glaspaneele der vorgehängten Fassade werden direkt an die Stahlstützen geschraubt. Produkte «ab Stange» werden für das Gebäude adaptiert und systematisch zusammengefügt, die Verbindungen der Elemente sind reversibel ausgeführt (ab S. 8). Für das Wohnbauprojekt «Hello Lenzburg» wird ein viergeschossiges Stahltragwerk wie eine Art Hochregallager mit komplett vorgefertigten Raummodulen aus Holz bestückt. Die Module werden so nicht direkt aufeinandergestapelt, müssen also weniger Lasten aufnehmen und nicht mehr je nach ihrer Lage im Gebäude unterschiedlich dimensioniert oder generell überdimensioniert werden. Durch das hybride System mit hohem Vorfertigungsgrad wird ohne Qualitätseinbuße eine sehr

Jean Prouvé, 6X9 «Maisons démontables», 1944.



kurze Bauzeit ermöglicht, und die Kosten pro Wohnung werden gegenüber einem konventionellen Bau deutlich gesenkt (ab S. 12). Die beiden sehr unterschiedlichen Projekte zeigen das Spektrum der Möglichkeiten der Materialkombination von Stahl und Holz im Leichtbau auf.

Ein kurzer Blick zurück

Das Bauen mit Systemen entspricht der Logik heutiger Produktionsprozesse: Systematisierte Verfahren kommen im gesamten Spektrum von der Forschung bis zur Herstellung von Produkten zur Anwendung. In der Bauindustrie werden industriell vorgefertigte Bauteile und Module breit eingesetzt und dadurch der Planungs- und Bauprozess vereinfacht.

Die Anwendung von Bausystemen hingegen, die das gesamte Gebäude von Tragstruktur und Hülle bis zu Gebäudetechnik und Innenausbau einbeziehen, ist heute – zumindest in Europa – meist auf temporäre Gebäude oder Zweckbauten beschränkt. Dabei hat der Systembau – speziell auch jener, der auf einer Tragkonstruktion aus Stahl beruht und als Leichtbau bezeichnet werden kann – eine spannende Geschichte: Die Architekten der zweiten Hälfte des 19. und des frühen 20. Jahrhunderts entwickelten unter dem Einfluss der Industrialisierung Häuser, die wie Maschinen produziert werden können. Bereits um 1851 entstand der aus standardisierten Bauteilen zusammengesetzte, demontierbare Glaspalast von Joseph Paxton für die Weltausstellung in London. Mit dem hauptsächlich aus Eisen und Glas gefertigten Gebäu-





de wurden die Möglichkeiten des industriellen Bauens sowohl in der Fertigung der Elemente als auch im Bauprozess demonstriert. Im Umfeld des Bauhauses wurde in der Zwischenkriegszeit des letzten Jahrhunderts in Deutschland für den Massenwohnungsbau mit trockenen Montagebauverfahren aus industriell vorgefertigten Stahlbauteilen experimentiert. Ab den 1930er-Jahren entwickelte der Franzose Jean Prouvé verschiedene «Maisons démontables» (vgl. Abb. S. 4) und setzte dabei bereits auf die Kombination von Stahl und Holz. Die kleinen Häuser konnten aus seriell hergestellten Bausystemen, die aus einer Portalrahmenkonstruktion aus gebogenen Stahlblechen und Holzelementen bestehen, in kürzester Zeit errichtet, demontiert und wiederaufgebaut werden. In den USA setzten die Entwürfe und Musterhäuser, die für das 1945 initiierte «Case Study House Program» (vgl. Abb. oben) entstanden, neue Maßstäbe im modernen Wohnungsbau: Die industriell gefertigten Stahlbauten genügten allen Ansprüchen an Komfort und Wohnlichkeit und beeinflussten die Haltung gegenüber vorgefertigter Architektur nachhaltig. Architektonisch ambitionierte Lösungen für Gewerbe- und Industriebauten wie die von Fritz Haller in den 1960er-Jahren in der Schweiz entwickelten Mini-, Midi- und Maxi-Bausysteme erlebten jedoch keine grosse Verbreitung. Ein rationaler Stahlbau dient bei diesen als Baukasten, der funktional und technisch anpassbare Gebäude ermöglicht (vgl. kleine Abb. oben rechts). Bis in die 1970er-Jahre hinein galt das industrielle Bauen als Sinnbild für den technischen Fortschritt und bestand die Faszination für Gebäude als Maschinen. Mit der Ölkrise und der entstehenden Umweltbewegung ging hierzulande die



