

Stahlhochbau

Die vorliegende Publikation der Schweizer Baudokumentation und des Stahlbau Zentrums Schweiz (SZS) ist eine Kurzfassung aus dem SZS-Heft Steeldoc 01/06 «Konstruktives Entwerfen»

1. Allgemeines

Wirft man einen Blick zurück auf die Architekturgeschichte, so kann man wohl mit Recht behaupten, der Stahlbau habe die Architektur revolutioniert. Kein anderes Baumaterial hat die Form von Bauwerken so radikal beeinflusst und der Tragstruktur zu reinerem Ausdruck verholfen. Heute steht der Stahlbau für High-tech, für den ökonomischen Umgang mit der Masse, für die intelligente Konstruktion und die Eleganz der Form.

Die Kraftverläufe bilden die Grundlage der Gestaltung im Stahlbau. Typische Ingenieur-Baukunst in Stahl besteht deswegen auch vornehmlich aus Brücken, Hallenbauten oder Dachkonstruktionen mit unschlagbaren Spannweiten oder komplexen Formen.

Der Stahlbau erlaubt eine schnelle, effiziente Bauphase und hat durch seine flexible Nutzbarkeit eine lange Lebensdauer. Danach lässt er sich problemlos demontieren und recyceln.



Airside Center, Flughafen Zürich,
© R. Bensberg, Unique
*Airside Center, aéroport de Zurich,
© R. Bensberg, Unique*



Stützenfuss, Flughafen Zürich,
© R. Bensberg, Unique
*Appuis articulés, aéroport de Zurich,
© R. Bensberg, Unique*



Zentrum Paul Klee, Bern
Centre Paul Klee, Berne

2. Die Vorteile der Stahlbauweise

Die Stahlbauweise bietet bei der Projektierung, Bauabwicklung und Nutzung wesentliche Vorteile:

- Filigrane und leichte Bauweise
- Planungssicherheit durch gleichbleibende Qualität des Baustoffs und standardisierte Konstruktionsdetails
- Grosse Spannweiten und schlanke Bauteilquerschnitte zur Optimierung des Nutzvolumens
- Durchlässige Tragsysteme und geringe Bautoleranzen für eine einfache Planung und Ausführung der Installationen und Ausbauelemente
- Anpassungsfähigkeit an Nutzungsänderungen durch lösbare Verbindungen und Integration neuer Ausbauelemente und Installationen
- Vielfältige Farbgebung durch Oberflächenschutz- und Brandschutzbeschichtungen
- Hohe Wirtschaftlichkeit durch geringes Tragwerkgewicht (minimale Fundamente)
- Trockene Baustelle mit geringem Platzbedarf
- Schnelle, witterungsunabhängige Montage
- Vorbildliche Bauökologie (Demontierbarkeit, Recycling)
- Gutmütiges Korrosionsverhalten, rostet oberflächlich, langsam und gut sichtbar. Gegenmassnahme: Auswahl bewährter Oberflächenschutzbehandlungen
- Elastisches Verhalten mit hoher Festigkeit und Steifigkeit. Damit erträgt Stahl höchste Spannungen auf Zug und Druck bis zur so genannten Streckgrenze.
- Prädestiniert für Deckentragwerke mit grossen Spannweiten: flexible Raumteilung

Charpente métallique

La présente publication de la Documentation suisse du bâtiment et du Centre suisse de la construction métallique (SZS) reprend des passages de la brochure Steeldoc 01/06 «Concevoir et construire»

1. Généralités

Jetant un regard sur l'histoire de l'architecture, on peut affirmer à juste titre que l'acier l'a révolutionnée. Aucun autre matériau de construction n'a exercé une influence aussi radicale sur la forme des ouvrages et n'a conféré aux structures porteuses une expression plus pure. Aujourd'hui, la construction métallique signifie high-tech, économie de matière, construction intelligente et forme élégante.

En construction métallique, la distribution des efforts est à la base de la conception. Aussi, l'art de construire en acier se manifeste principalement dans la construction de ponts, de halles et de toitures aux portées imbattables ou aux formes complexes.

La construction en acier permet une mise en œuvre rapide et efficace, une durée de vie importante et une démolition dans le respect de l'environnement. Considérant sa durée de vie totale, un ouvrage en acier supporte la comparaison avec les autres modes de construction.

2. Avantages de la construction en acier

La construction métallique offre d'importants avantages pour la conception, la réalisation et l'utilisation:

- Grande liberté grâce aux structures filigranes et légères
- Qualité constante du matériau et détails de construction standardisés
- Utilisation optimale de l'espace grâce aux grandes portées et aux sections réduites des éléments
- Structures porteuses aérées et tolérances réduites facilitant la mise en place des installations techniques et des éléments du second-œuvre
- Facilité d'adaptation aux changements d'affectation grâce à des assemblages démontables et à l'intégration de nouveaux éléments et installations
- Grand choix de couleurs grâce aux revêtements protecteurs contre la corrosion et l'incendie
- Economies importantes grâce au poids réduit de la structure et à des fondations minimales
- Chantier sec, ne nécessitant qu'un espace réduit
- Montage rapide, indépendant des conditions atmosphériques
- Ecologie exemplaire (possibilité de démontage, recyclage)
- Le comportement à la corrosion de l'acier est favorable par le fait qu'il rouille lentement et bien visiblement sur la surface: divers traitements confirmés de protection contre la corrosion sont à disposition.
- Comportement élastique avec une résistance et une rigidité élevées. Ainsi, l'acier supporte des contraintes très élevées à la traction comme à la compression, jusqu'à sa limite d'élasticité.
- Des grandes portées avec peu de poteaux intermédiaires permettent une division flexible de l'espace

3. Struktur des Tragwerks

Die tragende Konstruktion eines Stahlbaus ist das Stahlskelett. Das Skelett ist ein Stabwerk und hat nur tragende, nicht raumabschließende Funktion. Es ermöglicht aber die Befestigung raumabschließender Teile. Das Skelett setzt sich meist aus horizontal verlaufenden Trägern und vertikalen Stützen zusammen.

Durch die Wahl eines Strukturrasters werden die Stützen- und Trägerabstände sowie die Spannweiten festgelegt. Wirtschaftlich sind Spannweiten zwischen 6 und 18 m, in besonderen Fällen bis 30 m. Die Stützen von Stahlgeschossbauten stehen in der Regel auf den Kreuzungspunkten eines Rasters. Rechteckige Raster führen bei den meisten Skeletten zu einer wirtschaftlicheren Konstruktion als Raster mit quadratischen Feldern, weil die Trägerlagen entsprechend besser ausgenutzt werden können. Auch eine schiefwinklige Stützen-rasterung ist möglich.

