

Stahlbau II - SS 2016

1. Vorlesung / Übung

Daniel Pak

13.04.2016



Terminübersicht und Übungsinhalte

Termin	Thema	Inhalt
14.04.2016	Hallenbau	Tragwerksentwurf, Detaillösungen
21.04.2016	Hallenbau	Tragwerksentwurf, Detaillösungen
28.04.2016	Stabilität	Theorie 2. Ordnung
19.05.2016	Stabilität	Theorie 2. Ordnung, Verbände und Aussteifungen
26.05.2016	Stabilität	Biegeknicken von Stabtragwerken, Rahmen Biegedrillknicken
02.06.2016	Sonderfragen der Bemessung	Örtliche Lastenleitung / Rahmenecken
09.06.2016	Ermüdung	Grundlagen, Anwendungsverfahren, Berechnungsbeispiele
16.06.2016	Ermüdung	Anwendungsverfahren, Berechnungsbeispiele
23.06.2016	Schweißverfahren	Vertiefte Kenntnisse des Schweißens
30.06.2016 / 07.06.2016 14.06.2016 / 21.06.2016	Ausweichtermin bzw. Fragen zur Klausur	

xx.xx.2016

schriftliche Prüfung

Änderungen vorbehalten!



Bild: ARGE Stahlbau Lüneburg, Lüneburg

Quelle: www.draheim-steel.com

3

Stahlbau II / Sommersemester 2016



Hallenbau

Normen

diverse,
erhältlich als Download unter
www.perinorm.com



Weitere Literatur

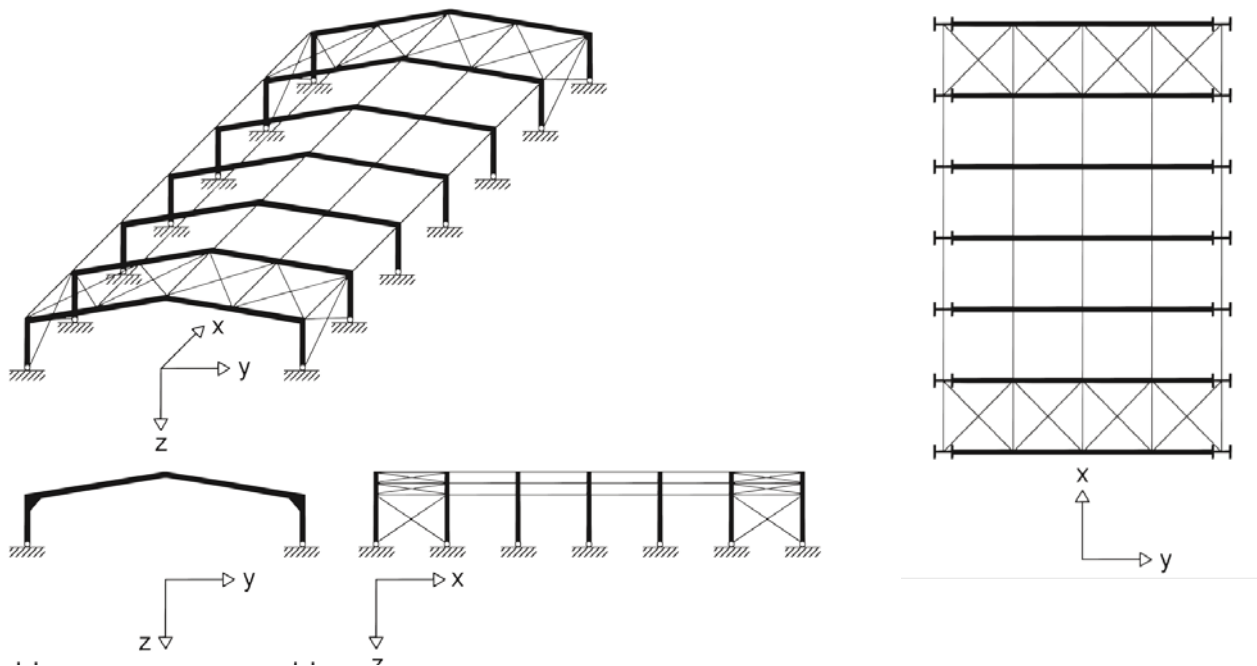
- Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012



4

Stahlbau II / Sommersemester 2016





Räumliches Tragwerk und ebene Teilsysteme einer einschiffigen Halle

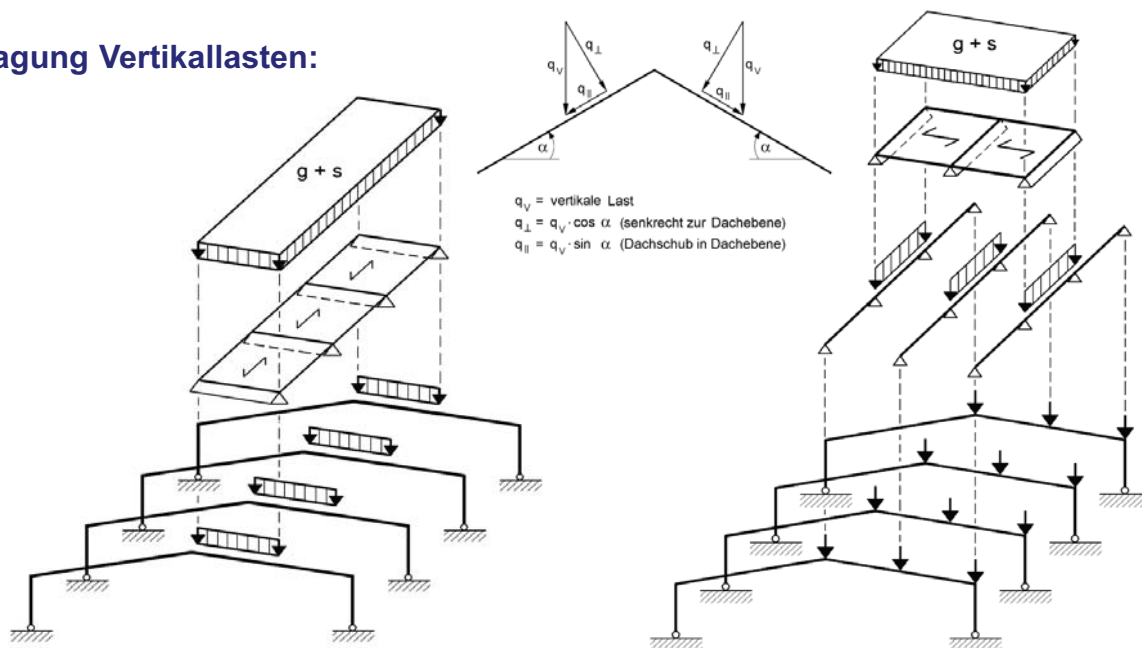
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

