

03/22 steeldoc

Rückbaubare
Konstruktionen



Editorial



Graser Troxler Architekten entwerfen am Herbstweg in Zürich ein Wohnhaus, das die Möglichkeiten und Vorteile des Stahlbaus ausschöpft. Der Kern ist massiv ausgebildet, die filigrane Stahlkonstruktion lässt aber eine Adaption der Grundrisse und eine zukünftige Wiederverwendung der Bauteile zu.

«Bei der **rückbaubaren Konstruktion** werden Gebäude so konstruiert, dass sie zwei bestimmte Eigenschaften haben: Die erste ist die **räumliche Rückbaubarkeit**, nämlich die Voraussetzungen eines Raums, unterschiedliche Nutzungen aufzunehmen und sich zu verändern, wenn sich Lebensstile und funktionale Bedürfnisse ändern, trotz der Schwierigkeiten der Vorhersage. Die zweite Eigenschaft ist die **technische Rückbaubarkeit**, also die Möglichkeit, dass die Komponenten eines Gebäudes ohne Verlust der technischen oder funktionalen Qualität demontiert werden können.»

Zitat aus: Fivet C., Küpfer C.: Selektiver Rückbau – Rückbaubare Konstruktion: Studie zur Förderung der Abfallreduktion und der Wiederverwendung in der Baubranche. EPFL 2021. DOI: 10.5281/zenodo.5131243

Seitdem mit Stahl gebaut wird, finden sich zahlreiche Beispiele von rück- und wiederaufgebauten stählernen Strukturen. Der Stahlbau bietet dafür beste Voraussetzungen: Genormte Profile oder Bleche werden mechanisch verbunden und lassen sich meist problemlos wieder voneinander trennen; das Material behält bei korrektem Korrosionsschutz und kontrollierbaren äusseren Einflüssen seine Eigenschaften fast unbegrenzt. Werden möglichst wenig unterschiedliche Elemente verbaut und standardisierte Befestigungen eingesetzt, wird auf das Schweißen verzichtet, stattdessen geschraubt und die Zugänglichkeit für die Instandhaltung gewährleistet, so ist eine zukünftige Wiederverwendung der Bauteile optimal vorbereitet. Die Logik von Stahltragwerken hat aber auch einen weiteren Vorteil: Die Chance, dass ein Bauwerk möglichst lang erhalten und nicht frühzeitig ersetzt wird, erhöht sich markant, wenn es nicht nur technisch, sondern auch räumlich rückbaubar ist, sich also gut an geänderte Bedürfnisse anpassen lässt. Die Unterscheidung in tragende und trennende Bauteile ist Voraussetzung dafür.

Ein Wohnhaus für zwei Eigentümerschaften in Zürich bietet diese räumliche Rückbaubarkeit. Punktsymmetrisch um einen massiven Kern organisiert, lässt der Stahlbau mit Verbunddecken und Leichtbauwänden in zwei identischen Haushälften ganz unterschiedliche Grundrisse zu, die sich in Zukunft auch wieder anders organisieren lassen. Die technische Rückbaubarkeit ist zu weiten Teilen ebenfalls gewährleistet: Ohne speziell darauf ausgelegt zu sein, schafft das Haus durch die Wahl der Stahlbauweise und den Entwurf der Konstruktionsdetails beste Voraussetzungen, um möglichst lang seine Funktion erfüllen und als Materialdepot für zukünftige Gebäude dienen zu können (ab S. 4).

Neue Schutzmassnahmen und eine Anpassung der Hafenkais von Køge (DK) werden in Zukunft unumgänglich sein. Das direkt am Hafenbecken liegende Lokal einer Kleinbrauerei ist deshalb als Bausatz aus Stahl- und Holzbauteilen entworfen, damit es sich, sobald es nötig wird, an einen anderen Standort verschieben lässt (ab S. 10). Temporären Wohnraum auf vorübergehend ungenutzten Parzellen zu schaffen für Menschen, die in eine Notlage geraten sind: Diese Entwurfsaufgabe stellte die Stadt Barcelona drei Architekturbüros. Für das erste Pilotprojekt werden mitten im Barri Gòtic wiederverwendete Seecontainer auf einer eingeschossigen Stahlstruktur gestapelt, die einen oder zwei Container einnehmenden Wohnungen über einen stählernen Laubengang erschlossen und in ein Gewand aus Polycarbonat gehüllt (ab S. 14).

