

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 143 (2017)
Heft: 44: Der Koloss von Kopenhagen

Artikel: Integral und überdimensional
Autor: Hegner-van Rooden, Clementine
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-737424>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Foto: Christoffer Reglid/ARC

TRAGKONSTRUKTION UND FASSADE

Integral und überdimensional

Das Amager Ressource Center hat zwei Hauptmerkmale:
die netzartig strukturierte Fassade aus Aluminiumkästen
und die eingegliederte Tragkonstruktion aus Stahl.
Die Ingenieure von Dr. Lühinger+Meyer und von MOE stärken
mit ihrer Leistung den architektonischen Entwurf von BIG.

Text: Clementine Hegner-van Rooden

Das Amager Ressource Center ist wahrhaft gigantisch: Mit einer Grundfläche von 200×60 m und 90 m Höhe erhebt es sich wie ein Berg aus der flachen Landschaft und ist von weit her sichtbar (vgl. «Ernster Spass», S. 22). Dennoch sind die wahren Dimensionen des solitären, zu einer Rampe geformten Volumens aus der Distanz kaum abzuschätzen – ebenso wenig wie die Funktionen, die sich hinter der einheitlichen Fassade aus massstabslos wirkenden, additiv aufeinander geschichteten Elementen verbergen.

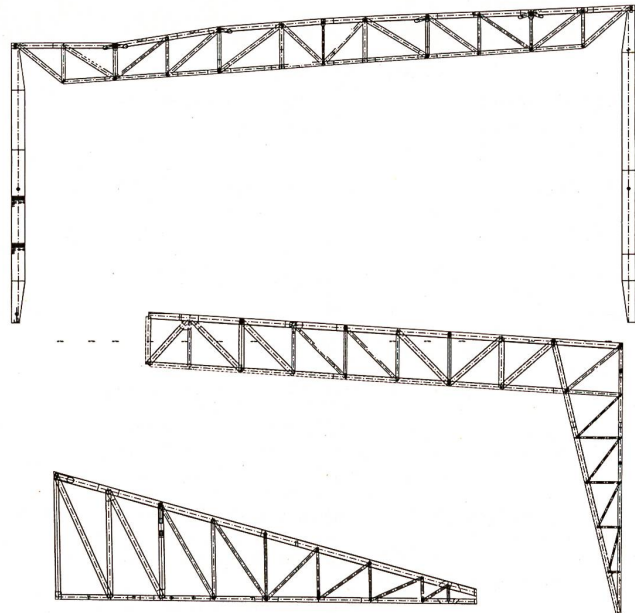
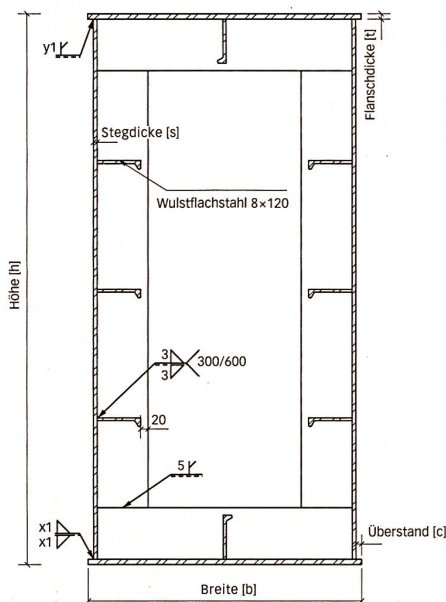
Die Anlage besteht im Innern aus unterschiedlichen funktionellen Einheiten wie Müllbunker, Administrationshochhaus, Maschinen- und Anlieferungshalle, die sich alle in das zu einer Rampe geformte Volumen einfügen. Das Tragwerk gliedert sich in diese Form ein, wobei es entsprechend seiner raumbildenden Funktion aus der Basisstruktur aus Beton und der Superstruktur aus Stahl besteht.