5

Stahlbau II / Sommersemester 2016



Abtragung Vertikallasten:



Abtragung der Vertikallasten bei Hallen ohne Pfetten / bei Hallen mit Pfetten

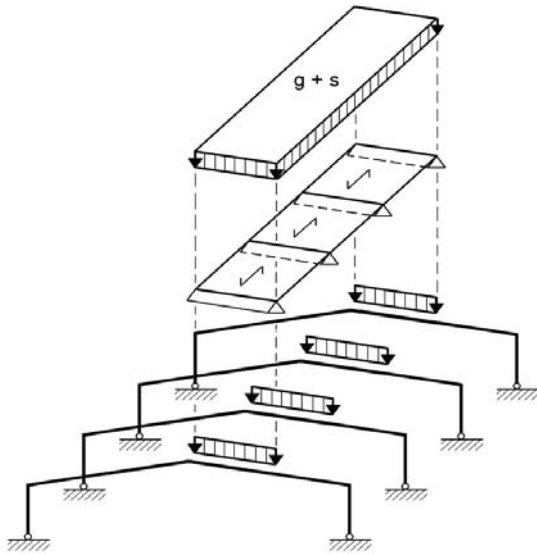
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

6

Stahlbau II / Sommersemester 2016



Abtragung Vertikallasten:



Trapezprofile:

- Tragrichtung: längs
- Spannweite: 5 bis 7 m
- Höhe: 100 bis 165 mm
- Dachabdichtung wegen Entwässerung erforderlich

Zweigelenkrahmen:

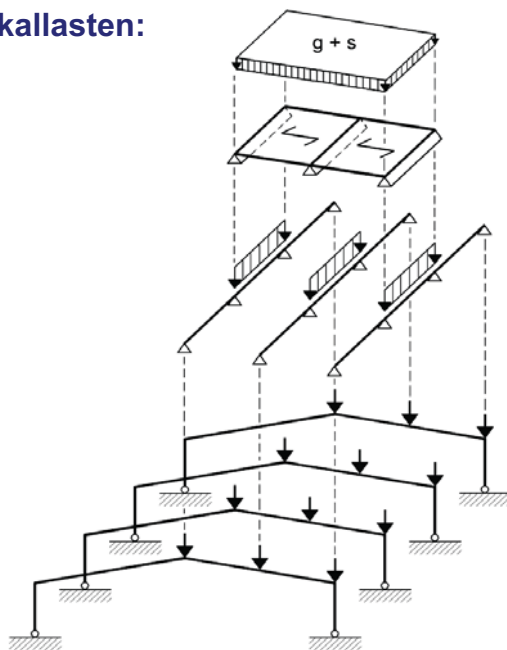
- Tragrichtung: quer
- Spannweite: 10 bis 30 m

Abtragung der Vertikallasten bei Hallen ohne Pfetten

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Tragwerksentwurf

Abtragung Vertikallasten:



Trapezprofile:

- Tragrichtung: quer
- Spannweite: 1,5 bis 4 m
- Höhe: 35 bis 85 mm
- „nacktes Blech“ möglich

Pfetten:

- Tragrichtung: längs
- Abstand: 1,5 bis 4 m
- Spannweite: 5 bis 8 m

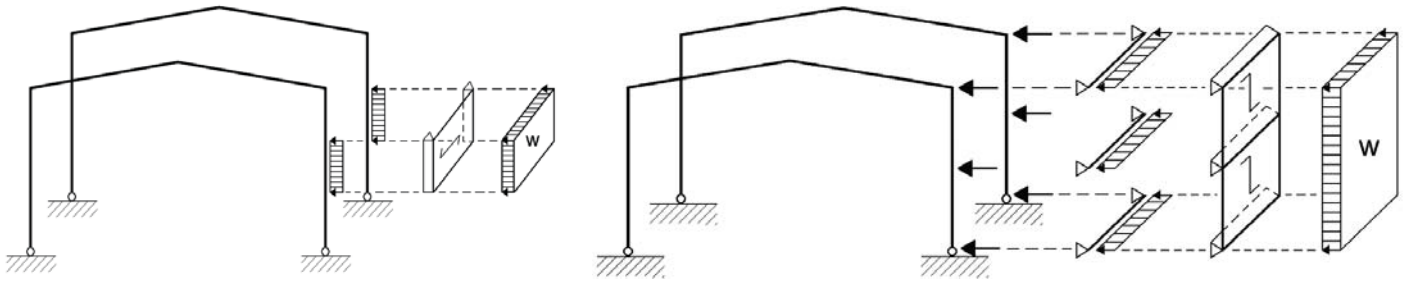
Zweigelenkrahmen:

