

Hallen aus Stahl Planungsleitfaden



1 Glossar	Seite 4
2 Hallenkonstruktionen in Stahlskelettbauweise	Seite 6
3 Tragstrukturen	Seite 8
4 Bemessung	Seite 27
5 Gebäudehülle	Seite 28
6 Brandschutz	Seite 32
7 Korrosionsschutz	Seite 33
8 Integration der Systeme	Seite 34
9 Nachhaltigkeit	Seite 36
10 Ausgeführte Projektbeispiele	Seite 38
11 Technische Regelwerke und Normen	Seite 53

Impressum:

Hallen aus Stahl
Planungsleitfaden
Nr. B 401

Überarbeiteter Nachdruck der Dokumentation 534
des Stahl-Informations-Zentrums

Herausgeber:
bauforumstahl e.V. | Sohnstraße 65 | 40237 Düsseldorf
Postfach 10 48 42 | 40039 Düsseldorf
T: +49(0)211.6707.828 | F: +49(0)211.6707.829
zentrale@bauforumstahl.de | www.bauforumstahl.de
www.facebook.com/bauforumstahl | www.stahlbauverbindet.de

Januar 2011, aktualisierte Ausgabe Januar 2015

Ein Nachdruck dieser Publikation – auch auszugsweise –
ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers
bei deutlicher Quellenangabe gestattet.

Autoren:

Friedrich Grimm, Freier Architekt
Ronald Kocker, bauforumstahl e.V.

Schlussredaktion:

Ronald Kocker

Zeichnungen:

Friedrich Grimm, Ronald Kocker, Michael Schnaubelt

Titelbild:

SANAA Produktionshalle, Vitra Campus Weil am Rhein

Bildnachweis:

Titelbild: Julien Lanoo

Bild 1: ProKilo-Markt, Kerschgens Stahl & Mehr GmbH

Bild 60: Jan-Oliver Kunze

Bilder ab Seite 38:

Produktionshalle für Großprodukte, KSB AG:

HEENE+PRÖBST GMBH ARCHITEKTEN INGENIEURE

Amada Solution Center: Holger Knauf

BLANCO Logistikzentrum: RMA | Reichardt-Maas-Assoziierte

Architekten

Cité du Design: Jan-Oliver Kunze

A380-Wartungshalle: Jürgen Schmidt | S. 47 unten rechts

Lufthansa

Dornier Museum Friedrichshafen: Jens Passoth

Ener[gie]nger: S. 50 oben und S. 51 Mitte: Roland Weegen |

S. 50 unten: peterlorenzateliers | S. 51 oben rechts:

Fa. Gienger

S. 52: Nicole Berganski

Vorwort

Anliegen dieser Broschüre ist es, planenden Architekten und Ingenieuren ein grundlegendes Verständnis des Hallenbaus mit Stahl zu vermitteln. Dabei wurde zum überwiegenden Teil auf die nicht mehr aufgelegte Dokumentation 534 des Stahl-Informationszentrums zurück gegriffen. Inhaltlich wurden Aspekte der Bemessung von Hallen, der Energieeffizienz, der Thematik des nachhaltigen Planungsprozesses sowie des Brand-schutzes überarbeitet bzw. ergänzt.

Beim Bau von Hallen – großen stützenfreien Räumen – kommen die Vorzüge des Baumaterials Stahl voll zum Tragen. Wie kein anderer Werkstoff ist Stahl in der Lage, die Lasten mit vergleichsweise schlanken Elementen abzutragen. Die Möglichkeit, ein Tragwerk in millimetergenau vorgefertigten Montageeinheiten herzustellen, die auf der Baustelle durch Schraub- oder Schweißverbindungen gefügt werden, ist nur einer der vielen Vorteile des Bauens mit Stahl.

Die Entscheidung für den Werkstoff Stahl bedeutet die Verwendung spezialisierter, an ihre jeweilige Aufgabe angepasster Bauteile. Das Tragwerk, die Hüllkonstruktion und die Elemente des Technischen Ausbaus sind im Stahlskelettbau als voneinander unabhängige Systeme ausgebildet. Es ist die Aufgabe von Architekt und Ingenieur, diese unterschiedlichen Systeme im konstruktiven Entwurf eines Hallenbauwerks zusammenzuführen. Beim Bauen mit Stahl können sowohl im Planungs- als auch im Bauprozess die Vorzüge des industriellen Bauens genutzt werden. Darüber hinaus erfüllt das Bauen mit Stahl hinsichtlich Herstellung, Verarbeitung, Dauerhaftigkeit und der Möglichkeit einer vollständigen Wiederverwertung des Materials die hohen Ansprüche, die heute aus ökologischer Sicht an einen Werkstoff gestellt werden.

In der vorliegenden Dokumentation werden zuerst die im Hallenbau verwendeten Fachbegriffe erklärt. Als nächstes werden allgemeine Fragen wie die Verwendung von Pfetten, die Stabilisierung der Konstruktion gegenüber horizontalen Lasten, die Möglichkeiten der Gründung sowie der Einbau von Kranbahnen behandelt. Dann wird ein Überblick über unterschiedliche Tragstrukturen für die Konstruktion einer Halle gegeben. Die Strukturformen werden in Stützen- und Bindertragwerk, Rahmen-tragwerk, Bogentragwerk und Raumtragwerk gegliedert und in Bezug auf ihre jeweiligen Eigenschaften, ihr Tragverhalten und ihre Variationsmöglichkeiten erläutert.

Die unterschiedlichen Funktionen der Gebäudehüllkonstruktion werden erläutert. Einige typische Konstruktionen für Dach und Wand werden vorgestellt und in maßstäblichen Schnittzeichnungen erklärt. Das Kapitel „Integration der Systeme“ zeigt die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Systeme und stellt ganzheitliche Ansätze für den konstruktiven Entwurf einer Halle vor. Außerdem wird auf die Grundlagen des Brand-schutzes und des Korrosionsschutzes eingegangen. Schließlich werden im Beispielteil ausgewählte Hallenbauten präsentiert.

Die Stützenfreiheit großer Räume ist nicht selbstverständlich, dahinter verbirgt sich immer das erfolgreiche Bemühen, den Einfluss der Schwerkraft zu überwinden. Etwas Besseres als der Baustoff Stahl für diese Aufgabe ist kaum vorstellbar, entfaltet er doch gerade dort, wo es darum geht, große Spannweiten scheinbar mit Leichtigkeit zu überbrücken, sein volles Potenzial.

Friedrich Grimm
Freier Architekt, Stuttgart

Ronald Kocker
Fachberater bauforumstahl e.V., Büro West (Düsseldorf)

1 | Glossar

Außenschale

Wetterhaut der Hüllkonstruktion. Sie schützt die Dämmung vor Durchfeuchtung und ist der von außen sichtbare Teil der Gebäudehüllkonstruktion.

Aussteifung

Die Gesamtheit aller Tragglieder, die die Ableitung der horizontalen Lasten in den Baugrund übernehmen. Neben der Windbelastung sind gegebenenfalls Anpralllasten und horizontale Belastungen aus Kranbahnbetrieb zu berücksichtigen.

Binder

Biegebeanspruchtes Haupttragelement (Träger) der Dachkonstruktion.

Binder- und Stütztragwerk

Tragsystem, bei dem Binder (Träger) mit Stützen verbunden sind und eine Haupttragrichtung definieren. Die Nebentragrichtung kann von Pfetten (Nebenträger) oder flächenförmigen Elementen (z. B. Profilbleche) gebildet werden.

Bodenplatte

Flächenförmiges Tragelement zur Aufnahme statischer und dynamischer Lasten.

Bogentragwerk

Vorwiegend druckbeanspruchtes Tragsystem aus gebogenen oder bogenförmig aneinandergereihten Tragelementen. Statisch unterscheidet man Zweigelenkbögen, Dreigelenkbögen und eingespannte Bögen.

Dachdichtung

Die Wasserdichtigkeit ist eine wichtige Funktion der Gebäudehülle. Grundsätzlich unterscheidet man ableitende und abdichtende Konstruktionssysteme. Bei ableitenden Systemen sind die einzelnen Elemente der Außenschale zur Ableitung des Niederschlagswassers übergreifend im Gefälle verlegt. Bei abdichtenden Systemen ist die wasserführende Schicht einer Dachkonstruktion als zusammenhängende Dichtung ausgebildet.

Dachentwässerung

Die Dachentwässerung erfolgt beim Flachdach über Einlauf und bei geneigten Dächern über Rinne und Fallrohr.

Dampfsperre

Sperrschicht zur Unterbindung der Wasserdampfdiffusion. Die Dampfsperre wird an der Innenseite der Hüllkonstruktion angeordnet.

Eingespannte Stütze

Tragelement zur Einleitung von vertikalen und horizontalen Kräften sowie Biegemomenten in das Fundament.

Element-Fassade

Tragsystem der Gebäudehülle aus vorgefertigten Einheiten. Charakteristische Merkmale einer Elementfassade sind vertikale und horizontale Bewegungsfugen zwischen den Elementen.

Fachwerk

Tragelement aus normalkraftbeanspruchten Traggliedern, die untereinander gelenkig verbunden sind und Dreiecke bilden.

Fassade

Vertikaler Teil der Gebäudehülle (Außenwand).

Gründung

Gesamtheit der Maßnahmen zur Einleitung aller auf ein Bauwerk einwirkenden und durch ein Bauwerk verursachten Belastungen in den Baugrund. Man unterscheidet Einzelfundamente, Streifenfundamente, Plattenfundamente und Pfahlgründungen.

Heizungsanlagen

Gesamtheit aller technischen Einrichtungen zum Beheizen einer Halle. Dabei unterscheidet man lufttechnische Anlagen und Strahlungsheizungen.

Hinterlüftung

Im Wand- und Dachbereich durchgängiger, durch Lufteintritts- und Luftaustrittsöffnungen mit der Umgebungsluft in Verbindung stehender Luftspalt zwischen der Außenschale und der Wärmedämmung.

Hüllkonstruktion

Gesamtheit aller Bauteile, die einen Innenraum gegenüber dem Außenraum abgrenzen.

Innenschale

Bauteil für den innenseitigen Raumabschluss. Gebräuchliche Innenschalen sind zum Beispiel Trapezbleche im Dachbereich und Stahlkassettenprofile im Wandbereich.

Kaltdach

Hinterlüftete, mehrschalige Dachkonstruktion, bei der die wetterseitige Schicht durch einen Luftraum von der Dämmschicht getrennt ist.

Knotenpunkt

Kraftschlüssige Verbindung von mindestens zwei Traggliedern.

Krananlagen

Krananlagen dienen zum Heben und Versetzen von Lasten. Man unterscheidet flur- und korbgesteuerte Krane.

Luftheizung

Beheizung einer Halle mit Warmluft. Eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Warmluft ist nur mit relativ aufwendigen Verteilungssystemen und großen Leitungsquerschnitten möglich.

Mast

Stabförmiges, druck- und biegebeanspruchtes – in abgespannten Tragwerken überwiegend druckbeanspruchtes –Tragelement.

Pendelstütze

Beidseitig gelenkig angeschlossenes Tragelement zur Einleitung vertikaler und horizontaler Kräfte in das Fundament.

Pfette

Tragglied im Dachbereich zur Aufnahme der Dacheindeckung.

Pfosten-Riegel-Konstruktion

Tragwerk aus vertikalen Pfosten und horizontalen Riegeln zur Aufnahme der Fassade.

Rahmenecke

Die biegesteife Verbindung von Rahmenstiel und Rahmenriegel. Man unterscheidet geschweißte und geschraubte Rahmenecken.

Räumliches Tragwerk

Druck-, zug- oder biegebeanspruchtes Tragsystem, bei dem die Lasten möglichst gleichmäßig in mindestens zwei Richtungen abgetragen werden.

Stiel

Vertikales Tragglied im Wandbereich zur Aufnahme der Fassade sowie zur Ableitung der vertikalen Fassadenlasten und horizontalen Windlasten.

Strahlungsheizung

Bei Strahlungsheizungen unterscheidet man Niedrig- und Hochtemperatursysteme. Das Medium für den Wärmetransport ist Wasser. Wasser benötigt vergleichsweise kleine Rohrquerschnitte für Vor- und Rücklauf.

Tore

Tore sind Konstruktionen zum Öffnen und Schließen großformatiger Wandbereiche. Man unterscheidet Schiebetore und Hubtore, Falttore und Schiebefalttore, Rolltore und Sektionaltore.

Wärmedämmung

Stoffe mit relativ geringer Rohdichte und kleiner Wärmeleitfähigkeit. Gebräuchliche Dämmmaterialien sind z. B. Mineralwolle, geschäumte Kunststoffe und Porenbeton.

Warmdach

Einschalige Dachkonstruktion, die aus mehreren Schichten aufgebaut ist. Die wetterseitige Schicht kann mit und ohne zusätzlich aufliegender Schutzschicht (z. B. Kiesschüttung, Begrünung) ausgeführt werden.

Rahmenfirstpunkt

Bei Satteldächern der Scheitelpunkt eines Rahmenriegels, der beim Zweigelenrahmen biegesteif und beim Dreigelenkrahmen gelenkig ausgebildet wird.

Rahmentragwerk

Tragsystem aus Rahmenstiel und Rahmenriegel, die untereinander biegesteif verbunden sind. Man unterscheidet ein- und zweihüftige Rahmen, Zwei- und Dreigelenkrahmen sowie eingespannte Rahmen.

Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

Im Brandfall automatisch öffnende Teile der Gebäudehülle, die im Dach- und Wandbereich angeordnet werden können.

Tragwerk

Ein Tragwerk ist die Gesamtheit der untereinander in Verbindung stehenden Tragglieder. Seine Funktion besteht darin, die an einem Gebäude angreifenden Lasten in den Baugrund abzuleiten.

Voute

Örtliche Aufweitung einer biegesteifen Verbindung, meist dreiecksförmig, an einer Rahmenecke.

Wandriegel

Horizontales Tragglied im Wandbereich zur Aufnahme der Fassade sowie zur Ableitung der vertikalen Fassadenlasten und horizontalen Windlasten.

2 | Hallenkonstruktionen in Stahlskelettbauweise

Der Werkstoff Stahl

Kein anderer Werkstoff wird in so vielen unterschiedlichen Anwendungsbereichen zur Erzielung hervorragender Endprodukteigenschaften eingesetzt. Die Vielfalt der Eigenschaften, kombiniert mit den zahlreichen Lieferformen als Bleche, Rohre, Profile, Träger, Stäbe, Drähte oder Seile, machen Stahl zu einem unentbehrlichen Werkstoff in nahezu allen Bereichen der Technik.

Der Stahl erhält seine breite Palette von Verwendungseigenschaften durch eine große Anzahl unterschiedlicher herstellungstechnischer Verfahren. Bestimmte Gefügestände lassen sich durch metallurgische Maßnahmen oder gezielte Wärmebehandlungen erreichen. Verschiedene Arten der Oberflächenbehandlung eröffnen weitere Anwendungsfelder. Die an den Stahl gestellten Anforderungen können seine physikalischen oder seine chemischen Eigenschaften betreffen.

Überall dort, wo hohe Tragfähigkeit gefragt ist, wo es beim Bauen gilt, große Höhen zu erreichen, extreme Spannweiten zu überwinden, aber auch dort, wo hohe Belastbarkeit und geringes Gewicht gefordert werden, wie zum Beispiel im Fahrzeugbau, ist Stahl ein optimaler Werkstoff.

Stahlprodukte können wiederholt eingesetzt werden. Ist eine Verwendung in der ursprünglichen Form nicht möglich, so werden sie eingeschmolzen und gehen ohne Qualitätsverlust wieder in neue Produkte ein. Fast 50 % der Weltrohstahlerzeugung wird aus Schrott erschmolzen. Kein anderer Baustoff hat eine vergleichbar hohe Recyclingrate.

Bauen mit Stahl

Stahlbauelemente gelangen in festen Abmessungen zum Bauplatz und werden dort durch Schraub- und Schweißverbindungen gefügt. In den millimetergenau vorgefertigten Bauteilen zeigt sich die mit Stahl mögliche Präzision, die es erlaubt, Abmessungen, Zuschnitt und Montage der Werkstücke exakt zu planen. Die Zahl der auf der Baustelle auszuführenden Verbindungen wird durch Transportmaße, Krangewichte und die Bewegungsfreiheit auf der Baustelle bestimmt. Dies ist ein entscheidender Vorteil, der den Stahlbau von anderen Bauweisen unterscheidet. In Zukunft wird diese Bauweise daher stark an Bedeutung gewinnen.

Industrialisiertes Bauen heißt: Verwendung spezieller Bauelemente, Serienfertigung der Einzelkomponenten des Bauwerks, Typisierung der Anschlüsse und Verbindungen, maschinelle Bearbeitung der Werkstücke, weitgehende Vorfertigung von Bauwerksteilen in der Werkstatt und exakt geplante Montage und Bauprozesse.

Eine Halle aus Stahl erfüllt in exemplarischer Weise die Anforderungen, die heute an ein hochwertiges Industrieprodukt gestellt werden. Die Herstellung der Tragelemente erfolgt in Stahlbauwerkstätten mit Hilfe rechnergestützter Planungs- und Fertigungsverfahren. Die hohe Tragfähigkeit von Stahl in Verbindung mit einer an den Werkstoff angepassten Tragstruktur ermöglicht ein günstiges Gewicht des Tragwerks, was zur Ausbildung vergleichsweise kleiner Fundamente führt. Geschraubte Montageverbindungen und das relativ geringe Gewicht der Bauteile sind vorteilhaft bei Transport und Montage.

Für die Konstruktion der Gebäudehülle stehen Bauteile aus oberflächenveredeltem Feinblech zur Verfügung: Aus Trapezblechen wird die Dachkonstruktion gebildet, mit Stahlkassettenprofilen werden Wandkonstruktionen hergestellt, Sonderprofile dienen als Vorsatzschale bei der Konstruktion einer regen- und winddichten Außenhaut. PUR-Sandwichelemente schließlich sind integrierte Bauelemente zur Konstruktion von Dach und Wand, bei denen Wärmedämmfunktion sowie außen- und innenseitiger Raumabschluss in einem Bauteil vereinigt sind.

Hallen aus Stahl als architektonische Aufgabe

Innerhalb unserer Industriekultur sind Hallen weit verbreitet und praktisch in jedem Gewerbegebiet zahlreich vertreten. Die städtebauliche und architektonische Qualität vieler Gewerbegebiete ist von zahlreichen Faktoren beeinflusst, z. B. dem Bebauungsplan, der Heterogenität der Nutzungen, Baukörper und Bauweisen, bis hin zur Qualität des einzelnen Bauwerks. Stahl als Baumaterial bietet zahlreiche Möglichkeiten, auch dem Anspruch einer guten Gestaltung Genüge zu tun.

Eine Halle ist zumeist kein solitärer Baukörper. Wenn Büro- und Verwaltungsbereiche, Werkstätten und Technikräume sowie Nebenräume und Vordächer nicht als Einheit mit der Halle geplant sind, können sie als maßstabsfremde Elemente die einfache und klare Gestalt des Baukörpers beeinträchtigen. Gute Beispiele zeigen jedoch, dass diese Elemente so entwickelt werden können, dass sie zum Baukörper der Halle passen oder eine Einheit mit ihm bilden.

Wirtschaftlichkeit

Bei Hallen spielt die Ökonomie des Tragwerks eine entscheidende Rolle. Mit zunehmender Spannweite wird es wichtiger, optimiert zu planen und Materialeinsatz, Herstellungskosten und Montageaufwand zu minimieren. Dies gelingt mit der Ausbildung adäquater Tragwerke.

Da das Tragwerk als fertiges Produkt nicht verfügbar ist, muss es immer wieder neu an die jeweilige Aufgabe angepasst werden. Dabei ist entscheidend, dass die einzelnen Tragglieder und Tragelemente möglichst exakt an den Kraftfluss innerhalb des Tragwerks angepasst werden.

Hallen haben zumeist großflächige Hüllen. Das erfordert den Einsatz geeigneter Bauprodukte. Dach- und Wandelemente aus oberflächenveredelten Feinblechen sind in ihren Abmessungen für den Raumabschluss großformatiger Felder geeignet. Kleinformatige Bauteile verursachen arbeitsintensive Montagevorgänge.

Flexibilität

Hallen unterscheiden sich im wesentlichen nach ihren Nutzungen. Übliche Hallentypen sind Ausstellungs-, Bahnhofs-, Fabrik-, Flugzeug-, Lager-, Markt-, Sport-, Verkaufs-, Produktions- und Werkhallen. Allen Hallentypen ist eines gemein: Sie sollten im Laufe ihrer Nutzung geänderten Anforderungen angepasst werden können.

Die Stahlhalle bietet hier eine Reihe von Möglichkeiten:

- sie kann in beiden Richtungen einfach und kostengünstig erweitert werden,
- das Stahltragwerk kann örtlich verstärkt werden,
- Dachöffnungen können nachträglich eingebaut werden,
- eine Demontage und Wiedermontage lässt sich, bei geschraubter Ausführung der Konstruktion, preisgünstig durchführen,
- ein Abbau der Konstruktion ist durch 100%iges Recycling des Stahls ausgesprochen umweltfreundlich. Zudem deckt der Schrotterlös einen wesentlichen Teil der Abbaukosten.

Eine immer raschere Folge neuer Produkte fordert von einer Industriehalle ein Höchstmaß an Flexibilität bei der Raumaufteilung, der Medienversorgung und der Umrüstbarkeit, um auf wechselnde Nutzungs- oder Produktionsbedingungen reagieren zu können.

Integrierte Planung

Die Konstruktion einer Halle ist häufig nicht auf die Entwicklung des Tragwerks und einer passenden Hülle beschränkt. Die Gebäudetechnik und produktionsbedingte technische Einrichtungen sind bei der Planung eines Industriebaus von Anfang an zu berücksichtigen. Eine möglichst frühzeitige Zusammenarbeit zwischen Architekt, Tragwerksplaner und Fachingenieuren ist deshalb Voraussetzung für die ganzheitliche Entwicklung eines Hallenbauwerks. Nur eine integrierte Planung kann zu einem Bauwerksentwurf führen, in dem alle Einzelaspekte angemessen berücksichtigt sind.

Gestaltung

Da die Gebäudehülle das Tragwerk vollständig umschließt, ist sie für die Erscheinung eines Hallenbauwerks bestimmend. Das Tragwerk einer Halle ist in der Regel nur von innen wahrnehmbar. Eine an den Kräfteverlauf angepasste Stahlkonstruktion mit ihren präzisen Details und großzügigen geometrischen Ordnung gliedert den Innenraum. Zudem erfordert es nur einen geringen Aufwand, diese Gliederung auch nach außen erkennbar zu machen.

Soll das Tragwerk selbst als wichtiges Gestaltungselement von außen sichtbar sein, ist besonderes Augenmerk auf die Ausbildung der Durchdringungen des Tragwerks mit der Hülle zu richten, um Undichtigkeiten zu vermeiden und Wärmebrücken zu minimieren.

In klaren Baukörpern kommt die von der jeweiligen Tragstruktur vorgegebene Gestalt am besten zum Ausdruck. Es ist deshalb empfehlenswert, erforderliche Anbauten von der Halle abzurücken und sie als eigenständige Baukörper zu entwickeln. Anbauten, die mit den Proportionen der Halle übereinstimmen, können mittels einer Fuge an die Halle angeschlossen werden. Grundsätzlich sollte geprüft werden, ob die im Anbau enthaltenen Funktionsbereiche nicht auch innerhalb der Halle selbst untergebracht werden können.



Bild 1: Tragwerk einer typengeprüften Stahlhalle, ProKilo-Markt, Würselen, Spannweite 20 m

3 | Tragstrukturen

3.1 | Übersicht

Die architektonische Gestalt einer Halle ist die äußere Erscheinung einer bestimmten inneren Struktur. Grundsätzlich kann man gerichtete und ungerichtete sowie zentrierte Strukturformen unterscheiden.

Tragstrukturen, deren Haupttragelemente aus Stützen und Bindern, aus Rahmen oder aus Bögen und deren Nebentragelemente aus Pfetten, Trapezblechen oder Platten bestehen, sind gerichtete Tragstrukturen. Die Tragelemente sind in Längs- und Querrichtung unterschiedlich beansprucht. Die Haupttragglieder stehen in der Regel senkrecht zur Gebäudelängsachse.

Räumliche Tragwerke – wie Trägerroste oder Raumfachwerke – als Tragsysteme sind ungerichtete Tragstrukturen. Die Lastabtragung erfolgt in mindestens zwei Richtungen.

Tragstrukturen, deren Tragelemente wie Speichen auf ein Zentrum hin ausgerichtet sind (Rundhallen), werden als zentrierte Strukturen bezeichnet.

Bauteilanordnungen, die keiner erkennbaren geometrischen Ordnung folgen, können als chaotische Strukturen bezeichnet werden. Sie sind nach dem „Mikadoprinzip“ angeordnet, also rein zufällig. Ihrem Wesen nach widersprechen sie den Prinzipien des industriellen Bauens und sind deshalb für die Konstruktion einer Halle denkbar ungeeignet.

Für alle genannten Strukturformen gilt, dass sie als ebene, einachsig gekrümmte oder zweiachsig gekrümmte Tragwerke realisiert werden können.

Ein gelungener Entwurf berücksichtigt die Bedingungen, die sich aus dem strukturellen Aufbau der Konstruktion ergeben. Die Anordnung der aussteifenden Verbände, der Öffnungen für Belichtung und Belüftung, der Tore, der Kranbahn sowie der Elemente des technischen Ausbaus soll im Einklang stehen mit den geometrischen Vorgaben der Struktur.

Die nebenstehenden Isometrien zeigen unterschiedliche Anordnungen für Binder und Pfetten und verschiedene Aussteifungsmöglichkeiten.

Bei allen gerichteten Tragstrukturen ist die Ausführung der Giebelwandkonstruktion zu bedenken. Ist eine Erweiterung der Halle in Längsrichtung nicht möglich, kann auf einen Endbinder bzw. Endrahmen verzichtet werden. Die Lasten können dann kostengünstiger durch tragende Giebelwandstiele mit einem Randträger abgetragen werden. Ist jedoch eine Erweiterung der Halle in Längsrichtung zu erwarten, ist es vorzuziehen, auch im Giebelwandbereich einen Vollbinder bzw. einen Vollrahmen auszuführen, an den die Giebelwandstiele unmittelbar befestigt werden. Dies erspart Kosten bei einer späteren Erweiterung.

Der Vorteil ungerichteter Strukturen besteht darin, dass alle Tragelemente gleichmäßig an der Abtragung der Vertikallasten beteiligt sind. Dies bedeutet für ein zweiläufiges System die Ausbildung eines quadratischen Konstruktionsrasters. Zu den

ungerichteten Tragwerken gehören zwei- und dreiläufige Roste und Raumfachwerke. Ein Vorzug ungerichteter Tragstrukturen ist ihre Erweiterbarkeit in zwei Richtungen. Die mehrfache Symmetrie ungerichteter Strukturen prädestiniert sie für nicht alltägliche Bauaufgaben.

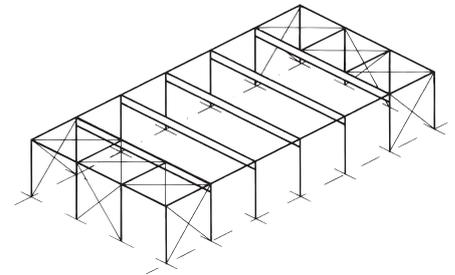


Bild 2 a – Stützen und Binder:
Pfettenlose Konstruktion

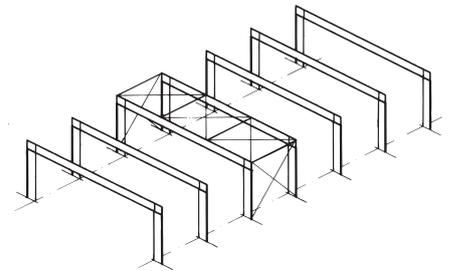


Bild 3 a – Rahmen:
Quer eingespannte Rahmen, pfettenlos

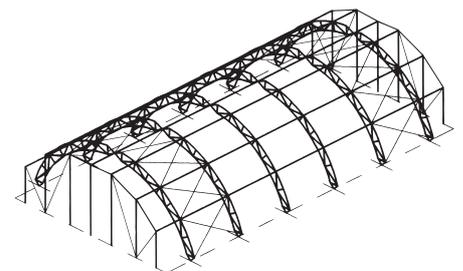


Bild 4 a – Bögen:
Dreigelenkbögen mit Pfetten

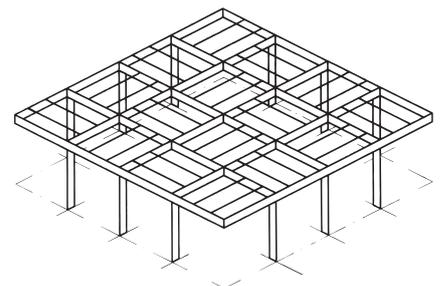


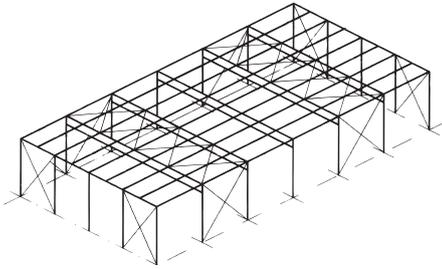
Bild 5 a – Raumtragwerke:
Trägerrost auf eingespannten Stützen

3.2 | Aussteifung

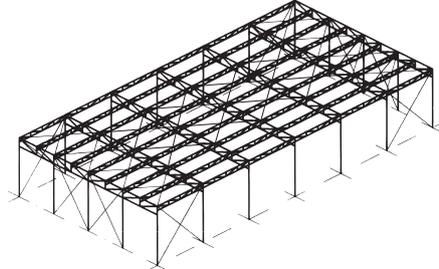
Grundsätzlich muss jedes Hallenbauwerk in Längs- und Querrichtung ausgesteift werden. Die dafür erforderlichen Maßnahmen im Dach- und Wandbereich sind abhängig von der jeweiligen Strukturform des Tragwerks. Rahmen- und Bogentragwerke sind in Querrichtung stabil und erfordern deshalb zusätzliche Aus-

steifungsmaßnahmen nur in Längsrichtung. Tragwerke aus Stützen und Bindern und räumliche Tragwerke müssen in Längs- und Querrichtung ausgesteift werden.