Der Müllbunker ist als konventionelle Betonkonstruktion ausgeführt, und das Administrationshochhaus ist ein elfgeschossiges Gebäude, das aus einer Stahlverbundkonstruktion besteht. Über diese Basis stülpt sich die ganze Stahlrahmenkonstruktion aus vertikalen Hauptträgern (S355 und S460) und dazwischen spannenden Sekundärträgern (S235). Sie generiert einen überdimensionalen Innenraum, hüllt die Maschinen- und die Anlieferungshalle ein und gibt dem Bauwerk zugleich seine markante Form. Die Stahltragelemente bestehen hauptsächlich aus HEA-, Rohr-, Vierkantrohr- und Blechprofilen. Über der Anlieferung spannt ein Fachwerk-Halbrahmen mit einer Spannweite von über 46 m und einer statischen

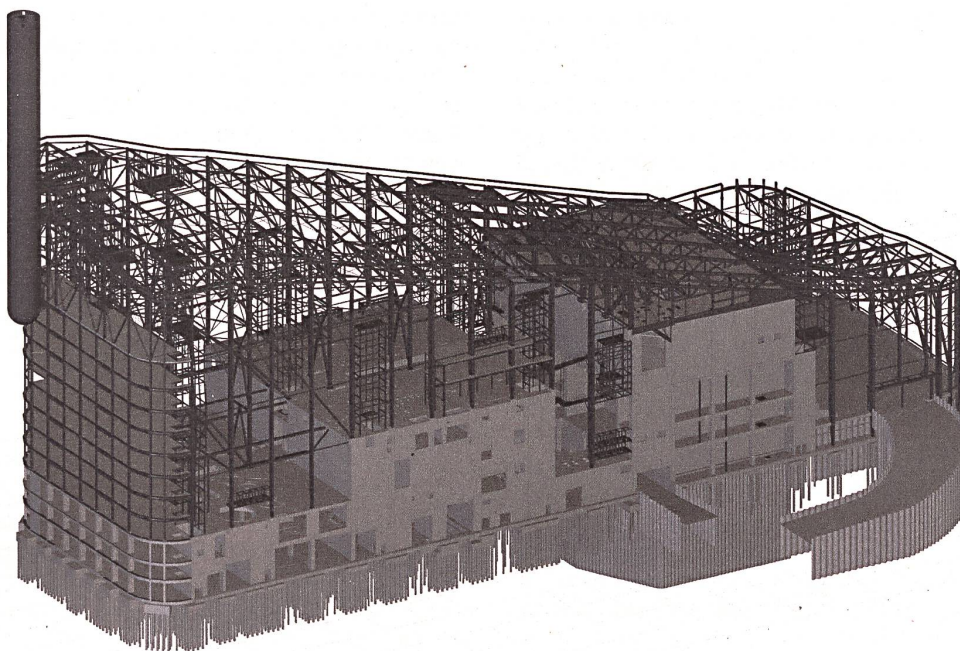
Höhe von bis zu 5 m, über dem Bunker ein 40 m langer Fachwerkträger und über der Prozesshalle wiederum ein 60 m weit gespannter, bis zu 4 m hoher Fachwerkträger, der auf Blechprofilstützen von 500 bzw. 750 mm $\times$ 1000 bzw. 1600 mm lagert. Die Stützen sind bis zu 61 m hoch und stehen alle 10 m in der Fassade. Sie sind die einzige Anknüpfstelle für horizontale und vertikale Lasten aus der Fassadenebene. Ein feingliedrigerer Stützenabstand war wegen der Leitungsführung in der Fassadenebene nicht möglich. Das Gebäudevolumen ist so weit optimiert, dass es genau über die Maschinerie passt und kaum noch freien Raum lässt.