- Tragrichtung: quer
- Spannweite: 10 bis 30 m

Abtragung der Vertikallasten bei Hallen mit Pfetten

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

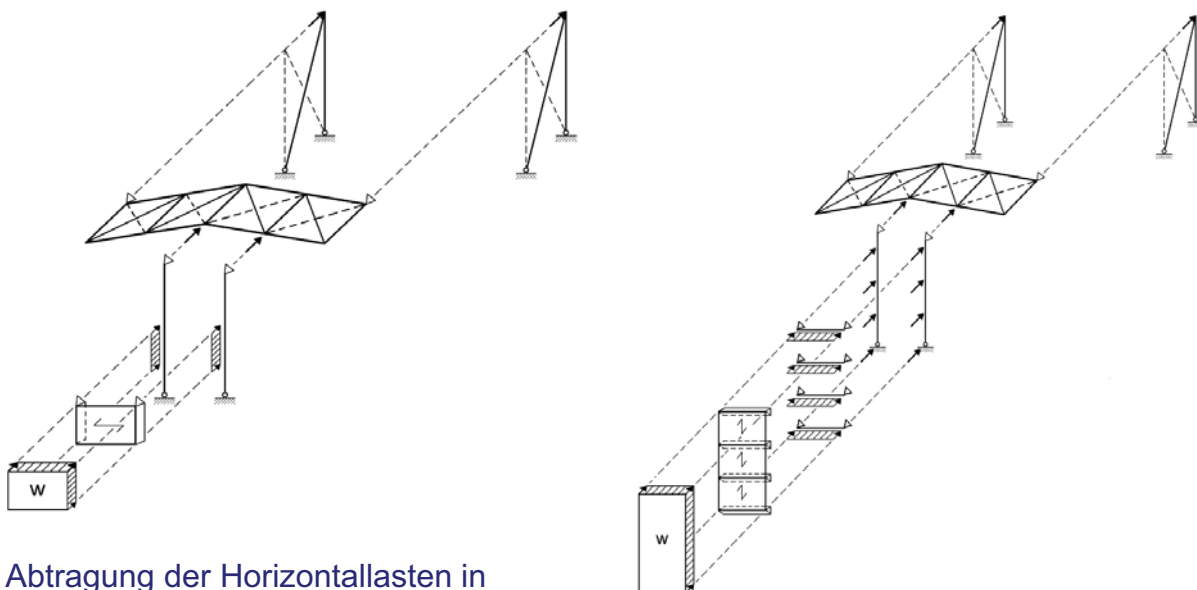
Abtragung der Horizontallasten in Hallenquerrichtung:



Abtragung der Vertikallasten bei Hallen ohne Wandriegel / mit Wandriegel

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

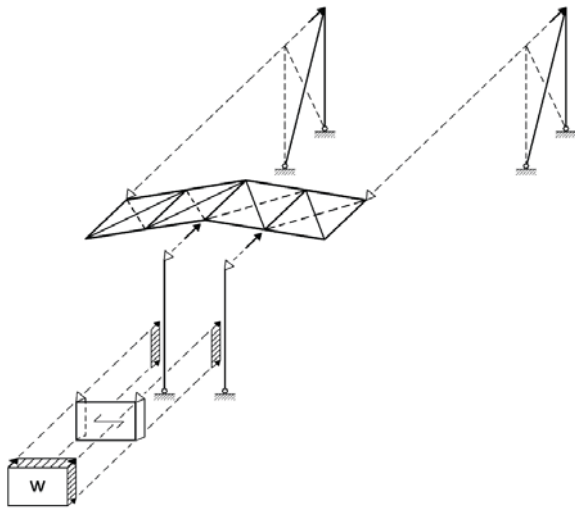
Abtragung der Horizontallasten in Hallenlängsrichtung:



Abtragung der Horizontallasten in Hallenlängsrichtung bei Hallen ohne Wandriegel / mit Wandriegel

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Abtragung der Horizontallasten in Hallenlängsrichtung:



Abtragung der Horizontallasten in Hallenlängsrichtung bei Hallen ohne Wandriegel

Giebelwandstützen

- Tragrichtung: vertikal
- Abstand: 3 bis 6 m
- Spannweite: 4 bis 10 m (Firsthöhe)

Dachverband

- Tragrichtung: horizontal
- Spannweite: 10 bis 30 m (Hallenbreite)

Wandverbände in den Seitenwänden

- Tragrichtung: vertikal
- Höhe: 4 bis 10 m (Traufhöhe)

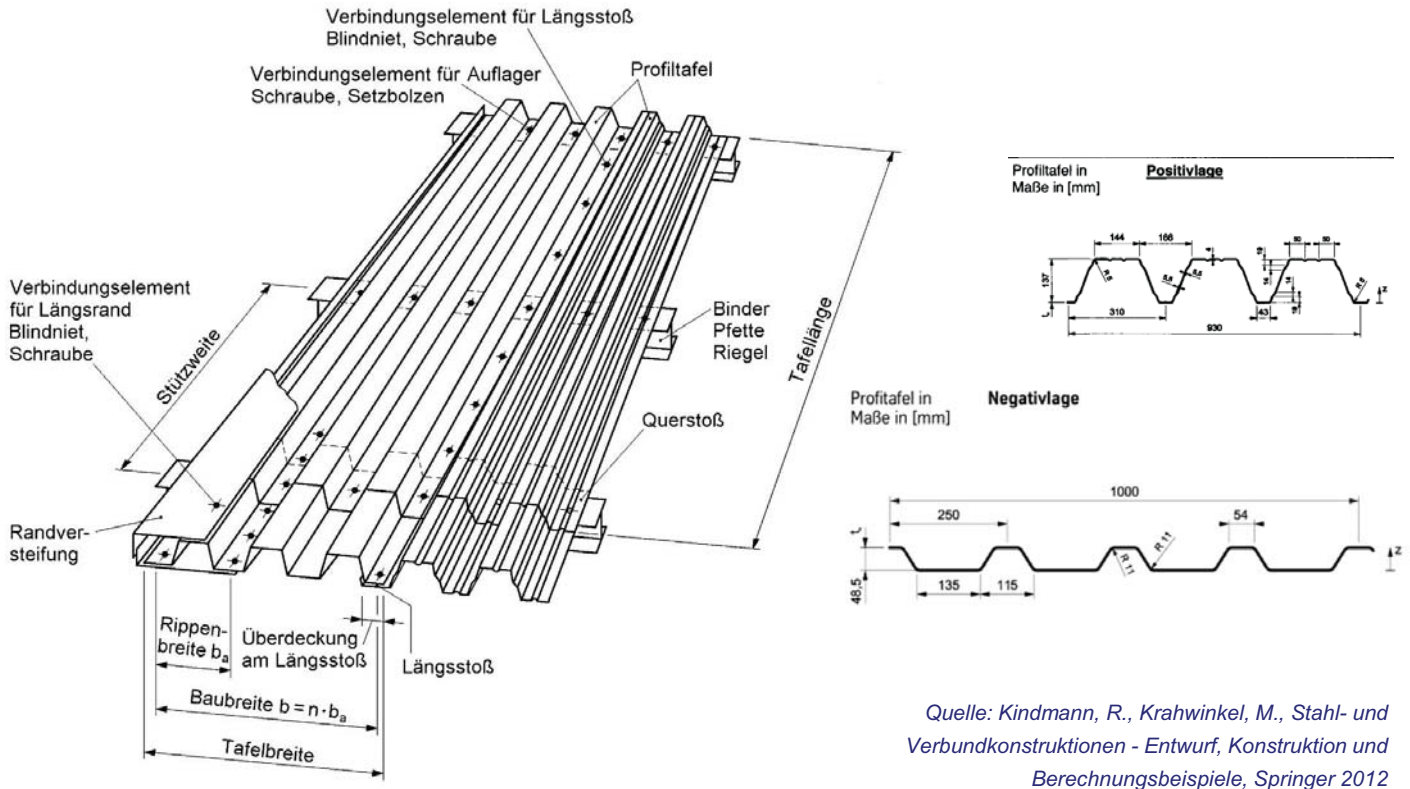
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Dacheindeckung