Tragwerks-Stabilisierung

Die einzelnen Tragelemente (Träger, Stützen) müssen untereinander zu einem räumlichen Tragwerk verbunden werden, das eine sichere und genügend steife Abtragung aller Horizontalkräfte in die Fundation ermöglicht und somit das Gebäude stabilisiert. Als vertikale Aussteifungselemente werden wo nötig zusätzliche stabilisierende Elemente wie Diagonalen, biegesteife Rahmen oder Flächenelemente eingesetzt.

Wahl der Stabilisierungselemente

Die Art der Aussteifung und ihre Anordnung haben grossen Einfluss auf die Raumnutzung oder die Fassadengestaltung und sind daher frühzeitig festzulegen. Vielfach ist es zweckmässig, die Aussteifung in die Aussenwände zu legen, da hierdurch jede konstruktive Bindung für die Aufteilung der Geschossfläche entfällt. Fachwerkverbände sind bei Stahlkonstruktionen die Regel, da Justierungen während der Montage möglich sind.

Einige Kriterien sprechen besonders für:

a) Fachwerkverbände

- Leichte, weitgespannte Vertikalfachwerke
- Wenn Lifte und Treppen als offene Strukturen oder im Aussenbereich geplant sind
- Bei unzureichender Aussteifung durch die vorhandenen massiven Elemente

b) Massive Wände oder Kerne

- Falls diese ohnehin vorgesehen und sonst keine Verbände mehr notwendig sind
- Wenn sich keine ausreichenden Fachwerkverbände im Skelett unterbringen lassen

c) Biegesteife Rahmen

- Bei Wertlegung auf maximale Durchlässigkeit
- Falls keine tragenden Wände mitwirken
- Bei kleineren, eingeschossigen Objekten

3. Structure du système porteur

Le système porteur d'une construction métallique est l'ossature. Celle-ci a uniquement une fonction porteuse, pas celle de séparation d'espaces. Cependant, elle permet la fixation d'éléments qui, eux, ont cette fonction de séparation. En général, l'ossature est composée de poutres horizontales et de poteaux verticaux.

Le choix d'une trame déterminera la distance entre poteaux et poutres et les portées. Des portées entre 6 et 18 m sont économiques, allant dans des cas spéciaux jusqu'à 30 m. Dans les bâtiments à étages multiples, les poteaux sont situés normalement aux nœuds de la trame. Une trame rectangulaire répond au mieux aux exigences d'une ossature en acier et permet la réalisation de constructions plus économiques qu'une trame aux champs carrés. Les trames à angles obliques sont également possibles.

Stabilisation des structures porteuses

Les différents éléments (poutres, poteaux) doivent être assemblés pour former une structure spatiale devant assurer la transmission des forces horizontales aux fondations et ainsi prêter au bâtiment sécurité, rigidité et stabilité. Ces derniers sont formés de structures en treillis, de murs de refend ou de cadres rigides. Pour garantir la stabilité de l'édifice, s'y ajouteront, selon les besoins, des éléments stabilisateurs comme des diagonales, des cadres rigides ou des panneaux.

Choix des éléments de contreventement

Le genre de contreventement et leur disposition exercent une grande influence sur l'utilisation de l'espace et l'organisation des façades et, de ce fait, ils doivent être déterminés dès le début des études. Il est souvent avantageux de placer les éléments stabilisateurs dans les parois extérieures du bâtiment ce qui laisse toute liberté dans l'utilisation des surfaces.

Quelques critères parlent particulièrement en faveur de:

a) Contreventement à treillis

- Dans le cas de treillis verticaux légers et à grande portée
- Si les ascenseurs et les escaliers ont une structure ouverte ou sont prévus à l'extérieur de l'immeuble
- Si le contreventement par les éléments en béton disponibles est insuffisant

b) Murs et noyaux en béton

- S'ils sont suffisants à eux seuls
- S'il n'y a pas de place suffisante pour des treillis dans l'ossature

c) Contreventement par des cadres rigides

- Si on attribue de l'importance à une transparence maximale
- En l'absence de murs porteurs
- Dans le cas d'édifices de dimensions modestes, à un seul niveau



Krankenhaus, Dornbirn (Österreich)
Hôpital, Dornbirn (Autriche)



Airside Center, Flughafen Zürich,
© R. Bensberg, Unique
Airside Center, aéroport de Zurich,
© R. Bensberg, Unique



Biegesteifer Rahmen, © Arcelor Sections
Cadre rigide, © Arcelor Sections

Tragverhalten von vertikalen Verbänden

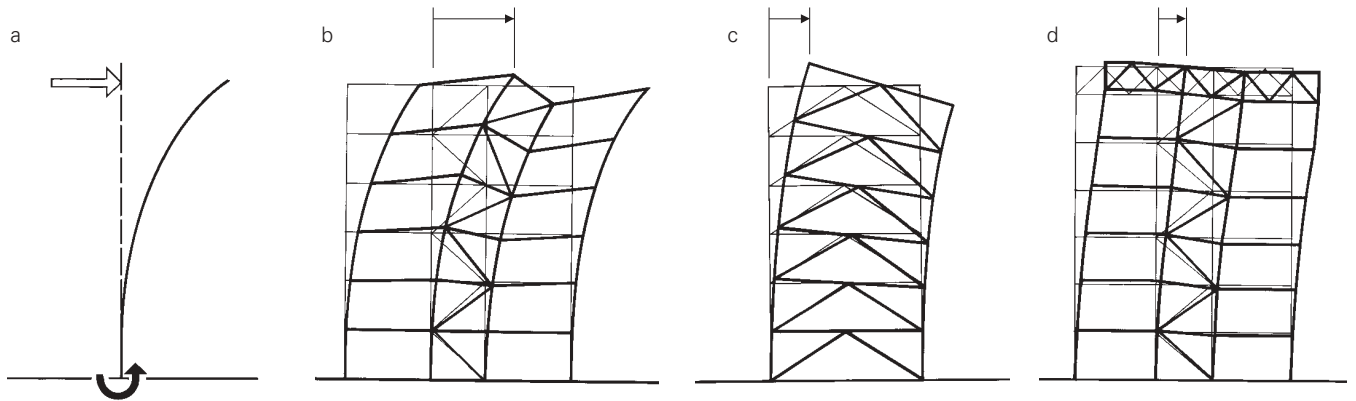
Statisch gesehen wirken Vertikalverbände als Biegeträger, und zwar als im Boden eingespannte Fachwerk-Kragarme (a). Schmale Vertikalverbände erhalten grosse Stabkräfte. Die Stäbe erleiden Längenänderungen und bewirken dadurch Verschiebungen (b). Breite Fachwerkverbände sind wegen ihrer geringen Stabkräfte leichter und haben geringere Verformungen (c). Es ist ein vernünftiges Verhältnis von Höhe zu Breite des Verbandes anzustreben (max. 1:5 bis 1:7), um einfache Stabanschlüsse und eine genügende Steifigkeit zu erreichen. Die Steifigkeit eines schmalen Windverbandes wird wesentlich erhöht, wenn der Verband über ein horizontales Fachwerk zu den Ausenstützen hin gespannt wird, so dass eine Rahmenwirkung entsteht (d).