Integrale und homogene Hülle

Die komplexe Tragkonstruktion wird von der charakteristischen Fassade eingehüllt. Obwohl diese an verschiedenen Stellen verschiedene Funktionen erfüllt – an manchen Stellen verhüllt und schliesst sie nur, an anderen dämmt sie zusätzlich –, bildet sie über die gesamte 30000 m^2 grosse Fläche eine einheitliche Haut. Sie erinnert an ein schachbrettartig perforiertes Mauerwerk oder eine widerstandsfähige Schutzmatte. Es scheint, als würden Stahlstifte breitbandige Laschen zu einem Geflecht zusammenfügen, das sich formbar und dennoch steif an das Volumen anschmiegt. Es ist indes der immense Massstab, der dieses feingliedrige Abbild trägt. Tatsächlich sind die Stahlstifte die grossen Blechprofilstützen und die Laschen grosse Hohlkästen, die als Pflanzenkörbe genutzt werden. Dazwischen bilden sich grosszügige Fensteröffnungen von $2.8 \times 1 \text{ m}$.



Statische Systeme der Stahlkonstruktion im Innern der Anlage: ein Fachwerkhalbrahmen über der Anlieferung (Mitte), ein Fachwerkträger über dem Bunker (unten) und ein Rahmen mit Fachwerkträger über der Prozesshalle (oben), deren Stützen aus Blechprofilen mit variablen Abmessungen konstruiert sind (links).



Süd-West-Ansicht des 3-D-Modells der Basis- (Beton, grau) und Superstruktur (Stahl, schwarz). Das Haupttragwerk aus Stahl definiert die komplexe Geometrie und trägt die künftig begrünte Fassade sowie das geneigte Formdach.

Ursprünglich war ein additiver Fassadenaufbau von 1 m Tiefe geplant gewesen – ein in diesem Fall ineffizientes System. Dr. Lüchinger+Meyer entwickelten ein Konstruktionsprinzip, das Synergien zwischen den Fassadenkomponenten und -schichten nutzt. Die Ingenieure wandten sich von der klassischen Bauweise

ab, bei der das Fassadentragwerk von der Fassadenverkleidung getrennt ist. Sie aktivierten die Verkleidung strukturell. Sie übernahmen die Abmessungen und Formen, die gestalterisch ohnehin gegeben waren, und nutzten sie statisch. Jeder einzelne Hohlkasten ist entsprechend seinen funktionellen Rahmenbedin-



Bauherrschaft
Amagerforbrænding,
Dänemark (ARC I/S
Amager Ressourcecenter)

Architektur
BIG – Bjarke Ingels Group,
Kopenhagen

Tragwerk
MOE, Dänemark

Stahlbauunternehmung
Züblin Stahlbau GmbH,
Hosena (D)

**Fassadenplanung, Vor-
projekt bis Ausschreibung**
Dr. Lüchinger+Meyer
Bauingenieure, Zürich

**Unternehmen Projekt-
entwicklung Fassade**
(Mock-up)
Tuchschmid, Frauenfeld

Fassadenprüfungen
Kompetenzzentrum
Fassaden- und Metallbau,
Hochschule Luzern

**Ausführungsplanung
und Herstellung Fassade**
Sipral, Prag

Fassadenkonstruktion
25000 m² Stahlsandwich-
paneele ummantelt,
Aluminiumhohlkästen

Korrosionsprüfungen
Empa, Dübendorf

Rauchring-Generator
Realities: United, Berlin

Technische Einrichtungen
Gesamtplanung und Ko-
ordination: Rambøll Group,
Kopenhagen; Ofen, Kessel:
Babcock & Wilcox Vølund,
Esbjerg (DK); Turbinen, Ge-
neratoren, CMS, Elektrizität:
Siemens Danmark A/S; Rauch-
gasreinigung: LAB, Lyon (F)

Landschaftsarchitektur
Topotek 1/Man Made Land,
Berlin



Wettbewerb
Entscheid 2011; Teilnehmen-
de: Gottlieb Paludan Arkitek-
ter, Kopenhagen; Dominique
Perrault Architecture, Paris;
Wilkinson Eyre Architects,
London/Hongkong; 3XN,
Kopenhagen/Stockholm/
Sydney/New York; Lund-
gaard og Tranberg Arkitek-
ter, Kopenhagen; BIG, Kopen-
hagen/New York/London