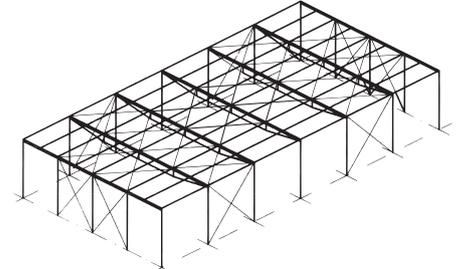
Zur Aussteifung dienen schubsteife Scheiben, steife Kerne und die Einspannung von Stützen, Rahmenstielen oder Bögen. Schubsteife Scheiben im Dach- und Wandbereich können durch Massiv-



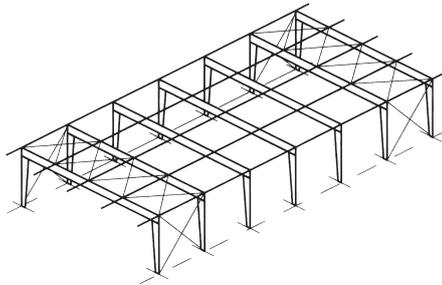
*Bild 2 b – Stützen und Binder:
Halle mit Pfetten*



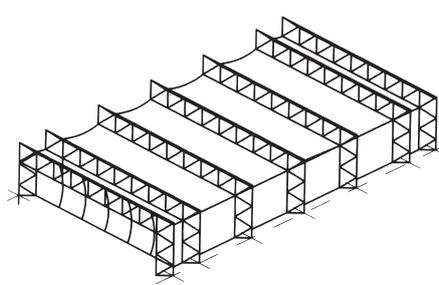
*Bild 2 c – Stützen und Binder:
Fachwerkbinder und Fachwerkpfetten*



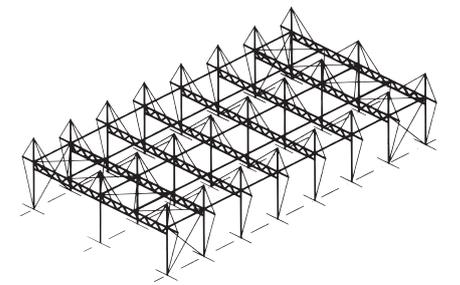
*Bild 2 d – Stützen und Binder:
Unterspannte Binder mit Pfetten*



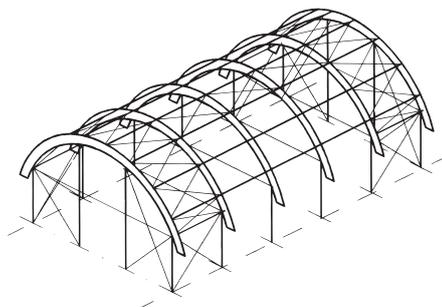
*Bild 3 b – Rahmen:
Zweigelenrahmen mit Pfetten*



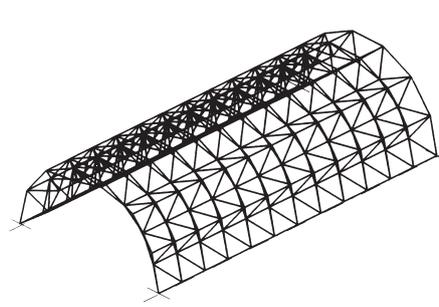
*Bild 3 c – Rahmen:
Dreigurtige Fachwerkrahmen*



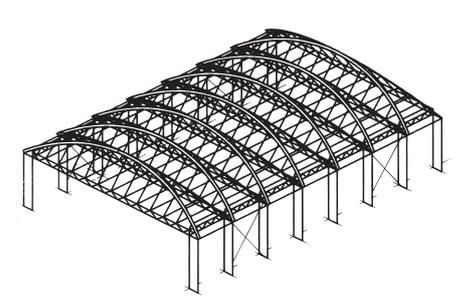
*Bild 3 d – Rahmen:
Abgespannte Rahmen*



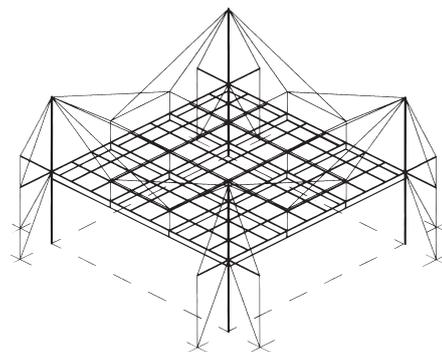
*Bild 4 b – Bögen:
Aufgeständerte Bögen*



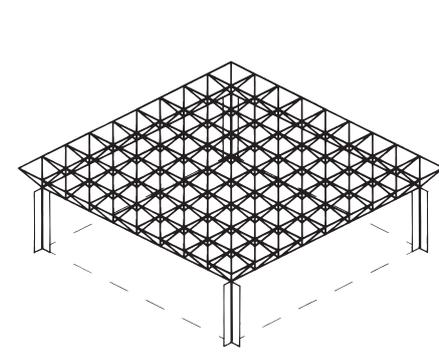
*Bild 4 c – Bögen:
Bogentragwerk als Fachwerk*



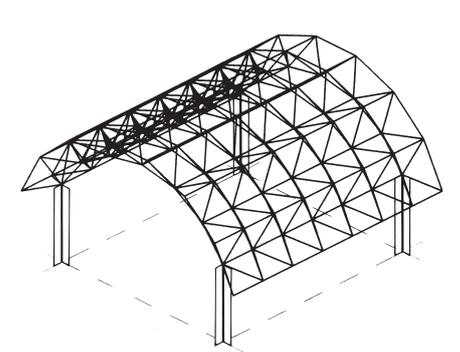
*Bild 4 d – Bögen:
Aufgeständerte Bögen als Fachwerk*



*Bild 5 b – Raumtragwerke:
Abgespannter Rost*



*Bild 5 c – Raumtragwerke:
Ebenes Raumtragwerk auf eingespannten Stützen*



*Bild 5 d – Raumtragwerke:
Gebogenes Raumtragwerk auf eingespannten Stützen*

bauteile oder stahlbaugerecht durch aussteifende Verbände hergestellt werden. Auch mittels der Trapezblechdeckung kann eine Scheibenwirkung erzielt werden.

3.3 | Pfetten

Pfetten haben die Aufgabe, die Dachlasten aus der Dachdeckung zu den Haupttragelementen (Binder, Rahmenriegel oder Bogen) zu leiten. Darüber hinaus können Pfetten als Druckriegel innerhalb aussteifender Verbände dienen. Bei einem Achsabstand der Haupttragelemente bis zu 7 m kann es wirtschaftlich sein, Trapezbleche direkt auf die Träger aufzulegen und pfettenlos zu konstruieren. Größere Achsabstände reduzieren die Anzahl der Haupttragelemente und Fundamente, erfordern jedoch den Einsatz von Pfetten. Im Hallenbau werden als Pfetten warmgewalzte Profile oder dünnwandige, kaltgeformte Profile mit Z- oder C-förmigem Querschnitt verwendet.

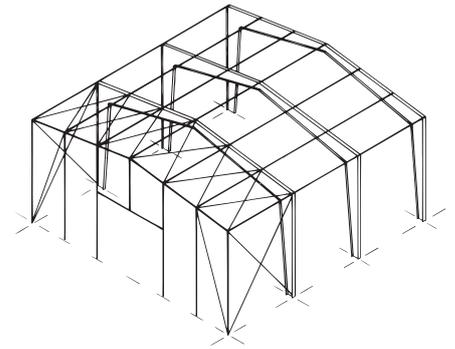


Bild 6 a: Längsaussteifung einer Rahmehalle mit Keuzverbänden und tragender Giebelwand im Endfeld

3.4 | Krananlagen

Bei Krananlagen unterscheidet man, abhängig von der zu bewegendem Last, einfache Hängebahnen mit Elektroseilzügen (Katzbahnen) sowie Brückenkrane. Krananlagen werden in der Regel vom Boden aus bedient (flurgesteuert). Brückenkrane für schwere Lasten werden von einer mitfahrenden Kabine aus bedient (korbgesteuert). Bei Hängebahnen werden die Kranlasten in die Dachkonstruktion eingeleitet, während größere Lasten von Brückenkranen direkt in die Stützen eingeleitet werden.

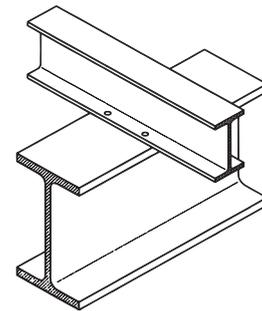


Bild 7 a: Auflagerung für durchlaufende Pfette

3.5 | Gründung

Die Aufgabe der Gründung ist es, alle an einem Bauwerk auftretenden Belastungen in den Baugrund abzuleiten. Für die Kräfteinleitung der aus dem Bauwerk resultierenden Kräfte werden Fundamentkörper aus Stahlbeton ausgebildet. Die Dimensionierung der Fundamente hängt ab von dem Betrag der Lasten (z. B. Eigengewicht, Wind-, Schnee-, Kranlasten), von der Strukturform des Tragwerks und von der Tragfähigkeit des Baugrundes. Gelenkige Stützenfüße tragen vertikale und horizontale Kräfte (Normal- und Querkräfte) ab, während eingespannte Stützen zusätzlich Momente in die Fundamente einleiten.

Neuere Untersuchungen zum Tragverhalten einbetonierter Stahlstützenfüße zeigen, dass Hülsenfundamente auch im Stahlbau eine kostengünstige Alternative sein können. Demnach führen erforderliche Einspanntiefen von häufig weniger als dem Dreifachen der Stahlprofilhöhe zu verhältnismäßig kleinen Fundamentabmessungen.

Die Möglichkeit einer vorteilhaften werkstattseitigen Vorfertigung von Einzelfundamenten sollte immer überprüft werden.

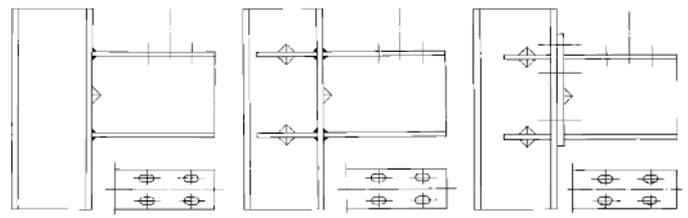


Bild 8 a: Geschweißte und geschraubte Kranbahnkonsolen aus Walzprofilen

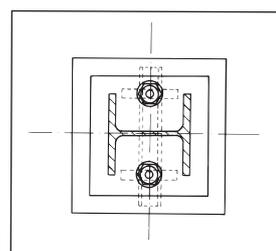
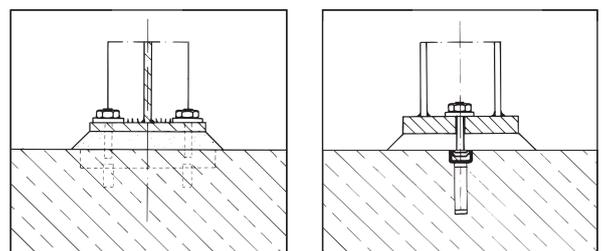


Bild 9 a: Gelenkiger Stützenfuß, leichte Ausführung mit Ankerschiene

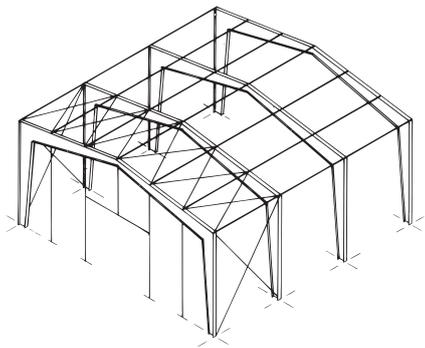


Bild 6 b: Längsaussteifung einer Rahmenhalle mit Kreuzverbänden und Endrahmen für Erweiterung

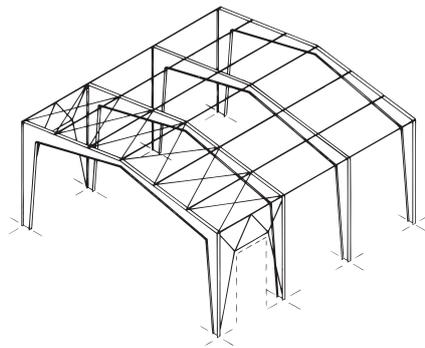


Bild 6 c: Längsaussteifung einer Rahmenhalle mit Sonderverband zur Integration eines Tores im Wandbereich

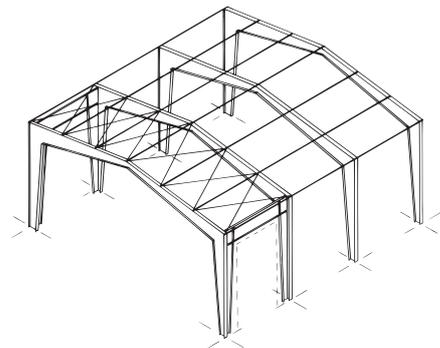


Bild 6 d: Längsaussteifung einer Rahmenhalle mit Portalrahmen zur Integration eines Tores im Wandbereich

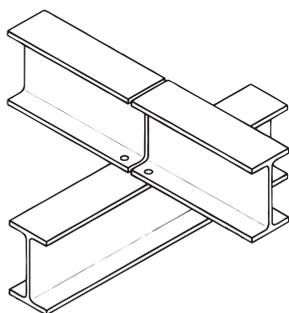


Bild 7 b: Pettenendaufleger

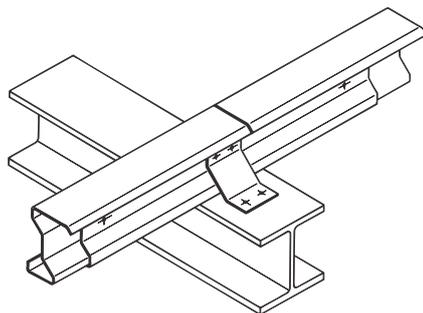


Bild 7 c: Auflagerung einer durchlaufenden Pfette aus kaltgeformtem Z-Profil

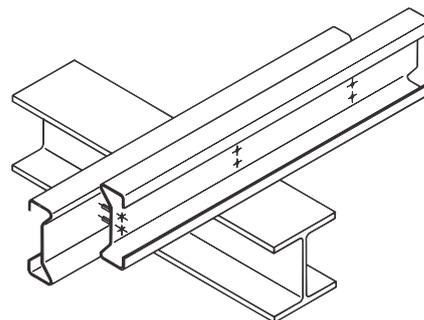


Bild 7 d: Auflagerung einer durchlaufenden Pfette aus kaltgeformtem Sonderprofil

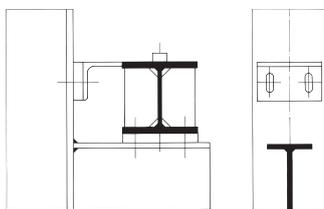


Bild 8 b: Langlöcher in der Konsole zur Feinjustierung der Kranbahn

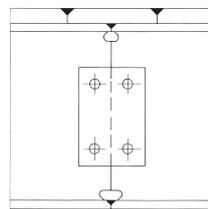
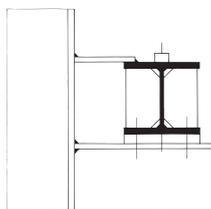


Bild 8 c: Geschweißter Längsstoß der Kranbahn im Auflagerbereich

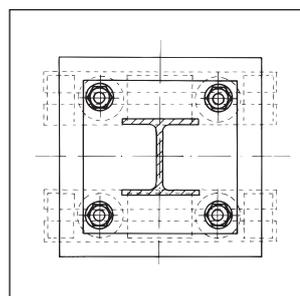
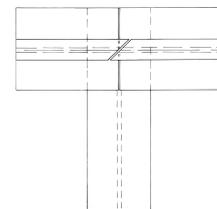
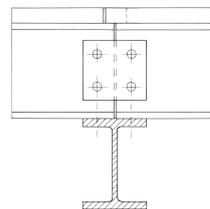


Bild 9 b: Eingespannter Stützenfuß, schwere Ausführung mit Hammerkopfschrauben und Ankerbarren

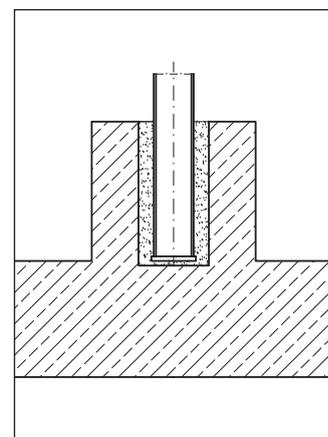
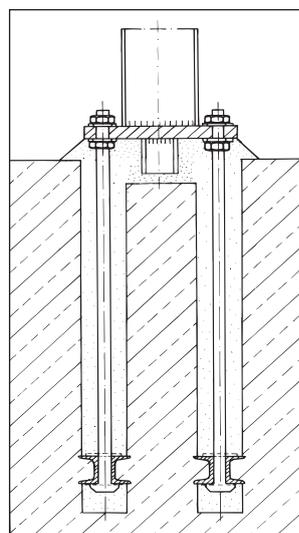
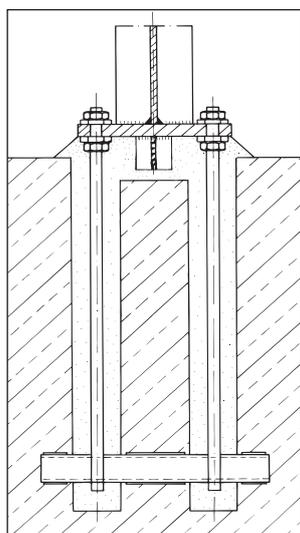


Bild 9 c: Eingespannter Stützenfuß, Hülsenfundament, Typenstatik bauforumstahl

3.6 | Binder und Stützen

3.6.1 | Trageigenschaften

Innerhalb der hier vorgestellten Bauweisen zur Konstruktion einer Halle stellt das System aus Stützen, Bindern und Pfetten und zusätzlichen aussteifenden Verbänden einen Baukasten dar, der vielfältige Variationsmöglichkeiten erlaubt und an große und kleine Spannweiten und unterschiedliche Funktionen anpassbar ist.

Im Hinblick auf den Momentenverlauf stellt das System „Träger auf zwei Stützen“ den ungünstigsten Fall dar. Diese Trägeranordnung führt zu einem maximalen Moment in Feldmitte und damit zu großen Schnittkräften und Verformungen, die durch einen entsprechenden Materialeinsatz kompensiert werden müssen. Träger mit Kragarmen, Zweifeldträger und Durchlauf-

3.6.2 | Stützenformen

Der Stützenquerschnitt wird durch die Art der Beanspruchung geprägt. Reine Pendelstützen ohne Zwischenhalterungen (normalkraftbeansprucht) sollten wegen der allseitig gleichen Knickbeanspruchung aus statischen Gründen in beiden Achsen annähernd gleiche Steifigkeit aufweisen. Bei eingespannten Stützen und Stützen mit Zwischenhalterungen oder mit Kranbahnlasten wird das Profil entsprechend der maximal belasteten Profilhöhe gewählt. Eingespannte Stützen sollten nur dann gewählt werden, wenn eine Lösung mit Vertikalverbänden nicht möglich, die Knicklänge gering ist und viele Stützen zur Horizontallastabtragung aktiviert werden können. Die Einspannung kann über Köcherfundamente oder Ankerbarren erfolgen. Die Ausbildung der Binderanschlüsse und der Fußplatten sollte so erfolgen, dass Aussteifungsrippen möglichst vermieden werden.

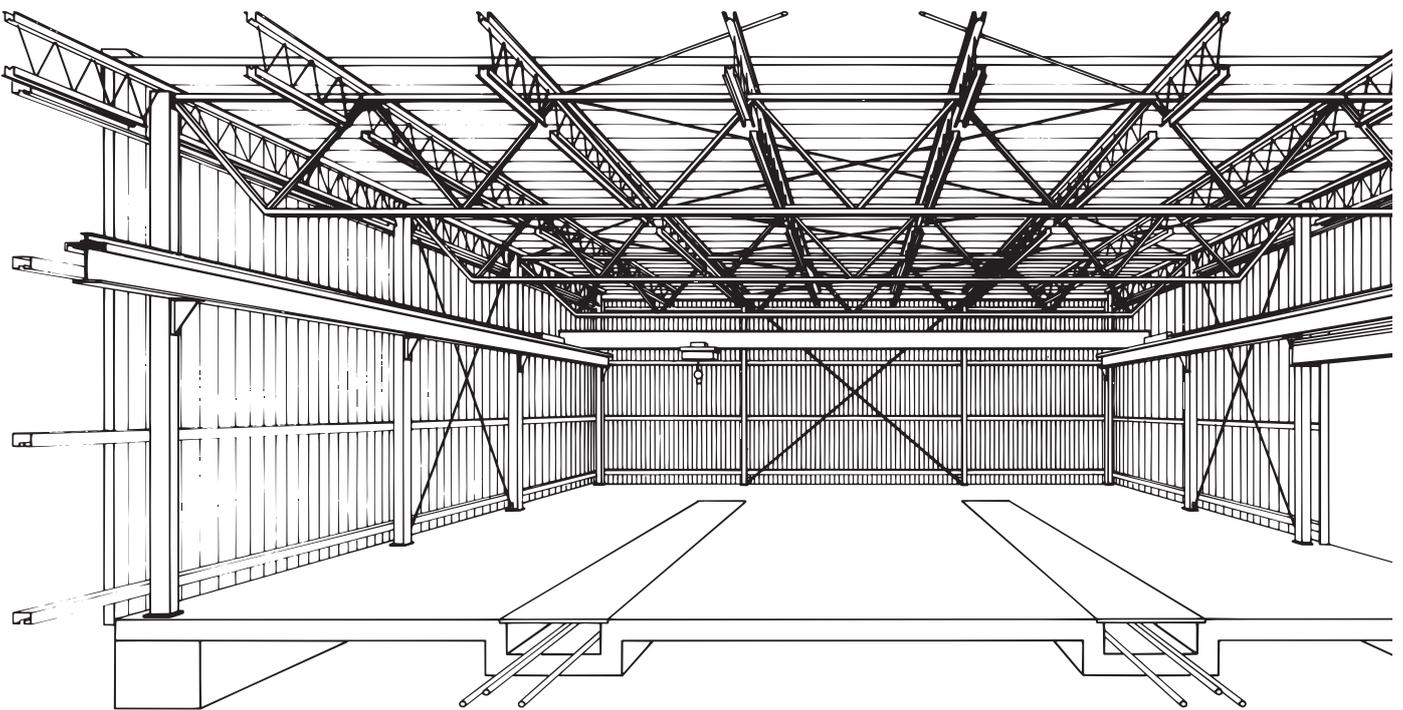


Bild 10: Beispiel für Binder und Stützen

träger hingegen bewirken ein geringeres Feldmoment und eine günstigere Verteilung der (inneren) Kräfte. Dies gilt besonders für die Pfetten. Daher werden die Pfetten meist als Durchlaufträger ausgeführt und liegen dabei auf den Bindern auf. Die aus der Hülle resultierenden Horizontalkräfte (Wind) werden über eine Unterkonstruktion aus Pfosten und Riegeln in die Tragkonstruktion eingeleitet. Horizontalverbände in der Dachebene nehmen die Kräfte auf und leiten sie über die Binder in Vertikalverbände ein. Die Vertikalverbände befinden sich in den Wandebenen und dienen zur Ableitung der Kräfte zum Stützenfußpunkt. Es ist nicht notwendig, jedes Feld mit einem aussteifenden Verband zu versehen. Zur Ableitung der Längskräfte genügt bei kleinen Hallen meist ein Verbandsfeld, das etwa in Hallenmitte angeordnet sein sollte. Für größere Hallen sind dafür mindestens zwei Verbandsfelder notwendig.

3.6.3 | Binderformen

Binder sind ebene biegebeanspruchte Tragelemente. Für die Biegebeanspruchbarkeit eines Trägers sind jene Querschnittsbereiche maßgebend, die in der Biegeebene möglichst weit von der Schwerachse entfernt liegen. Die Momententragfähigkeit hängt deshalb von der Querschnittsform des Trägers ab. Daher hat der Querschnitt eines Doppel-T-Profils eine für die Biegebeanspruchung optimale Massenverteilung. Im Stahlbau ist diese Querschnittsform synonym für einen Biegeträger. Mit zunehmender Spannweite ist es sinnvoll, den Querschnitt des Tragprofils der Beanspruchung noch besser anzupassen. Bei einem Lochstegträger oder Wabenträger, der durch Auftrennen und Wiederaussetzen eines Doppel-T-Profils hergestellt wird, ist die Massenverteilung wesentlich günstiger als beim Ausgangsprofil. Geschweißte Blechträger mit dünnen Stegen bieten hier oftmals eine wirtschaftliche Alternative.

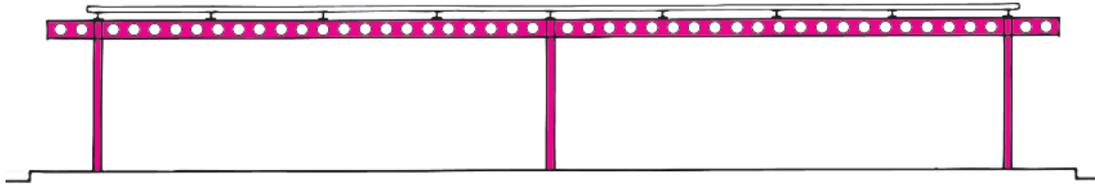


Bild 11: Lochstegträger als Binder über zwei Felder mit Kragarmen, Spannweite 12,50 m

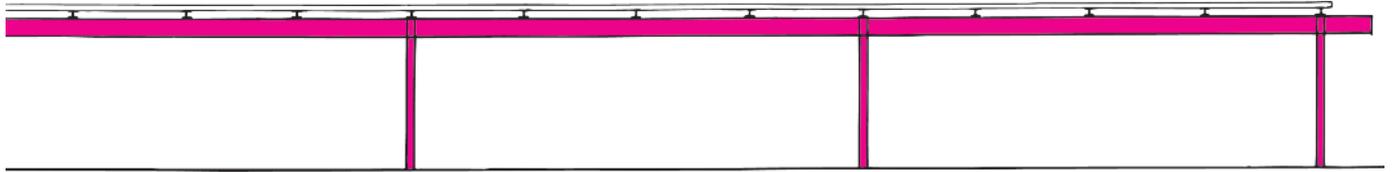


Bild 12: Durchlaufende Binder aus Vollwandprofilen, Spannweite 12,00 m

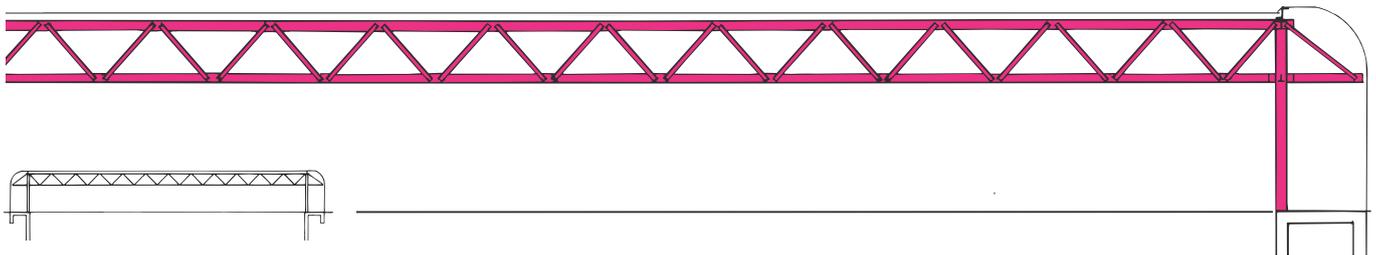


Bild 13: Binder als zweigurtiger Fachwerkträger, Sporthalle Notre Dame, Spannweite 36,60 m

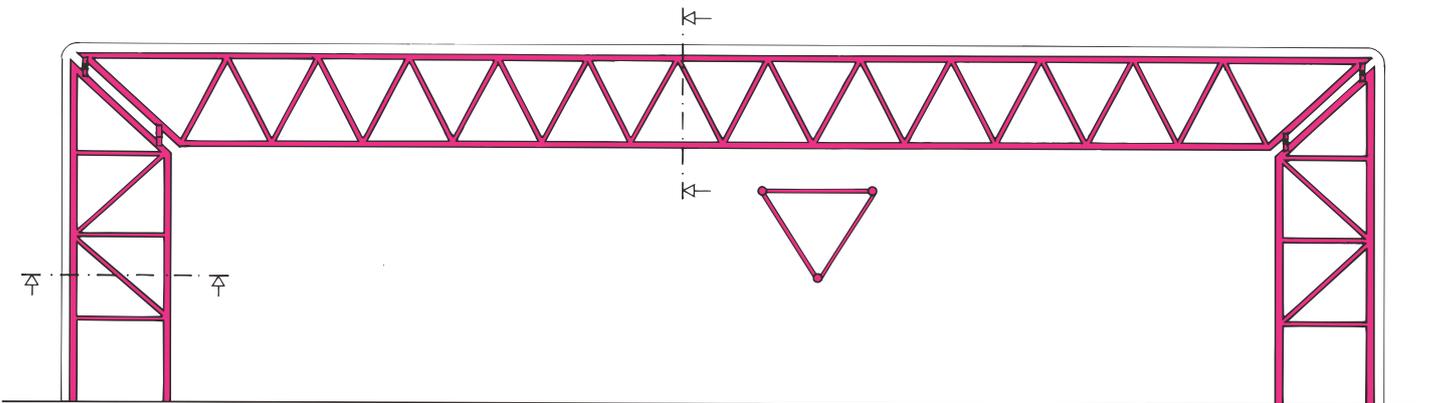


Bild 14: Binder als dreigurtiger Fachwerkträger, Sainsbury Center, Norwich, Spannweite 29,30 m

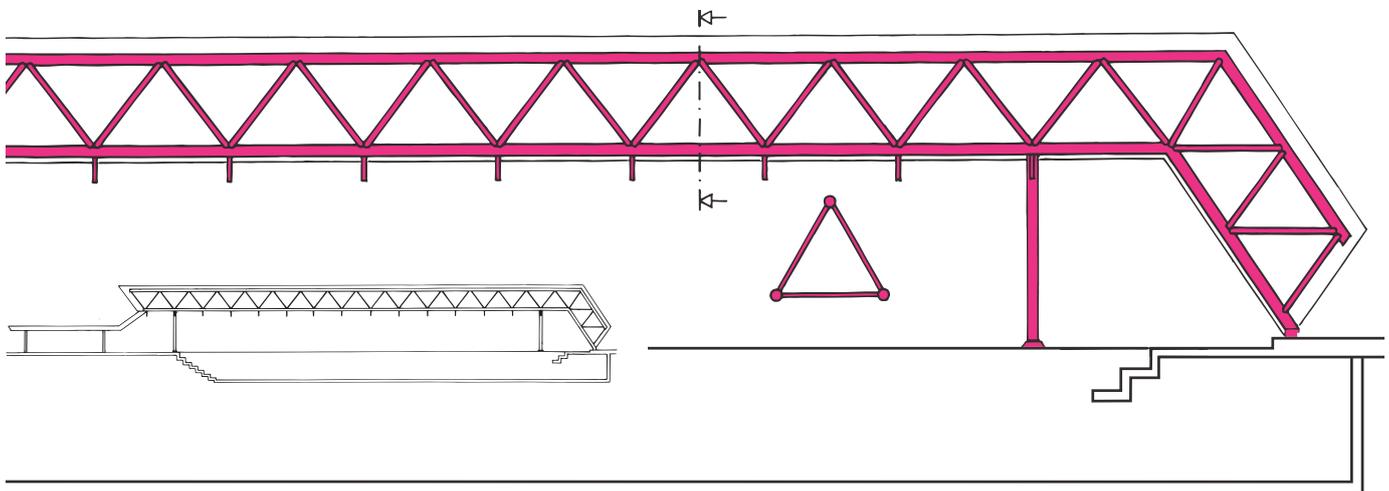


Bild 15: Geknickter Binder mit Kragarm als dreigurtiger Fachwerkträger, Sporthalle, Sindelfingen, Spannweite 54,50 m

In Fachwerkträgern werden die Gurtprofile durch Füllstäbe auf Abstand gehalten. An den Knotenpunkten greifen idealerweise nur Zug- und Druckkräfte an.

Beim Vierendeelträger sind zwischen den Gurtprofilen nur senkrechte Pfosten angeordnet, wodurch die einzelnen Tragglieder biegebeansprucht sind. Vierendeelträger erfordern deshalb immer einen höheren Materialeinsatz als ein vergleichbarer Fachwerkträger. Sie haben jedoch den Vorteil großer, ungestörter Öffnungen.

Voraussetzung für wirtschaftliches Konstruieren ist eine möglichst einfache konstruktive Ausbildung der Knotenpunkte. Die Ausbildung von echten Gelenken ist nicht üblich. Durch Schraub- und Schweißverbindungen entstehen mehr oder weniger steife Verbindungen. Die dadurch entstehenden Nebenspannungen bleiben jedoch bei der Dimensionierung eines Fachwerkträgers unberücksichtigt.