Arcelor Office Building, Luxembourg, © Arcelor

Comportement des contreventements à treillis

Statiqument, les contreventements verticaux sont des poutres fléchies, plus précisément des treillis en porte-à-faux encastrés dans le sol (a). Les contreventements étroits conduisent à d'importantes forces dans les barres. Les barres subissent des variations de longueur, engendrant des déformations (b). Les contreventements larges sont plus rigides et plus légers grâce à des efforts dans les barres moins importants (c). Une relation raisonnable entre hauteur et largeur du contreventement (1:5 à 1:7 au max.) permet des assemblages simples des barres tout en gardant une rigidité suffisante. La rigidité d'un contreventement étroit peut être nettement améliorée en introduisant une poutre à treillis horizontale disposée entre les poteaux de façade et agissant en forme de cadre rigide (d).

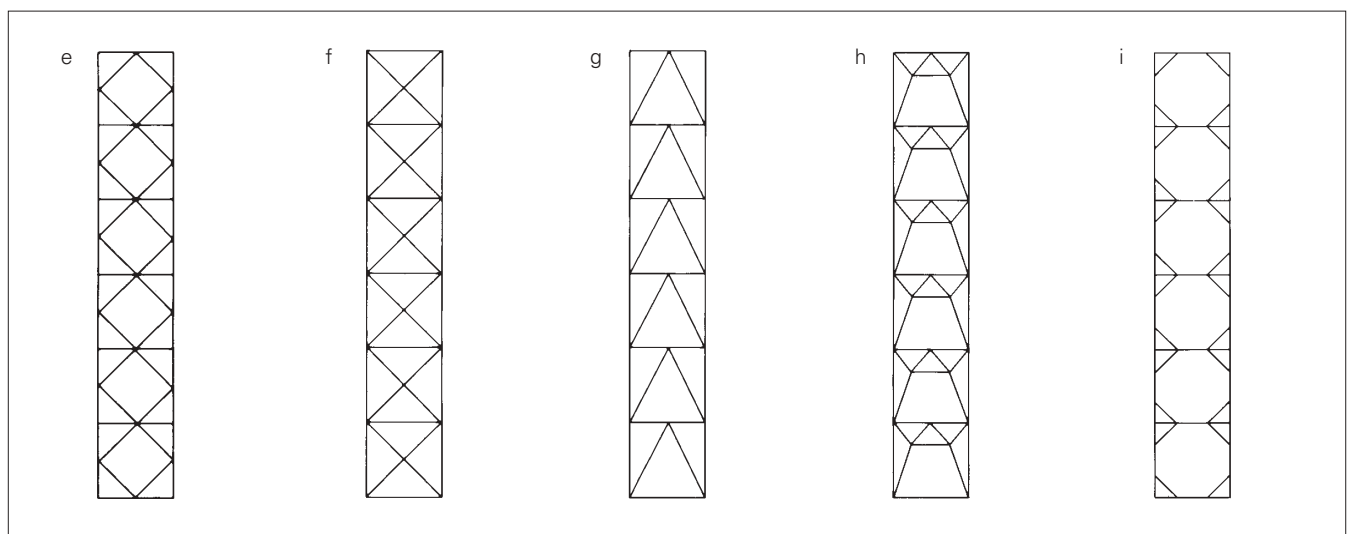


Vertikalverbände

- e) Raute (kleine Knicklängen)
- f) Kreuz (aus schlanken Zugstreben)
- g) K-Fachwerk
- h) Fachwerkrahmen (teuer)
- i) Biegesteifer Rahmen (teuer)

Contreventements verticaux

- e) Losanges (longueur de flambage réduite)
- f) Croix (barres tendues élancées)
- g) Treillis en K
- h) Cadres à treillis (chers)
- i) Cadres rigides (chers)



Als Verbandstreben eignen sich alle Profile, die sich für ein geschraubtes Fachwerk bewähren: Rohre, einfache Winkel, Doppelswinkel, gekreuzte Winkel, T-Profile, usw.

Für Verbände mit gekreuzten Streben eignen sich auch Flachstäbe, Rundstäbe oder evtl. Drahtseile: diese Streben übernehmen nur Zugkräfte.

Pour les barres de treillis, tous les profilés qu'on peut employer pour les treillis boulonnés conviennent: tubes, cornières simples, doubles ou croisées, profilés à section en T, etc.

Pour des treillis à tirants croisés, on peut également utiliser des fers plats ou ronds, voire éventuellement des câbles; ces éléments ne reprennent que des forces de traction.

4. Stützen

Stahlstützen haben meist viel geringere Querschnitte als Betonstützen. Sie nehmen wenig Grundfläche in Anspruch, wodurch sich ein günstiges Verhältnis zwischen gesamter Grundrissfläche und nutzbarer Fläche zwischen den Stützen ergibt. Um Lasten von 5'600 kN (Bemessungswert) zu tragen, ergibt sich untenstehender Vergleich der Querschnittsabmessungen von Beton- und Stahlstützen.

Vergleich statisch gleichwertiger Beton- und Stahlstützen

Allgemeine Bedingungen:

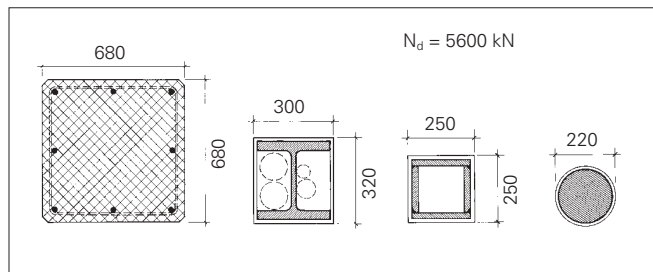
Knicklänge $L_K = 3$ m

Beton C 20/25

Bewehrung $\mu = 0,6\%$

Baustahl S 355

Feuerwiderstand R 60



4. Poteaux

Les poteaux en acier ont, en général, une section beaucoup plus réduite que ceux en béton. Ils occupent peu de surface au sol, ce qui contribue à un rapport avantageux entre surface totale et surface utile. Pour les charges de 5'600 kN (valeur de calcul), une comparaison entre les dimensions de poteaux en béton et en acier est donnée ci-dessous.