Das niederländische Architekturbüro cepezed entwirft Gebäude, die auf eine optimale Wiederverwendbarkeit ausgelegt sind. Ein temporäres Gerichtsgebäude wurde kürzlich demontiert und eingelagert, um nächstes Jahr mit neuer Nutzung an einem neuen Ort wieder aufgebaut zu werden. Welche Erfahrungen beim Rückbau gemacht wurden, wie die Erkenntnisse zukünftige Entwürfe beeinflussen und worauf bei den Konstruktionsdetails speziell zu achten ist, erklärt Architekt Ronald Schleurholts im Interview (ab S. 18).

Eine inspirierende Lektüre wünscht Ihnen
Isabel Gutzwiller

Rückbaubarkeit durch Reduktion

Bauherrschaft

Braunstein Brewery

Tragwerksplanung

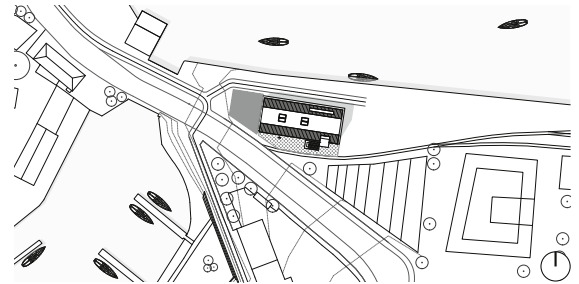
Give Steel

Architektur

Adept

Fertigstellung

2022



Situation, M 1:3000.

Das Taphouse im dänischen Køge ist der Raum, in dem sich die Brauerei Braunstein der Kundschaft zeigt. Es ist zugleich auch ein architektonisches Projekt, das sich mit seiner Form, seiner Materialität und in seiner Ausführung auf die spätere Demontage ausrichtet. Das geschieht konstruktiv auf so feine Art und Weise, dass die Demontierbarkeit kaum offensichtlich ist.

«Das Gebäude ist eigentlich recht einfach», sagen die Architekten vom Büro Adept aus Kopenhagen. Sowohl bezüglich der Formgebung als auch der Raum- und Tragstruktur. Gemeint ist das Braunstein Taphouse, das im Hafen von Køge steht, einer 60 000-Einwohner-Stadt 45 km südlich von Kopenhagen mit der gut erhaltenen Altstadt und ihren malerisch historischen Häusern aus dem 17. Jahr-

hundert. Hier begann 2005 die Geschichte zweier dänischer Brüder – Michael und Claus Braunstein –, die ihre eigene Mikrobrauerei und Mikrobrennerei eröffneten. Zentral gelegen, unweit vom Bahnhof, am unteren Ende des Industriefhafens, in der Nähe des Hafens setzten die Brüder die Tradition des Bierbrauens fort, die 100 Jahre zuvor noch in einzelnen Handelshäusern in der Umgebung des Hafens

Blickfang auf der Kaimauer am Hafenbecken: das Braunstein Taphouse mit seinem schwarz gestrichenen, sichtbaren Tragwerk aus Stahl.



üblich war. Zwei Jahre später ergänzten sie das Handwerk der Kleinbrauerei mit einer Destillerie. Seither produziert das kleine Pionierunternehmen sowohl Spezialbiere als auch Whisky.

Platziert, um deplatziert zu werden

Seit 2020 steht nun ein ergänzender neuer Blickfang auf der Kaimauer am Hafenbecken – das Braunstein Taphouse. Es ist ein Café, ein Lokal, ein Saal, ein Treffpunkt für die lokale Bevölkerung und ein Ausflugsziel für Touristen. Geplant und gebaut hat es das Kopenhagener Architekturbüro Adept zusammen mit einem kleinen, lokal ansässigen Stahlbauunternehmen.