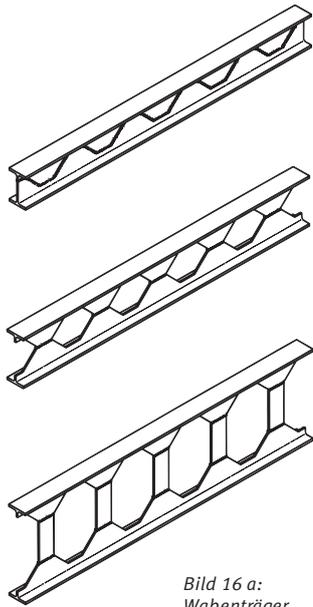


Bild 16 a:
Wabenträger

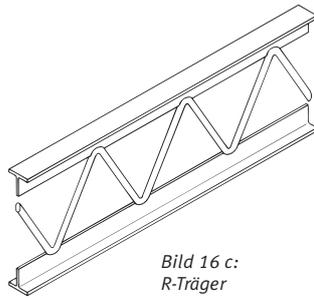


Bild 16 c:
R-Träger

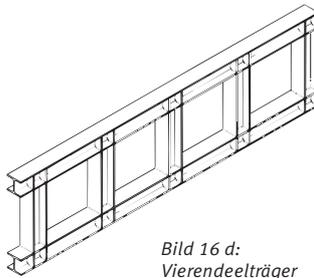


Bild 16 d:
Vierendeelträger

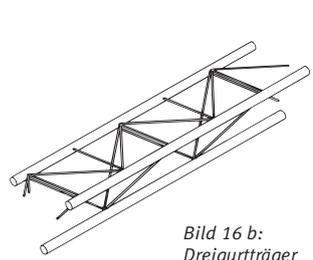


Bild 16 b:
Dreigurtträger

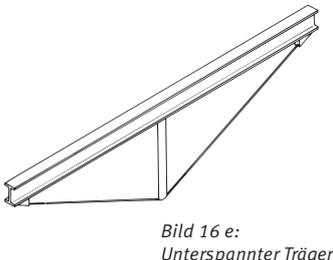


Bild 16 e:
Unterspannter Träger

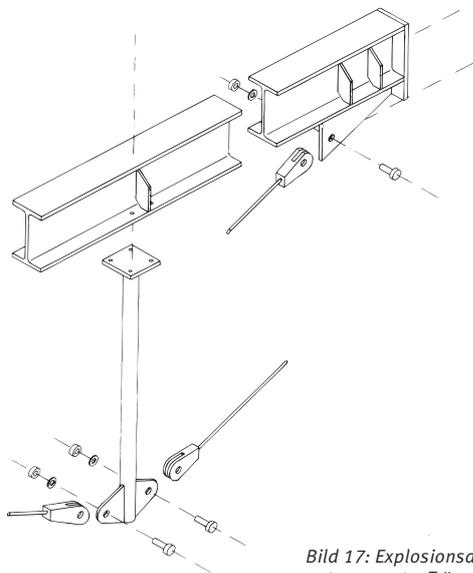


Bild 17: Explosionsdarstellung
unterspannter Träger

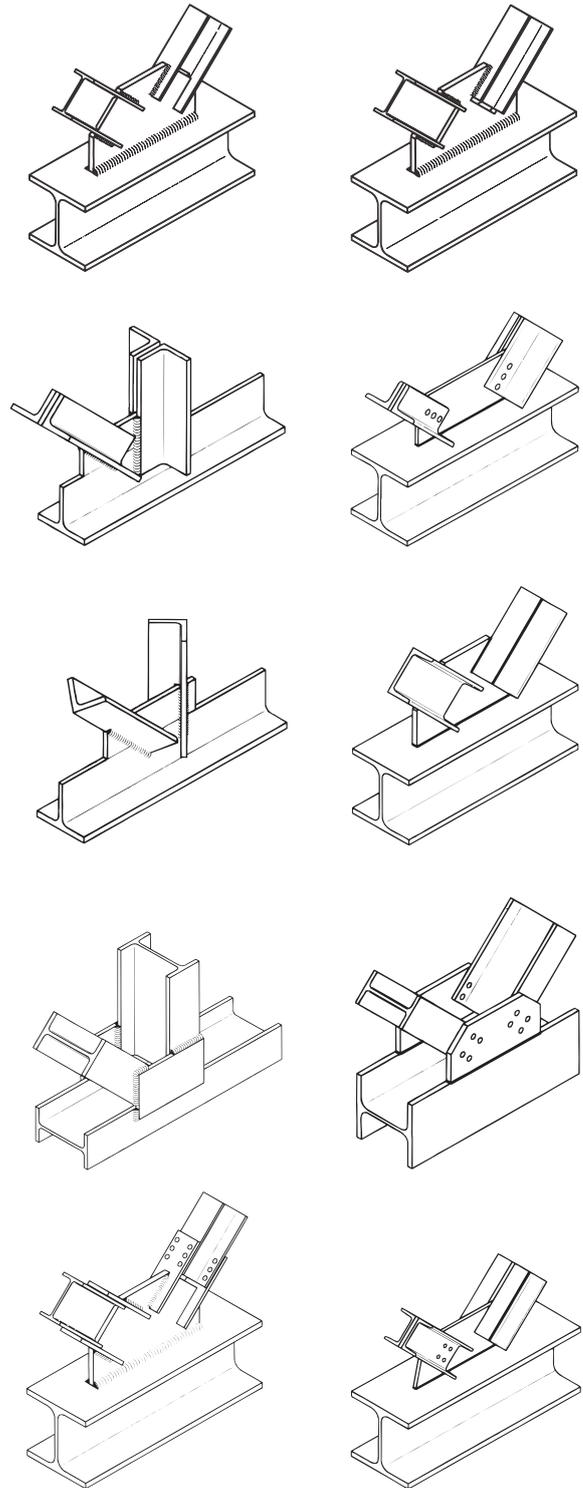


Bild 18: Knotenpunktausbildungen für Fachwerkträger

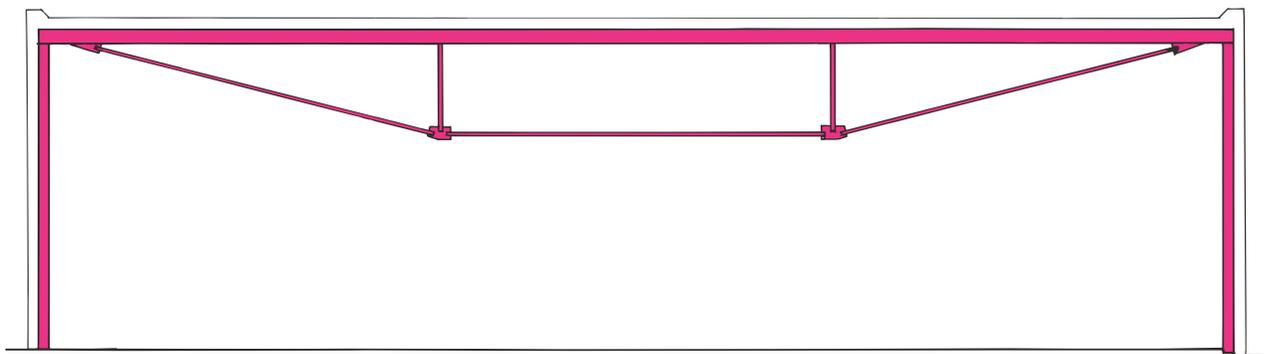


Bild 19: Binder aus Vollwandprofilen mit Unterspannung, Spannweite 30,50 m, Verwaltungs- und Ausstellungsgebäude, Oststeinbeck

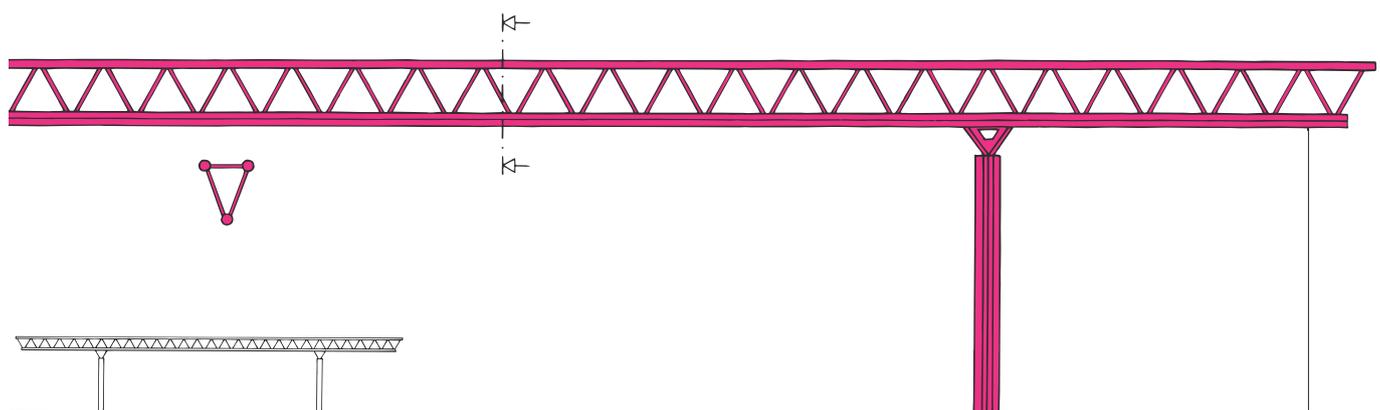


Bild 20: Binder mit Kragarmen als dreigurtiger Fachwerkträger, Spannweite 28,80 m, Gerüstbau-Halle, Echting

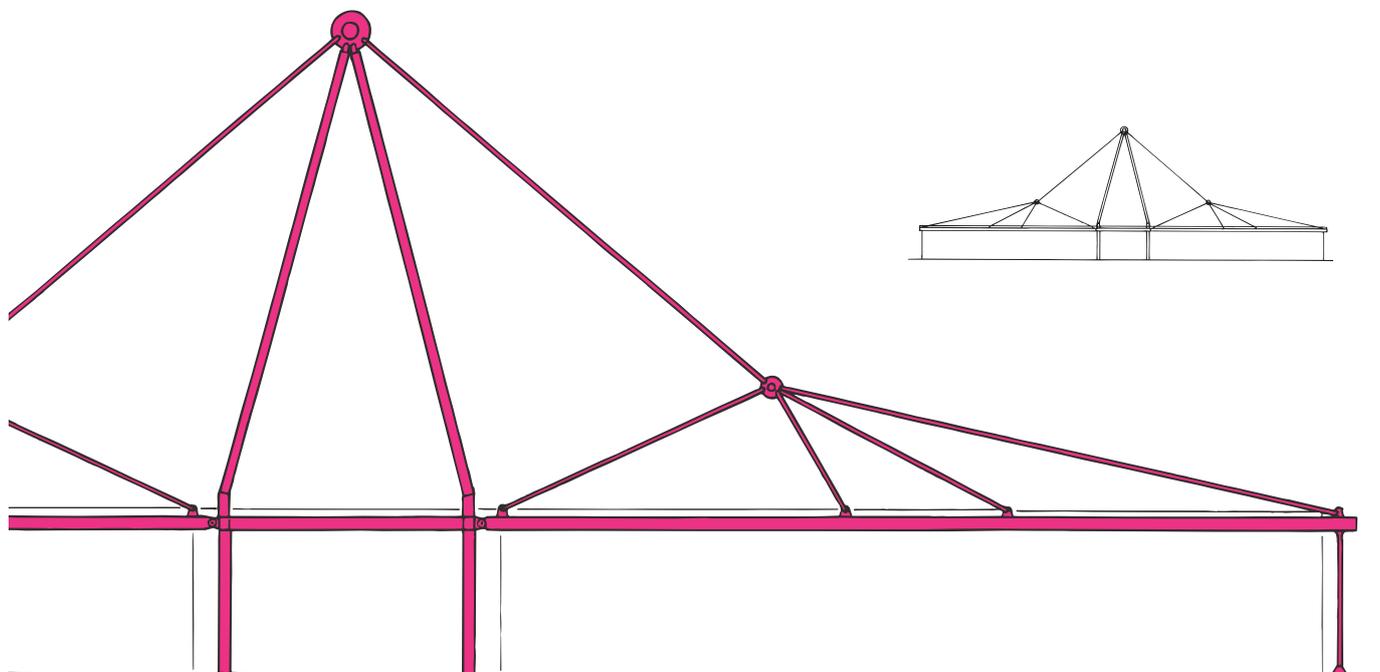


Bild 21: Binder aus Vollwandprofilen mit Abspannung, Laboratorium, Princeton, Spannweite 22,80 m

3.7 | Rahmen

3.7.1 | Trageigenschaften

Das am weitesten verbreitete Tragwerk im Stahlhallenbau ist das Rahmentragwerk. Im Unterschied zu Tragstrukturen aus Stützen und Bindern, die untereinander gelenkig verbunden sind, sind Rahmentragwerke durch die biegesteife Verbindung zwischen Rahmenstiel und Rahmenriegel gekennzeichnet. Anders als in Tragsystemen aus Stützen und Bindern, bei denen nur der Binder biegebeansprucht ist, ist die Biegebeanspruchung in Rahmentragwerken auf Stiel und Riegel verteilt. Dieses günstige Tragverhalten führt zu einem vergleichsweise geringeren Materialeinsatz.

Der Rahmenstiel hat zusätzlich zur Normalkraft Biegemomente aufzunehmen. Das bedingt einen Querschnitt mit erhöhter Steifigkeit in der Rahmenebene. Da die Biegebeanspruchung des

Unter Last biegt sich ein Einfeldträger durch, wobei seine Enden sich an beiden Auflagern verdrehen. Anders dagegen beim Rahmen; hier behindert die biegesteife Verbindung zwischen Rahmenstiel und Rahmenriegel die freie Verdrehbarkeit der Riegelenden und leitet Biegemomente in die Rahmenstiele ein. Das durch die Rahmenecke aufgebaute Stützmoment führt zu einer Verringerung des Feldmoments im Riegel. Dies führt im Vergleich zu gelenkig gelagerten Bindern zu deutlich geringeren Riegelquerschnitten. An der Ableitung horizontaler Kräfte (Wind) beteiligen sich im Rahmen Stiel und Riegel gleichermaßen.

Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Ausbildung der Rahmenecke. Die Kraftumlenkung ruft im Eckbereich lokal hohe Spannungen hervor, die geeignete konstruktive Maßnahmen wie Vouten oder Steifen erfordern. Will man den Fertigungsaufwand der Eckkonstruktion minimieren, führt das zu den sogenannten nachgiebigen Rahmenecken. Dazu zählen alle Rahmenecken deren übertragbares Moment oder deren Steifigkeit geringer als

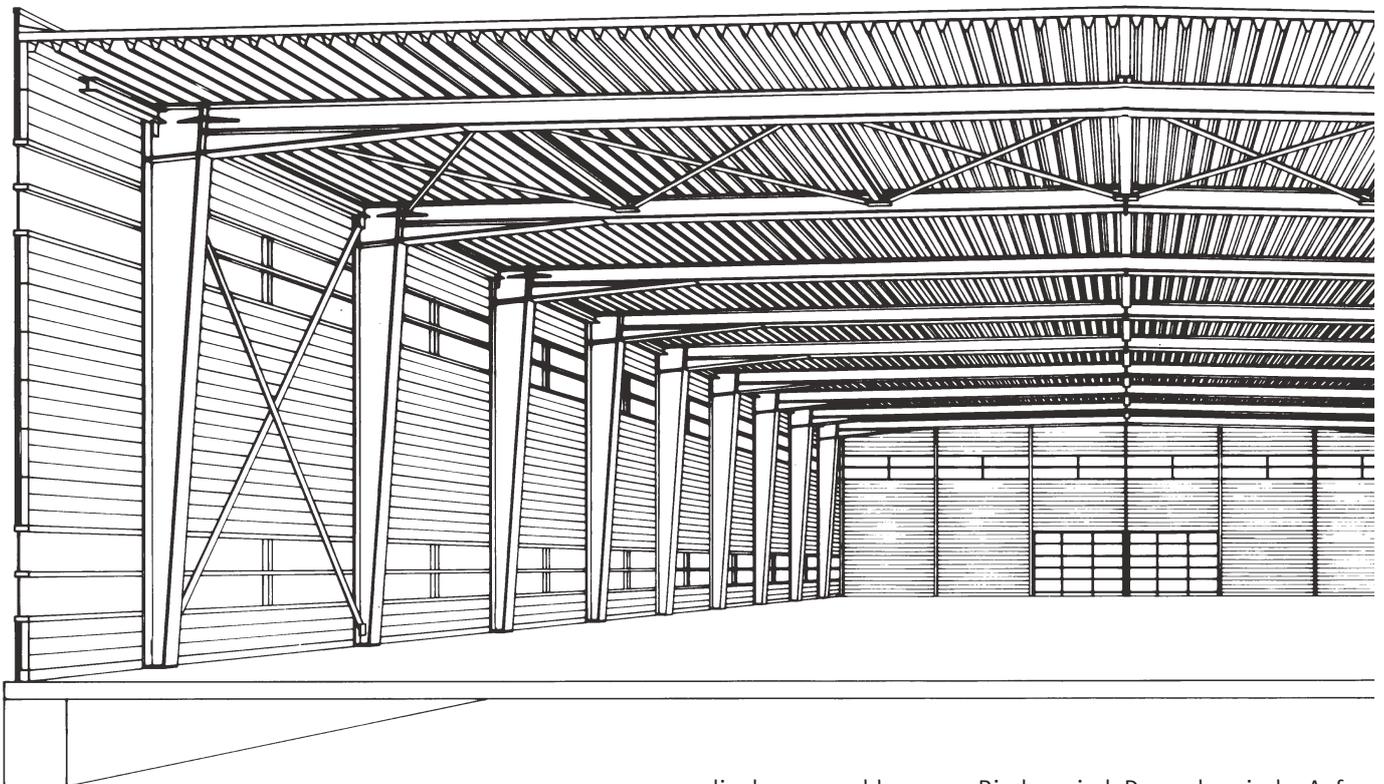


Bild 22: Beispiel Rahmentragwerk

Rahmenstiels mit gelenkigem Fuß von der Rahmenecke zum Rahmenfußpunkt hin abnimmt, kann man den Rahmenstiel, dem Kraftfluss angepasst, zum Fußpunkt hin verjüngen. Aus der Beanspruchung der Tragelemente Stiel und Riegel leiten sich bestimmte, mit der Bauweise in Zusammenhang stehende Eigenschaften her: Räume, die von einer Rahmenkonstruktion umschlossen werden, sind deutlich gerichtete Räume.

Rahmenkonstruktionen benötigen in ihrer Ebene keine zusätzliche Stabilisierung. Deshalb können beispielsweise große Tore in die Giebelwand integriert werden. Mit einer großzügigen Verglasung in Rahmenebene kann die Halle zum Außenraum hin geöffnet werden.

die des angeschlossenen Binders sind. Der rechnerische Aufwand zur Bemessung derartiger Konstruktionen ist allerdings ungleich höher als bei konventionell ausgeführten Rahmenecken. Deshalb sollten die Kostenvorteile der Fertigung genau gegen den Mehraufwand der Bemessung abgewogen werden. Das Tabellenwerk der „Typisierten Anschlüsse im Stahlhochbau“ des Deutschen Stahlbau-Verbandes (DSTV) liefert schnell und übersichtlich alle bemessungsrelevanten Werte einer großen Auswahl derartiger Verbindungen.

Bei einem Rahmentragwerk sind aussteifende Maßnahmen nur in Hallen-Längsrichtung erforderlich. In mindestens einem Feld der Halle sind Horizontal- und Vertikalverbände vorzusehen. Die Ausbildung von K- oder Kreuzverbänden ist hierzu besser geeignet als vollwandige Scheiben, eingespannte Rahmenstiele oder die Ausbildung eines zusätzlichen Portalrahmens in Hallenlängsrichtung.

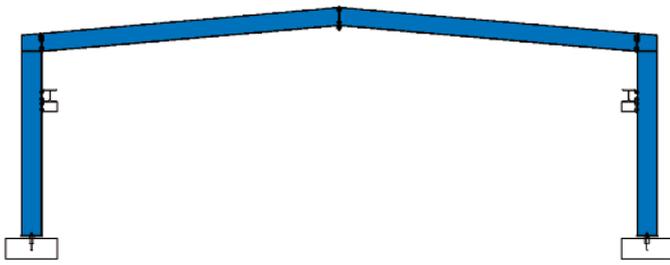


Bild 23 a: Zweigelenrahmen mit nachgiebigen Ecken aus Vollwandprofilen, Spannweite 12,00 m, Typenstatik bauforumstahl,

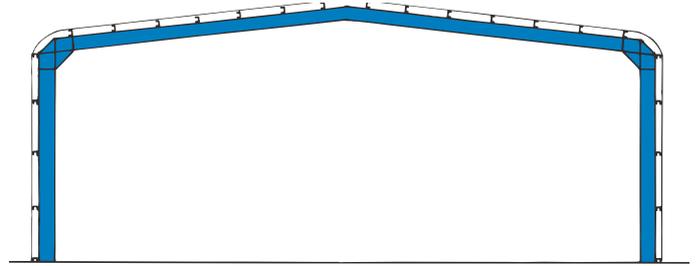


Bild 23 b: Zweigelenrahmen aus Vollwandprofilen, Spannweite 18,00 m, Lagerhalle

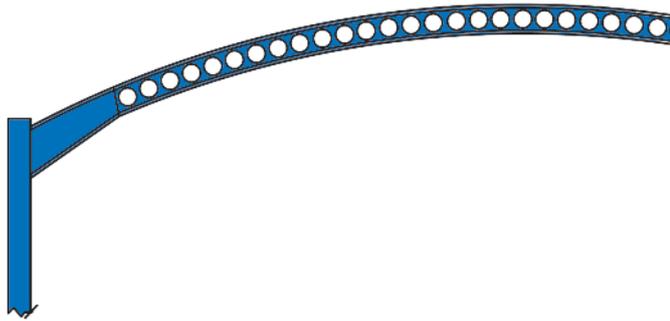


Bild 24: Lochstegträger als Rahmenriegel

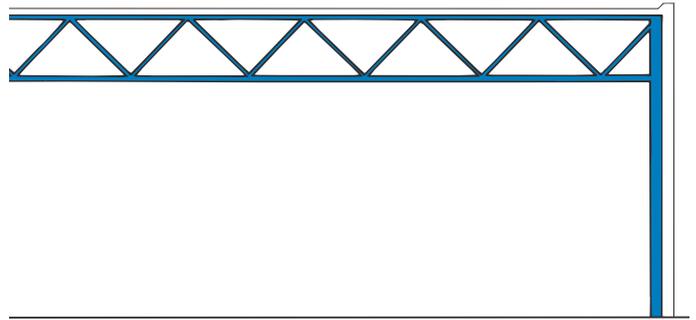


Bild 25: Zweigelenrahmen mit zweigurtigem Fachwerkriegel, Spannweite 21,00 m, Werkhalle

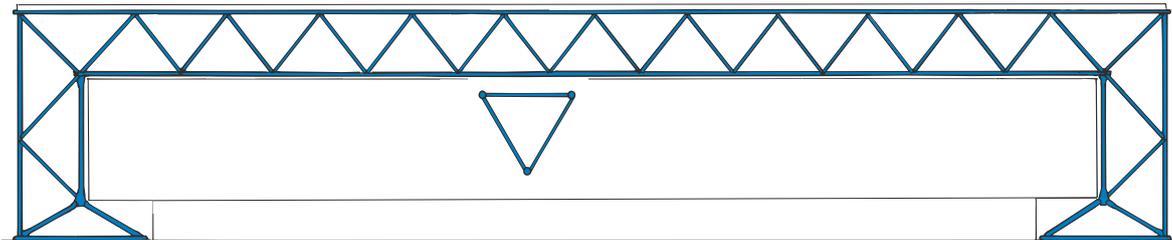


Bild 26: Eingespannter Rahmen aus dreigurtigen Fachwerkstielen und -riegeln, Spannweite 30,00 m, Möbelfabrik

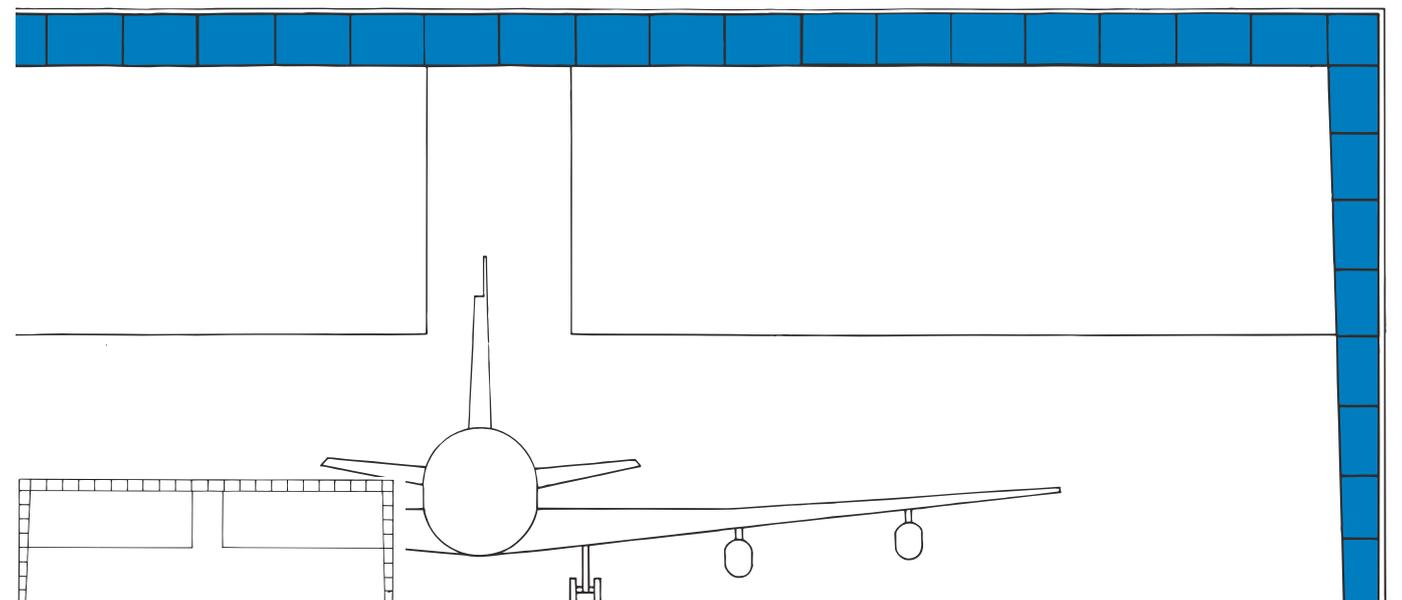


Bild 27: Zweigelenrahmen mit geschweißten Vollwandriegeln und -stielen, Spannweite 48,00 m, Waschhangar für Flugzeuge, San Francisco

3.7.2 | Rahmenformen

Die biegesteife Verbindung von Stiel und Riegel bestimmt ein Rahmentragwerk. Auch in ästhetischer Hinsicht charakterisiert dieses Detail das Tragwerk und bedarf deshalb besonderer Beachtung.

Unabhängig von der Unterteilbarkeit der Rahmentragwerke in Zweigelenrahmen, Dreigelenrahmen und eingespannte Rahmen können einschiffige, zweiseiffige und mehrschiffige Rahmentragwerke unterschieden werden. Einen Sonderfall stellt der einhäufige Rahmen dar, bei dem der Riegel nur an einem Stiel biegesteif angeschlossen ist. Weitere vielseitige Variationsmöglichkeiten der Rahmenbauweise ergeben sich aus der Möglich-

keit, den Riegel oder auch Stiel und Riegel in eine Fachwerkstruktur aufzulösen. Dabei sind zweigurtige Fachwerke ebenso herstellbar wie drei- und mehrgurtige Fachwerksysteme. Will man die Rahmenformen nach dem Kraftfluss optimieren, entstehen nichtparallelflanschtige Stiele und Riegel. Die Ausbildung polygonzugförmig geknickter Rahmen verringert die Biegespannungen und nähert das Rahmentragwerk dem Bogentragwerk an.

Im allgemeinen werden für Hallenrahmen biegesteife Profile verwendet. Hallenrahmen können aus handelsüblichen Walzprofilen hergestellt werden. Bei größeren Spannweiten eignen sich Schweißkonstruktionen wegen ihrer besseren Anpassbarkeit an den Kräfteverlauf. Bei extremen Spannweiten sind zumeist Fachwerkstrukturen die wirtschaftlichere Lösung.