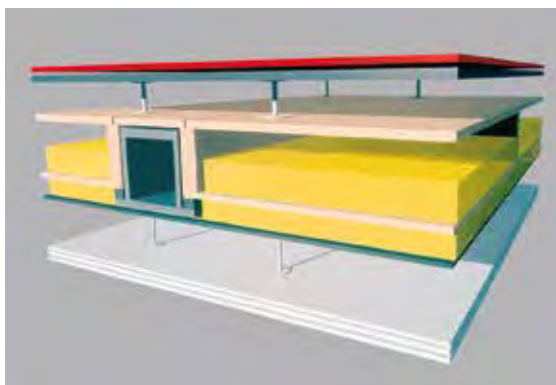
Ganz oben: Eames House, Ray und Charles Eames, 1949.

Technikeuphorie aber zurück, und mit dem Aufkommen der Autorenarchitektur der 1990er-Jahre, in der die Individualisierung zelebriert wurde, verschwanden die Konzepte des Bauens mit Systemen vorläufig in den Archiven der Architekturgeschichte.

Oben: Fritz Haller, Kantonschule Solothurn, Montage des Stahlbausystems USM Haller Midi, 1993.

Aktuell wird der Systembau bei der Erstellung von Gebäuden wieder zum Thema. Die Digitalisierung, Robotik, 3-D-Druck und Mass Customization (kundenindividuelle Massenproduktion) bieten heute ganz neue Möglichkeiten: Bauteile können sehr differenziert und individuell vorgefertigt werden, der Kreativität der Planenden sind fast keine Grenzen mehr gesetzt. Es muss nicht mehr ein Prinzip gefunden werden, das auf möglichst wenigen unterschiedlichen Teilen beruht und damit alle Probleme löst, sondern mithilfe moderner Planungs- und Fertigungsmethoden können unterschiedliche, individualisierte Systeme zu einem systemischen Ganzen gefügt werden.

Deckenaufbau Slim-Floor der Landesvertretung Nordrhein-Westfalen (2002). Isolierte Fertigelemente aus Holz sind nach dem Slim-Floor-Prinzip in die Stahlstruktur eingelegt. Der Fussboden ist zur Minderung des Trittschalls und zur Installationsführung mit Abstand angebracht.



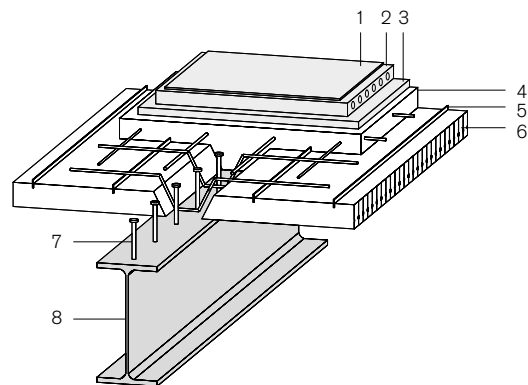
- Hugo Boss Center, Coldrerio (2006): Deckenaufbau Verbunddecke.
- 1 Fertigparkett Eiche 8 mm
 - 2 Heiz- und Kühlstrich 65 mm + PE-Folie
 - 3 Trittschalldämmung
 - 4 Überbeton 100 mm
 - 5 Flachstahlbänder
 - 6 Brettstapeldecke 120 mm mit Akustikperforation als verlorene Schalung
 - 7 Kopfbolzen Stahl
 - 8 Stahlträger HEA 600

Das Arbeiten damit bedeutet keine Einschränkung, sondern wird zur spannenden Ausgangslage des Entwurfs.

Auch der wachsende ökonomische und ökologische Druck befördert eine erneute Auseinandersetzung mit dem seriellen und industrialisierten Bauen. Offensichtlicher Vorteil der Bauweise ist eine kürzere, gut planbare Bauzeit, die Kostenoptimierungen, Materialeffizienz und hochwertige Endprodukte durch eine kontrollierte Produktion im Werk ermöglicht.

Der Stahlskelettbau als ideal zirkuläre Bauweise

Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit lohnt es sich, das serielle Bauen mit Stahl näher zu betrachten. Die Vorteile dieser Bauweise gehen nämlich weit über die Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung hinaus. Besonders interessant ist dabei der Stahlskelettbau als eine der typischen Leichtbauweisen: Konstruktiv sehr effizient, reduziert er durch Materialminimierung die negativen Umwelteinwirkungen. Da die Ressourceneffizienz einer Konstruktion auch mit dem Vorfertigungsgrad steigt, ist die modular aufgebaute



Bauweise, die Stahlbauten zugrunde liegt, grundsätzlich sehr nachhaltig. Bei einer klaren Trennung von Konstruktion und Ausbau sind auch die Flexibilität, die einfache Umnutzung und die Rückbaubarkeit auf lange Sicht gewährleistet.