Comparaison entre poteaux équivalents en béton et en acier

Conditions générales:

Longueur de flambage $L_K = 3$ m

Béton C 20/25

Armature $\mu = 0,6\%$

Acier S 355

Résistance au feu R 60

Rechts

Beispiel von schlanken Stahlstützen:
aufgelöste Pylonstütze
Zollanlage, Kreuzlingen-Konstanz,
© Fotodesign Lan, Konstanz

A droite

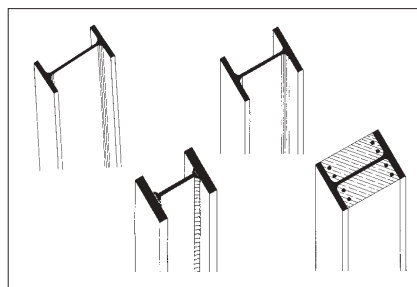
Exemple de poteaux sveltes en acier:
mâts composés du poste de douanes
à Kreuzlingen-Konstanz,
© Fotodesign Lan, Konstanz



Gebräuchlichste Stützenquerschnitte

I-Querschnitte

- Häufigste und wirtschaftlichste Stützenform
- Besonders gut geeignet für Anschlüsse von Trägern in beiden Richtungen
- Alle Teile des Profils für Schraubverbindungen zugänglich
- Als Verbundquerschnitt («kammerbetoniert») mit erhöhter Tragfähigkeit, Feuerwiderstand bis R 90



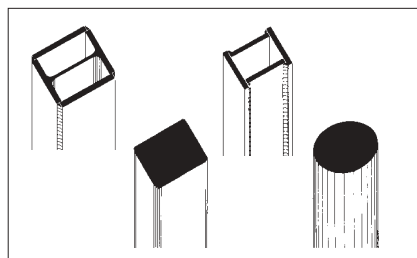
Sections de poteaux

Sections en I

- La forme la plus courante et la plus économique
- Convient particulièrement bien au raccordement de poutres dans les deux directions
- Toutes les parties se prêtent aux assemblages boulonnés
- Bétonné, comme section mixte, capacité augmentée, résistance au feu jusqu'à R 90

Rechteckige Kastenprofile und Vollstahlprofile

- Geeignet für Stützen mit hohen Lasten, Biegung in beiden Richtungen, grossen Knicklängen bei kleinem Querschnitt
- Wegen der glatten Aussenfläche als unverkleidete Stütze beliebt, Feuerwiderstand R 30 für Vollquerschnitte ab $\varnothing 80$ mm

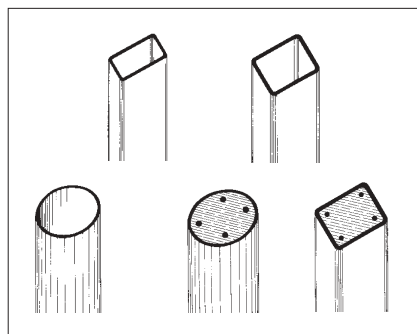


Sections en caisson rectangulaires et sections pleines en acier

- Conviennent pour des poteaux avec fortes charges, fléchis selon les deux axes, grandes longueurs de flambage, section de dimensions réduites
- En raison de la surface extérieure lisse, préférées sans enrobage, résistance au feu R 30 pour des sections pleines à partir de $\varnothing 80$ mm

Hohle Walzprofile

- Runde Kanten geben ein glattes Bild
- Profile gleicher Aussenabmessung sind durch die Wanddicke abstufbar
- Die Einleitung der Kräfte bedarf besonderer konstruktiver Massnahmen
- Ausbetonieren erhöht Tragfähigkeit und Feuerwiderstand (mit Bewehrung für R 60 / R 90)

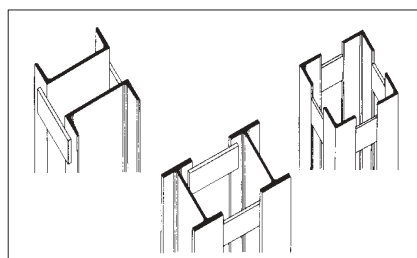


Profilés laminés creux

- Les arêtes arrondies donnent une image rassurante
- Les caractéristiques mécaniques des profilés de dimensions extérieures identiques peuvent être graduées par la variation de l'épaisseur des parois
- L'introduction des forces nécessite des mesures constructives spéciales
- Le remplissage en béton augmente la résistance mécanique et la résistance au feu (avec armature pour R 60 / R 90)

Mehrteilige Stützen

- Geeignet, wenn der Unterzug zwischen den Stützhälften liegen soll oder in der Stütze die Installationen zugänglich geführt werden sollen
- Grösserer Aussenquerschnitt als alle oben beschriebenen Stützen
- Bindebleche für Knicksteifigkeit notwendig



Poteaux composés de plusieurs sections

- Convient si le sommet doit être placé entre les deux moitiés du poteau, ou si les conduites placées dans le poteau doivent demeurer accessibles
- Dimensions extérieures plus grandes que dans les autres cas décrits plus haut
- Etrésillons nécessaires pour la résistance au flambage

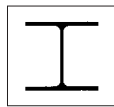
5. Träger

Als Träger werden die horizontalen Tragelemente bezeichnet, welche die Lasten aus Decken und Dächern zu den Auflagern hin abtragen.

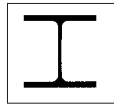
Gebräuchliche Trägertypen:

Träger mit breiten Flanschen (HEA, HEB und HEM)

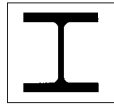
- Tragen hohe Lasten bei minimaler Trägerhöhe (100 - 1000 mm)
- Stegaussparungen beschränkt, max. $\varnothing = 0,5 H$
- Empfohlene Spannweiten: ab 4,5 bis max. 7 m (Decken)
- Trägerhöhe $H = 1/18$ (einfache Balken) bis $1/30$ der Spannweite (Durchlaufträger)



HEA
leichte Reihe / série légère



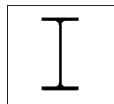
HEB
normale Reihe / série normale



HEM
verstärkte Reihe / série renforcée

Träger mit schmalen Flanschen (IPE)

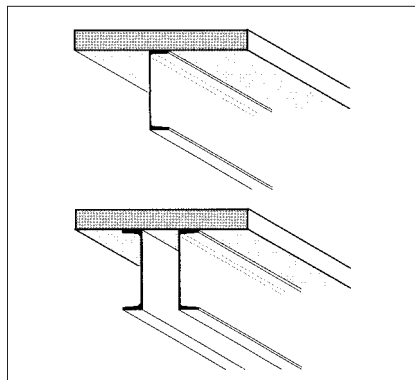
- Wirtschaftlicher Profiltyp
- Grössere Stegaussparungen möglich, max. $\varnothing = 0,5 H$
- Empfohlene Spannweiten: bis 9 m (Decken), bis 16 m (Dächer)
- Trägerhöhe $H = 1/15$ (einfache Balken) bis $1/24$ der Spannweite (Durchlaufträger)



IPE
schlanke Profile mit parallelen Flanschen / profilés élançés à ailes parallèles