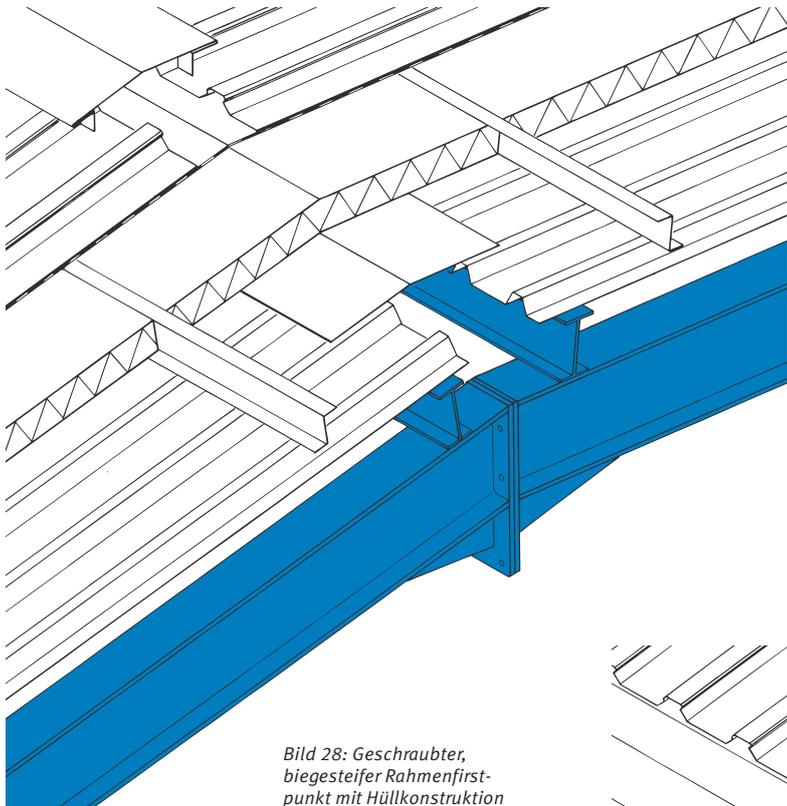


Bild 28: Geschraubter, biegesteifer Rahmenfirstpunkt mit Hüllkonstruktion

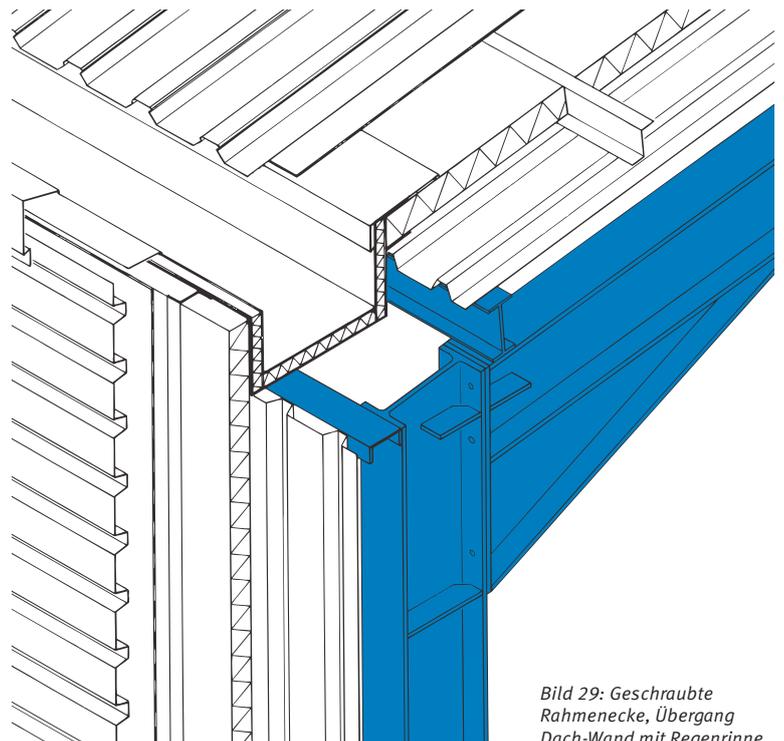


Bild 29: Geschraubte Rahmenecke, Übergang Dach-Wand mit Regenrinne

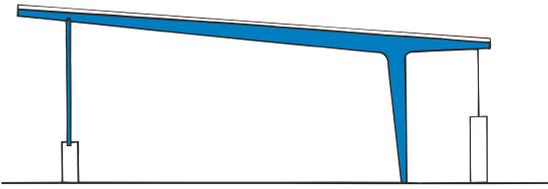


Bild 30: Einhäufiger Rahmen aus Vollwandprofilen, Spannweite 9,00 m, Schulgebäude

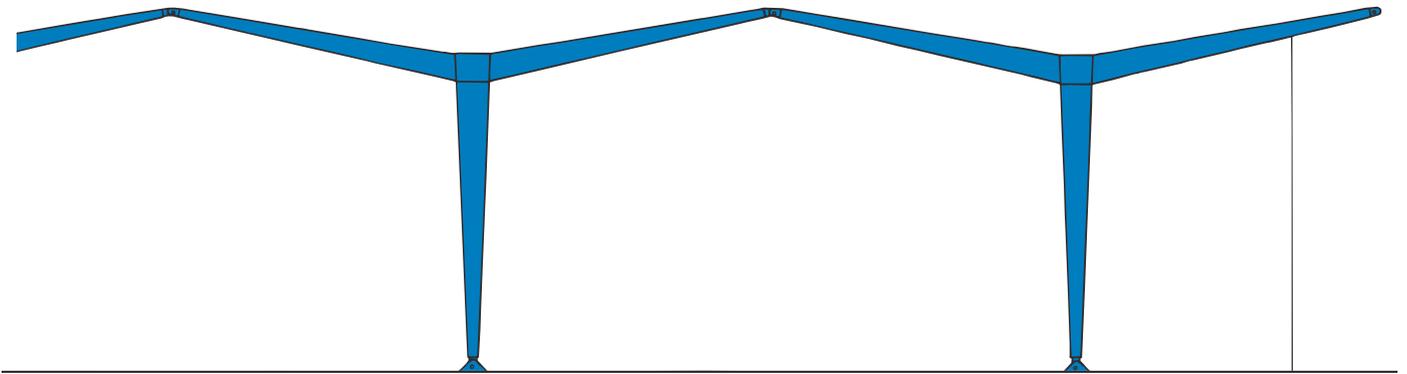


Bild 31: Gelenkrahmen aus Vollwandprofilen mit Kragarm, Spannweite 17,00 m, Bürogebäude

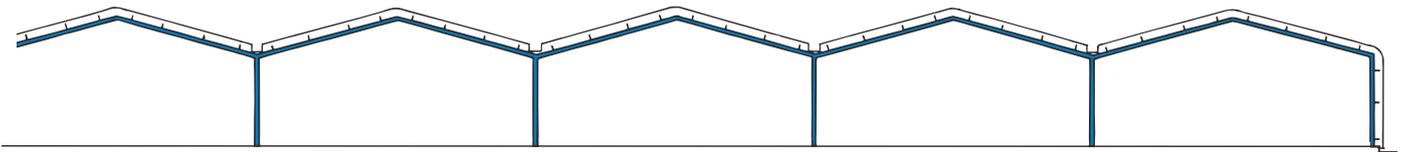


Bild 32: Eingespannte Rahmen aus Rechteckhohlprofilen, Spannweite 7,50 m

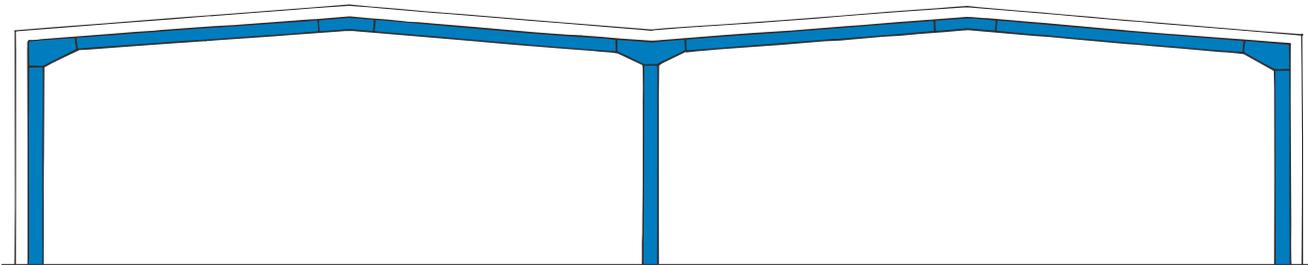


Bild 33: Dreistieliger Rahmen aus Vollwandprofilen mit gelenkigen Fußpunkten, Industriehalle, Spannweite 17,00 m

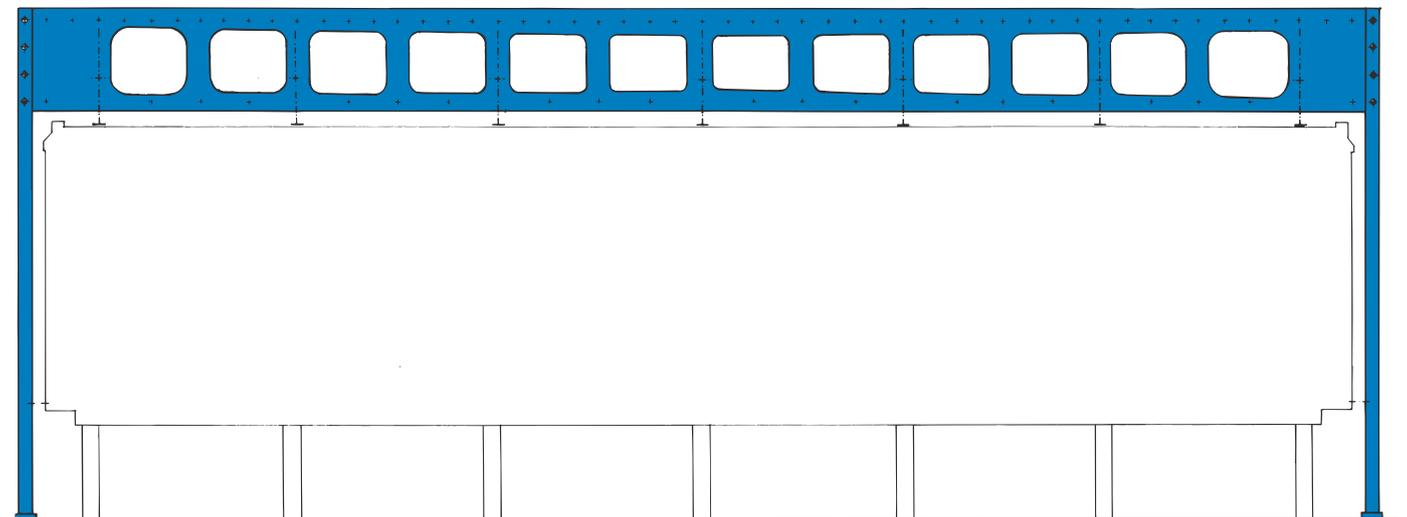


Bild 34: Zweigelenrahmen mit Riegel als Vierendeelträger aus Grobblechen, Spannweite 36,00 m, Leistungszentrum für Eiskunlauf, München

3.8 | Bogen

3.8.1 | Trageigenschaften

Bogentragwerke stellen in der Relation von Spannweite zu Materialverbrauch ein besonders leistungsfähiges Tragsystem dar. Das günstige Tragverhalten ermöglicht die wirtschaftliche Bewältigung selbst extremer Spannweiten. Die spezifische Art der Kraftableitung führt zu einer spannungsvollen Gestalt des Tragwerks. Der dem Bogen eigene Gleichgewichtszustand von Zug- und Druckkräften signalisiert Ausgewogenheit.

Das Tragverhalten eines Bogens führt zu charakteristischen Auflagerreaktionen. Die in Bogenrichtung wirkende Normalkraft ergibt am Auflager eine horizontale und eine vertikale Komponente. Daraus resultiert: je flacher der Bogen, je höher die Horizontalkraft am Auflager. Diese Horizontalkräfte werden durch entsprechende Fundamente oder Zugbänder aufgenommen. Zumeist werden die Zugbänder in die Bodenplatte integriert.

Bögen können gelenkig gelagert oder am Auflager eingespannt werden. Die gelenkige Lagerung ermöglicht eine freie Verdrehbarkeit des Bogens am Auflager und ist deshalb weniger empfind-

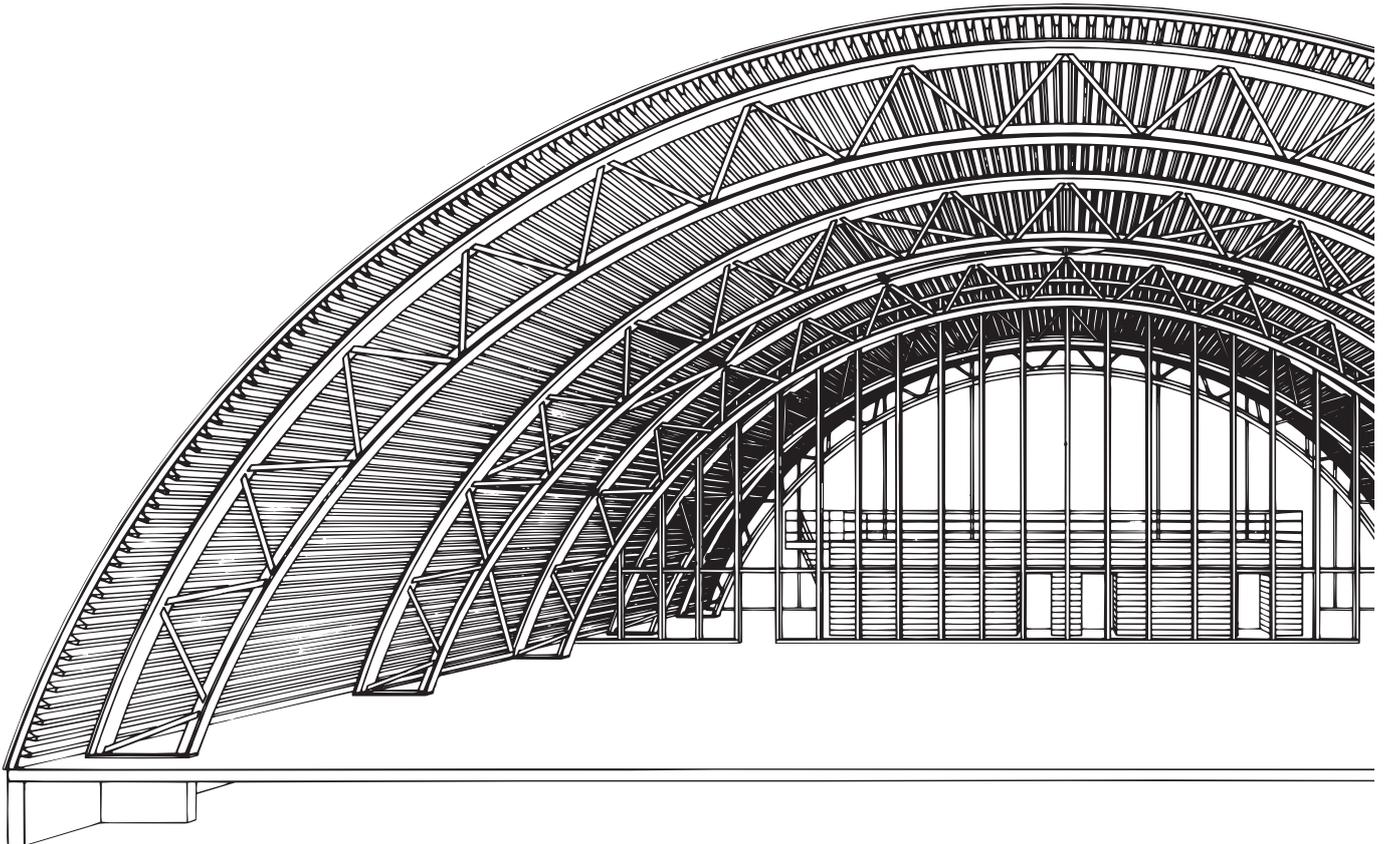


Bild 35: Beispiel Bogentragwerk

Die wesentliche Trageigenschaft eines Bogentragwerks ist die momentenfreie Ableitung der Vertikallasten. Ein unter diesem Gesichtspunkt idealisierter Bogen erhält die Form einer Parabel. Eine gleichmäßig verteilte Vertikallast ruft im Bogen ausschließlich Druckspannungen hervor. Der biegemomentfreie Spannungszustand eines Bogens beschreibt aber einen Idealfall, der in der Wirklichkeit nur selten auftritt. Ungleichmäßige Belastungen, wie sie etwa durch Windlasten, einseitige Schneelasten, aber auch durch lokal wirksame Einzellasten hervorgerufen werden, bewirken zusätzliche Biegebeanspruchungen des Tragwerks.

lich gegenüber Lastwechselreaktionen, Temperaturspannungen oder Setzungen des Baugrundes. Eingespannte Bögen sind steifer als gelenkig gelagerte und reagieren daher empfindlicher. Durch die Einführung eines dritten Gelenks am Scheitel wird das Bogentragwerk statisch bestimmt. Ungewollte zusätzliche Spannungen können dadurch weitgehend minimiert werden.

Bogentragwerke benötigen keine zusätzliche Querstabilisierung. Lasten in Hallen-Längsrichtung, das heißt quer zu den Bögen, sind von Querverbänden abzuleiten, die zwischen den Bögen angeordnet werden.

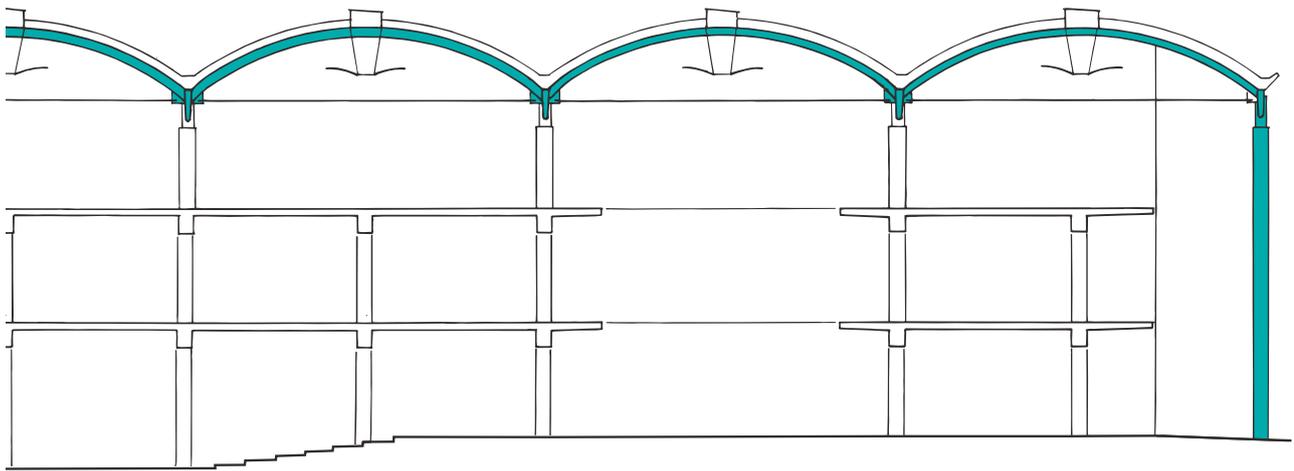


Bild 36: Gelenkbögen aus Vollwandprofilen mit Zugband, Spannweite 10,00 m, Bibliothek

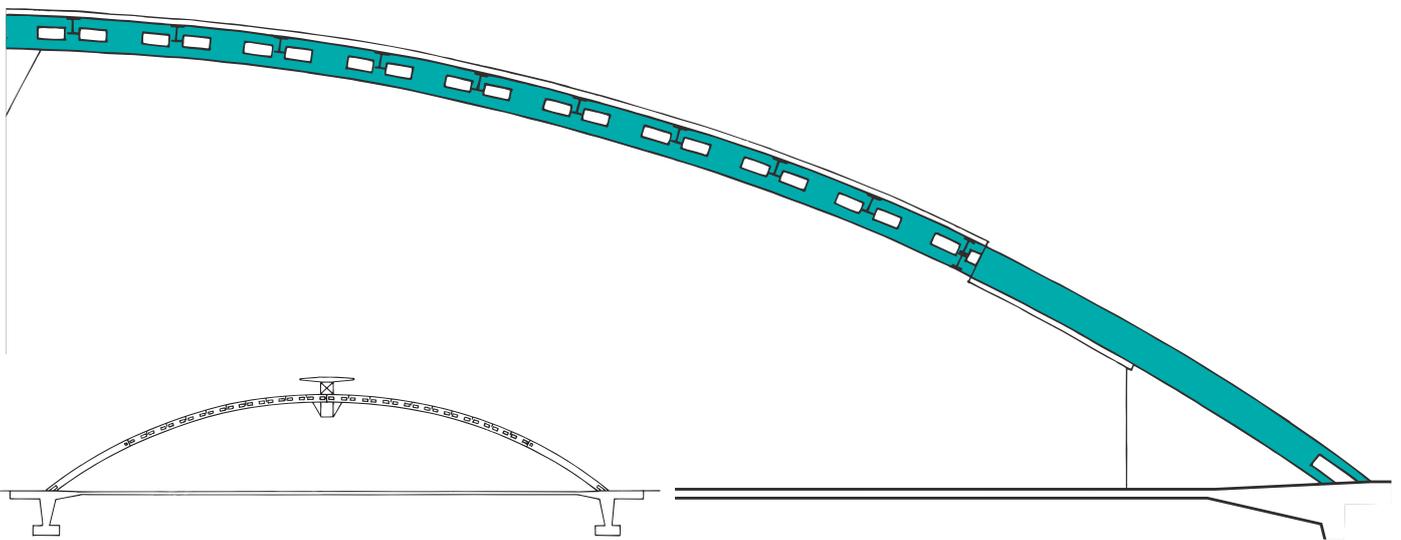


Bild 37: Zweigelenbogen aus geschweißten Kastenprofilen mit Zugband, Spannweite 73,00 m, Messehalle Linz

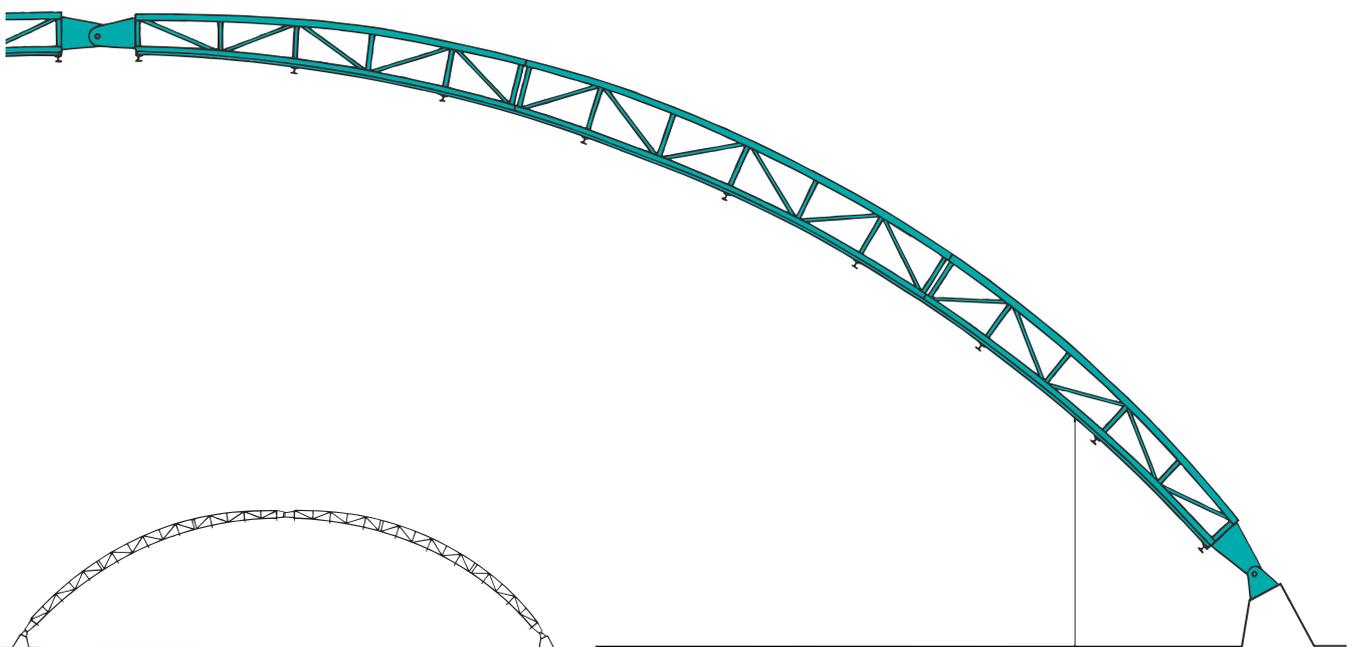


Bild 38: Dreigelenkbogen aus zweigurtigem Fachwerkträger, Spannweite 69,00 m, Produktionshalle, Oldenburg

3.8.2 | Bogenformen

Bogentragwerke können unterschiedliche Formen annehmen. Sie sind nicht nur auf die bereits von den Römern angewendete Kreissegmentform beschränkt, die bei der Bauausführung steinerne Bögen praktische Vorteile hatte. Ein Bogen kann außer der Kreisform die Form einer Parabel, die Form einer Ellipse oder auch eine frei gekrümmte Form annehmen.



Bild 39 a: Firstgelenk eines zweigurtigen Dreigelenk-Fachwerkbogens

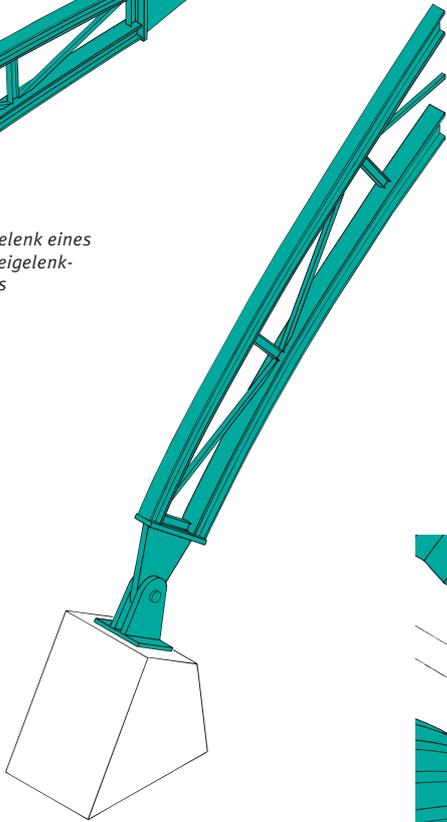


Bild 39 b: Fußgelenk eines zweigurtigen Dreigelenk-Fachwerkbogens

Der Bogen kann dabei kontinuierlich gekrümmt sein oder sich als Polygonzug der jeweiligen Kurvenform annähern. Entscheidend für die Wirksamkeit eines Bogentragwerks ist die Lagerung. Man unterscheidet Bogentragwerke, deren Auflager einen Schnittpunkt mit der Terrainoberkante bilden, von Tragwerken, bei denen die Bögen aufgeständert sind. Die Lagerung der Bögen auf Stützen ermöglicht die Ausbildung mehrschiffiger Bogenhallen.

Grundsätzlich sind vollwandige (einlagige) und als Fachwerk aufgelöste (zweilagige) Tragelemente zu unterscheiden. Bei filigranen Bogentragwerken wird bereits bei geringen Spannweiten die notwendige Biegesteifigkeit in zweilagigen Strukturformen erzeugt. Einlagige Tragwerke aus Vollwandprofilen erreichen die Grenze ihrer Wirtschaftlichkeit bei etwa 100 m Spannweite.

Wie das Beispiel Waterloo Station in London zeigt, ist es auch möglich, einen Bogen als über- und unterspanntes Tragelement auszubilden. Eine weitere Möglichkeit, ein wirtschaftliches Bogentragwerk auszubilden, besteht in der Anordnung einer fächerförmigen Verspannung unterhalb des Bogens. Die Biegebeanspruchungen innerhalb des Bogens werden dadurch weitgehend ausgeschaltet. Eine Variante des Bogentragwerks ist das Bogendach. Durch die Integration von Trag- und Hüllfunktion erhält man ein sehr wirtschaftliches, flächenförmiges Bogentragwerk, bei dem sich zwei Lagen von Trapezblechen z. B. auf einem Rinnenträger abstützen.

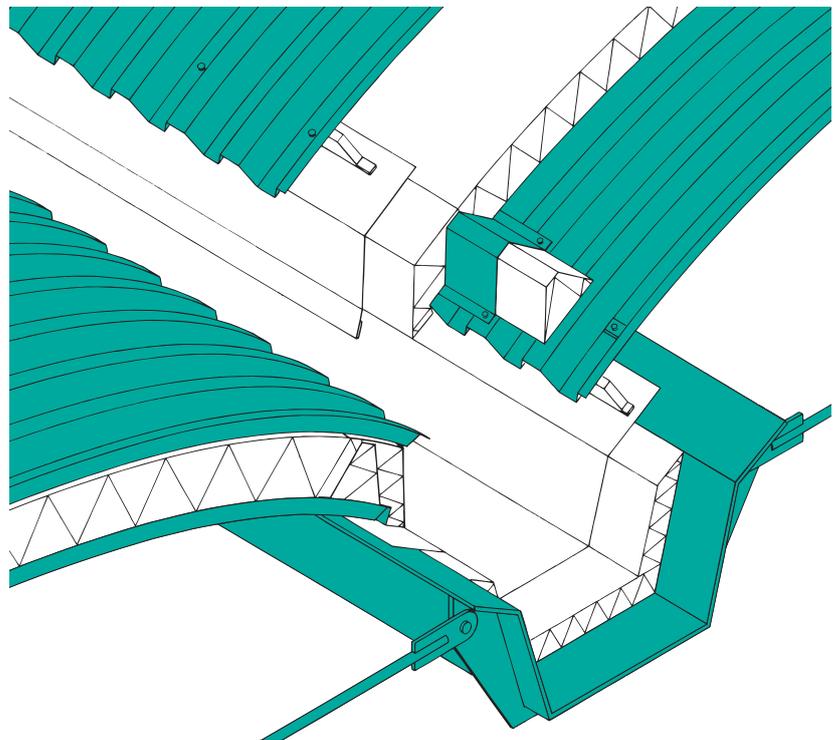


Bild 40: Aufgeständerte Bogenkonstruktion als zweischaliges Flächentragwerk (Bogendach) mit Rinnenträger und Unterspannung

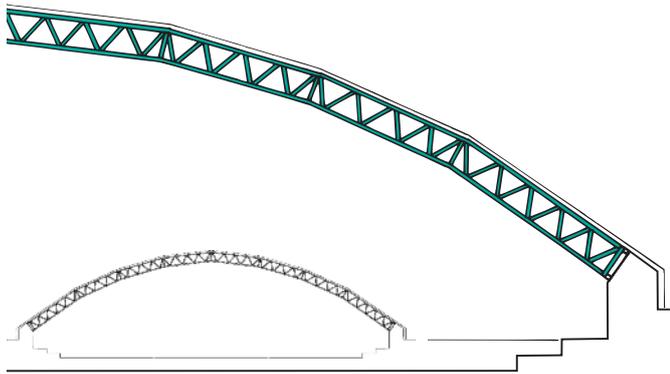


Bild 41: Eingespannter Segmentbogen aus zweigurtigen Fachwerkträgern als Bausystem, Spannweite bis zu 90,00 m

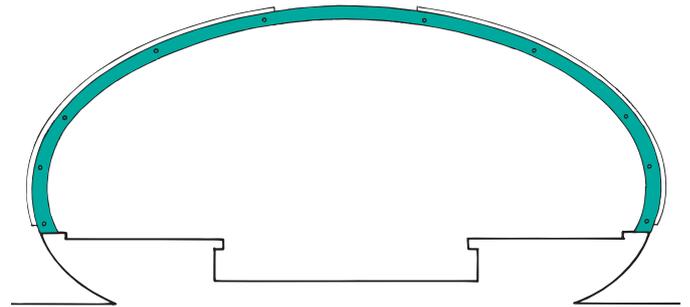


Bild 42: Eingespannter, ellipsenförmiger Bogen aus Vollwandprofilen, Spannweite 14,00 m, U-Bahn-Station, Genua

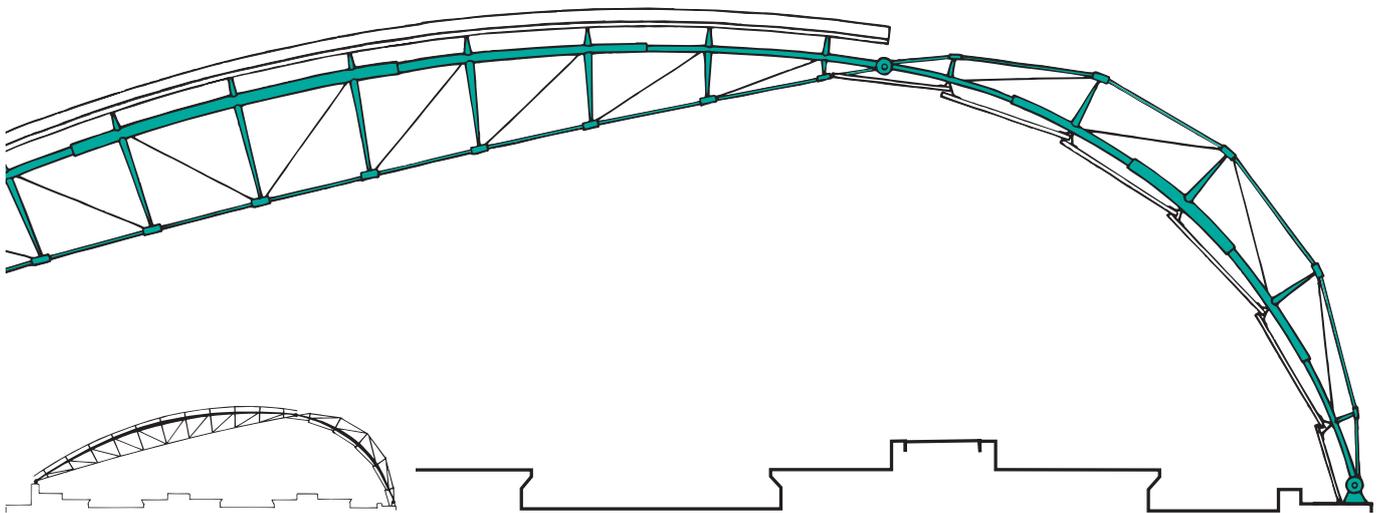


Bild 43: Asymmetrischer Dreigelenkbogen aus unter- und überspannten Trägern aus Rundhohlprofilen, Spannweite 35,00–50,00 m, Waterloo Station, London

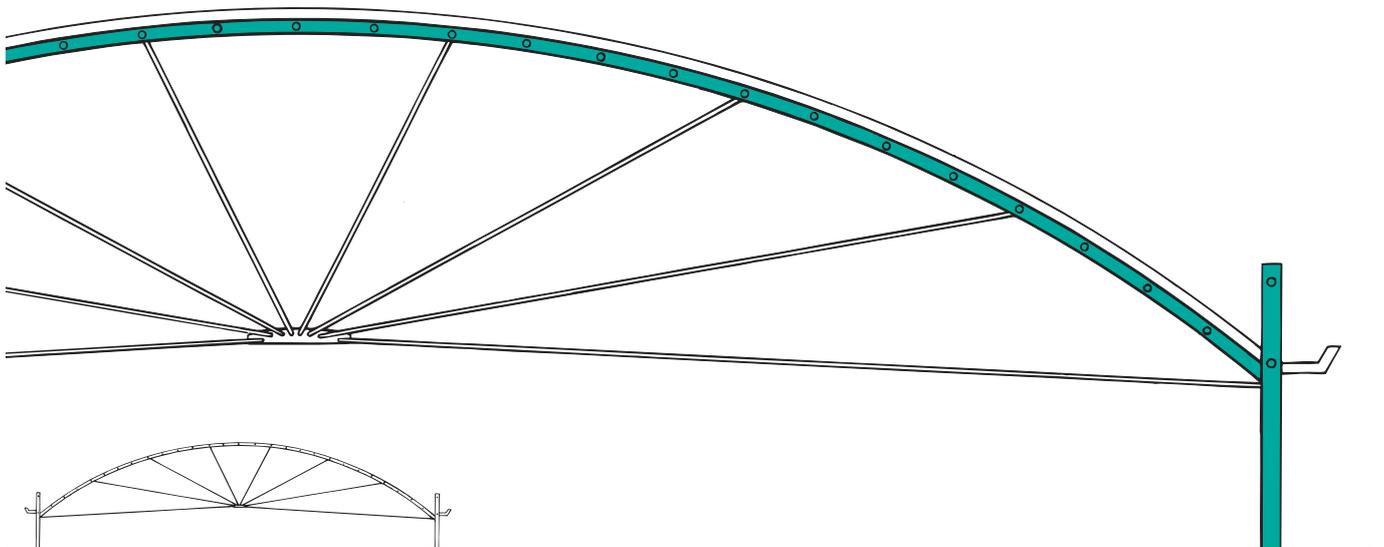


Bild 44: Verspannter Zweigelenkbogen aus Rundhohlprofilen, Spannweite 52,00 m, Postautostation, Chur

3.9 | Räumliche Tragwerke

3.9.1 | Trageigenschaften

Unter dem Begriff räumliche Tragwerke sind eine Vielzahl von Strukturformen zusammengefasst. Ein gemeinsames Merkmal aller Raumtragwerke ist eine möglichst gleichmäßige Ableitung der Kräfte in mindestens zwei Richtungen durch flächig oder räumlich angeordnete Tragelemente.