Das Ufer der Køge-Bucht ist allerdings genauso vom Klimawandel betroffen wie so manch anderer Hafen am Meer auch. Die Kaimauer ist zu niedrig, um künftig ausreichend Schutz vor Hochwasserereignissen zu bieten. Was mit ihr geschehen soll, hatte die Stadtverwaltung noch nicht geklärt. Deshalb durften die Planenden und die Bauherrschaft zwar ein Bauwerk erstellen, es soll aber weichen, sobald vor Ort neue Schutzmassnahmen getroffen werden müssen. Deshalb ist der Neubau so konzipiert, dass er sich zu gegebener Zeit wieder in seine Einzelteile zerlegen lässt und an einem anderen Ort neu aufgerichtet werden kann.

Rudimentär einfach und rückbaubar

Die Anforderung der Rück- und Wiederaufbaubarkeit macht das Projekt gleichzeitig zu einem ökologisch nachhaltigen Projekt. Denn das gesamte Gebäude lässt sich mitsamt seinen einzelnen Komponenten als Ganzes auf lange Sicht wiederverwenden, oder seine Einzelteile lassen sich in einem völlig anderen Projekt wieder einsetzen. Um diese Wiederverwendbarkeit zu bewerkstelligen, ist die Konstruktion möglichst einfach und in möglichst reduzierter Ausführung mit wenigen, roh belassenen Materialien, mit minimalem Abfallvolumen, möglichst ohne Farbanstriche oder Fugenmasse und mit wenigen Materialschichten erstellt. Die natürlich belassenen Materialien sollten unbehandelt wieder in den Kreislauf eingebracht werden können, um letztlich als möglichst reine Baustoffe im Ökosystem zu zirkulieren.

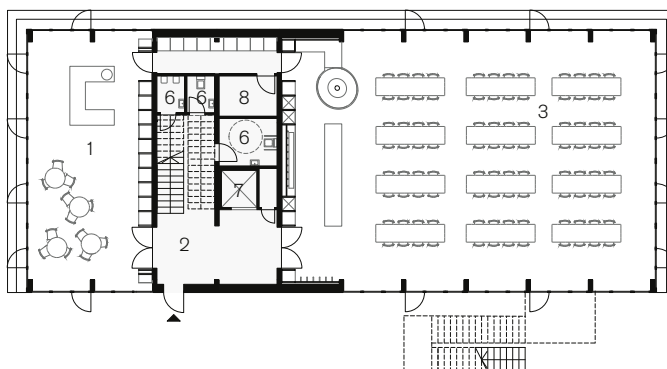
Die Planenden erstellten das Taphouse an derselben Stelle, wo vorher bereits ein altes Lagerhaus gestanden hatte. Sie belassen die bestehenden Einzel Fundamente und integrierten sie in die neue Stahlbetonplatte, die knapp über dem voraussichtlichen Hochwasserniveau erstellt wurde. Final eingefasst ist die Platte mit einer Holzlattung, die dem Haus einen spielerisch abgestuften Sockel gibt.

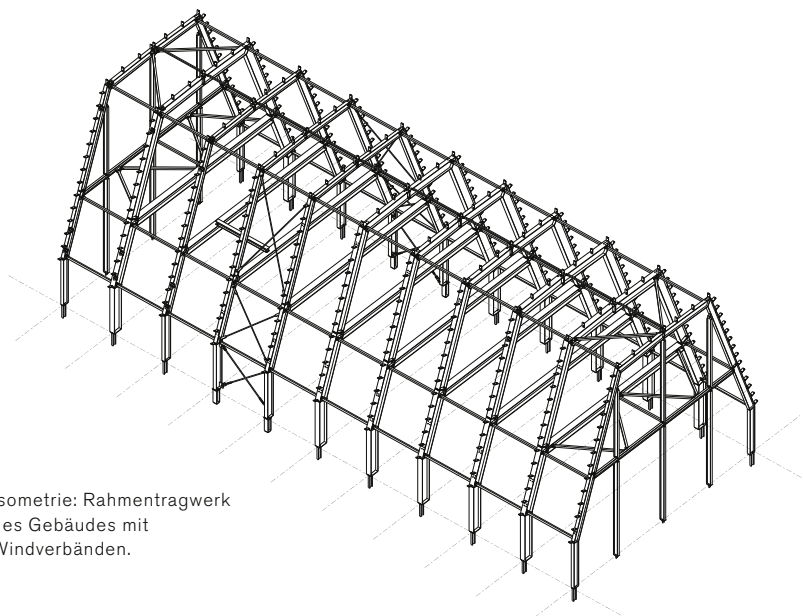


Die niedrige Kaimauer könnte neuen Schutzmassnahmen weichen. Daher ist der Neubau so konzipiert, dass er sich in seine Einzelteile zerlegen und an einem neuen Standort neu aufbauen lässt.