Dacheindeckungen:

Dacheindeckung	übliche Dachneigung	übliche Stützweite
Faserzementwellplatten nach DIN EN 494	10° bis 20°	i. d. R. ca. 1,15 m zwischen <u>Pfetten</u>
Einschaliges ungedämmtes Stahltrapezprofildach	7° bis 15°	2 bis 3 m zwischen <u>Pfetten</u>
Einschaliges gedämmtes Stahltrapezprofildach mit Abdichtung	2° bis 5°	2 bis 3 m zwischen <u>Pfetten</u> oder 5 bis 7 m zwischen <u>Rahmenriegeln</u>
Zweischaliges gedämmtes Stahltrapezprofildach	7° bis 15°	
Zweischaliges gedämmtes und belüftetes Stahltrapezprofildach	10° bis 20°	3 bis 5 m zwischen <u>Pfetten</u> (auch zw. Rahmenriegeln möglich)
PUR-Sandwichelemente	7° bis 15°	
Porenbetonplatten mit Abdichtung	2° bis 5°	5 bis 6 m zwischen <u>Rahmenriegeln</u>

Dacheindeckung mit Stahltrapezprofilen:

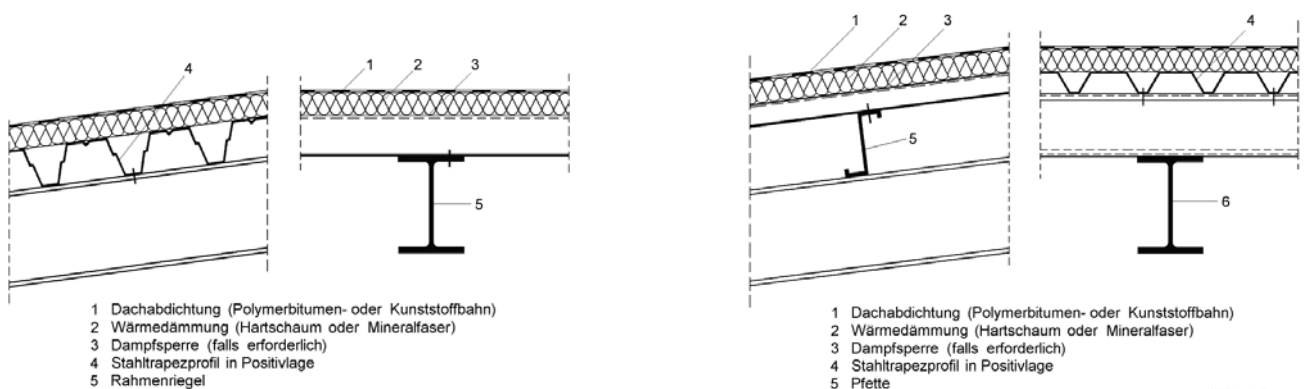


13

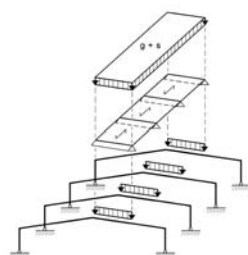
Stahlbau II / Sommersemester 2016



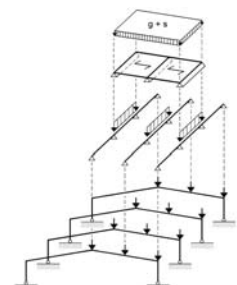
Dacheindeckung mit Stahltrapezprofilen – nicht belüftetes Dach: („Foliendach“, Dachabdichtung außen)



Einschaliges gedämmtes
Stahltrapezprofildach für
Dächer ohne Pfetten
(aufgelagert auf dem
Rahmenriegel, TR längs,
Profil quer zu Dachgef. gesp.)



Einschaliges gedämmtes
Stahltrapezprofildach
für Dächer mit Pfetten
(aufgelagert auf den
Pfetten, TR quer, Profil in
Ri. Dachgefälle gespannt)



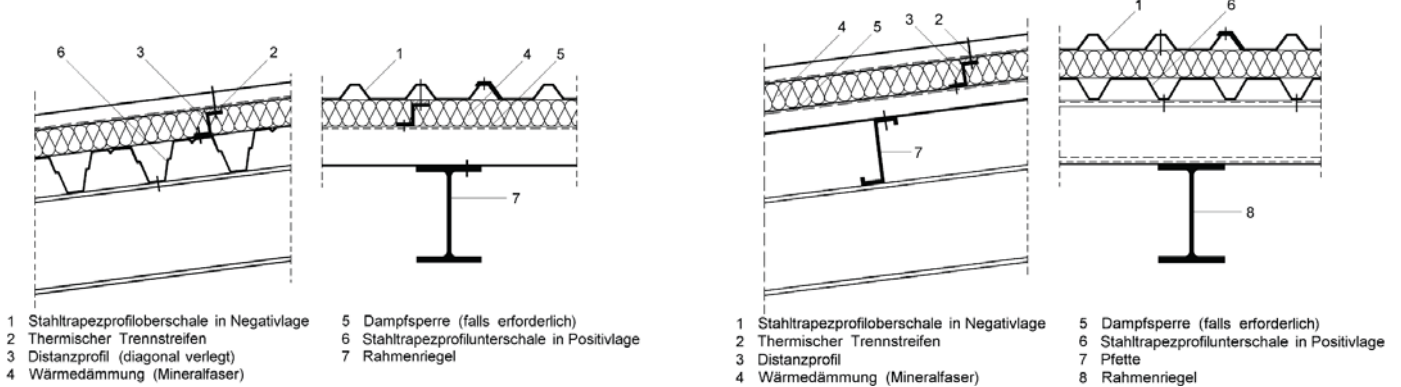
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