Raumtragwerke gliedern sich in ebene und gekrümmte Strukturen. Ebene Raumtragwerke sind in der Regel biegebeansprucht, während gekrümmte Raumtragwerke als biegebeanspruchte, druckbeanspruchte oder zugbeanspruchte Tragstrukturen ausgebildet werden können. Druckbeanspruchte Raumtragwerke zeigen meist eine konvexe Krümmung, während zugbeanspruchte Raumtragwerke eine konkave Krümmung aufweisen.

Innerhalb der biegebeanspruchten Raumtragwerke unterscheidet man Roste und räumliche Fachwerke.

Von einem Rost spricht man, wenn sich die Träger durchdringen. Die Anschlüsse sind dabei immer biegesteif auszuführen. In Fachwerkrosten durchdringen sich ebene Fachwerkträger.

Von einem räumlichen Fachwerk spricht man, wenn Obergurte und Untergurte jeweils um ein halbes Rasterfeld gegeneinander versetzt sind. Räumlich angeordnete Füllstäbe verbinden Ober- und Untergurte. Sowohl Roste als auch Raumfachwerke entsprechen in ihrem Tragverhalten einer Platte. Entscheidend für eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Beanspruchung ist dabei die Position der Auflager. Günstige Auflagerbedingungen sind durch eine gleichmäßige Unterstützung der Plattenränder, aber auch durch eingerückte Einzelstützen gegeben. Im letzteren Fall bewirkt die Auskragung der Platte eine Feldentlastung.

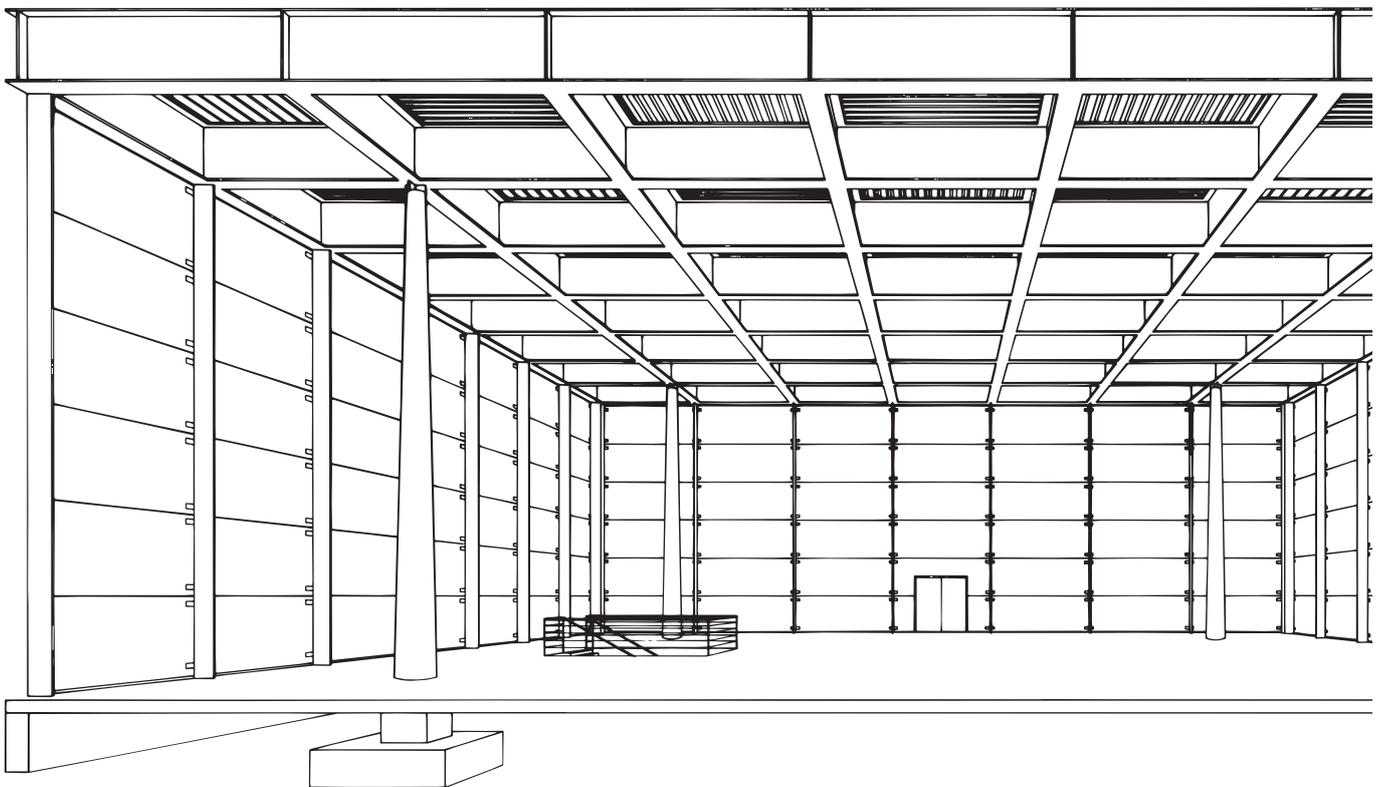


Bild 45: Beispiel räumliche Tragwerke

Ein räumliches Tragwerk ist nur dann optimal wirksam, wenn alle Tragrichtungen gleichmäßig beansprucht werden. Ist dies nicht der Fall, bildet sich eine Haupt- und eine Nebentragrichtung aus, wobei sich die kürzere Seite als Haupttragrichtung erweist. Die ideale gleichmäßige Lastabtragung innerhalb eines zweiläufigen Trägerrosts erfolgt über einem quadratischen Stützenraster. Ein Ungleichgewicht in der Beanspruchung der verschiedenen Tragrichtungen entsteht bei unterschiedlichen Seitenverhältnissen der Tragstruktur.

Für eine bessere Verteilung der Kräfte ist es sinnvoll, einzelne Stützen zu verzweigen, so dass die Normalkräfte an mehreren Knotenpunkten aus der Platte in die Stütze eingeleitet werden können.

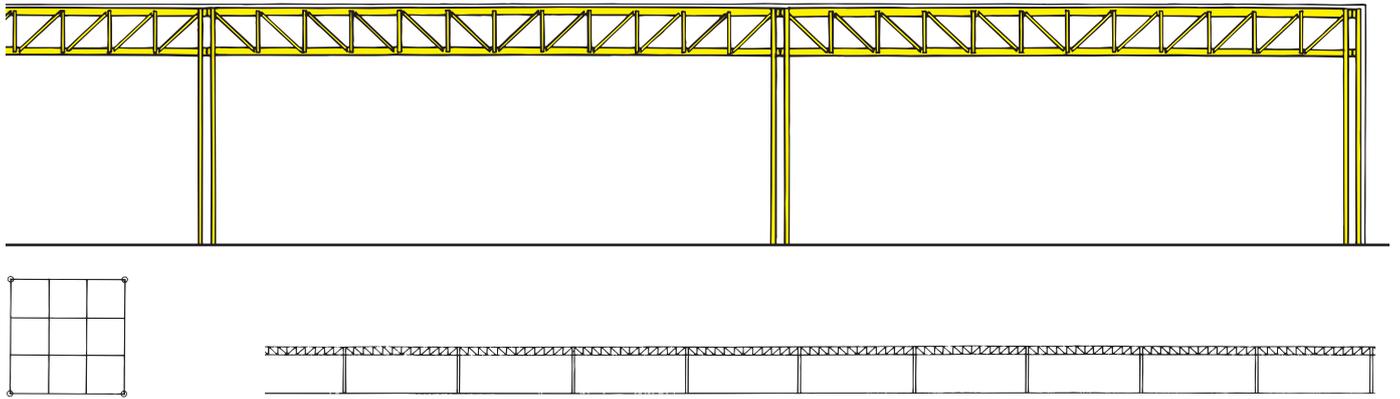


Bild 46: Mehrfeldriger Rost aus zweigurtigen Fachwerkträgern, Spannweite 15,00 m

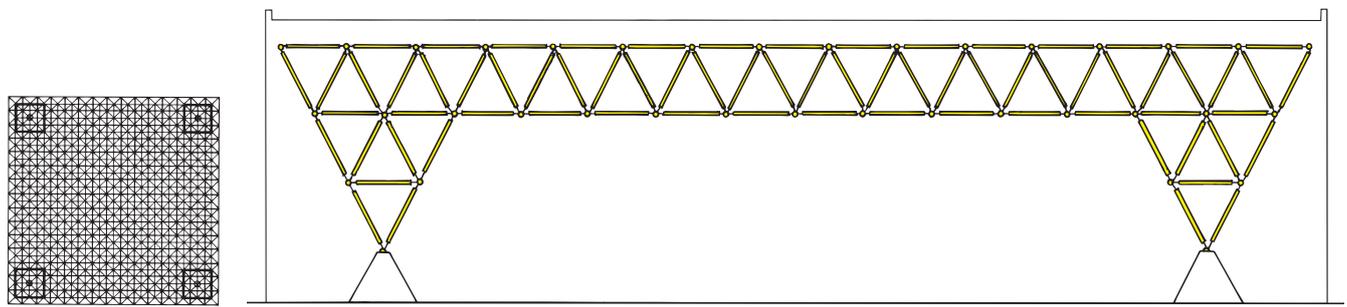


Bild 47: Einfeldriges vierpunktgestütztes Raumfachwerk, Spannweite 21,60 m, Gemeindezentrum, Oer Erkenschwick

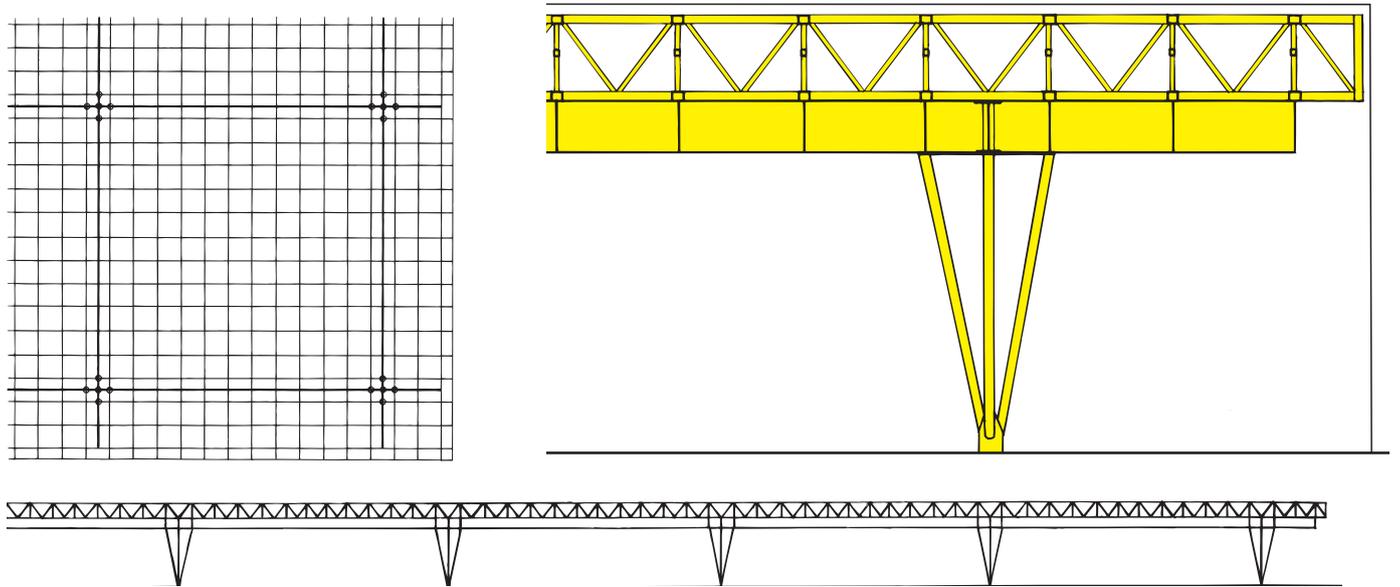


Bild 48: Mehrfeldriger Rost aus Fachwerkträgern auf einem Durchlaufrost aus Vollwandriegeln, gestützt von verzweigten Stielen aus Rundhohlprofilen, Spannweite 36,00 m, Messehalle, Grenoble

3.9.2 | Formen räumlicher Tragwerke

Raumtragwerke sind die effizientesten Tragstrukturen, was den benötigten Materialeinsatz pro Quadratmeter überdeckter Fläche betrifft. Die Aufteilung in vorwiegend zug- oder druckbeanspruchte Traglieder ermöglicht die Ausbildung filigraner Tragstrukturen. Materialsparende Konstruktionen sind aber nicht notwendigerweise wirtschaftlich. Die Mehrläufigkeit der Struktur erfordert die Ausbildung aufwendiger, arbeitsintensiver Knotenpunkte. Dazu kommt ein erhöhter Aufwand für den Anschluss der Gebäudehülle an das Tragwerk.

Die zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten der Tragelemente ermöglichen jedoch die Ausbildung expressiver Tragwerke. Für alle räumlichen Tragwerke gilt, dass ihre Anwendung mit zunehmender Spannweite an Attraktivität gewinnt. Wie mit kaum einer anderen Tragstruktur gelingt es mit räumlichen Tragwerken, den Gleichgewichtszustand der inneren Kräfte zum Ausdruck zu bringen.

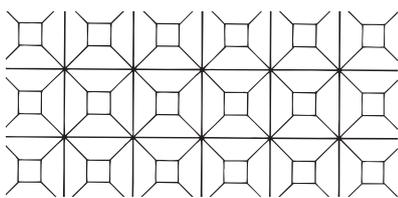
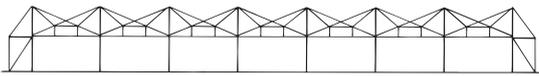
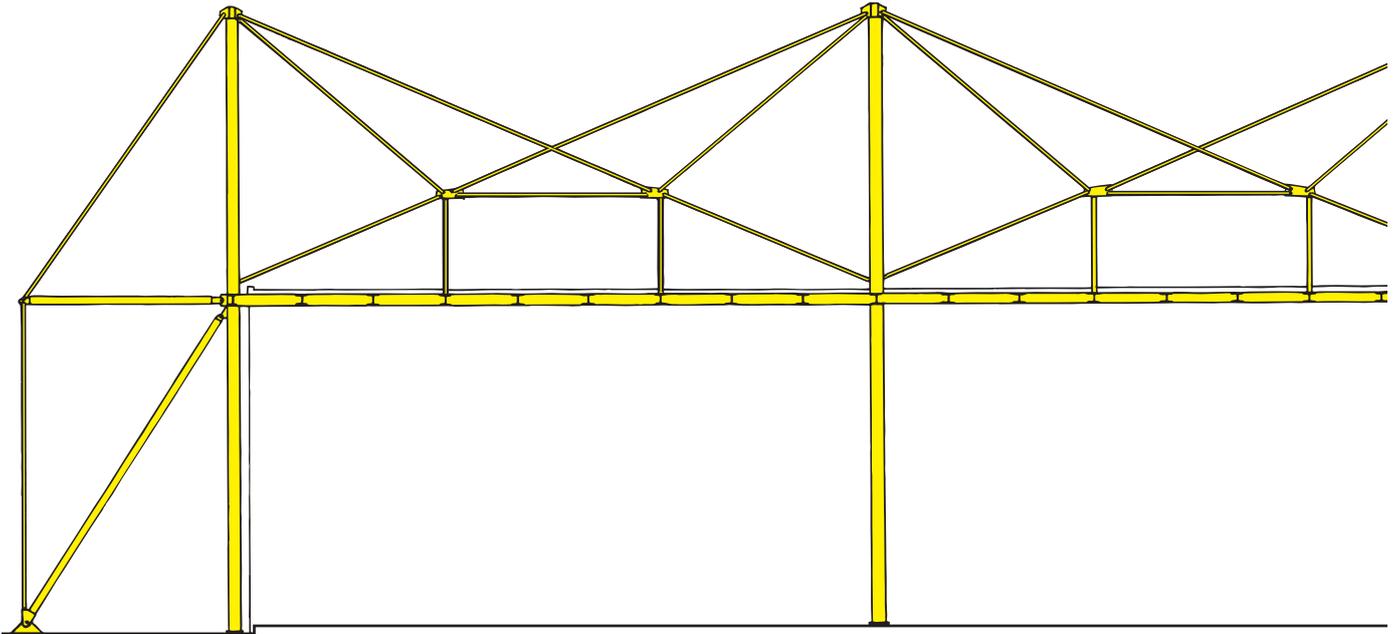


Bild 49: System aus Haupt- und Nebenträgern mit räumlicher Überspannung, Spannweite 18,00 m, Produktions- und Lagerhalle in Quimper (F)

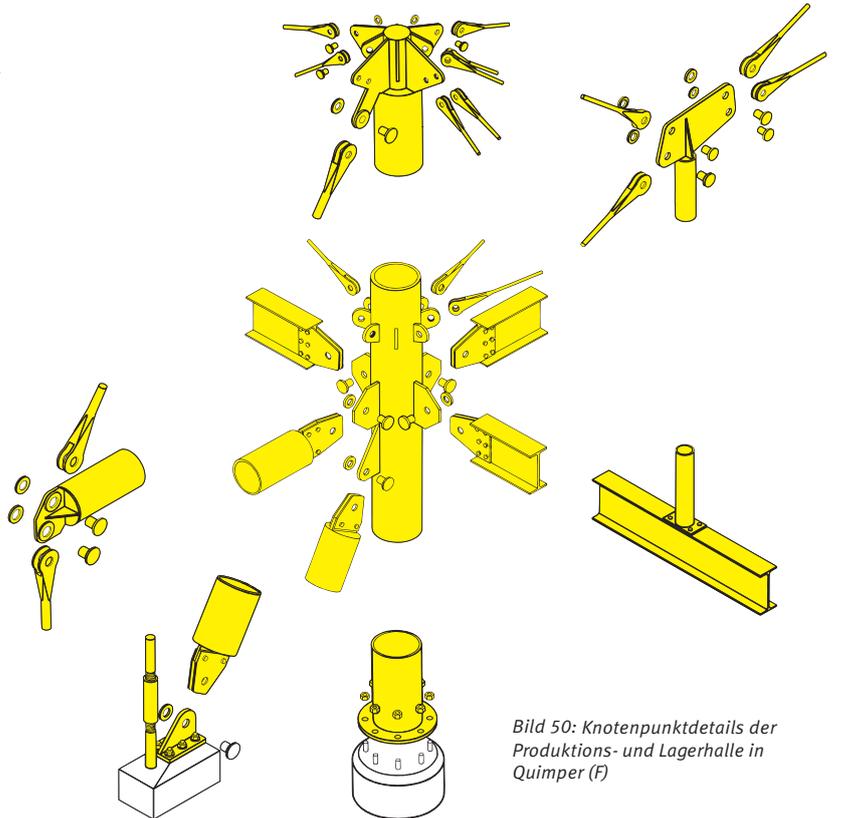


Bild 50: Knotenpunktdetails der Produktions- und Lagerhalle in Quimper (F)

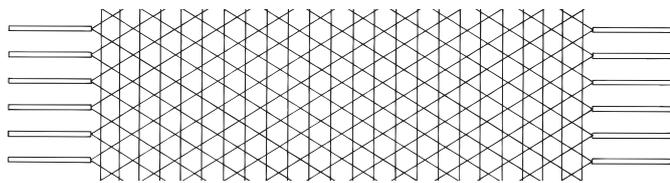
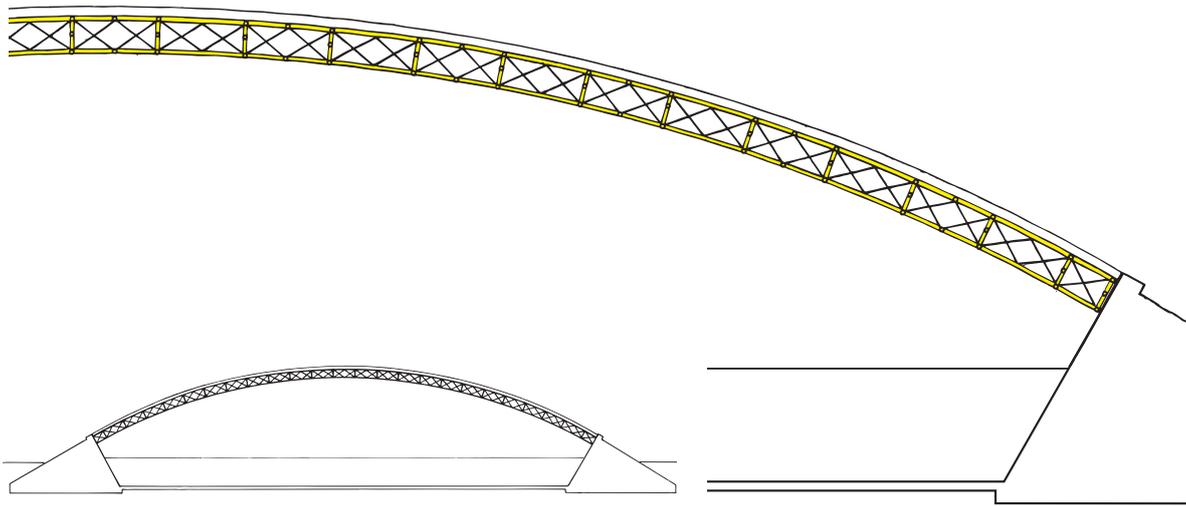


Bild 51: Bogentragwerk als Stabrost aus Rundhohlprofilen, Spannweite 69,00 m, Projekt für eine Leichtathletikhalle

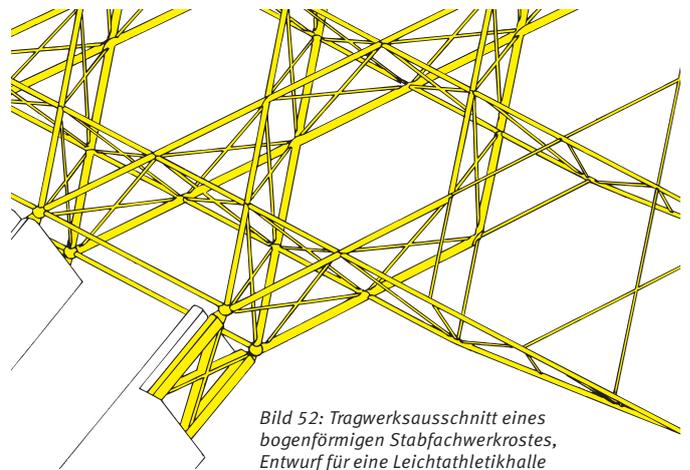


Bild 52: Tragwerksausschnitt eines bogenförmigen Stabfachwerkrostes, Entwurf für eine Leichtathletikhalle

4 | Bemessung

Der Begriff der Bemessung wird hier als Paket von statischer Modellbildung, Lastannahmen, Schnittkraft- und Verformungsberechnung sowie der Ermittlung der Grenzwerte der Beanspruchbarkeit und der Gebrauchstauglichkeit verstanden. Waren bis in die 1990er Jahre noch überwiegend „handgerechnete“ Bemessungen im Stahlhallenbau die Regel, so ist die Praxis in den meisten Planungsbüros heute eine gänzlich andere.

Die rasche technische Entwicklung der Hardware um die Jahrtausendwende war Voraussetzung dafür, dass komplexe rechenintensive Bemessungsprogramme auch für kleine Planungsbüros nutzbar wurden. Begleitet wurde diese Entwicklung von immer besserer Bedienerfreundlichkeit und vielfältiger Visualisierbarkeit von Ein- und Ausgaben innerhalb dieser Programmsysteme.

Gerade die damit einhergehende Schnelligkeit der Bearbeitung kompletter Bemessungen führten und führen dazu, dass selbst simpelste Statiken mit Hilfe derartiger Programme erstellt werden. Hinzu kommen andauernde Normenanpassungen oder ganze Normenumstellungen, wie beispielsweise die gerade abgeschlossene Einführung der Eurocodes, die natürlich den Griff zur bereits „per Update aktualisierten“ Bemessungssoftware begünstigen.

Man sollte sich dadurch aber nicht den Blick auf das Wesentliche einer statischen Berechnung verstellen lassen. Dazu gehören vor allem einfache Kontrollen auf Plausibilität von Ergebnissen aus Schnittkräften und Verformungen.

Die Schnittkraftermittlung eines Hallentragwerks am verformten 3D-Modell, erscheint auf den ersten Blick trivial. Häufig werden

aber Modellunsicherheiten unterschätzt, wie z. B. wenn es um die exakte Übertragung der Schnittkräfte und Verformungen am dreidimensionalen Knotenanschluss geht. Hier sollte ggf. im Vorfeld einer Bemessung mittels einfacher Modellrechnungen die Eignung des Bemessungsprogramms für den konkreten Anwendungsfall überprüft werden.

Die Aufteilung des Tragwerks in bemessungsrelevante ebene Teilsysteme ist eine seit Jahrzehnten bewährte Methode der Modellbildung. Im Gegensatz zur Anwendung komplexer 3D-Modelle ist deren Fehleranfälligkeit überschaubar. Beachtenswert ist in diesem Zusammenhang die Fundamentbemessung sofern es sich um Einzelgründungen handelt. Zusätzlich zu den Lastkombinationen zur Bemessung der Fundamente sind hier auch jene zu bilden, die für Standsicherheit des Bodens notwendig sind (GEO, EQU). Die Vielzahl der Lastfallkombinationen führt dazu, dass für die Gründungskonstruktion maßgebende Kombinationen selten offensichtlich sind. Für das 3D-Modell resultiert die Anzahl zu vergleichender Stützkraftkombinationen aus dem Produkt der Lastfallkombinationen mit der Anzahl vorhandener Stützenfüße.

Am ebenen Teilsystem reduziert sich dieser Vergleich um den Faktor der nicht „teilsystemzugehörigen“ Stützenfüße. Der Bemessungsmehraufwand des räumlichen Modells gegenüber dem weniger-ebener-Teilsysteme multipliziert sich entsprechend, wenn nachträglich Änderungen an Querschnitten, Materialien, Anschlüssen oder am Gesamtsystem vorgenommen werden.

5 | Gebäudehülle

Die Gebäudehülle grenzt einen geschützten Innenraum als eigenständigen Klimabereich gegenüber dem Außenraum ab. Für Wind, Regen und Schnee bildet sie eine Barriere, während sie den Einfall von Tageslicht, den Austausch der Raumluft sowie die Zugänglichkeit ermöglicht. Von den vielen Funktionen der Hüllkonstruktion – wie der Integration von Türen und Toren, Fenstern und Sonnenschutz, dem Schutz vor dem Außenklima und der wichtigen Eigenschaft, dem Gebäude ein charakteristisches Gesicht zu geben – können im folgenden nur wenige Aspekte behandelt werden.

Orientierung im Planungsprozess und in der Ausführung der Gebäudehülle geben die Anforderungen der aktuellen Energieeinsparverordnung, EnEV. In ihr sind die bauteilbezogenen Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten festgelegt. Die Einhaltung dieser Grenzwerte bedingt im Wesentlichen drei Maßnahmen:

1. Festlegung der notwendigen Dämmstoffdicke,
2. konstruktive Durchbildung aller Verbindungs-, Anschluss- und Schnittstellendetails der gesamten Gebäudehülle hinsichtlich der Minimierung von Wärmebrücken,
3. konstruktive Durchbildung aller Verbindungs-, Anschluss- und Schnittstellendetails der gesamten Gebäudehülle zur Gewährleistung der Dichtigkeit Konstruktion. Durchdringt das Stahltragwerk die Gebäudehülle ist gegebenenfalls mit thermisch getrennten Stößen zu arbeiten.

5.1 | Wärmeschutz

Bei Hallen ist die Fläche der Hülle im Verhältnis zum Volumen relativ gering. Daraus ergeben sich vergleichsweise geringe Anforderungen an die Wärmedämmfähigkeit der Hüllkonstruktion.

Während der Heizperiode besteht eine der wichtigsten Funktionen der Gebäudehülle darin, den Wärmeverlust von innen nach außen durch eine wirksame Dämmung und Dichtigkeit möglichst gering zu halten.

Im Sommer dagegen ist es die Aufgabe der Hüllkonstruktion, einstrahlende solare Energie aus dem Inneren der Halle fernzuhalten. Der sommerliche Wärmeschutz ist abhängig von der Gesamtfläche und Orientierung der Tageslichtöffnungen sowie von der Wirksamkeit temporärer Sonnenschutzmaßnahmen.

Da wirtschaftliche Außenwandkonstruktionen im Stahlhallenbau zumeist Leichtbaukonstruktionen sind, hat die Wärmespeicherfähigkeit der Außenwand keinen nennenswerten Einfluss auf den sommerlichen Wärmeschutz.

5.2 | Feuchteschutz

Für die uneingeschränkte Funktionstüchtigkeit aller Außenwandbauteile ist ein entsprechender Feuchteschutz notwendig. An der Grenzschicht zwischen Außen- und Innenraum, die von der Gebäudehülle gebildet wird, besteht ein Temperaturgefälle. Da warme Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann als kalte, entsteht außerdem ein Gefälle im Feuchtegehalt der Luft. Bei einer Dampfdiffusion durch die Außenwand kann Kondensat entstehen. Der Taupunkt beschreibt einen Temperatur-Grenzwert, bei dem der Feuchtegehalt der Luft den temperaturabhängigen Sättigungswert übersteigt.

Innerhalb mehrschaliger Wandkonstruktionen könnte es daher zu einer Durchfeuchtung der Wärmedämmung und damit zu einer Minderung der Dämmeigenschaft kommen. Darüber hinaus kann unkontrollierte Feuchtigkeit Korrosion der Außenwandbauteile und des Tragwerks bewirken. Dampfdiffusionsoffene, monolithische Außenwandkonstruktionen, z. B. aus Porenbeton, sind vergleichsweise unproblematisch, da die Feuchtigkeit ausdiffundieren kann. Bei mehrschaligen Außenwandkonstruktionen wird durch den Einbau einer Dampfsperre auf der Innenseite Tauwasserbildung in der Wand verhindert. Bei hinterlüfteten Fassaden genügt lediglich eine Dampfbremse auf der Innenseite der Wand.