Projektierung
2011–2014

Ausführung Rohbau
2015–2016

Fertigstellung Rohbau
2016

Start Testbetrieb
2017

Offizielle Einweihung
Herbst 2018

Nutzung
Kehrichtverwertungsanlage,
Sportanlage (Dach)

Volumen
41000 m³

Tragsystem
Binderunterstütztes
Träger-Stützen-System
mit unterschiedlichen
Tragbalken im Dach

Konstruktionsart
Stahlrahmenkonstruktion

Tonnage
7500 t Stahl,
LEK 2015

Stahlsorten
S355 und S460 für das
Haupttragwerk und S235 für
das sekundäre Tragwerk

**Brand- und
Oberflächenschutz**
Material roh

**Energieeffizienz/
Nachhaltigkeit**
LEK 2015

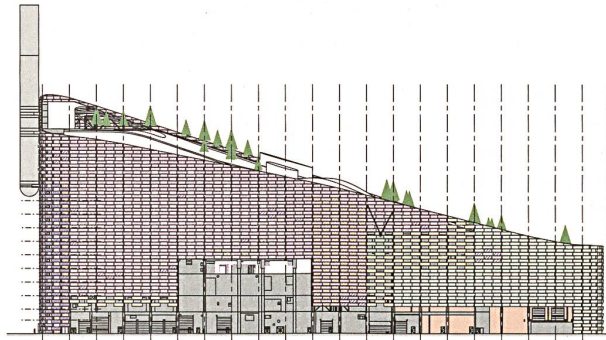
Kosten
530 Mio. Euro



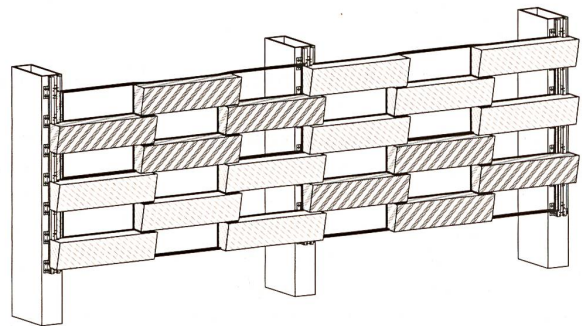
Einhub des ersten Dachbinders mit 90 t.



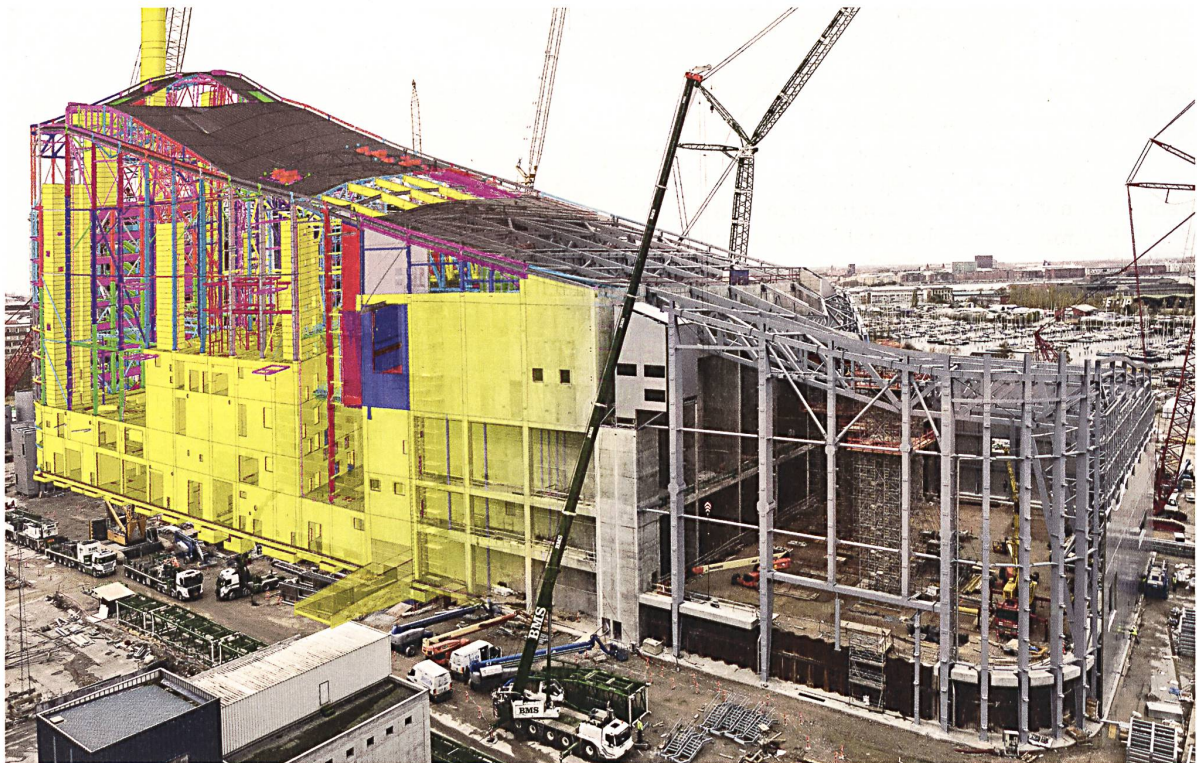
Fertigung von Fassadenelementen in der Produktionshalle von Tuschmid in Frauenfeld.