14

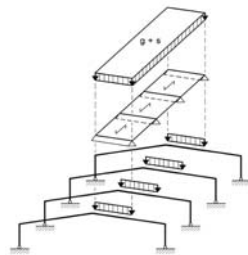
Stahlbau II / Sommersemester 2016



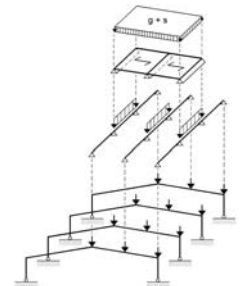
Dacheindeckung mit Stahltrapezprofilen – nicht belüftetes Dach: („Dacheindeckung“, „Metaldeckung“)



Zweischaliges gedämmtes
Stahltrapezprofildach für
Dächer ohne Pfetten
(aufgelagert auf dem
Rahmenriegel, TR längs)

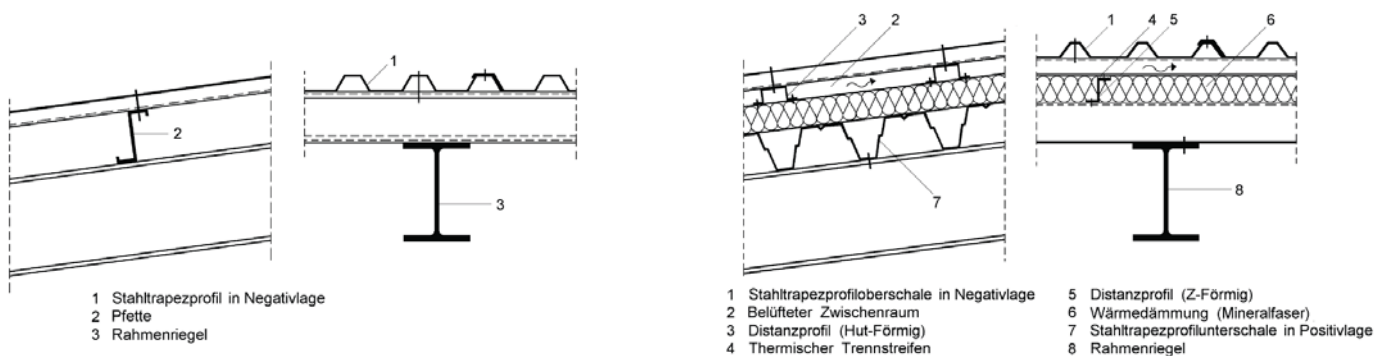


Zweischaliges gedämmtes
Stahltrapezprofildach für
Dächer mit Pfetten
(aufgelagert auf den
Pfetten, TR quer)

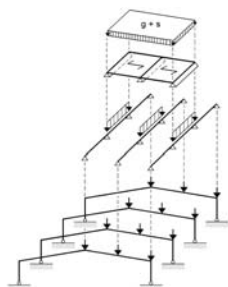


Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

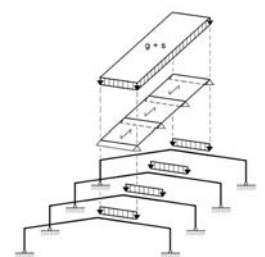
Dacheindeckung mit Stahltrapezprofilen – belüftetes Dach:



Einschaliges ungedämmtes
Stahltrapezprofildach für
Dächer mit Pfetten
(aufgelagert auf den
Pfetten, TR quer)



Zweischaliges gedämmtes
und belüftetes
Stahltrapezprofildach für
Dächer ohne Pfetten
(aufgelagert auf dem
Rahmenriegel, TR längs)



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Dacheindeckung mit Stahltrapezprofilen - Details:

Belichtung

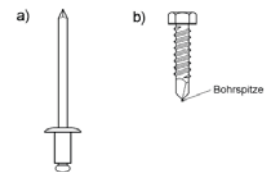
- Lichtkuppeln
- Lichtbänder



Quelle: JET Tageslicht & RWA GmbH

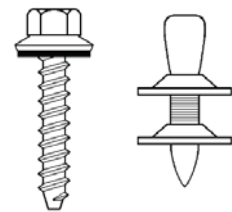
Verbindung der Profiltafeln

- a) Blindniete
- b) selbstbohrende Schrauben



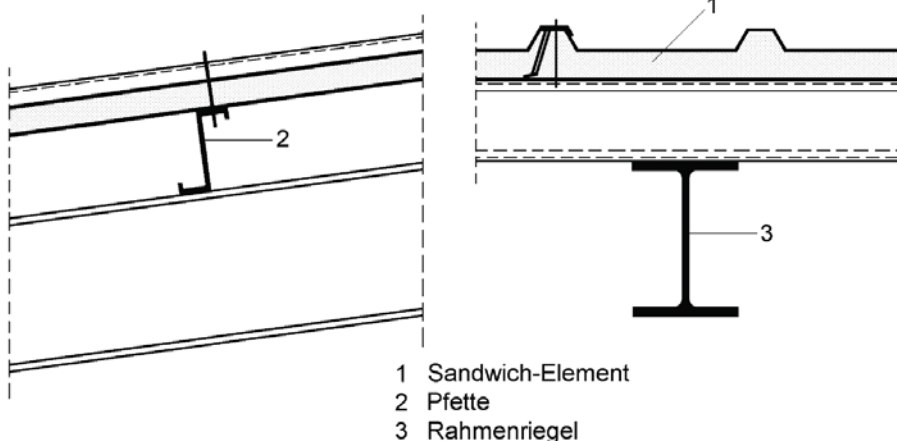
Befestigung an der Unterkonstruktion

- a) gewindefurchende Schrauben in vorgebohrten Löchern
- b) Setzbolzen

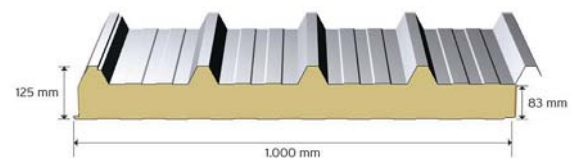
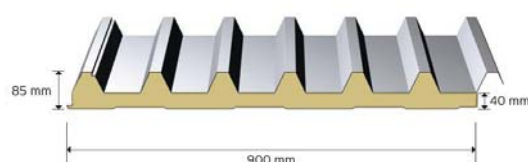
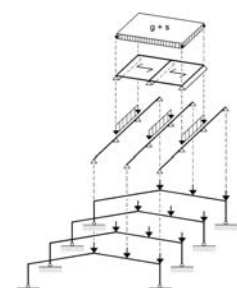