Beidseitig dampfdichte Außenwandkonstruktionen, z. B. aus PUR-Sandwichelementen, unterbinden die Dampfdiffusion. Generell muss in dampfdiffusionsdichten Räumen die Luftfeuchtigkeit durch raumluftechnische Maßnahmen kontrolliert und reguliert werden.

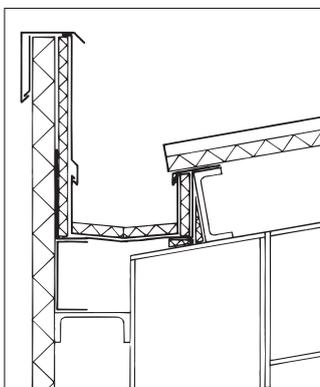


Bild 53 a: Traufpunkt mit Attika, Satteldach, PUR-Sandwichelemente

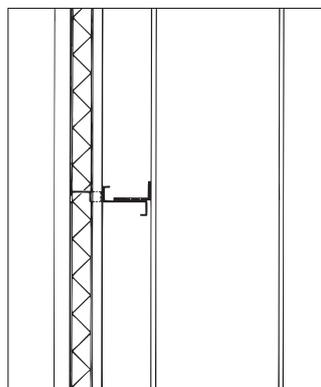


Bild 53 b: Wandanschluss, profiliertes PUR-Sandwichelement

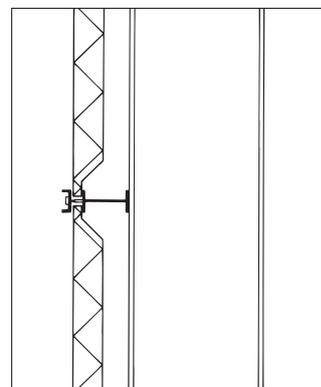


Bild 53 c: Wandanschluss, Paneel

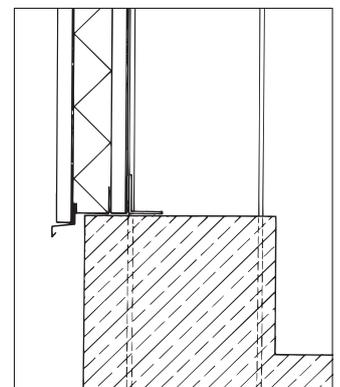


Bild 53 d: Fußpunkt, Dämmung zwischen zwei Blechschalen

5.3 | Schallschutz

In allen europäischen Ländern bestehen Mindestanforderungen an den Schallschutz von Gebäuden. Im Industriebau sind außerdem Grenzwerte für die Schallemission zu beachten.

Allen Maßnahmen des baulichen Schallschutzes liegen grundsätzlich drei physikalische Prinzipien zugrunde:

- Je höher die Masse eines Bauteils, desto geringer ist die Schallübertragung.
- In mehrschaligen Konstruktionen bewirkt das Prinzip der Trennung eine Unterbrechung der Schallübertragungswege.
- Durch Schallabsorption wird die Schallenergie in Wärme oder mechanische Energie umgewandelt.

So kann z. B. die Körperschallübertragung einer Maschine durch ein Schwergewichtsfundament (Masse) oder durch die vollständige Ablösung des Maschinenfundaments vom Bauwerk (Trennung) oder am wirksamsten durch eine weichfedernde Lagerung (Schallabsorption) eingedämmt werden. Für einzelne Lärmquellen, die einen hohen Luftschalldruck erzeugen, empfiehlt sich die örtliche Abkapselung der Lärmquelle, z. B. mit Bauteilen aus Stahlverbundblechen.

Zur Dämmung eines insgesamt sehr hohen Geräuschpegels sind schallschluckende Bekleidungen von Wand und Decke wirkungsvoll. Eine sehr wirtschaftliche Maßnahme zur Schalldämmung ist der Einbau gelochter Trapezbleche oder Kassettenprofile, da hier hinterlegtes mineralisches Dämmmaterial sowohl die Schallabsorption als auch die Wärmedämmung übernehmen kann.

Um ein verbessertes Schalldämmmaß der Außenwandkonstruktion zu erzielen, sind mehrschalige Wandaufbauten vorteilhaft. Innenschale, Dämmung und Außenschale bilden dabei ein Masse-Feder-Masse-System. Bei Außenwandkonstruktionen, für die ein höheres Schalldämmmaß gefordert ist, kann die Leichtbaukonstruktion durch den gezielten Einbau akustisch wirksamer Massen, z. B. aus Hartfaserplatten, so eingestellt werden, dass praktisch jede schalltechnische Forderung erfüllt werden kann.

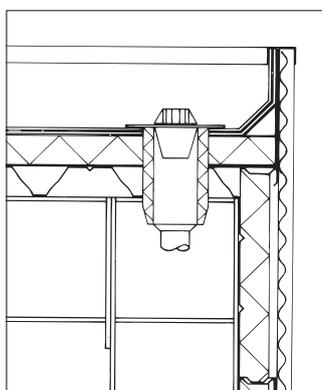


Bild 54 a: Traufpunkt, Flachdach

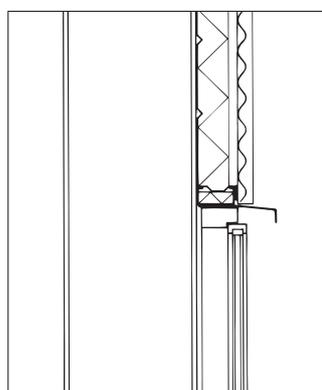


Bild 54 b: Fensteranschluss, Sturz

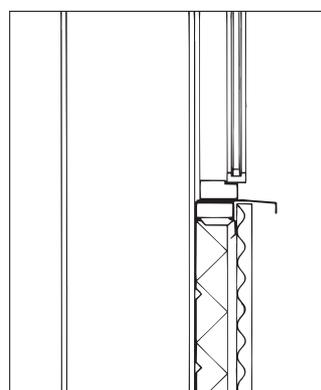


Bild 54 c: Fensteranschluss, Brüstung

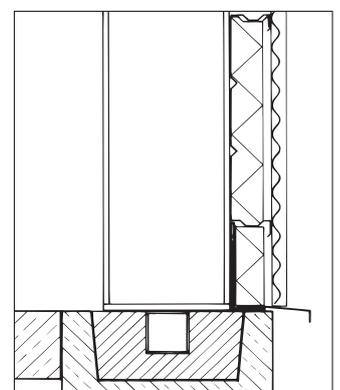


Bild 54 d: Fußpunkt

5.4 | Bausysteme für Dach und Wand

Eine naheliegende Möglichkeit zur Konstruktion der Gebäudehülle einer Stahlhalle ist die Verwendung von industriell vorgefertigten Bauteilen aus oberflächenveredelten Feinblechen. Dabei unterscheidet man zwischen Stahltrapezprofilen, Stahlkassettenprofilen, Stahlsonderprofilen und Sandwichelementen. Grundsätzlich sind alle genannten Profile sowohl für das Dach als auch für die Wand geeignet.

Stahltrapezprofile eignen sich vorzugsweise als tragende Innenschale der Dachkonstruktion, während Stahlkassettenprofile in der Regel die Innenschale der Außenwand bilden. Sie sind auf Biegung beanspruchbare Bauteile und können zudem Wärmedämmstoffe aufnehmen. Für die Konstruktion der bewitterten Außenschale von Dach und Wand können Trapezbleche und eine Reihe von Sonderprofilblechen eingesetzt werden. Bei Sandwichelementen stellt meist ein Kern aus Polyurethanschaum eine schubsteife Verbindung von Innen- und Außenschale her, so dass Wärmedämmfunktion und Tragfunktion in einem Bauteil integriert sind. Sandwichelemente können daher als tragende Elemente im Dach- und Wandbereich verwendet werden.

In mehrschichtigen Außenwandkonstruktionen können andere Materialien Teilfunktionen innerhalb der Gebäudehülle übernehmen. Das Angebot der Industrie bietet ein breites Sortiment an Profilblechen und Bauteilen für Dach und Wand.

Die Schnittzeichnungen Bilder 53 a–d zeigen Wandaufbauten aus ebenen und profilierten Sandwichelementen, Paneelen und aus lose zwischen zwei Blechschalen eingelegter Dämmung.

Die Schnittzeichnungen Bilder 54 a–d zeigen einen Wandaufbau aus Stahlkassettenprofilen mit eingelegten Mineralfaserdämmplatten und hinterlüfteter Vorsatzschale aus Wellblech.

5.5 | Belichtung

Hallen werden entweder durch Lichtbänder in den Wandflächen oder durch Oberlichter in den Dachflächen natürlich belichtet.

Der Begriff der Beleuchtungsstärke ermöglicht es, die Helligkeit messbar zu machen. Er ist damit für die Lichtplanung der entscheidende Parameter. Die Beleuchtungsstärke ist definiert als derjenige Lichtstrom, der auf 1 m² Hallenfläche trifft. Die Beleuchtungsstärke wird in Lux angegeben. Übliche Beleuchtungsstärken sind 50.000 bis 100.000 Lux bei Sonnenschein und 5.000 Lux bei bedecktem Himmel. Die Beleuchtungsstärke in Räumen variiert von 30 bis 2.000 Lux, je nach den Ansprüchen an die entsprechende Tätigkeit. In der Regel reicht eine mittlere Beleuchtungsstärke von 500 Lux an Arbeitsplätzen aus. Im Wohnbereich genügen 50 Lux, eine Straßenbeleuchtung liefert 5 Lux. Bei Vollmond werden 0,5 Lux gemessen.

Die Zeichnungen Bilder 55 a–d zeigen prinzipielle Möglichkeiten der Tagesbelichtung einer Halle. Die relative Helligkeit ist für unterschiedliche Tageslichtöffnungen in Form von Tageslichtquotientenlinien dargestellt. Der Tageslichtquotient ist als Maß für die Lichtausbeute abhängig von der jeweiligen Anordnung der Tageslichtöffnungen. Er gibt an, wieviele Prozent der im Außenraum vorhandenen Beleuchtungsstärke im Innenraum der Halle gemessen werden.

Die schematischen Darstellungen zeigen, wie die Beleuchtungsstärke bei seitlich einfallendem Tageslicht mit zunehmendem Abstand von der Außenwand abnimmt und wie mit entsprechenden Tageslichtöffnungen auf dem Dach eine gleichmäßige Ausleuchtung der Halle sichergestellt werden kann. Für einschiffige Hallen mit Spannweiten bis 20 m sind in der Regel beidseitig seitlich angeordnete Tageslichtöffnungen ausreichend. Hallen mit größerer Spannweite benötigen Oberlichter.

Bild 55 a: Punkt-förmige Oberlichter

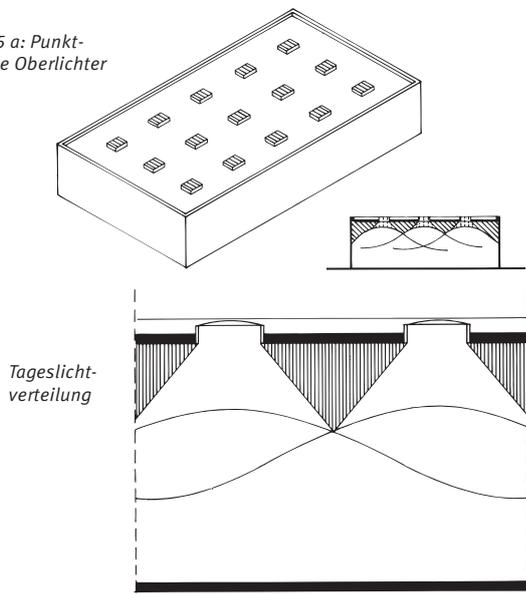


Bild 55 b: Linien-förmige Oberlichter

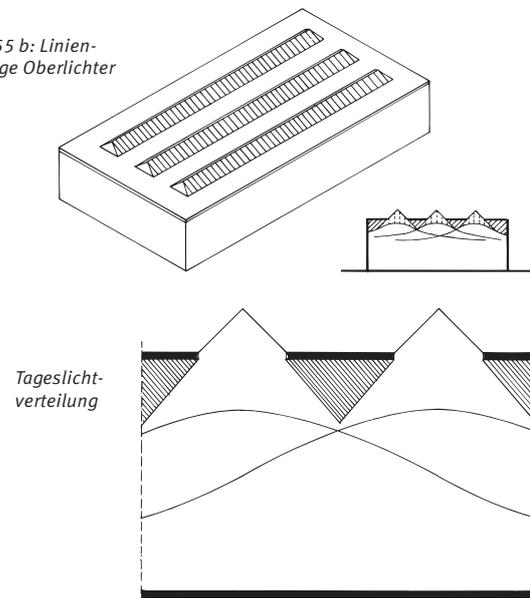


Bild 55 c: Fensterbänder

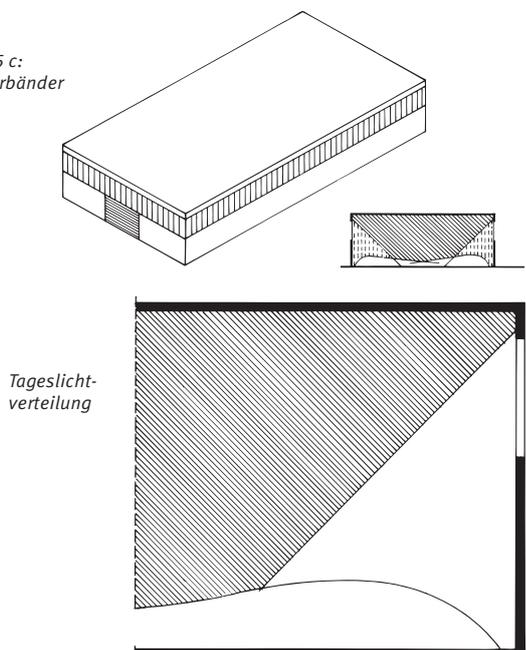
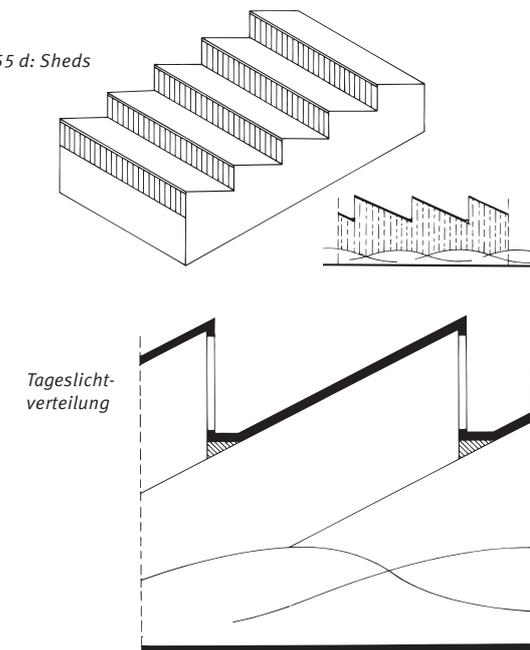


Bild 55 d: Sheds



5.6 | Belüftung

5.6.1 | Mechanische Belüftung

In Sporthallen und Versammlungsräumen sind es die erforderlichen Luftwechselraten für die Atemluft, in Werk- und Industriehallen die produktionsbedingten Anforderungen, die den Einbau einer raumlufttechnischen Anlage (RLT) zur Konditionierung der Luft notwendig machen.

Die raumlufttechnische Konditionierung einer Halle hat folgende Vorteile:

- Lärm-, Schadstoff- und Geruchsbelästigungen von außen können aus dem Halleninneren ferngehalten werden.
- Die Hallentemperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Reinheit der Raumluft können an fertigungstechnische Erfordernisse angepasst werden.
- Mögliche Wärme-, Geruchs- und Schadstoffentwicklungen im Zusammenhang mit Produktionsprozessen können ggf. über Filteranlagen gezielt abgeführt werden, so dass die zulässigen Schadstoffkonzentrationen nicht überschritten werden. Luftführung und Luftverteilung können so geplant werden, dass keine Zuglufterscheinungen auftreten.
- Mit einer raumlufttechnischen Anlage kann die Nachtabkühlung im Sommer wesentlich besser genutzt werden.
- Im Winter bietet der Einbau einer Wärmerückgewinnungsanlage die Möglichkeit, den Heizenergiebedarf drastisch zu verringern.

Die Installation einer RLT-Anlage ist heute im Industriebau der Regelfall. Lufttechnische Anlagen benötigen große Leitungsquerschnitte. Die angeschlossenen Aggregate, wie Ventilatoren, Filteranlagen, Heizungs- und Kühleinheiten, sind ebenfalls großvolumig. Die Integration dieser Elemente in Tragwerk und Hülle ist eine Aufgabe, die bereits im Entwurfsstadium ansteht und wesentlichen Einfluss auf die strukturelle Ordnung des Gebäudes hat. In hochinstallierten Gebäuden ist der Planungsaufwand für die Haustechnik größer als für das Tragwerk und die Konstruktion der Gebäudehülle. Es ist deshalb unbedingt notwendig, den Zusammenhang der Systeme von Anfang an zu berücksichtigen. Dies setzt eine möglichst frühzeitige Zusammenarbeit zwischen Architekt, Tragwerksplaner und den Fachingenieuren für den technischen Ausbau voraus.

Die Bilder 56 a–d zeigen unterschiedliche Anordnungsmöglichkeiten für lufttechnische Installationen:

Technikräume separat

Die externe Ver- und Entsorgung hat große Leitungslängen zur Folge. Diese Bauweise erlaubt jedoch die Nachrüstung der raumlufttechnischen Anlage.

Technikräume auf dem Dach

Hier ist der Vorteil des geringen Grundflächenbedarfs mit dem Vorteil einer ökonomischen Leitungsführung kombiniert. Nachteilig ist die Belastung des Hallentragwerks durch die Aggregate des technischen Ausbaus, sowie die Notwendigkeit, alle Elemente sorgfältig zu dämmen.

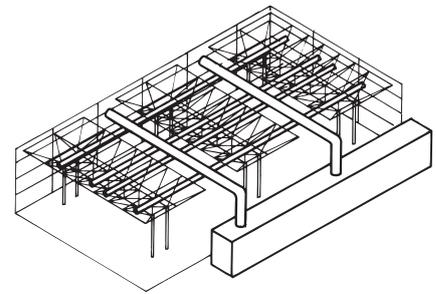


Bild 56 a:
Technikräume
separat

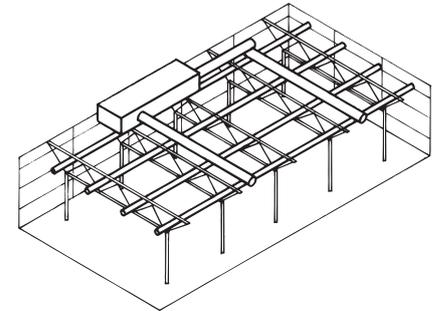


Bild 56 b:
Technikräume
auf dem Dach

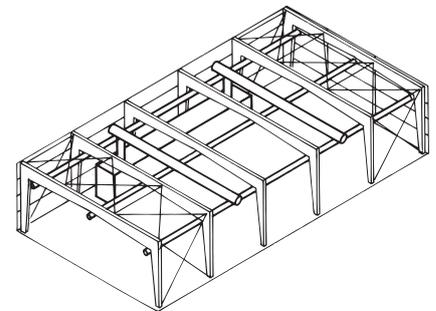


Bild 56 c:
Technikräume
innen

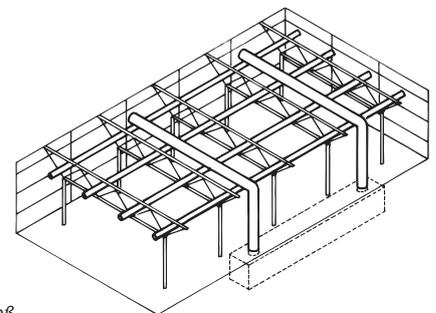


Bild 56 d:
Technikräume
im Untergeschoß

Technikräume im Untergeschoß

Die aufwendigste Lösung ist, die Technikräume in einem gegenüber dem Fußboden der Halle abgesenkten Bereich oder einem Keller unterzubringen. Ein Vorteil ist dabei die uneingeschränkte Nutzungsmöglichkeit der Hallenfläche.

Technikräume im Untergeschoß

Die aufwendigste Lösung ist, die Technikräume in einem gegenüber dem Fußboden der Halle abgesenkten Bereich oder einem Keller unterzubringen. Ein Vorteil ist dabei die uneingeschränkte Nutzungsmöglichkeit der Hallenfläche.

5.6.2 | Natürliche Belüftung

In vielen Fällen reicht die natürliche Belüftung für die raumlufttechnische Konditionierung einer Halle aus. Mit zunehmender Hallengröße stoßen die Möglichkeiten der Lufterneuerung und der Wärmeabführung aus der Halle aber an Grenzen. Unabhängig von der Raumhöhe gilt allgemein eine Hallenbreite von rund 15 m als Obergrenze für die Wirksamkeit der Fensterlüftung.

Der notwendige Luftaustausch kann durch Dachentlüftungsöffnungen unterstützt werden. Eine sorgfältige Anordnung der Be- und Entlüftungsöffnungen ermöglicht es, auch in großen Hallen den nötigen Luftwechsel herzustellen. Das mikroklimatische Umfeld des Hallenbauwerks, also die vorherrschende Windrichtung, die Art der umgebenden Bebauung und die Höhe des Gebäudes sowie die Maßnahmen zur Herstellung einer Luftzirkulation haben wesentlichen Einfluss auf die Wirksamkeit der natürlichen Be- und Entlüftung.

Darüber hinaus sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Sonnenschutzkonstruktionen behindern gegebenenfalls den Luftaustausch
- mögliche Lärm- und Geruchsbelästigungen von außen sind zu beachten
- die Luftfeuchtigkeit der Außenluft kann nicht beeinflusst werden
- neben den Einbußen an Komfort durch Zugerscheinungen wirkt sich der hohe Wärmeenergieverlust nachteilig aus.

5.7 | Photovoltaik- und solarthermische Anlagen

Energetische Gewinne durch Photovoltaik- und solarthermische Anlagen dürfen bei der Bilanzierung von Nichtwohngebäuden nach Energieeinsparverordnung in Ansatz gebracht werden. Werden derartige Anlagen auf Dächern montiert, stellt sich in unseren Breiten der optimale Wirkungsgrad bei einer Paneelneigung zwischen 30°–45° ein. Je nach Anlage sind zusätzliche vertikale Dachlasten von durchschnittlich 0,5 kN/m² zu berücksichtigen. Bei flachgeneigten Dächern werden häufig aufgeständerte Systeme verwendet. Hier kann es durch Windangriff zu erheblichen horizontalen Mehrlasten in der Dachebene kommen.

6 | Brandschutz

Unter Brandschutz versteht man alle Maßnahmen, die der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorbeugen und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten ermöglichen. An erster Stelle steht dabei der Personenschutz. Er umfasst im einzelnen folgende Maßnahmen:

Rauch- und Wärmeabzug

Neben dem Feuer darf insbesondere die Gefährdung durch Rauch nicht unterschätzt werden. Im Brandfall fordert dieser die meisten Todesopfer und verursacht zudem oft erhebliche Sach- und Betriebsunterbrechungsschäden. Für den Personenschutz können deshalb Maßnahmen, die einer raschen Abführung der Rauchgase dienen, entscheidend sein. Dafür sind im Dach oder Wandbereich der Halle Rauchabzugsvorrichtungen vorzusehen, die sich im Brandfall selbsttätig öffnen. Sie sollen gleichmäßig über die Hallengrundfläche verteilt sein. Des Weiteren begrenzen Rauch- und Wärmeschürzen im Decken- und Dachraum die Ausbreitung von heißen Brandgasen und gewährleisten für eine definierte Zeitdauer eine ausreichend rauchfreie Schicht über dem Boden.

Fluchtwege und Rettungswege

Fluchtwege dienen im Brandfall dem raschen und sicheren Austritt von jedem Punkt in der Halle bis ins Freie oder in einen gesicherten Bereich. Anzahl, Anordnung, Form und Bemessung der Fluchtwege richten sich nach behördlichen Vorschriften. Fluchtwege sind auch die im Bauordnungsrecht definierten Rettungswege, sofern sie selbständig begangen werden können..

Zugänglichkeit

Zum Personenschutz zählen auch diejenigen Maßnahmen und Vorrichtungen, die das Eindringen von Rettungspersonal in das Gebäude betreffen. Dazu gehören die Zufahrtswege für Rettungsfahrzeuge und die Feuerwehr ebenso wie die Fluchtwege als Einstiege sowie weitere Öffnungen, die das Eindringen in das Gebäude ermöglichen.

Standsicherheit der Konstruktion

Wände, Fachwerke, Binder und Stützen bilden die tragende und aussteifende Konstruktion eines Gebäudes. Diese muss auch während eines Brandes für die Zeitdauer der Lösch- und Rettungsmaßnahmen ihre Standsicherheit behalten, um das Risiko von Verletzungen für die Rettungskräfte so gering wie möglich zu halten.

Brandabschnitte

Um den durch einen Brand entstehenden Schaden zu begrenzen, werden Brandabschnitte ausgebildet. Die Größe der Brandabschnitte ist behördlich geregelt. Sondermaßnahmen, wie der Einbau einer Sprinkleranlage, ermöglichen die Ausbildung größerer Brandabschnitte.

Feuerlöscheinrichtungen

Brandmeldeanlagen dienen einem möglichst raschen, effizienten Feuerwehreinsatz. Für die Feuerwehr zugängliche Hydranten und Wasserreservoirs bilden die Voraussetzung einer effektiven Brandbekämpfung. Zu den automatisch wirksamen Feuerlöscheinrichtungen zählen u. a. Sprinkleranlagen.

Bauordnungsrecht

Im Bauordnungsrecht werden Hallen den Sonderbauten zugeordnet. Für diese Art der Gebäude, z. B. Verkaufsstätten, Versammlungsstätten oder auch Industriebauten, ist eine zielorientierte Gesamtbewertung des vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzes in einem Brandschutzkonzept vorzunehmen. Die Brandschutzkonzepte setzen sich aus mehreren Einzelkomponenten zusammen, um den entsprechenden Sicherheitsstandard zu gewährleisten. Dabei ist eine Verschmelzung von Rechtsgrundlagen und Vorschriften zum Erreichen der Schutzziele des Baurechts unumgänglich. Sonderlösungen oder Ausnahmeregelungen sind zu begründen und frühzeitig mit den zuständigen Instanzen abzuklären. Im Zweifelsfall ist es ratsam, bereits zu Beginn der Planung einen stahlbauerfahrenen Brandschutzgutachter einzuschalten.

Zum Beispiel fallen Industrie- und Gewerbebauten mit gewerblich-industrieller Nutzung unter den Geltungsbereich der Muster-Industriebaurichtlinie. Die Richtlinie erleichtert Bauherren, Entwurfsverfassern und Fachplanern die Planung und den Behörden die Beurteilung und Genehmigung von Industriebauten.

7 | Korrosionsschutz

Bei Stahlbauten müssen die Konstruktionsbauteile nicht nur den zu erwartenden mechanischen Belastungen, sondern auch den Korrosionsbeanspruchungen widerstehen.

Stahl ist nicht durch Korrosion gefährdet, wenn die relative Luftfeuchtigkeit unter 60 % liegt. Bei höherer Luftfeuchtigkeit ist Stahl gegen Korrosion zu schützen. Der Schutz von Stahlbauteilen erfolgt durch Beschichtungen oder Überzüge oder durch eine Kombination von Überzügen mit Beschichtungen (Duplex-Systeme).

Korrosionsschutz nach Maß

Zum wirtschaftlichen Bauen zählt auch ein Korrosionsschutz nach Maß, wobei die am Standort vorhandenen korrosiven Belastungen und Umweltbedingungen sowie die Nutzungsart und -dauer zu berücksichtigen sind. Bereits beim Tragwerksentwurf ist darauf zu achten, dass die Konstruktion korrosionsschutzgerecht ausgebildet wird, so dass sich auf den Oberflächen möglichst keine korrosionsfördernden Stoffe, z. B. Schmutz, Salze, aggressive Lösungen, Wasser usw. ansammeln können.

Die der Korrosionsbelastung ausgesetzten Oberflächen von Stahlbauten sollen möglichst klein und wenig gegliedert sein. Alle Stahlbauteile sollen zugänglich oder erreichbar sein, damit der Korrosionsschutz ausgeführt, geprüft und instandgesetzt werden kann. So sind z. B. unzugängliche Stahlbauteile dauerhafter zu schützen als zugängliche. In beheizten, trockenen Innenräumen ist meist nur ein geringer oder gar kein Korrosionsschutz erforderlich. Hohlbauteile benötigen, wenn sie luftdicht verschlossen sind, im Innern keinen Korrosionsschutz.

Beschichtungen

Beschichtung ist der Oberbegriff für eine oder mehrere in sich zusammenhängende Schichten aus Pigmenten und (meist organischen) Bindemitteln auf der Stahloberfläche. Man unterscheidet Fertigungs-, Grund- und Deckbeschichtungen. Um die geforderte Haftfestigkeit und Haltbarkeit der Beschichtung zu erreichen, muss die Stahloberfläche entsprechend gereinigt und aufgeraut werden. Hierzu gehört die Entfernung artfremder Schichten (z. B. Schmutz, Staub, Öl oder Reste vorhandener Beschichtungen) und arteigener Schichten (Zunder, Rost) z. B. durch strahlen, bürsten oder schleifen. Eine sorgfältige Oberflächenvorbereitung hat entscheidenden Einfluss auf die Schutzdauer des Beschichtungssystems. Die Grundbeschichtung wird nach der Oberflächenvorbereitung so schnell wie möglich aufgebracht, um eine erneute Verunreinigung zu verhindern. Sie schützt vor Korrosion und stellt den Haftgrund für nachfolgende Deckbeschichtungen dar. Zunehmend erhalten Stahlbauteile bereits vor ihrer Bearbeitung im Stahlbaubetrieb die Oberflächenvorbereitung und eine Fertigungsbeschichtung, die als temporärer Korrosionsschutz dient. Neben dem im Stahlbau traditionell angewendeten Nassbeschichten besteht auch die Möglichkeit des Pulverbeschichtens. Seit 2009 gibt es eine Norm die den Korrosionsschutz durch Pulver-Beschichtungssystemen regelt.

Metallische Überzüge

Überzug ist der Sammelbegriff für eine oder mehrere Schichten aus Metallen auf einer Stahloberfläche. Der im Stahlbau gebräuchlichste Überzug ist das Feuerverzinken. Die Oberflächenvorbereitung umfasst (falls erforderlich) das Entfetten und das Entfernen von Rost und Zunder in Beizbädern sowie eine Flußmittelbehandlung. Die Feuerverzinkung erfolgt in Zinkbädern bei einer Temperatur von ca. 450 °C. Auf der Oberfläche entsteht eine Eisen-Zink-Legierungsschicht mit darüber liegender Reinzinkschicht. In Abhängigkeit von der Materialdicke und Stahlsorte ist die Zinkschicht etwa 0,05 bis 0,15 mm dick. Beim Feuerverzinken hat die chemische Zusammensetzung des Stahls – insbesondere der Siliziumgehalt – einen wesentlichen Einfluss auf das Verzinkungsergebnis. Deshalb sollte bereits bei der Bestellung des Stahls auf die beabsichtigte Feuerverzinkung hingewiesen werden. Besondere Aufmerksamkeit ist auf eine korrosions- und feuerverzinkungsgerechte Konstruktion zu richten. Hierzu gehören u. a.:

- Rippen, Knotenbleche, Eckpunkte müssen so konstruiert werden, dass flüssiges Zink abfließen kann.
- Hohlräume vermeiden; wenn dies nicht möglich ist, durch ausreichend große Öffnungen für die Entlüftung und für guten Zu- und Abfluss des flüssigen Zinks sorgen.
- Spannungsarm konstruieren und fertigen zur Vermeidung von Verformungen im Zinkbad.