Die Stahlbetonplatte dient als Basis für den Hochbau, dessen Tragwerk aus elf Zweigelenk-Stahlrahmen besteht, die die Halle mit ihrem statischen System in Querrichtung aussteifen. Diese elf Rahmen sind alle 2,8 m angeordnet und im siebten Feld zwischen dem siebten und achten Rahmen mit gekreuzten Zugstangen ($d = 30 \text{ mm}$) in Hallenlängsrichtung ausgesteift (vgl. Isometrie S. 12). In diesem rhythmisierten Primärtragwerk ist jeder Rahmen jeweils als ein charakteristisches A geformt und weist die typisierenden biegesteifen Verbindungen zwischen Rahmenstiel und Rahmenriegel auf. Auch der ergänzende untere A-Riegel – der Binder zwischen den Stielen – ist biegesteif angeschlossen und steift die Konstruktion zusätzlich in Querrichtung aus. Auf diesen horizontalen Bindern aller elf Rahmen (innen HEA 340, Giebel IPE 180) liegt die Geschossdecke des 1. Obergeschosses. Das erste und das letzte Binderfeld wirken über ein horizontales Fachwerk – zwei K-Verbände mit Zwischenpfosten – bei der horizontalen Lastabtragung mit beziehungsweise steifen die grossflächig verglasten Giebelwände aus. Während diese Binder ihrer Funktion entsprechend gerade sind, weisen die seitlichen Stiele einen markanten Knick auf. Die Formgebung reduziert in einem leichten Masse die Biegespannung in den Primärträgern und ist daher nicht nur ästhetisch, sondern ebenso statisch begründet.

- Grundriss EG und Ost-West-Schnitt des Taphouse, M 1:350.
- 1 Café
 - 2 Erschliessung
 - 3 Restaurant
 - 4 Saal
 - 5 Sitzungszimmer
 - 6 WC
 - 7 Lift
 - 8 Technik



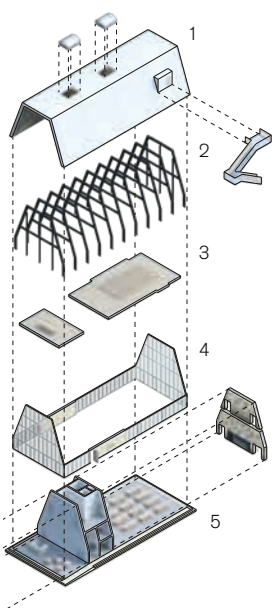


Isometrie: Rahmentragwerk des Gebäudes mit Windverbänden.

Alle Rahmen bestehen ihrer statischen Beanspruchung entsprechend aus verschiedenen IPE-Profilen (IPE 300 bis IPE 450). Es kommen Profile der Güteklasse S235 und S355 zum Einsatz. H-, I- und RHS-Profile sind meist aus S355, Flansche und Stege der geschweissten Blechprofile hingegen aus S275. Die Stirnplatten bestehen aus S355 oder S275, je nach Form, bzw. bedingt durch den Zuschnitt. Wenn die Stahlbauer in der Lage sind, einen einfachen Schnitt zu machen, wird S275 verwendet, wenn hingegen komplexere Schnitte notwendig sind, setzen sie S355 ein, um mit dem Plasmaschneider arbeiten zu können. Die Rahmen der beiden Giebelwände sind mit vertikalen Profilen ergänzt – IPE 200 oben, IPE 220 unten –, die mit dem A-Riegel (hier nur ein IPE-180-Profil) verschraubt sind. Dieses System aus Giebelwandstielen trägt die Lasten aus der Fassade ab. Auf den geneigten Seiten und im oberen horizontalen Bereich der A-Rahmen liegt über angeschweisste Laschen der Dachabschluss aus Polycarbonatstegplatten. Diese bilden die äusserste Dachhaut und sind leicht zu demontieren, da sie einzig über Nut-und-Feder-Verbindungen aneinandergereiht sind. Das ermöglicht sowohl eine einfache Demontage als auch eine unkomplizierte Wartung. Die Polycarbonatstegplatten wurden auf einer verschraubten Holzunterkonstruktion vor Ort montiert. Die Dämmung und die Holzfaserplatten schliessen den Raum ab. Ausserdem tragen die Polycarbonatstegplatten die Dachlasten direkt zu den primär tragenden Rahmenriegeln. Das Rahmentragwerk kann daher ohne Pfetten funktionieren. Dennoch sind solche platziert, nämlich an jedem Montageabschnitt. Sie wurden bereits während des Baus montiert, damit sie – solange die Dachhaut nicht montiert ist – den Bau als Montagehalterung aussteifen. Die Pfetten übernehmen somit einzig dann eine tragende Funktion, wenn die Dachhaut noch nicht platziert ist, temporär entfernt wird, Teile davon ersetzt werden müssen oder das gesamte Gebäude rückgebaut und wieder aufgebaut wird. So sind letztlich zwar mehr Primärtragelemente vorhanden,