Hallenbau - Dacheindeckung

Dacheindeckung mit Stahl-Sandwichen:

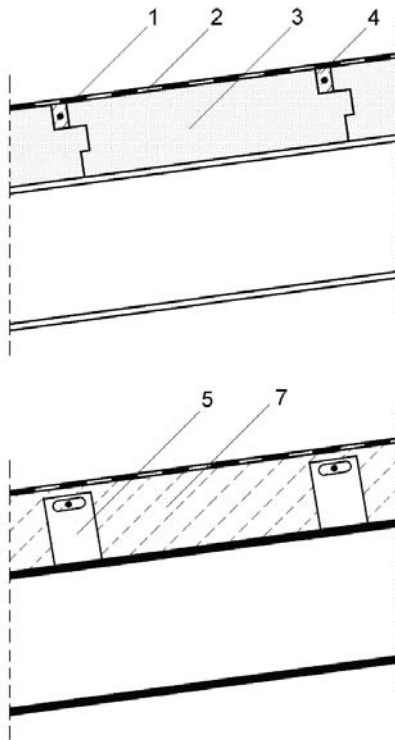


Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M.,
Stahl- und Verbundkonstruktionen -
Entwurf, Konstruktion und
Berechnungsbeispiele, Springer 2012

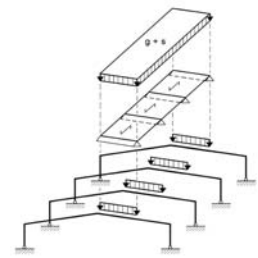


Sandwichelemente AL-DT 100/900, AL-DT 125/1000, Quelle: www.alutherm.de

Dacheindeckung mit Porenbetonplatten:



- 1 Dachabdichtung (Bitumenbahn)
- 2 Bitumenvoranstrich
- 3 Porenbetonplatten
- 4 Vergussnut
- 5 Flachstahllasche
- 6 Rundstahl
- 7 Verguss



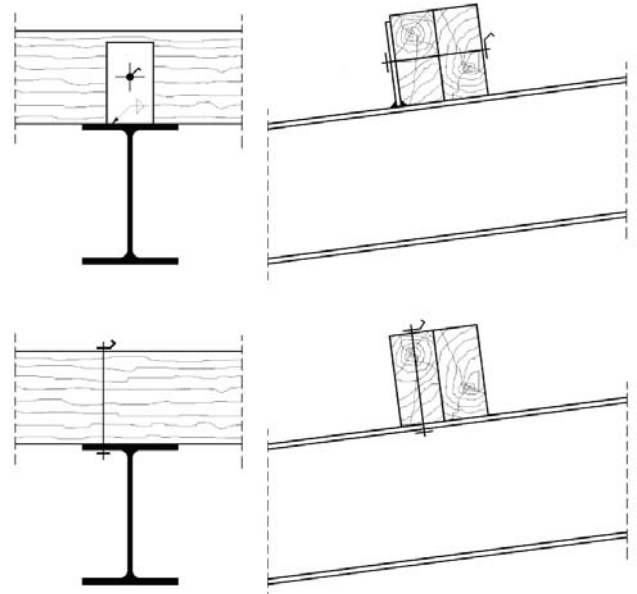
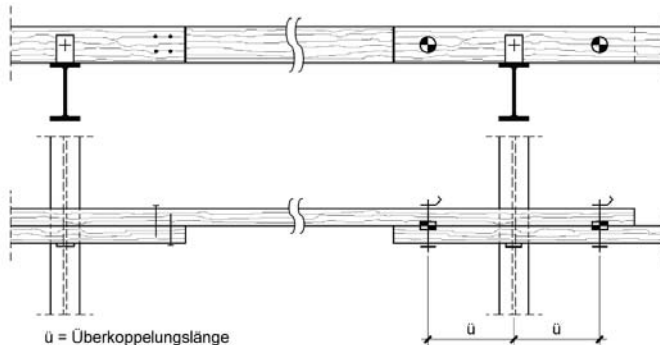
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M.,
Stahl- und Verbundkonstruktionen -
Entwurf, Konstruktion und
Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Pfetten

Holzpfetten:

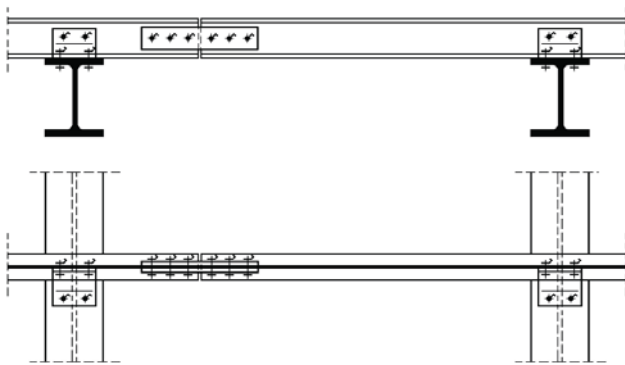


Quelle: Hallenbau Baumhauer, <http://www.baumhauer.at/>

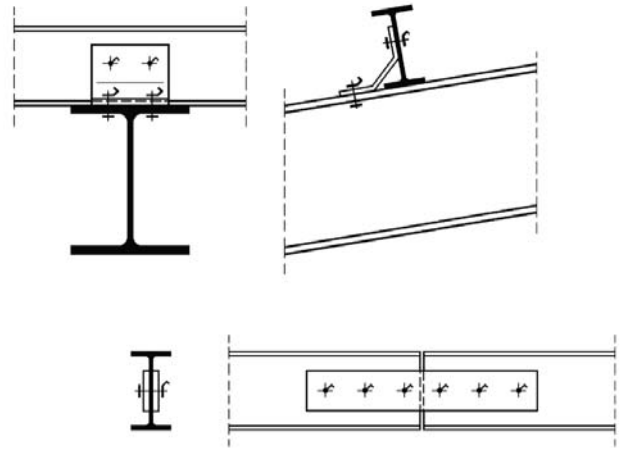


Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Walzprofilpfetten:



Biegesteife Pfettenstöße (Stirnplatten geschraubte Flachstahl- oder U-Profil-Laschen im Bereich der Momentennullpunkte)

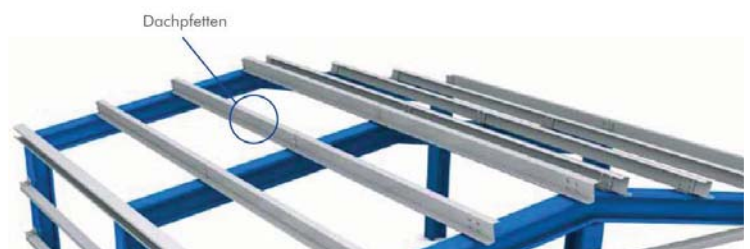
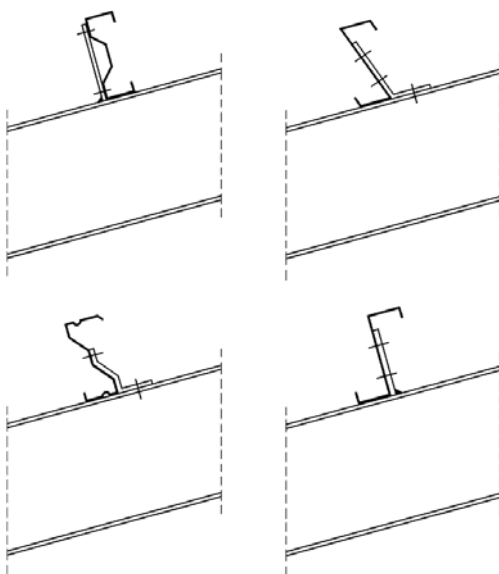


Befestigung an den Bindern mit Pfettenschuhen

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Pfetten

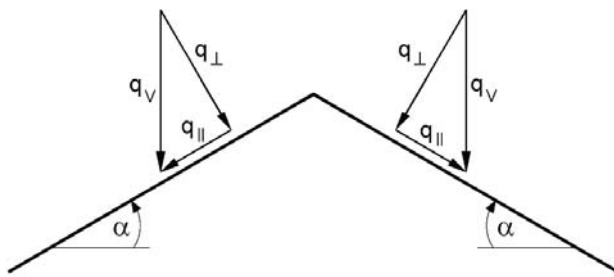
Kaltprofilpfetten:



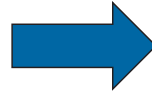
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Quelle:
<http://www.schrag-kantprofile.de>
<http://www.schrag.pl>

Dachschub:



q_v = vertikale Last
 $q_{\perp} = q_v \cdot \cos \alpha$ (senkrecht zur Dachebene)
 $q_{\parallel} = q_v \cdot \sin \alpha$ (Dachschub in Dachebene)

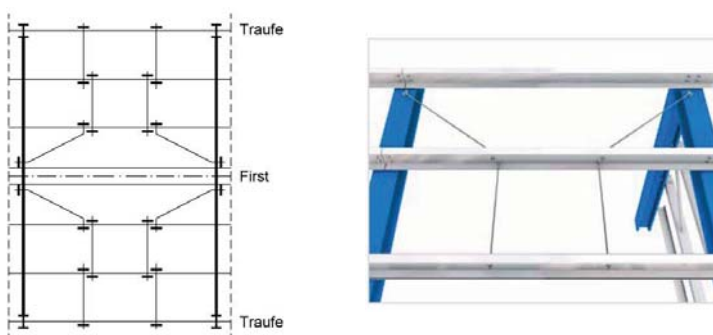


- Lastabtragung zu den benachbarten Rahmenriegeln
- Lastabtragung zum First und (teilweise) Ausgleich der auftretenden Beanspruchungen

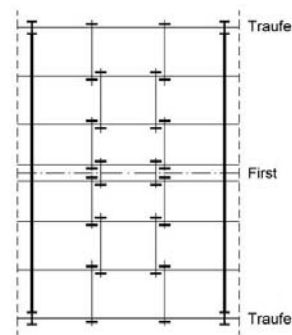
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Pfetten

Dachschub: Lastabtragung zu den Rahmenriegeln / zum First



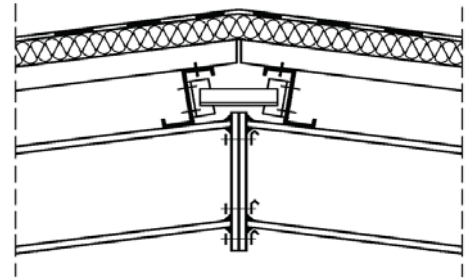
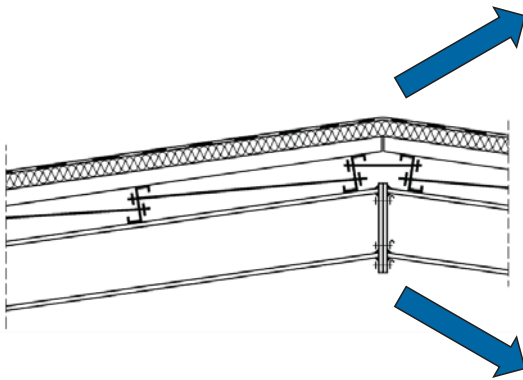
Pfettenverhängung mit schrägen Zugstangen
 am First (Kaltprofilpfetten)
 (Verringerung Stützweite schwache Achse)