Die linearen Bauteile – Stützen und Träger aus Profilstahl – bilden beim Stahlskelettbau ein Stabtragwerk, das zusammen mit aussteifenden Elementen eine stabile Konstruktion ergibt, die horizontale und vertikale Lasten aufnimmt und zugleich in sich steif ist. Alle tragenden Elemente werden im Werk vorproduziert, auf die Baustelle transportiert, dort montiert und verbunden. Nicht tragende Elemente wie Aussenhülle und Innenausbau sind davon klar getrennt. Die ökologischen Vorteile der Stahl-Leichtbauweise sind dabei systemimmanent: Die Herstellung erfolgt effizient und kontrolliert im Werk, wodurch eine grössere Mängelfreiheit und Qualitätskontrolle gegeben ist; der Anteil an rezykliertem Material ist hoch, und bei der Herstellung entstehender Abfall kann direkt wieder dem Materialkreislauf zugeführt werden. Dank der hohen Festigkeit und Steifigkeit von Stahl sind schlanke,

**Forschung und Entwicklung:
Zirkuläres Bauen in Leichtbauweise
(Stahl-Hybridbau)**

Die Leichtbauweise mit hoher Effizienz bei der Verwendung der Materialien ist der Gegenentwurf zum materialintensiven Massivbau und hat weltweit Einzug in der Bauwirtschaft gehalten. Die Schweiz mit ihrer tradierten Massivbauweise hat den Trend nur sehr zaghaft aufgenommen. (...) Die ressourcensparende Leichtbauweise, die als wiederverwendbare Konstruktionen geplant und gebaut wird, hat sehr grosses Potenzial in Bezug auf das zirkuläre Bauen. Stahl spielt dabei eine zentrale Rolle, denn kein anderes Material kann mit so wenig Ressourceneinsatz so viel leisten. Die ökologische und ökonomische Bauweise kann erreicht werden, wenn die konsequente zirkuläre prozessorientierte Bauweise angewendet wird. (Auszug aus dem

Konzeptpapier Kooperation SZS-ZHAW
Forschung und Entwicklung / Lehre im Jahr 2020)

Die Forschungsgruppe Hybrid-Leichtbau der ZHAW wurde 2019 gegründet und widmet sich den Fragen von Leichtbauhybridkonstruktionen. Der Fokus liegt auf der ressourcenschonenden und somit ökologischen Bauweise von wiederverwendbaren Hybridstrukturen. Die Forschungsgruppe ist materialoffen, das heisst, sie sucht die Herausforderung, Materialien im Verbund oder in reiner Fügung miteinander zu intelligenten Systemen zu verbinden. Bauen in zirkulären Kreisläufen bedeutet, Bauteile so zu verbinden, dass diese form- oder kraftschlüssig über lösbare und wiederverwendbare Knoten verbunden werden (Design for Disassembly). Die Materialien werden dadurch nicht verbraucht, sondern einer temporären Nutzung zugeführt. Der Bauprozess (Planung und Fabrikation) ist

digital und industriell, der Bau vor Ort reduziert sich auf eine kurze Montagebauweise. Die Wertschöpfungsketten verschieben sich und bieten grosses Potenzial für die Schweizer Bauwirtschaft. In technischen Belangen gibt es zu dieser Bauweise viele offene Fragen, die beantwortet werden müssen, um die Bauweise praxistauglich zu machen.

Diesen Fragen widmet sich die Forschungsgruppe Hybrid Leichtbau der ZHAW. Sind Sie interessiert an dieser Bauweise und haben Anregungen oder Bedarf an praxisorientierter Forschung, dann freuen wir uns auf Ihre Kontaktaufnahme. ZHAW Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Departement Architektur, Gestaltung und Bauingenieurwesen, Winterthur, Projektleitung: Patric Fischli-Boson, fisp@zhaw.ch