Beschichtungen auf feuerverzinkten Bauteilen (Duplex-Systeme)

Verzinkte Bauteile können zusätzlich beschichtet werden. Neben der dekorativen Wirkung verlängern derartige Beschichtungen die Lebensdauer der Verzinkung ganz beträchtlich (synergetischer Effekt). Unterhalt und Erneuerung des Oberflächenschutzes werden stark vereinfacht, weil die Zinkschicht in der Regel voll erhalten bleibt. Dies ist insbesondere bei freibewitterten Bauteilen von Bedeutung.

8 | Integration der Systeme

„Integration der Systeme“ bezeichnet zunächst die räumlichen Beziehungen, die die Systeme Tragwerk, Hülle und Technischer Ausbau zueinander einnehmen. Es ist damit aber auch das Zusammenführen der unterschiedlichen Teilsysteme zu einem Gesamtsystem beschrieben, was auf den Entwurfsprozess hindeutet, der jedem Bauelement definierte Abmessungen und eine bestimmte räumliche Lage innerhalb des Bauwerks zuweist.

Am Beispiel einer Hallenkonstruktion aus Stahl lässt sich gut zeigen, wie die unterschiedlichen Systeme Tragwerk, Hülle und Technischer Ausbau ineinandergreifen.

Im Gegensatz zu anderen Bauweisen – wo z. B. die Außenwand mehrere Funktionen auf sich vereint (Tragfunktion, Raumabschluss, Schall- und Wärmeschutz) – werden im Stahlskelettbau die unterschiedlichen Aufgaben von eigens dafür konzipierten Bauteilen übernommen.

Tragwerk

Voraussetzung für einen gelungenen Tragwerksentwurf ist die Wahl einer der Aufgabe angemessenen Tragstruktur. Die Dimensionierung der Tragglieder ist den unterschiedlichen Beanspruchungen anzupassen. Die Knotenpunkte und Details sollen die Strukturform und den Kraftfluss innerhalb des Tragsystems zum Ausdruck bringen. Eine der Beanspruchung angemessene Formgebung der Konstruktion ist Voraussetzung für eine ästhetische Erscheinung.

Hüllkonstruktion

Ein vollkommen eigenständiges System ist die Gebäudehülle. Sie bildet eine Grenzschicht zwischen dem geschützten Innenraum und der freien Natur. Ähnlich einer Membran hat sie dabei eine selektive Wirkung. Einerseits ist es ihre Aufgabe, eine wirksame Barriere gegen Wind, Regen und Schnee zu bilden. Andererseits soll sie als durchlässige Grenzschicht den Austausch mit der umgebenden Luft sicherstellen, den kontrollierten Einfall des Tageslichts ermöglichen und im Winter die Strahlungsenergie

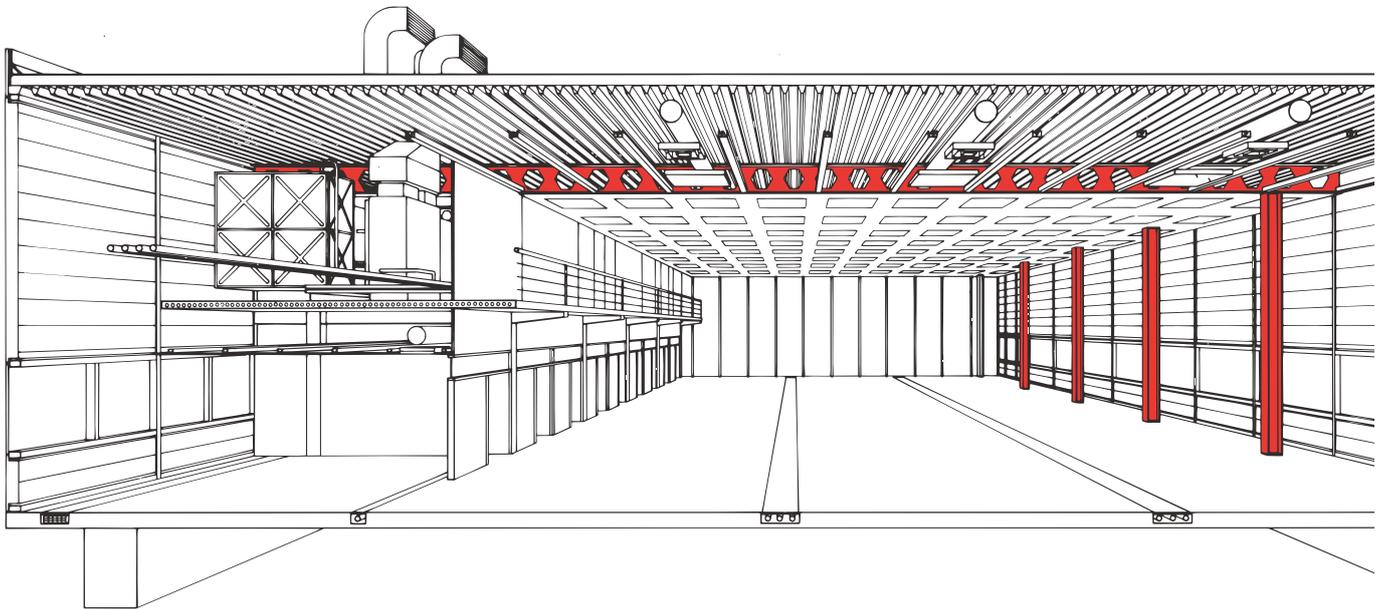


Bild 57: Beispiel für integration der Systeme

Im Sinne der Technik können dabei die einzelnen Bauelemente und Baugruppen im Hinblick auf ihre jeweilige Funktion optimiert werden. Die einzelnen Systeme werden dabei unabhängig voneinander entwickelt. Dem konstruktiven Entwurf fällt die Aufgabe zu, die einzelnen Teilsysteme zum Gesamtsystem Halle zu integrieren.

durchlassen. Außerdem erschließt sie das Gebäude durch Türen und Tore. Im Vergleich zum Tragwerk, das ein monofunktionales System ist, sind die Aufgaben der Gebäudehülle polyvalent.

Technischer Ausbau

Unter dem Begriff „Technischer Ausbau“ sind alle Subsysteme zusammengefasst, die den Betrieb und die Sicherheit des Gebäudes gewährleisten. Dazu gehört die raumlufttechnische Konditionierung des Gebäudes und die Versorgung mit Energie sowie den Medien Gas, Wasser und Luft. Sicherheitstechnische Einrichtungen, die dem baulichen Brandschutz dienen, sind ebenfalls wichtige Elemente. Zum Technischen Ausbau zählen weiter die Sanitärinstallationen, die Systeme des Innenausbaus, wie Wände, Fußböden, Decken, und die Elemente der Gebäudeerschließung, wie Treppen und Aufzüge. Abhängig vom Installationsgrad einer Halle nehmen die Teilsysteme des Technischen Ausbaus eine mehr oder weniger bestimmende Stellung innerhalb des Gesamtsystems ein.

Geometrische Ordnung

Die geometrische Ordnung beschreibt ein abstraktes Modell zur Bestimmung der Lage eines Bauelements innerhalb des Gebäudes. Grundelemente der geometrischen Ordnung sind Raster und Modul.

Das Zusammenwirken von Tragwerk und Hülle wird durch die konstruktive Ausbildung der Verbindungs- und Durchdringungspunkte beider Systeme maßgeblich beeinflusst. Tragwerk und Hülle reagieren unterschiedlich auf die jeweiligen Belastungen. Deshalb sind an den Verbindungspunkten beider Systeme häufig Bewegungen aufzunehmen. Es ist anzustreben, Trag- und Hüllkonstruktion möglichst zu entflechten und damit die Durchdringungspunkte beider Systeme auf ein Minimum zu reduzieren.

Zur Vermeidung von Wärmebrücken bieten sich folgende Integrationskonzepte an:

Tragwerk innen, Hülle außen

Bei dieser Anordnung werden Wärmebrücken weitestgehend ausgeschlossen. Die Hüllkonstruktion umschließt schützend das gesamte Tragwerk. Nachteilig ist dabei allein das vergleichsweise größere Volumen, das umschlossen wird und beheizt werden muss. Dabei haben tragende Stahlkonstruktionen den Vorteil, dass sie durch ihre Schlankheit und Filigranität die Volumenvergrößerung gering halten.

Kaltdach

Die Dachkonstruktion ist in zwei Schichten aufgeteilt. Die äußere übernimmt die Funktion der Schnee- und Regendichtigkeit und liegt auf den Obergurten des Tragwerks auf. Die innere Schicht ist an den Untergurten des Tragwerks befestigt und muss wegen möglicher Kondensatbildung an der äußeren Schale ebenfalls dampfdicht ausgebildet werden. Diese Anordnung bietet unter weitgehender Vermeidung von Wärmebrücken den Vorteil eines geringen zu beheizenden Raumvolumens. Im Sommer wirkt das Kaltdach als „Sonnenschirm“ und mildert durch eine wirksame Hinterlüftung die Aufheizung der Halle durch solare Einstrahlung.

Tragwerk außen, Hülle innen

Hierbei ist auf die Durchdringungspunkte von Tragwerk und Hülle zu achten. Abhängungen sind zu bevorzugen, da die Zugglieder, die die Hülle durchdringen, nur einen geringen Querschnitt haben. Die Halle kann auf das notwendige Lichtraumprofil reduziert werden. Da sich das Tragwerk außen befindet, ist ein entsprechender Korrosionsschutz erforderlich.

Tragwerk teilweise außen

Diese Anordnung von Tragwerk und Hülle hat die meisten Wärmebrücken, da hier nicht nur zugbeanspruchte Tragglieder mit kleinem Querschnitt, sondern auch biegebeanspruchte Tragglieder mit entsprechend großer Querschnittsfläche die Hülle durchstoßen. Biegebeanspruchte Durchdringungen können konstruktiv zu Kräftepaaren aufgelöst werden, wobei druckfeste Dämmstoffe die Wärmebrücken reduzieren.

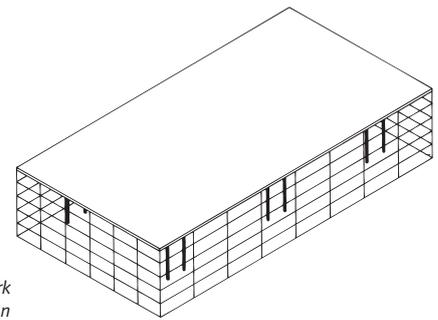


Bild 58 a: Tragwerk innen, Hülle außen

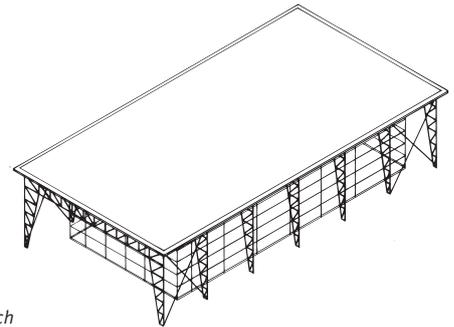


Bild 58 b: Kaltdach

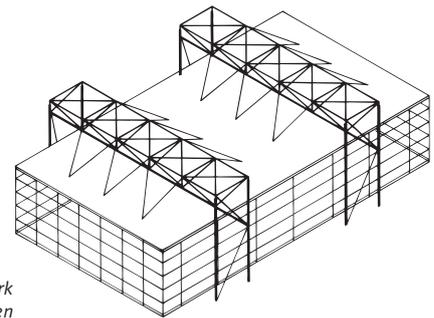


Bild 58 c: Tragwerk außen, Hülle innen

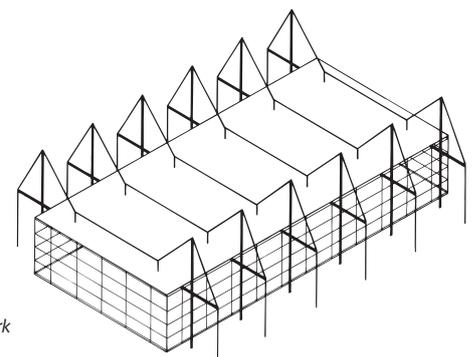


Bild 58 d: Tragwerk teilweise außen

9 | Nachhaltigkeit

Ein nachhaltiges Gebäude zeichnet sich dadurch aus, dass es Erwartungen an seine ökologische, soziale und wirtschaftliche Qualität gleichermaßen erfüllt:

• Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes gliedert sich in zwei Dimensionen. Zum einen müssen die Bau- und Nutzungskosten so gering wie möglich sein. Zum anderen sollten Gebäude – insbesondere Industriehallen – eine hohe Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Nutzungsbedürfnisse aufweisen.

Der Baustoff Stahl eignet sich besonders gut, um diese Anforderungen zu erfüllen. Er erlaubt aufgrund seiner Festigkeit große Spannweiten und auch nachträgliche Verstärkungen, beispielsweise für das Einbauen von Kranbahnen oder Dachöffnungen, sowie das Erweitern der Hallen zu beiden Seiten. Die Wahl von Schraubverbindungen ermöglicht zudem einen zerstörungsfreien Abbau, wodurch Hallen bei Bedarf sogar vollständig demontiert und an anderer Stelle wieder aufgebaut werden können.

• Ökologische Qualität

Die Bewertung der ökologischen Qualität von Gebäuden erfolgt im Wesentlichen auf Basis einer Ökobilanzierung. Hierbei werden verschiedene Umwelteinflüsse, beispielsweise das über den Lebensweg des Gebäudes entstehende Treibhauspotenzial, ermittelt. Studien belegen, dass die Wahl des Tragwerksbaustoffes insgesamt nur einen untergeordneten Einfluss (ca. 20–30 %) auf die Gesamtbilanz eines Gebäudes hat.

Durch den Einsatz höherfester Stahlsorten kann gegenüber einem Stahl, S235, eine erhebliche Einsparung an Tragwerksmasse erzielt werden und damit eine deutliche Reduktion des Treibhauspotentials bewirkt werden.

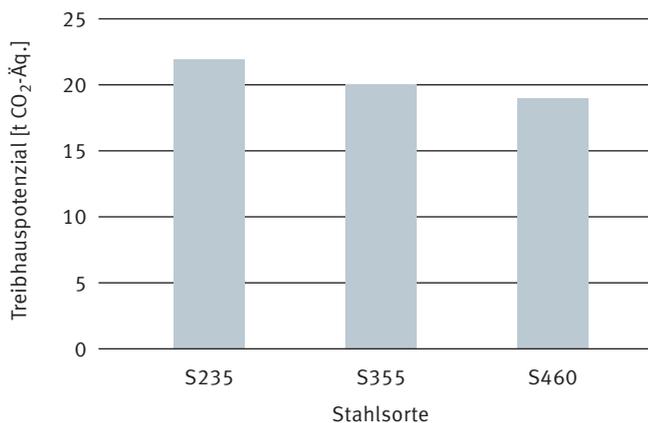


Bild 59: Mittelbarer Einfluss der Stahlsorte auf das Treibhauspotenzial am Beispiel eines Zweigelenkrahmens

• Soziale Aspekte

Industriehallen dienen als Arbeitsplatz und ihre gestalterische Qualität prägt die Umgebung – sowohl in Gewerbegebieten als auch in der freien Landschaft. Daher beeinflussen auch „weiche“ Faktoren die Funktionalität und Akzeptanz der Bauwerke. Hierzu gehören unter anderem der Wärme- und Schallschutz, der akustische Komfort und die Beleuchtung, die bereits in den vorherigen Kapiteln behandelt wurde. Sie werden bei der Nachhaltigkeitsbewertung ebenso berücksichtigt wie die ökonomische und ökologische Qualität.

Bei näherer Betrachtung der Nachhaltigkeitsaspekte zeigt sich, dass sich die grundlegenden Indikatoren der Nachhaltigkeit in scheinbar „nicht nachhaltigkeitsrelevanten“ Themen widerspiegeln, die schon seit Jahren in der Baupraxis beachtet werden. Die Stahlbauweise, die sich seit Jahrzehnten im Hallenbau bewährt hat, wird auch den „neuen“ Anforderungen der Nachhaltigkeit gerecht. Die vollständige Recyclingfähigkeit des Baustoffs Stahl ermöglicht zudem, dass auch zukünftige Generationen von den Vorteilen des Stahlbaus profitieren können.

Tipps zur Planung nachhaltiger Hallen

Die folgenden Tipps unterstützen das Planen und Bauen nachhaltiger Gebäude:

1. Die Beteiligung aller Interessengruppen (Architekt, Fachplaner, Bauherr, Nutzer) an der Planung – eine integrale Planung – ist der erste Schritt zu nachhaltigem Bauen. Durch die frühzeitige Einbindung möglichst vieler Beteiligten lässt sich das Gebäudekonzept optimieren.
2. Die Wahl gängiger Stahlprofile, Stahlsorten und -güten verringert die Materialkosten.
3. Eine Vorfertigung im Werk sichert wetterunabhängige Arbeitsplätze, eine hohe Qualität und führt oftmals zu einer Verkürzung der Bauzeit, da die Konstruktion bereits während der Herstellung der Fundamente vorbereitet werden kann.
4. Da für das Schweißen auf der Baustelle oftmals eine kostenintensive Einhausung erforderlich ist, sollten für die Baustellenmontage nur Schraubverbindungen gewählt werden.

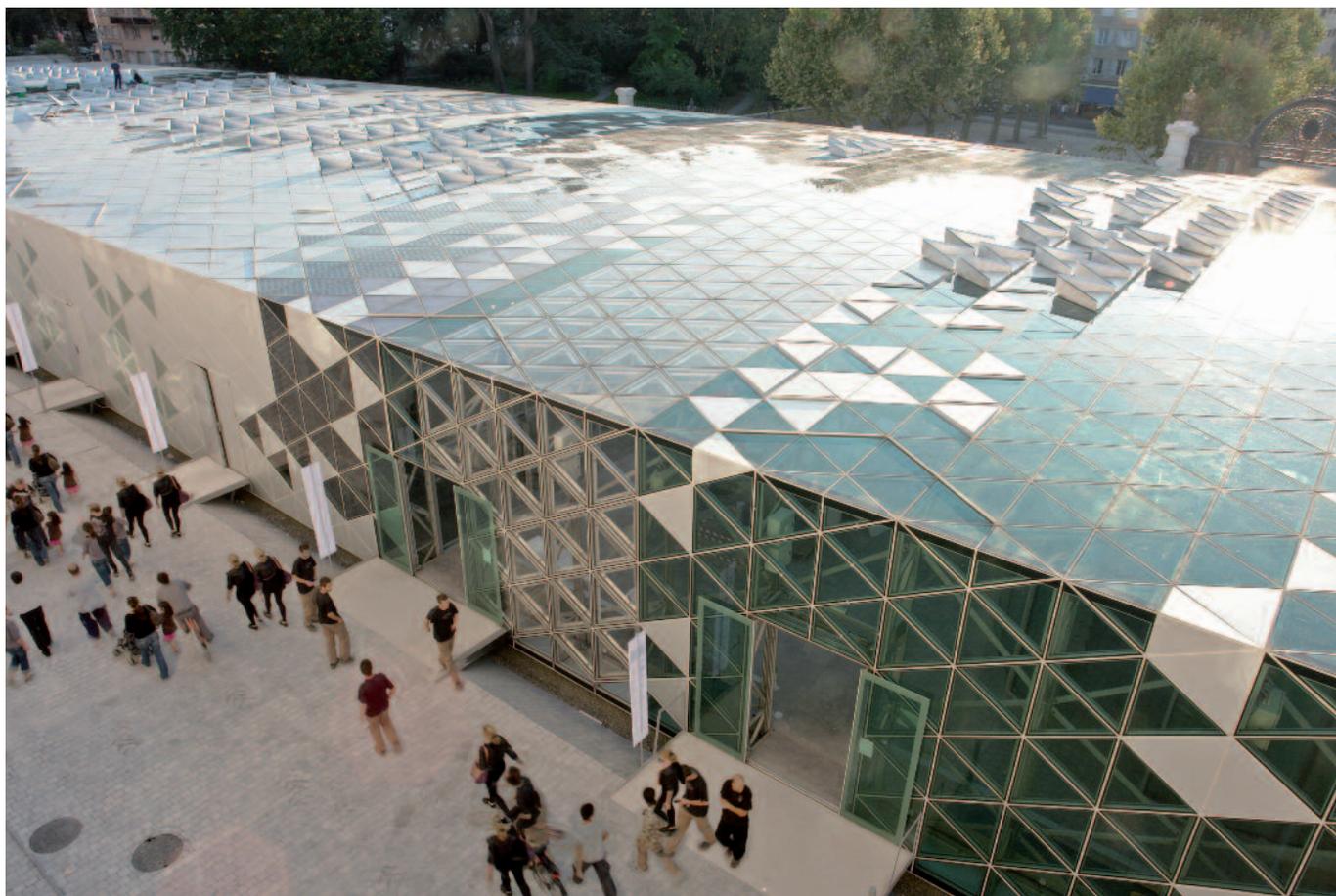


Bild 60: Nachhaltigkeitszertifiziert: Cité du Design, Saint Etienne

Nachhaltigkeitszertifizierung und Benchmarking

Zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Hallen stehen zahlreiche Systeme zur Verfügung, z. B.:

- **AGI-Tool**

Die Arbeitsgemeinschaft Industriebau hat ein auf Excel basierendes System entwickelt, das einen schnellen Überblick über die Gebäudeleistung erlaubt und sich somit besonders für Vergleiche zwischen Produktionsstandorten und -jahren eignet.

- **LCE-Tool**

Das im Rahmen des Forschungsprojektes „WIN LCE – Life-cycle Engineering im Industriebau“ entwickelte Werkzeug erlaubt eine ganzheitliche Analyse und Bewertung von Industriebauprojekten unter ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten und eignet sich gut für Variantenvergleiche während der Planung.

- **DGNB-Siegel**

Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) hat in Anlehnung an ihr Basis-Zertifizierungssystem ein spezielles Nutzungsprofil für Industrie- und Gewerbebauten entwickelt.

Die Wahl eines geeigneten Systems ist abhängig von der gewünschten Zielsetzung. Während kleinere Tools vorwiegend für den (unternehmensinternen) Vergleich von Produktionsstandorten und -jahren eignen, zielen bekannte Zertifizierungssysteme wie das der DGNB auf eine öffentlichkeitswirksame Bewertung ab. Letztere kann beispielsweise in die Nachhaltigkeitsberichterstattung des Unternehmens einfließen.

10 | Ausgeführte Projektbeispiele

Produktionshalle für Großprodukte, KSB AG, Frankenthal

Projektdate

Standort: Frankenthal

Nutzung: Produktionshalle

Bauart: Stahlskelettbauweise

Bauherr: KSB AG, Frankenthal/Pfalz

Architekt: HEENE+PRÖBST GMBH ARCHITEKTEN INGENIEURE,
Ludwigshafen/Rhein

Tragwerksplanung: Walther & Reinhardt

Ingenieurgesellschaft mbH, Herbolzheim

Stahlbau: FREYLER Industriebau GmbH, Kenzingen

Der Pumpenhersteller KSB AG, Frankenthal, hat in seinem Stammwerk in Frankenthal/Pfalz den Neubau einer Prüf- und Montagehalle zur Einzelfertigung von Großprodukten realisiert.

Bei dem Gebäude handelt es sich um eine zweischiffige Shedhalle in Stahlskelettkonstruktion mit 2 m x 30 m Breite und 168 m Länge. Das Dachtragwerk besteht aus über 30 m freigespannten Fachwerkbindern im Abstand von 12 m mit Stahlpfeften sowie einem Stahlleichtdach. Den vertikalen Raumabschluss bildet eine Stahlleichtfassade mit umfangreicher Verglasung. Die Art der Ausführung erlaubte eine äußerst wirtschaftliche Stahlkonstruktion (ca. 1.200 t).

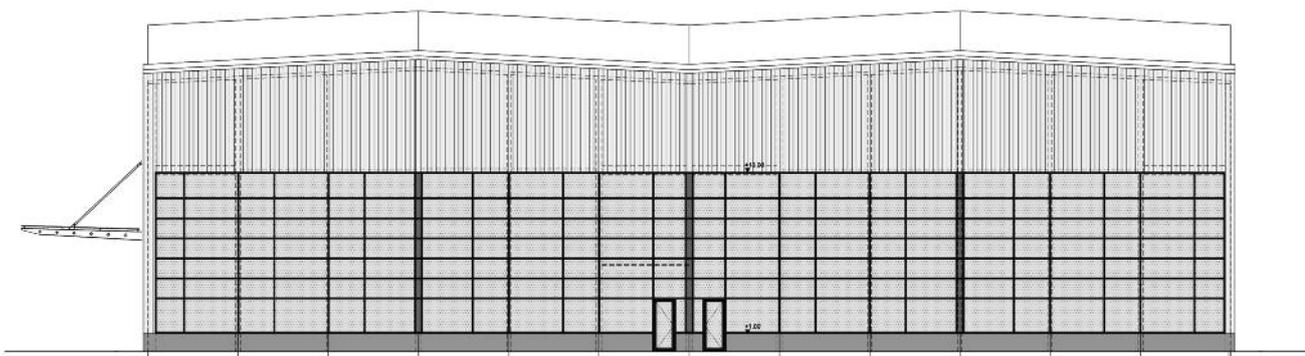
Bei der Planung von 80-t-Brückenkränen mit einer freien Hakenhöhe von 10 m und der Shedbinderkonstruktion bei gleichzeitiger räumlicher Integration der Elemente der technischen Ausrüstung ergab sich eine Traufhöhe von 15 m und eine Höhe von 17,5 m am Shedoberlicht.



Ansicht Fassadenlängswand

Das Stahlleichtdach wurde klassisch als Warmdach mit gleichmäßig dicker Wärmedämmung und aufgesetzten Sheds ausgebildet.

Die Fassadenkonstruktion der Halle besteht im Brüstungsbereich aus massiven Stahlbetonsandwichplatten, großflächiger Pfosten-Riegelverglasung, C-Kassetten mit eingelegter Mineralfaserwärmedämmung und vertikal strukturiertem Trapezblech als Fassade.



Ansicht Nord



Außenansicht Giebelwand



Mittelstützen mit Kranbahn



Rohbau-Stahltragwerk

Amada Solution Center, Haan

Projektdate

Standort: Gruiten/Haan

Nutzung: Kundenhalle

Bauart: Rahmenkonstruktion

Bauherr: Amada GmbH, Haan

Architekt: Takenaka Europe GmbH, Düsseldorf

Tragwerksplanung: Seidl & Partner Gesamtplanung GmbH,
Regensburg

Stahlbau: Signum spol. s.r.o, Hustopeče

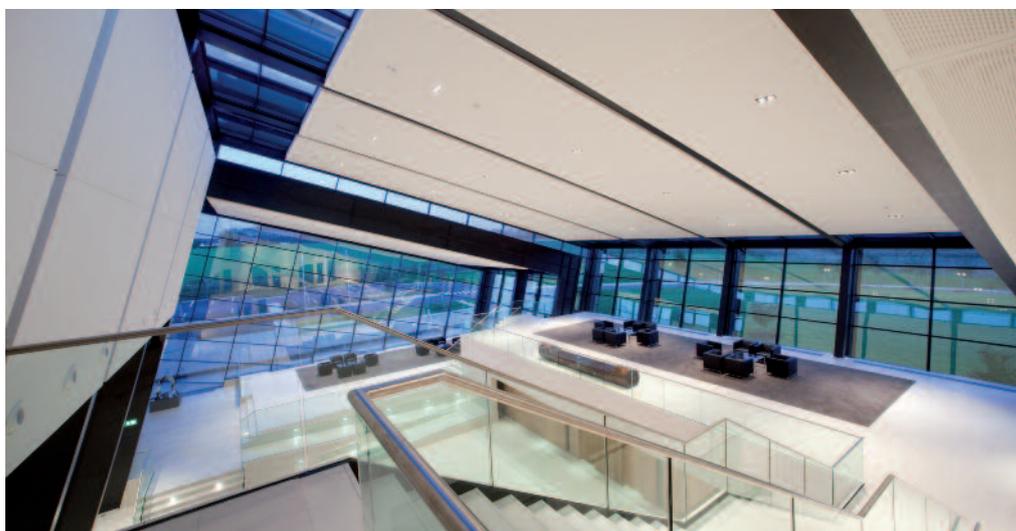


Die formalistische Vorgabe der Architektur ist ein einheitliches Erscheinungsbild der markanten außen liegenden um 15 Grad geneigten Rahmenkonstruktion ohne Verbände und Querverbindungen.

Die über der Dachhaut liegende Primärkonstruktion, besteht aus neun eingespannten Stahlrahmen (HEB 800) mit einem Rahmenabstand von 5,0 m und einer Stützweite von 25,0 m.

Um die außen liegende Tragkonstruktion ohne sichtbare Verbände zu realisieren, erfolgt die Kipphalterung und die Queraussteifung über eine abgehängte Sekundärtragkonstruktion (HEB 300), die im Gebäudeinneren angeordnet wird und damit über der abgehängten Decke größtenteils nicht sichtbar ist.

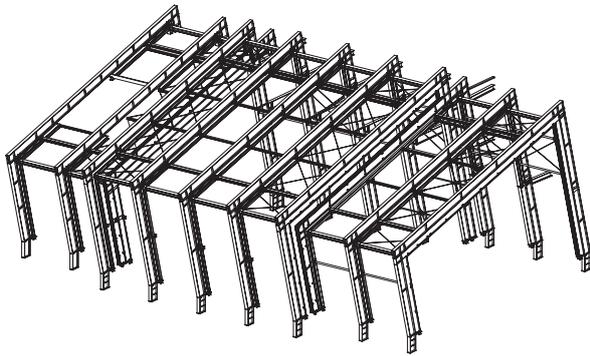
Verschiebliche Verbindungen der inneren Abhängekonstruktion (Dehnfugen) gewährleisten zwängungsfreie thermische Ausdehnungen des äußeren Tragwerks gegenüber dem inneren Tragwerk. Die Gebäudehüllen des Ensembles besteht weitestgehend aus Stahlblechisopaneelen für die Wände und einer Konstruktion aus tragender Trapezblechschicht, Dampfsperre, Isolierung, Dachfolie und Kalzipdeckung für die Dächer.