Trotz ihrem einheitlichen Erscheinungsbild erfüllt die Hülle an verschiedenen Stellen unterschiedliche Funktionen, entsprechend den funktionellen Einheiten im Gebäudeinnern. Die Farben im Plan kennzeichnen, ob die Einheiten dämmen oder nicht.



Ein vorfabriziertes Fassadenelement setzt sich aus mehreren Hohlkästen zusammen. Ein einzelnes so entstehendes Element bildet zwischen den Hauptstützen das statische System eines einfachen Balkens mit 10 m Spannweite.



Grafische Überlagerung des 3-D-Modells mit der Realität auf der Baustelle.

gungen geformt und torsionssteif zusammengesetzt. Das zusätzliche Tragwerk, das ergänzend zum Haupttragwerk die Hohlkästen hätte tragen sollen, wurde obsolet.

Die Hohlkästen fügen sich präzise ineinander, und ihre Länge ist auf die Haupttragkonstruktion abgestimmt. Zwischen den Blechprofilstützen sind überlappend verschweisste oder verschraubte Hohlkastenpakete aufgespannt. Diese Pakete sind symmetrische Arrangements aus vier oder fünf Hohlkästen. Das Fünfelement bildet eine H-Form, das Gegenstück ist aus vier Steinen zusammengesetzt (Abb. S. 30). Die so kombinierten Elemente bilden das statische System eines einfachen Balkens, der auf den flankierenden Stützen lagert. Die Torsionskräfte, die infolge horizontaler Kräfte auf ein asymmetrisches Paket entstanden wären, heben sich auf.

Dünnwandige Hohlkästen aus Aluminium

Die Ingenieure führten mit den Architekten eine detaillierte Abklärung der Materialisierung und der Konstruktion der Fassade durch. An massstäblich gefertigten Musterelementen in Aluminium und Stahl untersuchten sie die Machbarkeit, die Oberflächenbeschaffenheit und -qualität, den Korrosionsschutz, die Toleranzen sowie den terminlichen Verzug durch das Verzinken. An einem finalen Mock-up prüften die Planenden das entwickelte System auf seinen Widerstand, die Windwirkung, die Luftdurchlässigkeit und die Wasserdichtigkeit.