Die gesamte Tragkonstruktion wurde in Teilelementen vorfabriziert und auf der Baustelle zusammenschraubt.

- 1 Dachkonstruktion (Polycarbonatplatten, ausgedämmte Holzunterkonstruktion, Holzfaserplatten)
- 2 Tragkonstruktion (Stahlrahmen)
- 3 Decke über EG (Holzelemente)
- 4 Fassaden (Holzfenster, Holzverkleidung)
- 5 Stahlbetonplatte auf bestehenden Einzelfundamenten



dafür aber deutlich weniger sekundäre Tragelemente notwendig. Das vereinheitlicht die Profilformen, vereinfacht die Produktion und reduziert die aufwendigen, einzelnen Arbeitsschritte.

In nützliche Teile segmentiert

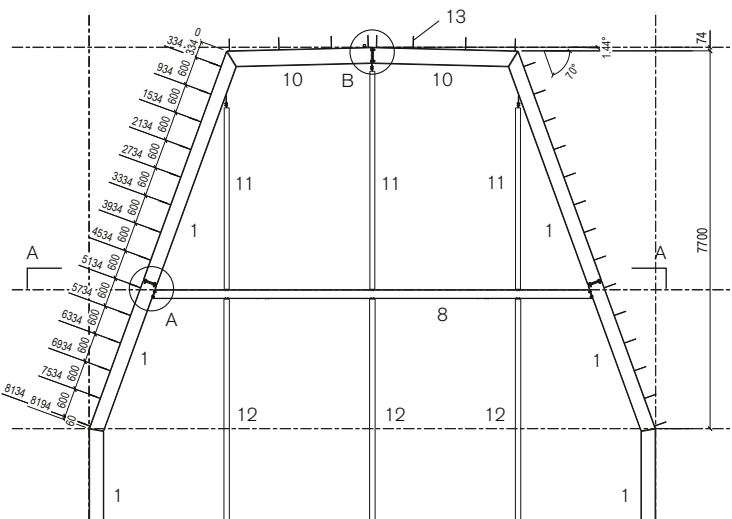
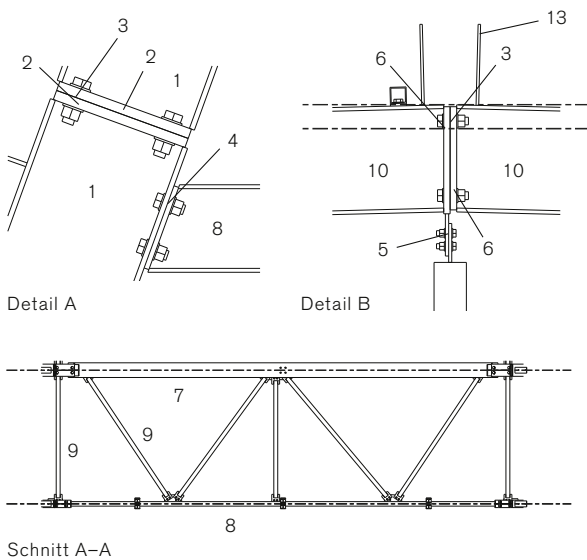
Die gesamte Tragkonstruktion wurde in Teilelementen vorfabriziert und auf der Baustelle zusammenschraubt. Jedes Element ist in seiner Grösse gut transportier- und montierbar – ein wichtiger Aspekt, wenn man den Rück- und Wiederaufbau mitplant. Jede Verbindung funktioniert über möglichst wenig Schrauben, um den Aufwand zu reduzieren, wenn das Tragwerk einst wieder demontiert werden sollte. So sind beispielsweise die Rahmenfüsse über Kopfplatten mit nur jeweils zwei Schrauben auf jeder Stegseite im Bereich der Zugbeanspruchung an die Stahlbetonplatte angeschraubt. Über die in den Beton eingegossenen kurzen Stahlpfosten werden die Kräfte in die Betonplatte eingeleitet. Die Druckzonen funktionieren über Pressung und benötigen keine zügelfeste Verbindung.