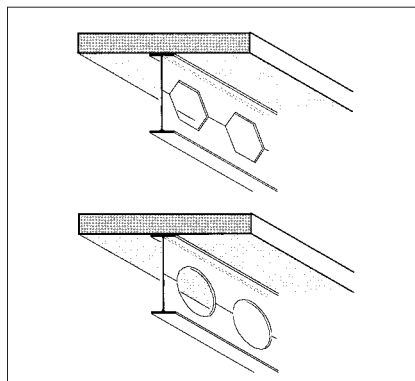
Träger U-Profil und Doppel-U-Profil

- Für geringe Beanspruchung (z. B. Deckenrandfelder)
- U-Profile können doppelt verwendet werden, meist mit seitlicher Befestigung an den Stützen
- Die Verdrehung lässt sich durch verschiedene konstruktive Vorkehrungen verhindern
- Empfohlene Spannweiten: bis 9 m (Decken), bis 16 m (Dächer)
- Trägerhöhe $H = 1/15$ (einfache Balken) bis $1/24$ der Spannweite (Durchlaufträger)



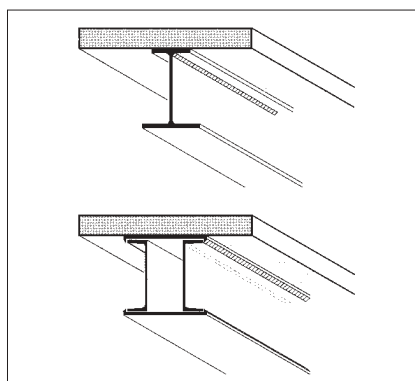
Wabenträger/Lochstegträger

- Hergestellt aus Grundprofilen IPE, HEA oder HEB (ergibt ca. 1,5-fache Höhe)
- Für Installationsleitungen mit grösseren Durchmessern (max. $\varnothing = 0,7 H$)
- Wirtschaftlich zur Übertragung grosser Biegemomente bei grossen Spannweiten
- Einfache Formgebung möglich (Überhöhung, Biegung, Vouten, usw.)
- Im Stützbereich Löcher vermeiden oder schliessen
- Empfohlene Spannweiten: bis 12 m (Decken), bis 20 m (Dächer)
- Trägerhöhe $H = \text{ca. } 1/16$ der Spannweite



Blechträger

- Aus Blechen, selten aus Profilen zusammengeschweisst
- Grössere Stegaussparungen möglich, max. $\varnothing = 0,7 H$
- Einfache Formgebung möglich (Überhöhung, variable Bauhöhe)
- Empfohlene Spannweiten: über 12 m (besonders für Dächer)
- Trägerhöhe $H = 1/12$ (einfache Balken) bis $1/24$ der Spannweite (Durchlaufträger)



5. Poutres

On appelle poutres les éléments porteurs horizontaux qui transmettent les charges des planchers et de la toiture vers les appuis.

Types de poutres

Profilés laminés à larges ailes (HEA, HEB et HEM)

- Poutres pour reprise d'efforts importants, avec hauteur minimale
- Evidements de l'âme possibles dans une mesure limitée, $\varnothing = 0,5 H$ maximum
- Portées recommandées: de 4,5 jusqu'à 7 m maximum (planchers)
- Hauteur des poutres $H = 1/18$ (poutres simples) jusqu'à $1/30$ de la portée (poutres continues)

Poutres à ailes étroites (IPE)

- Profilé économique
- Evidements possibles: $\varnothing = 0,5 H$ maximum
- Portées recommandées: jusqu'à 9 m (planchers), jusqu'à 16 m (toitures)
- Hauteur de la poutre $H = 1/15$ (poutres simples) jusqu'à $1/24$ de la portée (poutres continues)

Profilés en U et en double U

- Utilisés comme poutres de rive de plancher (charges réduites)
- Peuvent être jumelés et utilisés comme poutres moisées de plancher, fixées aux côtés des poteaux
- Plusieurs moyens constructifs peuvent servir à éviter la torsion des profilés
- Portées recommandées: jusqu'à 9 m (planchers), jusqu'à 16 m (toitures)
- Hauteur de la poutre $H = 1/15$ (poutres simples) jusqu'à $1/24$ de la portée (poutres continues)

Poutres alvéolaires

- Fabriquées à partir de profilés IPE, HEA ou HEB (env. 50 % de surhauteur)
- Pour des conduites jusqu'à un diamètre d'environ 50 cm ($\varnothing = 0,7 H$ maximum)
- Avantageuses pour la reprise de moments de flexion importants dans le cas de grosses portées
- Possibilité d'agencement simple (surélévation, courbures, voûtes)
- Dans la zone des poteaux, il faut éviter les évidements, voire les refermer
- Portées recommandées: jusqu'à 12 m (planchers), jusqu'à 20 m (toitures)
- Hauteur des poutres: env. $H = 1/16$ de la portée

Poutres composées à âme pleine

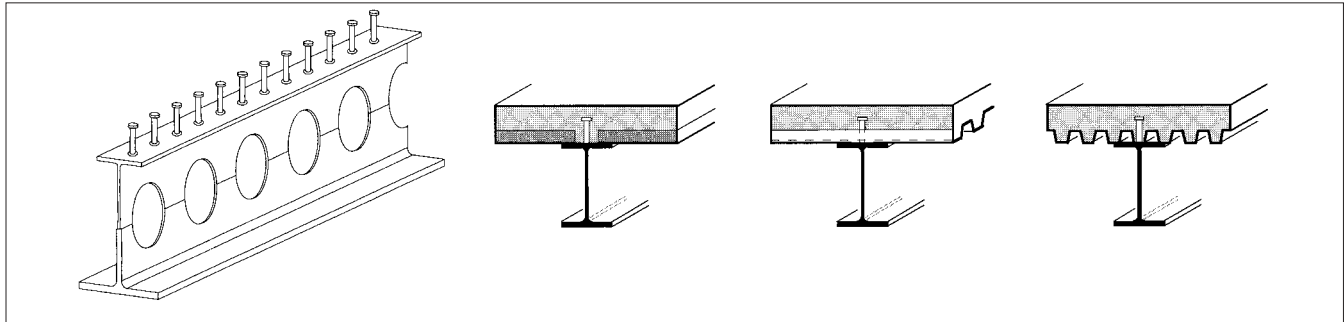
- Tôles assemblées par soudure
- Evidements importants possibles: $\varnothing = 0,7 H$ maximum
- Agencement simple (surélévation, hauteur variable)
- Portées recommandées: plus de 12 m (pour des toitures, en particulier)
- Hauteur des sections: $H = 1/12$ (poutres simples) jusqu'à $1/24$ de la portée (poutres continues)

Verbundträger

- Der Stahlträger wirkt dank aufgeschweisster Kopfbolzendübel statisch mit der aufliegenden Betondecke oder Blechverbunddecke zusammen, wobei der Beton hauptsächlich Druckkräfte infolge Biegung übernimmt.
- Alle beschriebenen Stahlträgertypen kommen dafür in Frage
- Relativ steifes Tragelement, bei gleichzeitig reduzierter Trägerhöhe

Poutres mixtes acier-béton

- La poutre en acier collabore, grâce aux goujons à tête soudés, avec la dalle en béton ou mixte (béton sur tôle profilée); le béton travaille surtout en compression due à la flexion de l'ensemble.
- Tous les types de profilés décrits peuvent être concernés
- Élément porteur relativement rigide, permet en même temps de réduire la hauteur de la poutre



Fachwerkträger

Fachwerkträger haben ein relativ geringes Gewicht und eignen sich deshalb für grosse Spannweiten oder für ausserordentliche Gewölbe- oder Dachformen. Sie können aus verschiedenen Profilen zusammengesetzt sein.