tragfähige und vor allem relativ leichte Profile umsetzbar. Der Material- und Transportaufwand minimiert sich, ausserdem erlauben lösbare, standardisierte Verbindungen eine schnelle Montage auf der Baustelle und auch eine einfache Demontage und Wiederverwendung der Bauteile am Ende des Lebenszyklus eines Gebäudes. Die nötige Modularisierung, das Arbeiten mit Rastern und die Trennung zwischen langlebiger Konstruktion und kurzlebigen Ausbau garantieren ein hohes Mass an Flexibilität. Die Möglichkeit, die Technik nachzurüsten und die Konstruktion an neue Nutzungszyklen anzupassen, ist gegeben und ebenso die der Umnutzung und Wiederverwendung der wertvollen Bausubstanz. Der hocheffiziente, modulare Stahlskelettbau ist prädestiniert für die zirkuläre Bauweise. Die energieintensive Herstellung von Stahlbauteilen, die in der Schweiz sowieso grösstenteils aus Recyclingstahl gefertigt werden, wird durch die Betrachtung des gesamten möglichen Lebenszyklus eines Bauteils wieder deutlich relativiert (vgl. dazu **steeldoc** 02/19 «Wiederverwendung von Stahl»).

Kombination als Voraussetzung

Stahlskelettbauten sind normalerweise hybride Gebäude: Das aus linearen Tragelementen bestehende Tragwerk muss für die Raumabschlüsse wie Decken, Fassaden und Innenwände mit flächigen Elementen ergänzt werden, die aus dafür geeigneten Materialien wie Beton, Holz oder Glas bestehen. Für die Decken stehen verschiedene Systeme zur Verfügung, bei denen die unterschiedlichen Materialien entweder additiv gefügt werden, hybrid wirken oder einen festen Verbund eingehen. Vollwand-, Waben- oder Fachwerkträger dienen bei der reinen Trockenbauweise als Auflager für die Geschossdecken aus vorgefertigten Betonplatten oder Stahlprofilblechen. Bei Flachdeckensystemen, z. B. in Form von Slim-Floor-Decken, liegen speziell dafür entwickelte Stahlträger mit verbreiterten unteren Flanschen in einer Ebene mit vorgefertigten Deckenelementen aus Beton oder Holz (vgl. Abb. S. 6 links). Diese schlanken Decken sind hybride Konstruktionen. Leitungen können in der Deckenebene (Stahl-Wabenträger oder auch in Fachwerken) oder darunter geführt und Trennwände frei platziert werden, der Brandschutz ist meist ohne weitere Massnahmen bereits gegeben. Eine Verbundwirkung wird bei Deckensystemen zusätzlich erreicht, wenn die Elemente mit einer dünnen Schicht Ortbeton überzogen werden (vgl. Abb. S. 6 rechts). Es handelt sich dann nicht mehr um einen reinen Trockenbau mit seinen Vorteilen der Leichtigkeit der Konstruktion, der schnellen Montage und einfachen Demontierbarkeit, dafür werden der Brandschutz erhöht und die Erdbebensicherheit verbessert.

Stahl und Holz im Leichtbau

Was macht nun die Kombination von Stahl und Holz in der seriellen Leichtbauweise attraktiv? Mit der Entwicklung verschiedenster ausgereifter Holzbau-, Decken- und Wandsysteme (Hohlkasten-, Brettstapelelemente etc.) und mit der Überarbeitung der Brandschutznormen, die im Holz- und Stahlbau neue Möglichkeiten eröffnen, hat sich die Kombination von sichtbaren, linearen Stahlelementen mit flächigen Holzelementen in den letzten Jahren verbreitet (vgl. **steeldoc** 03/06 «Stahl und Holz» und **steeldoc** 03+04/12 «Stahl und Holz – die neue Leichtigkeit»). Die Stahlbauteile übernehmen dabei im Brandschutz die tragende Funktion, die Holzelemente zusätzlich die Brandabschnitt bildende. Zulässig sind seit dem Inkrafttreten der neuen Brandschutznormen auch objektbezogene Brandschutzkonzepte, wenn mit ihnen die Schutzziele gleichwertig erreicht werden. So können bauliche und technische Massnahmen wie Sprinkleranlagen einbezogen werden, was zu deutlichen Erleichterungen führt und neue Lösungen zulässt.

Werden diese Erkenntnisse und Entwicklungen mit dem wieder erwachten Interesse an der ökologisch und ökonomisch vorteilhaften Leichtbauweise kombiniert, sind spannende neue Wege in der Kombination von Stahl und Holz möglich. Der leistungsfähige, flexible, recyclingfähige und wiederverwendbare Stahl wird mit Holzelementen kombiniert, die durch ihre Leichtigkeit einen problemlosen Transport und eine gute Handhabbarkeit auch bei engen Platzverhältnissen garantieren. Ausserdem wird Holz wegen der ökologischen Vorteile des nachwachsenden Materials und seiner haptischen, warmen Ausstrahlung geschätzt. Eine wirtschaftliche, leichte und nachhaltige Konstruktion ist das Resultat. Werden die beiden Materialien sichtbar belassen, entsteht eine architektonisch reizvolle Kombination der beiden unterschiedlichen Materialien, wie das auf den folgenden Seiten vorgestellte «Building d(mountable)» in Delft belegt.