Das statische System ist rudimentär gehalten. Das Stahlbauunternehmen mit seinem internen Ingenieurteam führte die statischen Bemessungen selbst durch, wobei die Dimensionen der Stahlprofile nicht statisch ausgereizt waren, sondern durchaus auch geometrisch möglichst vereinheitlicht und architektonisch begründet sind.

Eine repräsentative Schankstube

Auf dem knapp 6 m breiten Flachdach ist eine Photovoltaikanlage installiert. Die Dachschräge ist durchgehend geschlossen. Das Obergeschoss wird über Dachgauben zusätzlich belichtet. Die vertikalen Seitenfassaden sind mehrheitlich verglast. Die wenigen Bereiche, die geschlossen sind, wurden mit CO₂-neutralem, wetterfestem und unbehandeltem Accoya-Holz verkleidet, das mit Cradle-to-Cradle Gold, FSC und dem dänischen Ökolabel Svanemærket zertifiziert ist.

Das einschiffige Rahmentragwerk ist im Innenraum sichtbar belassen und schwarz gestrichen. Die gesamte Stahlkonstruktion wurde ausserdem durch einen Polyurethananstrich vor Korrosion geschützt. An einigen Stellen erhielt sie auch einen Brandschutzanstrich – abhängig vom Brandwiderstand der Profile. Im Obergeschoss ist sie auf einen solchen von R30 ausgelegt. Mit der vorhandenen Tragreserve beziehungsweise der Überdimensionierung konnten hier zusätzliche Brandschutzmassnahmen vermieden werden – auch ein entsprechender Brandschutzanstrich war nicht notwendig, denn die



Bauteile sind bei Normaltemperatur nicht vollständig ausgenutzt. Das Erdgeschoss musste hingegen auf einen Brandwiderstand von R60 ausgelegt werden. Allerdings ist die geforderte Auslastung der Räume sehr niedrig, sodass es wenig sinnvoll war, die Profile auch hier auf die notwendige Brandlast zu bemessen und sie entsprechend zu vergrößern. Also strich man die Profile hier an. Es wurde ein Brandschutzanstrich verwendet, dessen Schichtdicke von der berechneten kritischen Stahltemperatur abhängt. Das Dreischichtsystem besteht aus einer Grundierung, dem Brandschutzanstrich, der sich bei hohen Temperaturen ausdehnt, und dem Deckanstrich, der der Struktur die Farbe verleiht und den notwendigen Korrosionsschutz für den Stahl bietet.

Den industrielle Charakter widerspiegelt die direkte Hafenumgebung – betont von den Lagerhäusern, den Kaimauern, den Schiffen, den bereitstehenden Containern und der blauen Zugbrücke unmittelbar vor dem Taphouse. Durch die Wechselwirkung und den Bezug des Kontexts zur architektonischen Ausführung des Bauwerks entstand eine durch klare Linien geprägte Architektur. Das Gebäude schafft einen Raum, der sich zwischen der Kette Stadt, Bevölkerung, Kundschaft und Verkauf und der Kette Transport, Produktion, Handwerk und Vertrieb verortet. Ein Scharnier zwischen zwei Unternehmensbereichen, das als Aufenthaltsraum mit einer Nutzfläche von 1000 m² erlebbar wird und nutzbar ist.