Fachwerkträger haben folgende Vorteile:

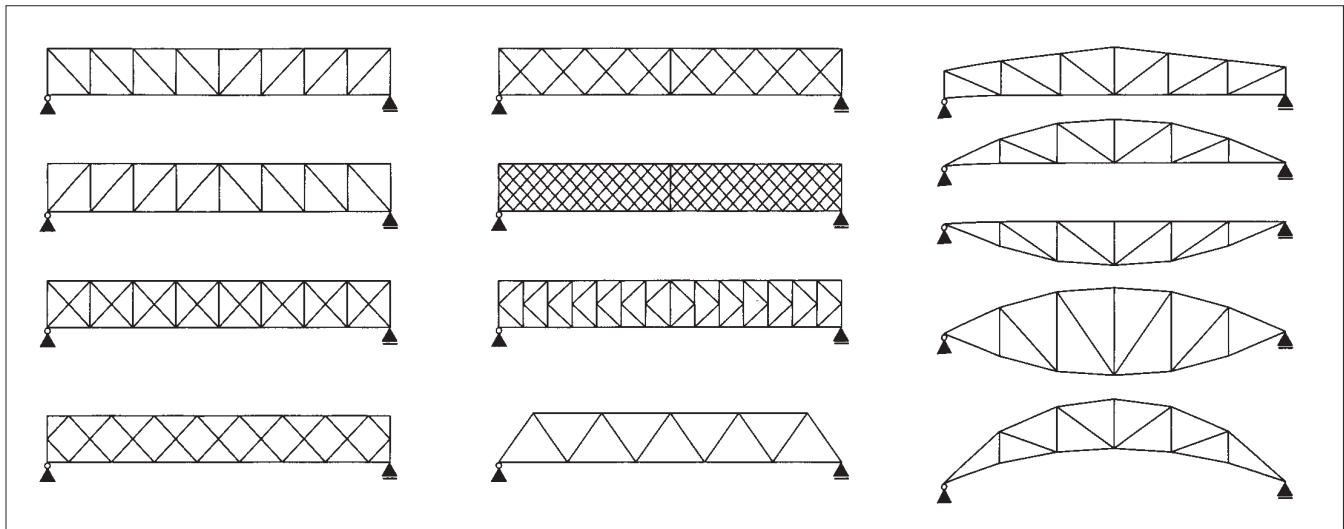
- Ermöglichen leichte Installationsführung
- Relativ steife Tragelemente
- Freie Formgebung (Überhöhung)
- Spannweiten: 9 m bis 18 m (Decken); bis 100 m (Dächer)
- Trägerhöhe $H = 1/10$ (einfache Balken) bis $1/18$ der Spannweite (Durchlaufträger)

Poutres à treillis

Les poutres à treillis sont utilisés lorsque la portée du cadre est grande ou pour les couvertures de halles avec une forme spéciale. Les poutres à treillis peuvent être composées de divers profilés.

Les avantages des poutres à treillis sont:

- Passage facilité des conduites
- Structure relativement rigide
- Mise en œuvre simple (surélévation, formes libres)
- Portées recommandées: au-delà de 9 m jusqu'à 18 m (planchers) voire jusqu'à 100 m (toitures)
- Hauteur des poutres: $H = 1/10$ (poutres simples) jusqu'à $1/18$ de la portée (poutres continues)



Beispiele von parallelen und nicht parallelen Fachwerkträgern.

Exemples de poutres à treillis avec membres parallèles ou non parallèles.

6. Brandschutz

Wegen der guten Wärmeleitfähigkeit von Baustahl und weil er, obwohl nicht brennbar, sich bei hohen Temperaturen entfestigt, kommt dem Brandschutz grosse Bedeutung zu. Der Brandschutz ist im Stahlbau heute wesentlich einfacher handhabbar geworden als noch vor ein paar Jahren. Die neuen Brandschutzvorschriften erlauben ganzheitliche Brandschutzkonzepte, bei denen auch Sprinkleranlagen zum Zuge kommen.

6. Protection incendie

En raison de la conductivité thermique élevée de l'acier et bien que l'acier ne soit pas combustible, il perd de sa résistance à température élevée, d'où la grande importance de sa protection contre l'incendie. La protection incendie des structures en acier est aujourd'hui beaucoup plus simple qu'il y a quelques années. Les nouvelles prescriptions ouvrent la voie à des solutions où la présence de sprinklers est prise en compte.



Brandschutzanstriche, welche im Brandfall aufschäumen und den Stahl vor Hitze schützen, sind heute ästhetisch überzeugend und finanzierbar, so dass Stahl auch in Innenräumen sichtbar bleiben kann. Weitere Informationen: Baudoc Publikation «Basisinformationen über dämmschichtbildende Brandschutzsysteme» BHMPR 00070 (SZS-Merkblatt M2)



D'autre part, les peintures intumescentes qui protègent l'acier de la chaleur en cas d'incendie sont désormais valables des points de vue esthétique et économique. D'autres informations: publication Baudoc «Informations de base en matière de peintures intumescentes» BHMPR 00070 (Aide-mémoire SZS M2)

7. Decken

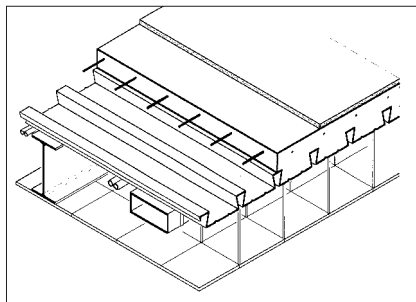
Für die Anordnung der Träger bieten sich verschiedene Formen an; sie können parallel oder gekreuzt verlaufen. Sich kreuzende Trägerscharen können entweder aufeinander liegen oder ineinander verschachtelt sein. Die Art und Anordnung der Träger hängt von der verfügbaren Deckenhöhe und den unterzubringenden Installationsleitungen ab.

Installationsführung

Das offene Stahlskelett begünstigt die Installationsführung zur technischen Erschließung des Gebäudes in vertikaler und horizontaler Richtung und spätere Änderungen an den Installationen.