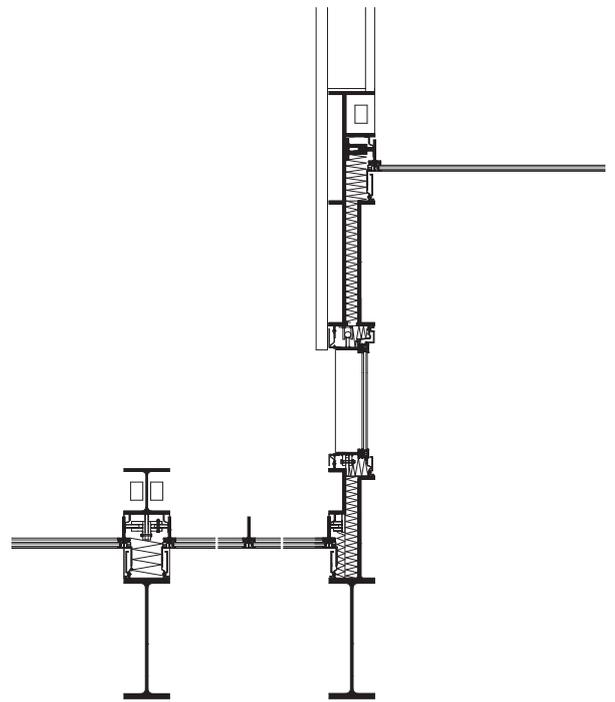
*Innenansichten
der Kundenhalle*



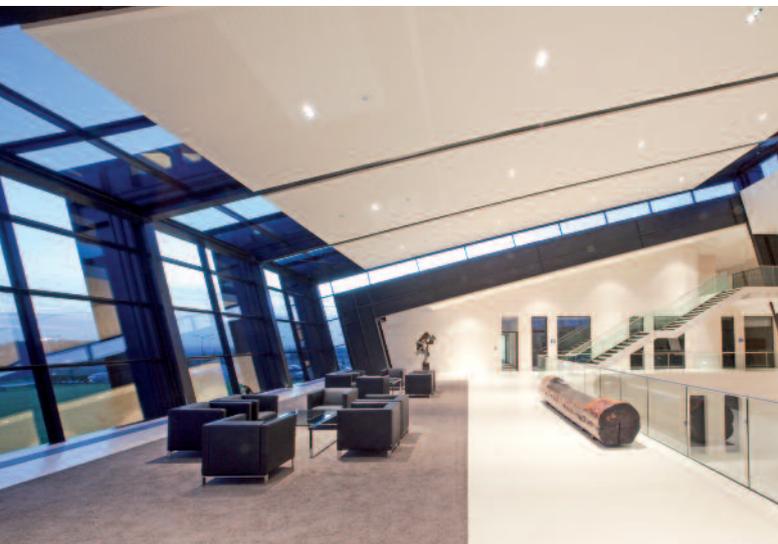
Gebäudeensemble des Solution Centers



Isometrie der Rahmenkonstruktion



Horizontalschnitt Fassade



BLANCO Logistikzentrum, Bruchsal

Projektdaten

Standort: Bruchsal

Nutzung: Logistikhalle

Bauart: Stahlskelettbauweise

Bauherr: BLANCO Immolog GmbH & Co. KG, Oberderdingen

Architekt: RMA | Reichardt - Maas - Assoziierte Architekten

GmbH & Co. KG, Essen

Tragwerksplanung: Fritz Ingenieurbüro für Bauwesen, Bretten

Stahlbau: Friedrich Bühler GmbH & Co. KG, Oberderdingen



Gebäudeansicht



Rohbau



Rohbau

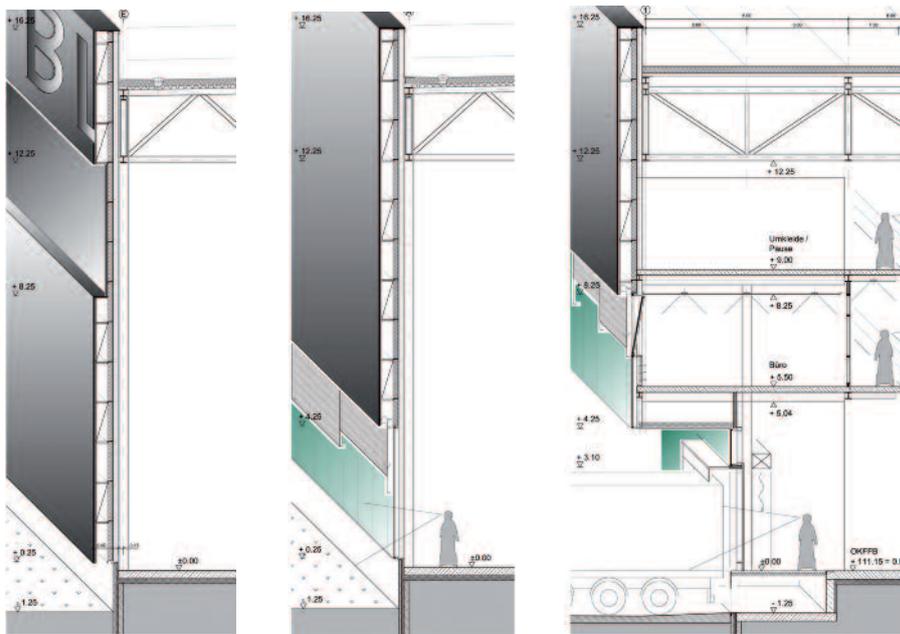
Veränderte Marktanforderungen und die Erweiterung des Sortimentes veranlassten den Spezialisten für Küchentechnik ein neues Logistikzentrum zu bauen.

Die Tragkonstruktion ist ein Trägerrost aus Fachwerkbindern auf Stahlstützen lagernd, die umlaufend und in Richtung der vier Hallenschiffe angeordnet sind. Diese addieren sich mit den Abmessungen von 31,5 m x 126 m² zu einer Grundfläche von knapp 16.000 m² bei einer Höhe von 16 Metern. Oberhalb der Fachwerkträger des Daches spannen Stahltrapezbleche über sechs Meter mit einem gedämmten Foliendach als Abschluss.

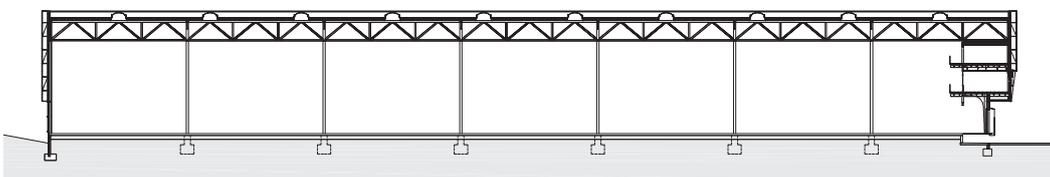
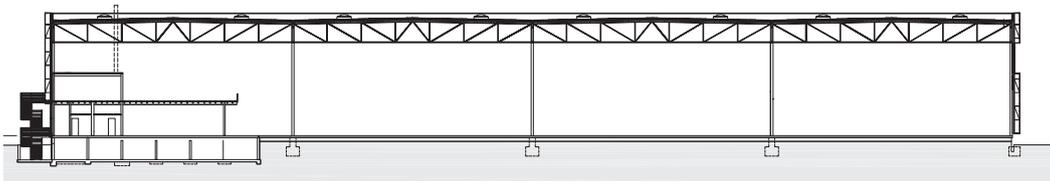
Bei der Gestaltung der Fassaden wurde die Technik des Blechkantens aus der Produktentwicklung auf den großen Maßstab der Gebäudehülle übertragen. Das Ergebnis sind vier individuelle Fronten mit präziser Fügung der Linien und Materialien.



Blick in die Lagerhalle



Differenzierte Ausbildung der Gebäudehülle



Querschnitt, Längsschnitt

Cité du Design, Saint-Etienne

Projektdaten

Standort: Saint-Etienne

Nutzung: Ausstellungshalle, Gewächshaus, Bibliothek, Tagungen

Bauart: Raumfachwerk

Bauherr: Saint-Etienne Métropole

Architekt: LIN Finn Geipel + Giulia Andi, Berlin

Tragwerksplanung: Werner Sobek Ingenieure, Stuttgart
(Stahltragwerk/Fassade), Béton Ingénierie, Paris/Lyon
(Massivbauplanung/Haustechnik)

Stahlbau: Groupement Renaudat, Chateauroux und

HeFi France, Straßburg (Platine);

Gagne, Le Puy (Aussichtsturm)



Blick auf die „Platine“

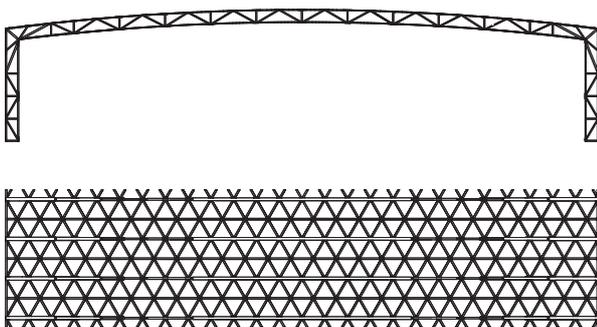
Die Platine ist das Kerngebäude der Cité du Design. Das Gebäude ist knapp 200 m lang und 31,2 m breit; es bietet Platz für Meetings, Vorlesungen, Seminare und Ausstellungen, beherbergt aber auch eine Bibliothek und ein Gewächshaus. Alle Funktionen sind unter einem Dach miteinander vereint. Der gesamte Innenraum wird – stützenfrei! – von einem Raumfachwerk überspannt. Die Eindeckung des Raumfachwerks besteht aus insgesamt 14.068 Paneelen in Dreiecksform. Die Paneele haben unterschiedliche Funktionen: zum Teil sind sie transparent und dienen so der natürlichen Belichtung des Innenraums; zum Teil sind sie mit Photovoltaik versehen und tragen so zur Energieversorgung des Gebäudes bei. Wieder andere Paneele dienen der Wärmedämmung etc.

Das Tragwerk der Platine ist ein stützenfreies Raumfachwerk aus Stahl; es hat im mittleren Teil eine ausgeprägte Rahmentrag-

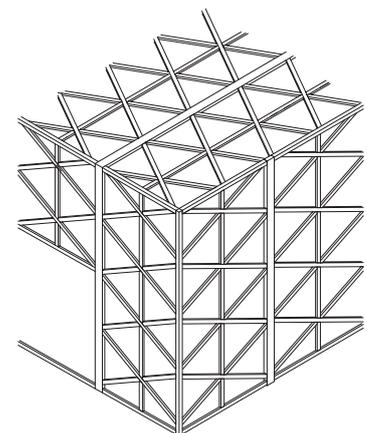
wirkung, während alle Auflagerpunkte unverschieblich gelagert sind. Die Struktur aus Rechteck-Hohlprofilen ruht auf den Deckenrändern der Kellerdecke aus Stahlbeton.

Das Raumfachwerk der Platine ist aus vorgefertigten Querfachwerk-Abschnitten zusammengesetzt, die aufgrund der leicht bombierten Dachgeometrie alle voneinander verschieden sind. Die einzelnen Abschnitte wurden im Werk aus miteinander verschweißten Rechteck-Hohlprofilen gefertigt. Auf der Baustelle wurden die Abschnitte miteinander verschraubt und so zu einem zusammenhängenden Tragwerk verbunden. Die Auflagerpunkte sind über Stahleinbauteile gelenkig und nachjustierbar an den Massivbau angeschlossen.

Die multifunktionale Gebäudehülle war wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Nachhaltigkeitszertifizierung des Gebäudes nach dem französischen HQE-Standard.



Fachwerk in An- und Draufsicht



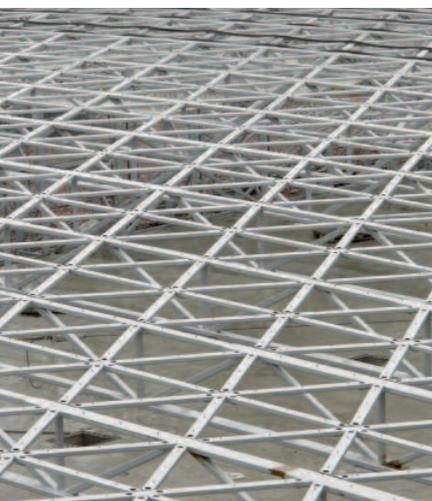
Eckausbildung
des Raumfachwerks



Detail Innenraum



Stützenfreier Innenraum mit sichtbarem Raumtragwerk



Stahltragwerk



Dachinnenansicht

A380-Wartungshalle Flughafen Frankfurt am Main

Projektdate

Standort: Frankfurt am Main

Nutzung: Wartungshalle

Bauart: Rahmenkonstruktion

Bauherr: Lufthansa Technik Objekt- und Verwaltungsgesellschaft mbH (LTOV), Hamburg

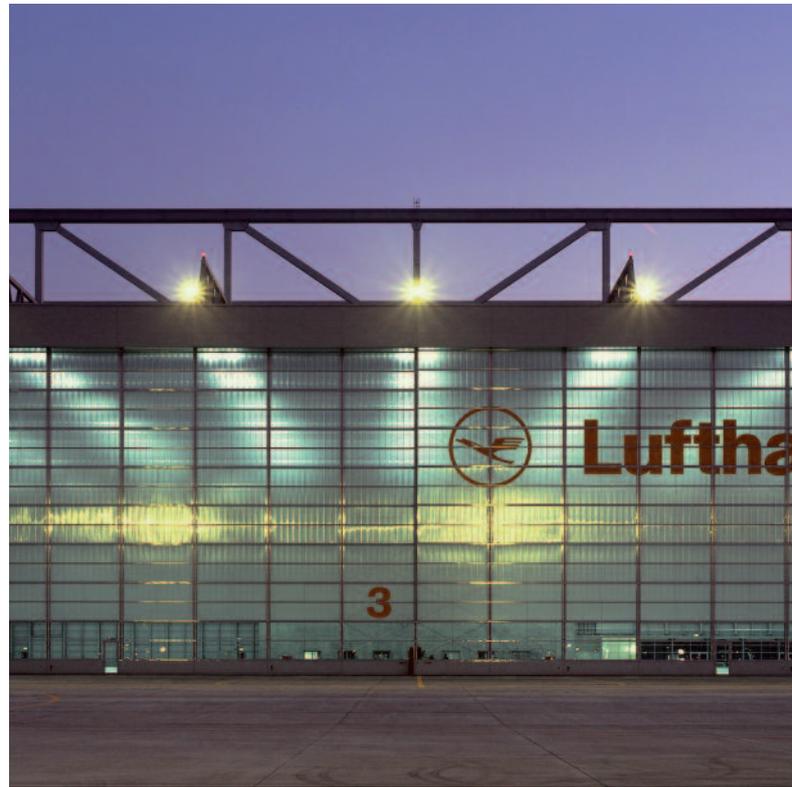
Architekt: gmp · von Gerkan, Marg und Partner Architekten, Hamburg

Tragwerksplanung: schlaich bergemann und partner, Stuttgart

Stahlbau: ARGE Bühler, Greschbach, Wendler

Die neue A380-Wartungshalle der Lufthansa Technik AG am südlichen Rand des Gebietes des Frankfurter Flughafens ist das Ergebnis eines beschränkten Gutachterverfahrens.

Die Wartungshalle wurde als ein betriebsinterner Zweckbau, allein auf den technischen Betrieb, konzipiert. Aus diesem Grund ist die Struktur und das bauliche Erscheinungsbild allein aus funktionalen, konstruktiven und wirtschaftlichen Erfordernissen logisch und rational nachvollziehbar abgeleitet worden. Die Wartungshalle besteht aus dem eigentlichen Hallenkörper (180 m x 120 m) mit einer Höhe von 31,10 m und dem südlich angeordneten Betriebsgebäude (180 m x 20 m) mit bis zu 29,50 m Höhe.



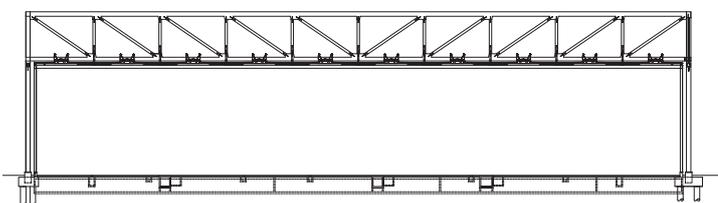
Nordfassade mit Hangartoren

Die Signifikanz der Halle wird durch die zwei parallel über 180 m spannenden, ca. 15 m hohen Fachwerkträger gebildet. Im Zusammenspiel mit den ebenfalls außen stehenden Hauptstützen umschreibt die Tragkonstruktion den stützenfreien Hallenkörper mit einer Fläche von ca. 20.000 m². Die Halle bietet Platz für zwei A380 und eine Boeing 747.

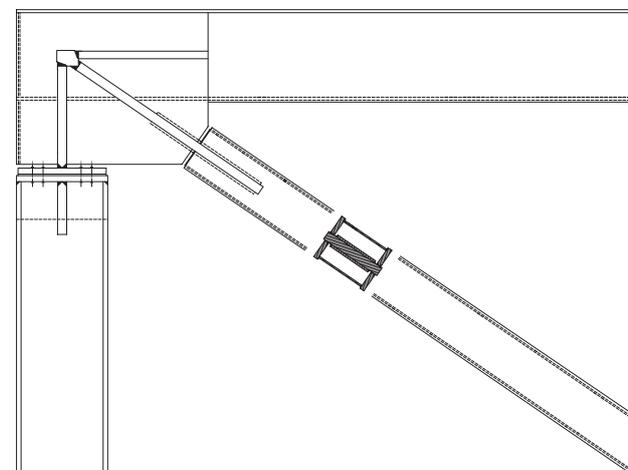
Nach Norden wird die Halle durch vier 27,50 m hohe, 44 m breite, transparente bzw. transluzente stählerne Hangartore geprägt. Die West- und Ostfassaden bestehen aus silberfarbigen Sandwichpaneelen.



Querschnitt mit Betriebsgebäude



Längsschnitt



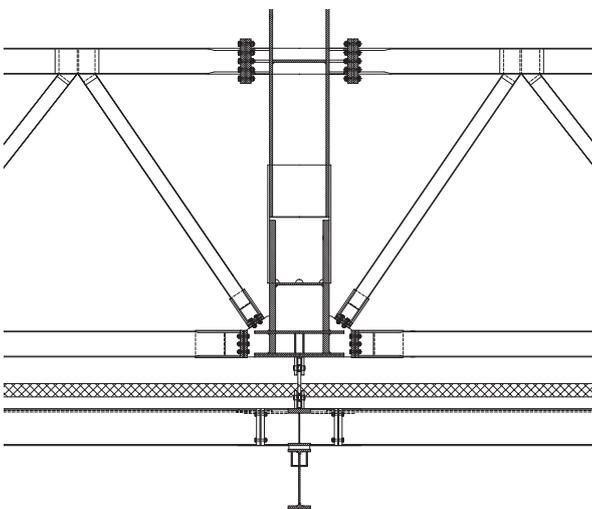
Eckdetail Hauptträger



Innenansichten der stützenfreien Halle



Innenansicht



Anschluss der Nebenträger an den Hauptträger



Westfassade mit außen liegenden Stützen

Dornier Museum Friedrichshafen

Projektdaten

Standort: Friedrichshafen

Nutzung: Museum

Bauart: Rahmenkonstruktion

Bauherr: Dornier Stiftung für Luft- und Raumfahrt, München

Architekt: Allmann Sattler Wappner Architekten GmbH, München

Tragwerksplanung: Werner Sobek Ingenieure, Stuttgart

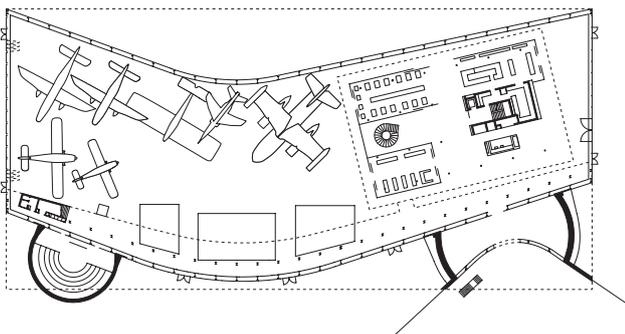
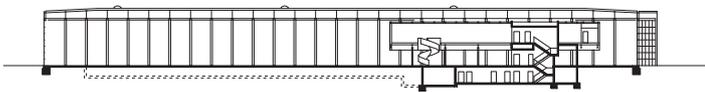
Stahlbau: Friedrich Bühler GmbH & Co. KG, Altensteig



Eingangsbereich

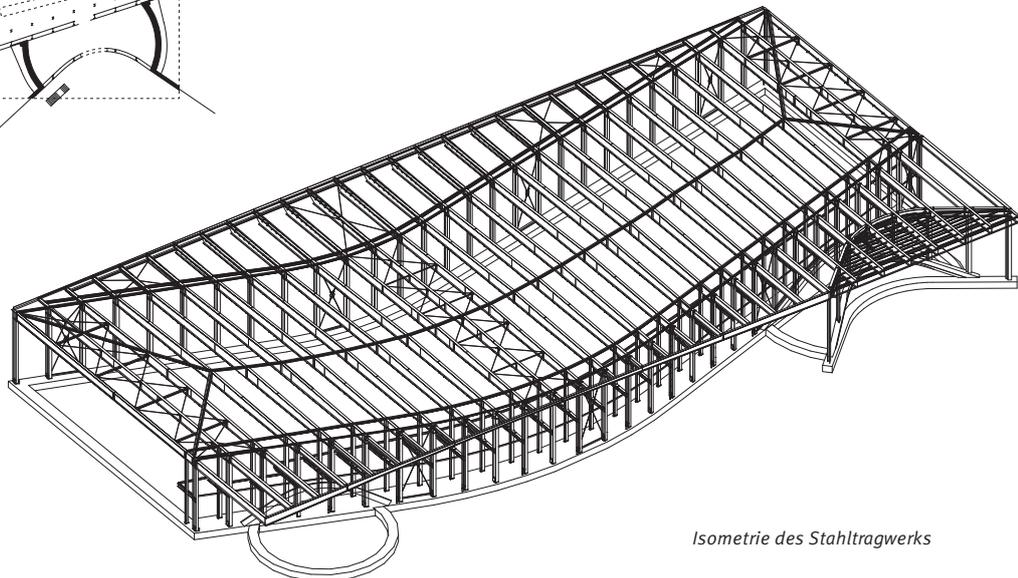
Das Museum dokumentiert die Firmengeschichte des traditionsreichen Unternehmens Dornier. Seine Platzierung in unmittelbarem Anschluss an den Flughafen Friedrichshafen ermöglicht in besonderer Weise einen kontextbezogenen Lösungsansatz.

Das Gebäude mit seinem Grundriss von ca. 112,00 m x 54,25 m erstreckt sich über eine Höhe von ca. 10,20 m, gemessen ab Geländeoberkante. Das Hallentragwerk verläuft in einem Bogen über die gesamte Grundrisslänge, wobei die Hallenbreite von 32,74 m bis 36,80 m variiert.



Schnitt und Grundriss OG

Die Museumshalle hat an beiden Stirnseiten gebäudebreite Öffnungen mit Schiebefaktoren, die dem Einbringen der Exponate dienen, sowie eine eventuelle Umnutzung als Hangar ermöglichen. Wegen der vorgesehenen Aufhängung von Flugzeugen ist eine lichte Raumhöhe von ca. 9,00 m erforderlich. An der Nord- und der Südseite kragt das Dach mit variabler Kraglänge bis zu 17 m weit aus.



Isometrie des Stahltragwerks



Fassadenansicht



Innenansicht der Halle mit geöffnetem Hangartor



Innenansicht – Fassade und Dachtragwerk

Die Museumshalle, Vordächer und Auskragungen sind als Stahlbau ausgeführt. Die Halle wird in Querrichtung über Zweigelenkrahmen mit Doppelrahmen auf der Südseite ausgesteift, in Längsrichtung über Verbände. In Gebäudelängsrichtung misst das Stützenraster 4,00 Meter, in Gebäudequerrichtung passt sich der Stützenabstand dem Kurvenverlauf von Nordfassade, Südfassade und Galerie an.

Ener[gie]nger, München

Projekt Daten

Standort: München

Nutzung: Ausstellungshalle

Bauart: Rahmenkonstruktion

Bauherr: Ingrid und Walter Graber, Markt Schwaben

Architekt: peterlorenzatelier Innsbruck/Wien

Tragwerksplanung: Alfred Brunnsteiner, Natters

Stahlbau: Stahlbau Pichler GmbH, Bozen



Die komplexe Tragstruktur bei Nacht

Im Umfeld der umgebenden Gewerbebauten hebt sich der 38 m breite und 80 m lange Baukörper auffällig ab: Fünf gegeneinander versetzte, polygonale Hauptrahmen formen eine liegende Spirale.

In die schrägen Außenflächen sind Sonnenkollektoren und Photovoltaikflächen integriert.

Die Rahmentragwerke bestehen aus geschweißten Stahlträgern mit Ober- und Untergurten aus rechteckigen Rohrprofilen und Stegblechen aus Flacheisen. Stützen und aussteifende Elemente sind aus Rohrprofilen gefertigt, Querträger aus Walzprofilen und Windverbände in den Dach- und Wandebenen aus Rundprofilen und Flacheisen. Die Vordächer sind als unterspante und ausgekreuzte Raumfachwerkstruktur ausgeführt.

Die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energien ist das zentrale Thema dieses Projektes.



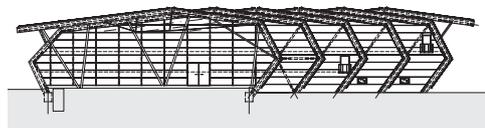
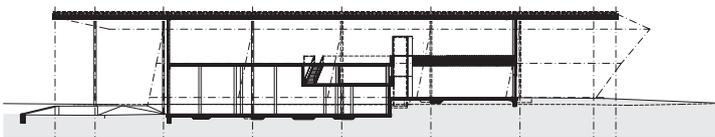
Montage der Rahmen



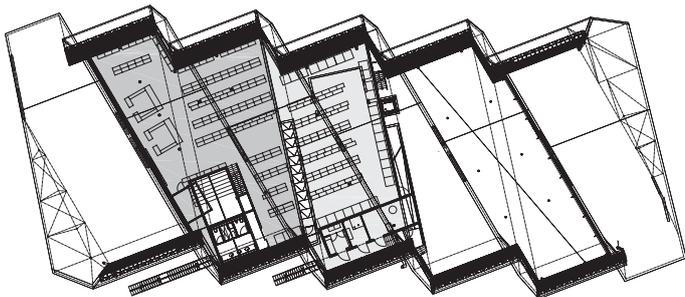
Luftaufnahme



*Photovoltaik Elemente
in der Außenhaut*



Längsschnitt, Ansicht, Grundriss



Vitra Campus, Weil am Rhein

Projektdaten

Standort: Weil am Rhein

Nutzung: Produktionshalle

Bauart: Skelettkonstruktion

Bauherr: Vitra Verwaltungs GmbH

Architekt: Kazuyo Sejima + Ryue Nishizawa / SANAA, Tokio

Tragwerksplanung: Bollinger und Grohmann GmbH,
Frankfurt am Main

GU: SF BAU MOSER GmbH & Co. KG, Merzhausen

Stahlbau: Winterhalter & Maurer GmbH, Malterdingen

Die nahezu kreisförmige Freiformstruktur mit ca. 156 m Durchmesser besitzt eine Grundfläche von ca. 20.000 m². Die Halle wird mittig entlang des Bauabschnitts durch eine Brandwand getrennt. Das Gebäude hat eine Gesamthöhe von 11,2 m mit einer lichten Innenraumhöhe von 8,0 m für den Bereich der Regallager und einem umbauten Volumen von ca. 180.000 m³. Das Tragwerk der Halle ist eine Mischkonstruktion aus Stahlbau, Ortbeton und Halbfertigteilelementen. Die 500 m lange Außenwand wird aus Betonfertigteiletafeln gebildet.



Vitra Campus, Innenansichten



10 | Technische Regelwerke und Normen (Auswahl)

DIN EN ISO 1461: Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken) – Anforderungen und Prüfungen

DIN 4102: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 2: Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 3: Brandwände und nichttragende Außenwände, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
Teil 7: Bedachungen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

DIN 4108: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden
Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte

DIN 4132: Kranbahnen; Stahltragwerke; Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchbildung und Ausführung

DIN EN 10025: Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen
Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen
Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle
Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte, schweißgeeignete Feinkornbaustähle
Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte, schweißgeeignete Feinkornbaustähle
Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle
Teil 6: Lieferbedingungen für Flacherzeugnisse aus Stählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten Zustand

DIN EN ISO 12944: Beschichtungssysteme – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
Teil 1: Allgemeine Einleitung
Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen
Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung
Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung
Teil 5: Beschichtungssysteme
Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen
Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten
Teil 8: Erarbeiten von Spezifikationen für Erstschutz und Instandsetzung

DIN EN ISO 13920: Schweißen – Allgmeintoleranzen für Schweißkonstruktionen – Längen- und Winkelmaße; Form und Lage

DIN EN ISO 14713: Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion – Zink- und Aluminiumüberzüge – Leitfäden

DIN 18202: Toleranzen im Hochbau – Bauwerke

DIN 18203: Toleranzen im Hochbau – Teil 2: Vorgefertigte Teile aus Stahl

DIN 18230: Baulicher Brandschutz im Industriebau in Verbindung mit der Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau
Teil 1: Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer
Teil 2: Ermittlung des Abbrandverhaltens von Materialien in Lageranordnung – Werte für den Abbrandfaktor m
Teil 3: Rechenwerte

DIN 18232: Rauch und Wärmefreihaltung
Teil 1: Begriffe, Aufgabenstellung
Teil 2: Natürliche Rauchabzugsanlagen (NRA); Bemessung, Anforderungen und Einbau
Teil 4: Wärmeabzüge (WA); Prüfverfahren

DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung
Beiblatt 1: Bedarfs-/Verbrauchsabgleich
Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
Teil 3: Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen
Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau
Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
Teil 9: End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten
Teil 100: Änderungen zu DIN V 18599-1 bis DIN V 18599-10

DIN 55633: Beschichtungssysteme – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Pulver-Beschichtungssysteme – Bewertung der Pulver-Beschichtungssysteme und Ausführung der Beschichtung

DIN 55634: Beschichtungsstoffe und Überzüge – Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen aus Stahl

DIN EN 1990: Grundlagen der Tragwerkplanung

DIN EN 1991: Einwirkungen auf Tragwerke

DIN EN 1992: Bemessung und Konstruktion von Stahlbetonbauten

DIN EN 1993: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten

DIN EN 1994: Bemessung und Konstruktion von Verbundkonstruktionen aus Stahl und Beton

DIN EN 1998: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben

DAST-Richtlinie 006 – Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen im Stahlbau

DAST-Richtlinie 007 – Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle

DAST-Richtlinie 009 – Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten

DAST-Richtlinie 011 – Hochfeste schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit Mindeststreckgrenzenwerten von 460 und 690 N/mm² – Anwendung für Stahlbauten

DAST-Richtlinie 014 – Empfehlungen zum Vermeiden von Terrassenbrüchen in geschweißten Konstruktionen aus Baustahl

DAST-Richtlinie 015 – Träger mit schlanken Stegen

DAST-Richtlinie 016 – Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen

DAST-Richtlinie 018 – Hammerschrauben

DAST-Richtlinie 019 – Brandsicherheit von Stahl- und Verbundbauteilen in Büro- und Verwaltungsgebäuden

DAST-Richtlinie 022 – Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen

DSTV, Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau

Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau

EnEV Energieeinsparverordnung

IFBS 4.02: Bauphysik, Fugendichtheit im Stahlleichtbau

IFBS 4.03: Bauphysik, Wärmebrückenatlas der Metall-Sandwichbauweise

IFBS 4.05: Bauphysik, Ermittlung der Wärmeverluste an zweischaligen Dach- und Wandaufbauten

Zulassungen

Für einzelne Bauteile, die im Stahlbau Anwendung finden, stehen bauaufsichtliche Zulassungen zur Verfügung. Werden Grenzen der Zulassung überschritten, besteht die Möglichkeit der Zustimmung im Einzelfall.

Die Autoren



Dipl.-Ing. Ronald Kocker

Jahrgang 1965, Bauingenieurstudium an der HfB Cottbus, Wiss. Assistent an der Brandenburgischen TU Cottbus, Mitarbeiter im Prüfbüro.
Seit 2001 Beratungsingenieur bei bauforumstahl e.V.



Prof. Dipl.-Ing. Friedrich Grimm,

Jahrgang 1954, Architekturstudium TU Stuttgart und IIT Chicago, 1983–89 WissMA TU Stuttgart, seit 2000 Lehrauftrag für Baukonstruktion und Entwerfen TU Stuttgart, seit 2009 Honorarprofessur IBK2, TU Stuttgart, Autor zahlreicher Publikationen zum Stahlbau, Inhaber mehrerer Patente zu Stahlbaukonstruktionen, freie Tätigkeit als Architekt, Designer und Fachbuchautor in Stuttgart.

Mitglieder bauforumstahl



Interessengemeinschaft Stahlhandel im bauforumstahl (IGS)



Verbände



Sohnstraße 65 | 40237 Düsseldorf
Postfach 10 48 42 | 40039 Düsseldorf
T: +49(0)211.6707.828 | F: +49(0)211.6707.829
zentrale@bauforumstahl.de | www.bauforumstahl.de
www.facebook.de/bauforumstahl | www.stahlbauverbindet.de