Das Erdgeschoss beherbergt auf der einen Seite des 8,5 m breiten Kern- und Erschließungsbereichs ein kleines Café und auf der anderen Seite ein Restaurant – beides öffentlich. Der Kern ist eine sekundäre, ebenfalls demontable Holzkonstruktion mit Gipskartonplatten. Er ist nicht statisch tragend und fügt sich wie ein Möbel unter die Stahltragkonstruktion. Die Räume im Obergeschoss sind intimerer Natur und können von Gemeindevereinen oder für private

Veranstaltungen genutzt werden – belichtet und gegen aussen mit Dachgauben geöffnet. Im Kern sind Küche, Treppenhaus und Toiletten positioniert. Alle Räume können natürlich belüftet werden. Ein nachhaltiges Gebäude, das laut den Braumeistern einen Rahmen für Gemeinschaft, gute Handwerkskunst und die Liebe zu den besten Zutaten bietet. Das lässt sich sowohl für die hergestellten Brau- und Brennprodukte als auch für ihre repräsentative Betriebsstätte sagen.

Projekt Braunstein Taphouse
Ort Carlsensvej, Køge (DK)
Bauherrschaft Braunstein Brewery
Architekt Adept (DK)
Tragwerksplanung Give Steel (DK)
Weitere Fachplanende Give Steel (DK)
Stahlbauunternehmen Give Steel (DK)
Bauunternehmen HPH Totalbyg (DK)
Tragsystem Rahmentragwerk
Konstruktionsart Verschraubter und rückbaubarer Stahlbau
Vorfertigung und Montage Give Steel (DK)
Stahlsorten S355 und S275
BGF 1000 m²
Tonnage 31,8 t (Stahl)
Abmessungen 11,35 m B × 27,85 m L × 10,27 m H
Gesamtkosten 10 Mio. DKK / ca. 1,4 Mio. CHF
Bauzeit 2019–2020

Rahmentragwerk der Giebelwand, M 1:150.
 Detail A: Rahmentragwerk mit Anschluss der vertikalen Profile, M 1:15.
 Detail B: horizontal aussteifendes K-Fachwerk und biegesteifer Firstknoten, M 1:25.
 Schnitt A–A: biegesteifer Knoten im Rahmen mit Anschluss des horizontalen A-Riegels, M 1:150.
 1 IPE 300
 2 Flachstahl 20 × 150 mm
 3 4 Schrauben M 24 × 80 mm
 4 4 Schrauben M 20 × 50 mm
 5 2 Schrauben 16 × 50 mm
 6 Flachstahl 20 × 160 mm
 7 HEA 340
 8 A-Riegel IPE 180
 9 Quadratisches Hohlprofil 80 × 80 × 3 mm
 10 IPE 330
 11 IPE 200
 12 IPE 220
 13 Flachstahl 8 × 120 mm

Das einschiffige Rahmentragwerk ist im Innenraum dank reduziertem Schichtaufbau sichtbar. Das vereinfacht die künftige Demontage.



Impressum

steeldoc 03/22, September 2022
Rückbaubare Konstruktionen

Herausgeber:
SZS Stahlbau Zentrum Schweiz, Zürich
Isabel Gutzwiller, Laurent Audergon

Redaktion und Texte:
espazium – Der Verlag für Baukultur, Zürich
Projektleitung:
Andrea Eschbach, Franziska Quandt,
Philippe Morel, Judit Solt
Ulrich Stüssi, S. 4–9
Clementine Hegner-van Rooden, S. 10–13
Daniela Meyer, S. 14–17
Clementine Hegner-van Rooden, S. 18–21

Abschlussredaktion: Christof Rostert

Übersetzung Deutsch–Französisch:
Interserv AG, Michel Crisinel

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

Layout:
espazium – Der Verlag für Baukultur, Zürich

Fotos:
Titelseite: Karin Gauch, Fabien Schwartz
Editorial: Karin Gauch, Fabien Schwartz
S. 4–9: Karin Gauch, Fabien Schwartz
S. 10–13: Rasmus Hjortshøj
S. 14–17: Adria Goula
S. 18: Temporary Courthouse:
Leon van Woerkom, cepezed
S. 19: Lucas van der Wee, cepezed
S. 20: Green House: Lucas van der Wee, cepezed;
Bouwdeel d(emontabel): Lucas van der Wee, cepezed

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**