Die Geschossdecke hat typischerweise folgenden Aufbau:

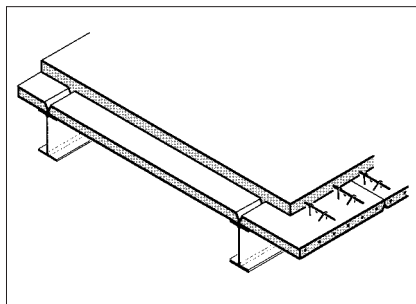
- Bodenbelag
- Betondecke mit Bewehrung
- Profilblech (hier Schwalbenschwanz)
- Stahlträger
- Zwischendeckenbereich für Installationen
- Abgehängte Unterdecke (evtl. geeignet für Brandschutz)



Deckenkonstruktionen:

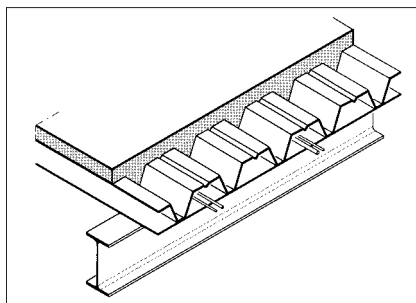
Einfache Betondecke

Die armierte Betondecke trägt meistens in einer Richtung, seltener in zwei Richtungen. Sie wird aus Ortbeton auf der Baustelle gegossen (auf eine Holzschalung), oder sie besteht aus vorgefertigten Elementen, die auf der Trägerkonstruktion aufliegen und allenfalls mit Überbeton vergossen werden.



Stahlblechdecke

Die Stahlblechdecke besteht aus profilierten Blechen mit einem mehrschichtigen Bodenaufbau. Das Profilblech ist das tragende Element und kann als Schalung für den Estrich dienen (Ortbeton, Anhydrit, usw.). Die Profilierung hat oft einen trapezförmigen Querschnitt. Die Bleche werden meistens verzinkt oder farblich beschichtet verwendet.

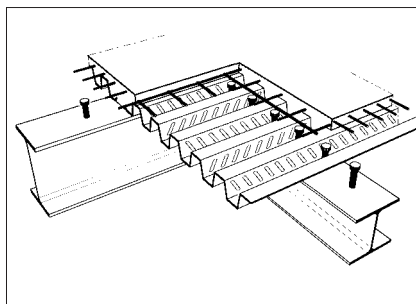


Vorteile der Stahlblech- und Verbunddecken:

- Geringes Gewicht
- Schneller Einbau
- Betondecke ohne Schalung
- Sofortige Begehbarkeit nach der Montage

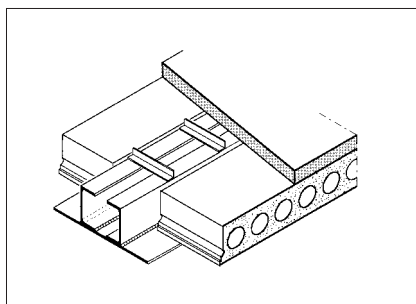
Verbunddecken

Bei der Verbunddecke bilden Stahlträger, Blech und armierter Beton ein Tragsystem. Besteht zwischen Blech und Betonplatte ein Verbund (bei Rippenblech), so dient das Blech als Bewehrung. Ist der Stahlträger zusätzlich durch Kopfbolzendübel mit der Decke verbunden, so spricht man von einem Verbundquerschnitt. Diese Konstruktion ist sehr wirtschaftlich.



Schlanke Deckensysteme (Slim-Floor)

Das schlanke Deckensystem «Slim-Floor» besteht aus nur einer Trägerlage mit integrierten Deckenelementen (vorgefertigte Betonplatten oder Blechverbunddecke). Die gesamte Deckenkonstruktion ist kaum höher als der Träger und bietet gleichzeitig genügend Feuerschutz. Die Deckenelemente sind oft vorgefertigt, was eine schnelle Montage erlaubt. Die integrierte Blechverbunddecke (hier nicht gezeigt) erlaubt zudem eine platzsparende Leitungsführung.



7. Dalles

Pour la disposition des poutres, il y a différentes solutions possibles; elles peuvent être parallèles ou croisées. Dans ce dernier cas, les nappes peuvent être superposées ou encastrées l'une dans l'autre. Le choix dépend de la hauteur disponible et des conduites à placer.

Disposition des conduites

Une ossature d'acier aérée facilite la disposition des conduites desservant le bâtiment, dans le sens horizontal comme vertical, et permet des modifications ultérieures.

Composition typique d'un plancher sur solives en acier:

- Chape de revêtement
- Dalle en béton avec armature (treillis)
- Tôle profilée
- Poutre portant la dalle
- Espace pour conduites
- Faux-plafond (éventuellement servant de protection incendie)

Types de dalles:

Dalle simple en béton armé

La dalle en béton armé porte souvent dans une seule direction, plus rarement dans deux directions. Elle peut être réalisée en béton coulé en place (sur un coffrage en bois) ou en éléments préfabriqués posés sur les poutres, scellés et éventuellement recouverts de béton.

Plancher métallique

Ce type de plancher est composé de tôles profilées et d'une dalle en plusieurs couches. La tôle profilée en acier est seule porteuse et peut servir de coffrage pour la chape coulée sur place (béton, anhydrite, etc.). Le nervurage est souvent de forme trapézoïdale. Les tôles sont galvanisées ou revêtues d'un prélaquage.

Avantages des planchers métalliques et mixtes:

- Légèreté
- Exécution rapide
- Dalle sans coffrage
- Utilisation immédiate après le montage

Plancher mixte acier-béton

Le plancher mixte est un système porteur formé par les poutres, la tôle profilée et la dalle de béton armé coulé dessus. Le béton remplit la fonction de membrure supérieure comprimée, la tôle profilée sert d'armature et garantit par sa forme l'adhérence au béton. Un léger treillis d'armature dans la dalle est destiné à limiter la fissuration du béton. Lorsque la dalle est liée à la poutre par des connecteurs, l'ensemble constitue un plancher mixte acier-béton. Ce système est très économique.

Plancher mince (slim floor)

Le plancher mince à poutres intégrées «slim floor» consiste en un système de poutres à un niveau, y intégrant les éléments de la dalle (préfabriqués ou dalle mixte avec tôle profilée). L'ensemble du plancher n'est guère plus haut que les poutres et garantit une bonne protection contre l'incendie. Les éléments de la dalle sont souvent préfabriqués, réduisant les délais de montage, et les conduites peuvent être placées dans les nervures en cas de dalle mixte avec tôle profilée.

8. Trägeranschlüsse

Die Elemente des Stahlskeletts werden in Werkstätten vorgefertigt. Die industrielle Herstellung und die Anforderungen einer einfachen, sicheren Montage haben einen grossen Einfluss auf die Gestaltung der Verbindungen zwischen den Elementen. Wichtig sind dabei standardisierte Verbindungen und festgelegte Toleranzen.