Verwendete und weiterführende Literatur

- **steeldoc** 03/06 «Stahl und Holz»
- **steeldoc** 03+04/12 «Stahl und Holz – die neue Leichtigkeit»
- **steeldoc** 01+02/14 «Gestapelt – Geschossbau in Stahl»
- Knaack, Ulrich, Chung-Klatte, Sharon, und Hasselbach, Reinhard. Systembau. Prinzipien der Konstruktion, Basel: Birkhäuser 2012
- Staib, Gerald, Dörrhöfer, Andreas, und Rosenthal, Markus. Elemente Systeme: Modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, Neue Technologien. München: Edition Detail 2013
- Bollinger, Klaus. Atlas Moderner Stahlbau: Material, Tragwerksentwurf, Nachhaltigkeit. München: Institut für Internationale Architektur-Dokumentation 2011
- «Gebäude in Stahl-Leichtbauweise», Jürgen Volkwein, Karsten Ulrich Tichelmann, und «Leichtbau und Systeme», Thomas Bock, in: Detail 7/8 2006, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation. Detail: Zeitschrift für Architektur Baudetail

Impressum

steeldoc 02/20, Juni 2020
Stahl kombiniert mit ...
Holz

Herausgeber:
SZS Stahlbau Zentrum Schweiz, Zürich
Isabel Gutzwiller, Myriam Spinnler

Redaktion und Texte:
espazium – Der Verlag für Baukultur, Zürich
Projektleitung: Franziska Quandt, Philippe Morel,
Judit Solt
Isabel Gutzwiller, S. 4–7
Clementine Hegner-van Rooden, S. 8–11
Clementine Hegner-van Rooden, S. 12–15
Charles von Büren, S. 16–19
Ulrich Stüssi, S. 20–23
Marc Frochoux, S. 24–26
Abschlussredaktor: Christof Rostert

Übersetzung Deutsch-Französisch:
Chantal Pradines, Michel Crisinel

Projektbeschriebe aufgrund der Projekt-
informationen der Planer.
Die Pläne stammen von den Planungsbüros.

Layout:
espazium – Der Verlag für Baukultur, Zürich
Katrin Köller, Anna-Lena Walther

Fotos:
Titelseite: Stijn Bollaert
Editorial: Lucas van der Wee
S. 4: Galerie Patrick Seguin
S. 5: J. Paul Getty Trust, Getty Research Institute,
Los Angeles (2004.R.10); gta Archiv / NSL-Archiv,
Fotoarchiv Fritz Haller / Therese Beyeler

S. 6: Taufik Kenan, Berlin, steeldoc 03/06;
Competence Centre Hugo Boss, Klaus Frahm, Hamburg,
steeldoc 03+04/2007
S. 8–11: Lucas van der Wee
S. 12–15: AXA Leben AG
S. 16–19: Stijn Bollaert
S. 20–23: SNCF Gares & Connexions – AREP;
Mathieu Lee Vigneau; Claude Le Breton; MaP3
S. 24–26: Joël Tettamanti, dieterdietz.org

Designkonzept:
Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zürich

Druck:
Stämpfli AG, Bern

ISSN 1662-2359

Jahresabonnement Inland CHF 60.– / Ausland CHF 90.–
Einzelexemplar CHF 18.– / Doppelnummer CHF 30.–
Preisänderungen vorbehalten.
Bestellung unter www.szs.ch/steeldoc

Bauen in Stahl/steeldoc® ist die Bautendokumentation
des Stahlbau Zentrums Schweiz und erscheint vier-
mal jährlich in deutscher und französischer Sprache.
Mitglieder des SZS erhalten das Jahresabonnement
und die technischen Informationen des SZS gratis.

Die Rechte der Veröffentlichung der Bauten bleiben den
Architekten vorbehalten, das Copyright der Fotos liegt
bei den Fotografen. Ein Nachdruck, auch auszugsweise,
ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags und
exakter Quellenangabe gestattet.

**steeldoc abonnieren für CHF 60.– im Jahr
(Studierende gratis) auf www.szs.ch/steeldoc**