Neben der Produktion und dem Transport standen bei der Dimensionierung und der Materialisierung vor allem die Optimierung des Materialverbrauchs im Vordergrund. Dass eine Reduktion der Blechstärke um lediglich 0,5 mm bereits zu einer Materialersparnis von 50 t Aluminium oder 140 t Stahl führte, zeigt die Effektivität einer präzisen Bemessung. Die Ingenieure erreichten denn auch eine signifikante Reduktion der Blechstärken von den ursprünglich ermittelten 7 mm bis auf 5,5 mm, an manchen Stellen sogar auf 4,5 mm Stärke. Die Durchbiegung der Elemente blieb aufgrund der unveränderten statischen Höhe klein. Allerdings waren die Bleche aufgrund der ausgeprägten Schlankheit beulgefährdet. Mittels der versierten Anwendung von FE-Programmen und dem entsprechenden Hintergrundwissen zu nichtlinearen Berechnungen ermittelten die Ingenieure die optimierte Blechstärke und erreichten eine stabile und dennoch sehr schlanke Konstruktion. Die Rippen im Bereich der Krafteinleitung waren dabei Teil der Materialoptimierung.

Die Materialisierung der Hohlkästen blieb während der Planung bis zum Kostenvoranschlag offen, um den spezifischen Rahmenbedingungen optimal begegnen zu können. Aufgrund seiner strukturellen Effizienz favorisierten die Planer den Stahl. Eine entsprechende Kostenanalyse zeigte allerdings, dass bei roh belassenem Aluminium und unter Berücksichtigung aller wegfallenden Vor- und Nachbearbeitungen sowie Unterhaltsarbeiten Aluminium attraktiver wird.

Gelungene Synthese von Ingenieurwesen und Architektur

Die Weiterentwicklung des Fassadensystems vom additiven zum integralen System war aus architektonischer und statischer Sicht vorteilhaft. Mit der entworfenen Formgebung und der errechneten Materialstärke erreichten die Planenden ein in vielen Belangen effizientes Fassadenpaket – es integriert statische und architektonische Komponenten, es erfüllt montage- und transportspezifische Aspekte, indem es auf einen Sattelschlepper passt und vor Ort auf nur wenige Millimeter genau in die Fassade eingesetzt werden kann, und es erfüllt neben den strukturellen und statischen Aspekten auch energetische Ansprüche, indem es beispielsweise im Bereich des Administrationshochhauses auch Fenster, Dämmung und Abdichtung aufnimmt.

Die Tragkonstruktion ist Teil der Architektur. Sie fügt sich passgenau in die komplexe Geometrie der Anlage und trägt die künftig begrünte Fassade sowie das Formdach. Damit wird einerseits der architektonische Entwurf gestärkt und andererseits die Konstruktion nicht nur auf tragwerksspezifischer Ebene, sondern ebenso mit visuellen, gestalterischen und technischen Aspekten begründet. Letztlich bedingen sich Architektur und Tragwerk. •

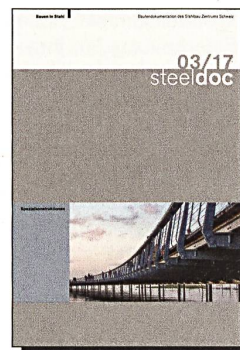
Clementine Hegner-van Rooden, Dipl. Bauing. ETH, Fachjournalistin BR und Korrespondentin TEC21, clementine@vanrooden.com



Alle bisher erschienenen Beiträge zum Thema Stahlbau finden Sie in unserem digitalen Dossier www.espazium.ch/stahl



Dieser Artikel ist in geänderter Form zuerst erschienen in «steeldoc 03/17». steeldoc ist die Bautendokumentation des Stahlbau Zentrums Schweiz. Sie entsteht in Zusammenarbeit mit *espazium – Der Verlag für Baukultur* und zeigt in drei bis vier Themenheften pro Jahr aktuelle Stahlbauten mit einem Fokus auf konstruktive Details. Herausfordernde Dimensionen und besondere Aufgaben zeichnen die Projekte in der aktuellen Ausgabe aus.



Stahlbau Zentrum Schweiz (Hrsg.): **steeldoc 03/17 – Spezialkonstruktionen.** SZS, Zürich, 2017, 28 S., 21 × 29,7 cm, deutsch; zahlreiche farbige Pläne und Abbildungen, ISSN 0255-3104, Fr. 18.– pro Einzelheft, 40 Fr. für das Jahresabonnement.

Die Publikation können Sie bestellen auf www.szs.ch/steeldoc