Auswahl typischer Anschlüsse von sekundären Trägern (Deckenträger, Pfetten) an Primärträgern (Unterzüge, Binder) aus Doppel-T-Profilen:

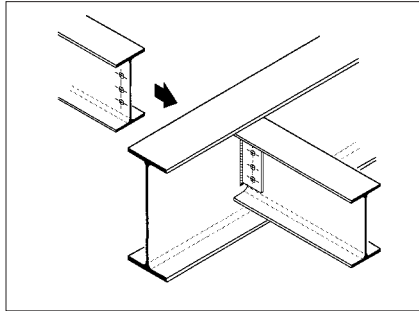
8. Assemblages de poutres

Les éléments d'une ossature en acier sont préfabriqués en usine. La production industrielle et les impératifs d'un montage simple et sûr ont une grande influence sur la disposition des assemblages des éléments. Il est important de disposer d'assemblages normalisés et de tolérances définies.

Assemblages typiques de poutres secondaires (solives, pannes) et de poutres primaires (sommiers) de profilés en double T:

Sekundärträger gelenkig / Poutre secondaire articulée

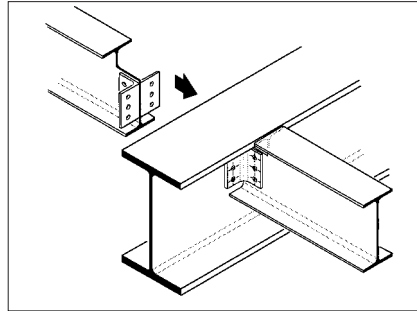
Fahnenblech-Anschluss
Joint par gousset



Anschlusslaschen (Fahnenbleche) einseitig, im Werk geschweisst. Mit Ausklinkung (wie nebenstehend) auch möglich für OK Oberflansche bündig.

Gousset simple, soudé en usine. Egalement possible avec échancrure (figure à droite) pour semelles supérieures affleurantes.

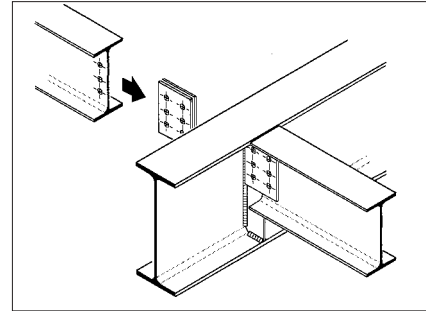
Doppelwinkel-Anschluss
Joint par cornière double



Keine SchweiSSarbeit nötig, aber mehr Schrauben. Ohne Ausklinkung (wie nebenstehend links) auch möglich für vertikal versetzte Oberflansche.

Pas de travail de soudage, mais plus de boulons. Egalement possible sans échancrure (figure à gauche) pour des semelles supérieures décalées en hauteur.

Doppelsteglaschen-Anschluss
Joint par couvre-joints d'âme

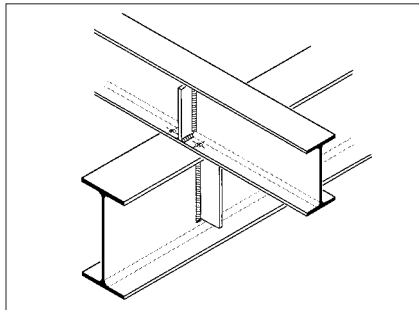


Rippen evtl. weniger hoch, nur mit Steg verschweisst. Leichte Verdrehung der Stegglaschen infolge Anschluss'exzentrizität unvermeidlich.

Raidisseurs éventuellement moins hauts, soudés seulement à l'âme. Une légère torsion des couvre-joints est inévitable à cause de l'excentricité de l'assemblage.

Sekundärträger durchlaufend / Poutre secondaire continue

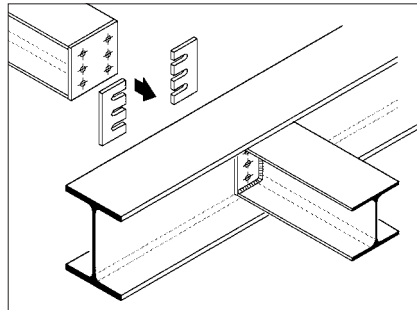
Aufliegend (Stapelbauweise)
Superposée



Eingeschweisste Rippen nur, sofern nötig. Auch mit Sekundärträgerstoss beim Auflager möglich (dann meist gelenkig).

Raidisseurs soudés seulement si nécessaire. Egalement possible avec joint des poutres secondaires à l'appui (articulé dans la plupart des cas).

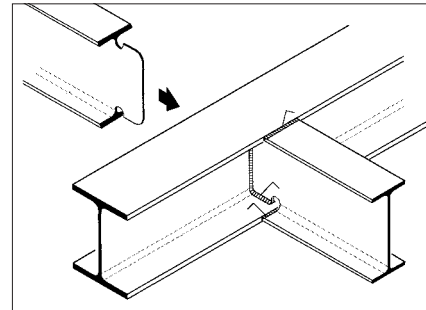
Stirnplatten-Anschluss
Assemblage par plaques frontales



Dicke Stirnplatten, hochfeste vorgespannte Schrauben (HV-Schrauben). Futterbleche wegen Einfädeln und Toleranzausgleich. Gelenkiger Anschluss, falls Stirnplatte nur am Steg angeschweisst (dann auch mit Ausklinkung wie obenstehend möglich).

Plaques frontales épaisses, boulons à haute résistance précontraints. Fourrures à cause de l'insertion et pour compenser la tolérance. Le joint est articulé, si la plaque frontale n'est soudée qu'à l'âme (également possible avec échancrure).

Geschweisster Anschluss
Assemblage soudé



Aufwändige Montageschweissung. Nachträglicher Oberflächenschutz im Anschlussbereich nötig. Auch für ungleich hohe, versetzte Sekundärträger möglich.

Important travail de soudage au montage. Besoin de protection de surface ultérieure dans la zone de l'assemblage. Utilisable également dans le cas de poutres secondaires de hauteur inégale et décalées.

Quelle

M. A.Hirt, M. Crisinel: Conception des charpentes métalliques 2005, presses polytechniques et universitaires romandes PPUR, Lausanne
Die Zeichnungen (S. 5–8) sind aus diesem Werk entnommen und mit der Genehmigung des Herausgebers reproduziert worden. Alle Rechte bleiben vorbehalten.

Sources

M. A.Hirt, et M. Crisinel: Conception des charpentes métalliques 2005, presses polytechniques et universitaires romandes PPUR, Lausanne
Les plans du présent steeldoc mentionnés dans le texte (p. 5–8) sont tirés de cet ouvrage et reproduits avec l'autorisation de l'éditeur. Tous droits réservés.

Erstellt in Zusammenarbeit mit
Elaboré en coopération avec

 **schweizerbau**
dokumentation

Schweizer Baudokumentation
CH-4223 Blauen
Tel. 061 765 82 82, Fax 061 765 82 83
baudoc@baudoc.ch, www.baudoc.ch