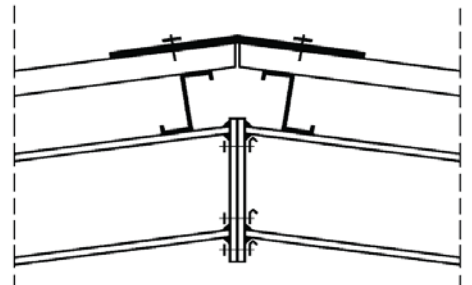
Pfettenverhängung mit Koppelung am First
 (Kaltprofilpfetten)
 (Verringerung Stützweite schwache Achse)

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Dachschub: Dachschubkopplung



Dachschubkopplung mit Firstpfettenverbindung



Dachschubkopplung mit Firstblech oder Firstkappe

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012 sowie <http://www.schrag-kantprofile.de>

Hallenbau - Vollwandrahmen

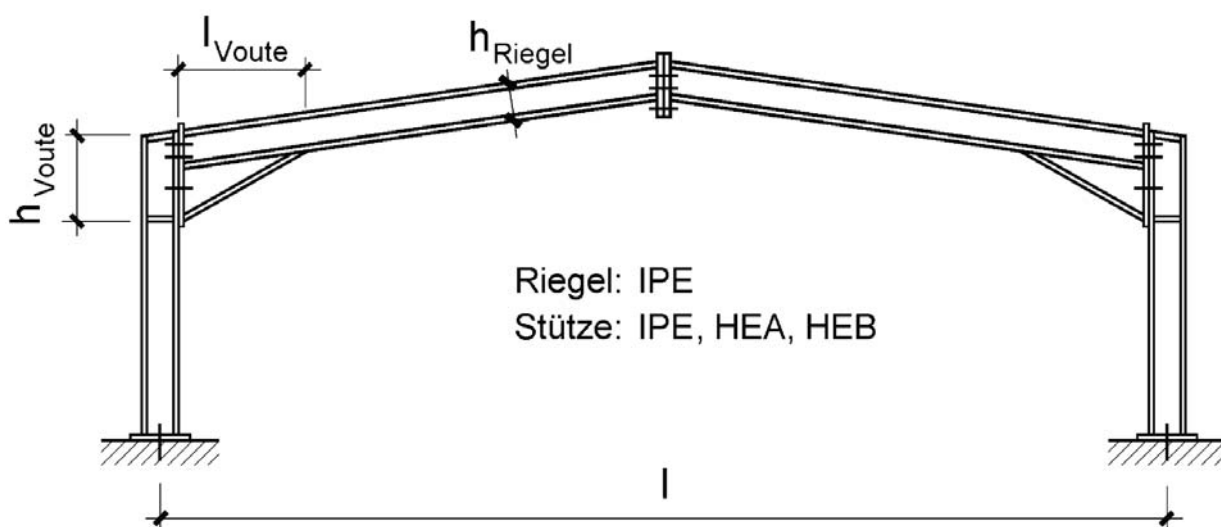


Quelle: <http://www.meticon.eu>

+ günstig - ungünstig	Dreigelenkrahmen	Zweigelenkrahmen	Rahmen mit eingespannten Stiebfüßen
Stahlverbrauch (Biegemomentenverteilung)	—	+	+
Fundamentabmessungen (Horizontalschub)	—	+	—
Kranbetrieb (Seitensteifigkeit)	—	—	+
Besondere Vorteile	statisch bestimmt → unempfindlich gegenüber Stützensenkungen	wirtschaftlichste Variante bei Betrachtung der Gesamtkosten für Stahlprofile, Fundamente und Anschlüsse	verformungsarm → besonders geeignet für große Horizontallasten aus Kranbetrieb
Besondere Nachteile	Aufwand für Firstgelenk und Abdichtung der Dachfuge; große vertikale und horizontale Verformungen unter V- und H-Lasten	große horizontale Verformungen unter H-Lasten	Aufwand für Fußeinspannung → Köcherfundamente

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Zweigelenkrahmen (Standardlösung)

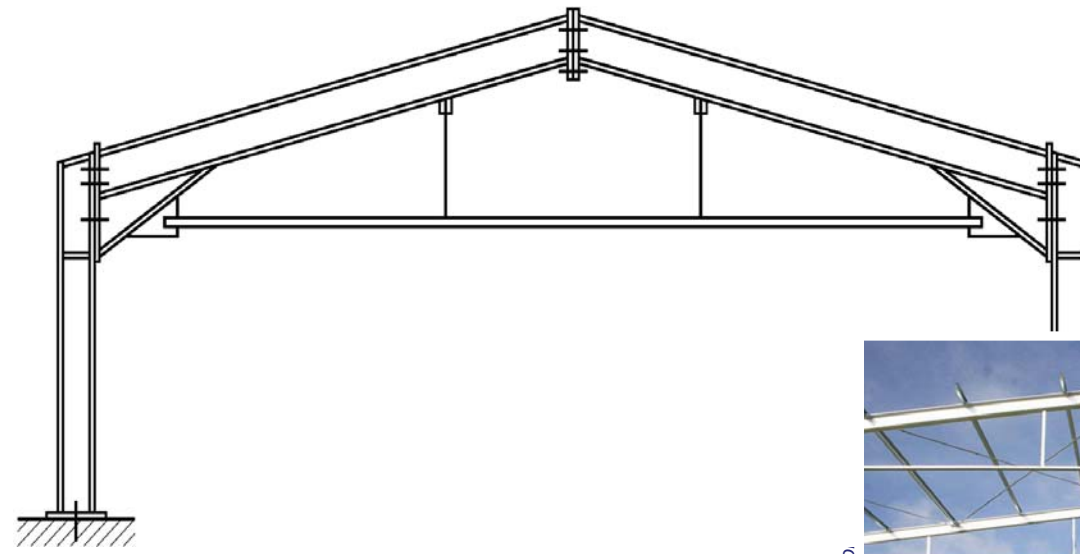


überschlägige Profilwahl:

- $h_{\text{Riegel}} \approx 1/55 \, l$
- $M_{\text{pl,Riegel}} \approx 0,7 \, M_{\text{pl,Stütze}}$
- $h_{\text{Voute}} \approx 1,5 \text{ bis } 2,0 \, h_{\text{Riegel}}$
- $L_{\text{Voute}} \approx 1/8 \text{ bis } 1/10 \, l$

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Zweigelenkrahmen (mit Zugband)



überschlägige Profilwahl:

- $h_{\text{Riegel}} \approx 1/60 \, l$

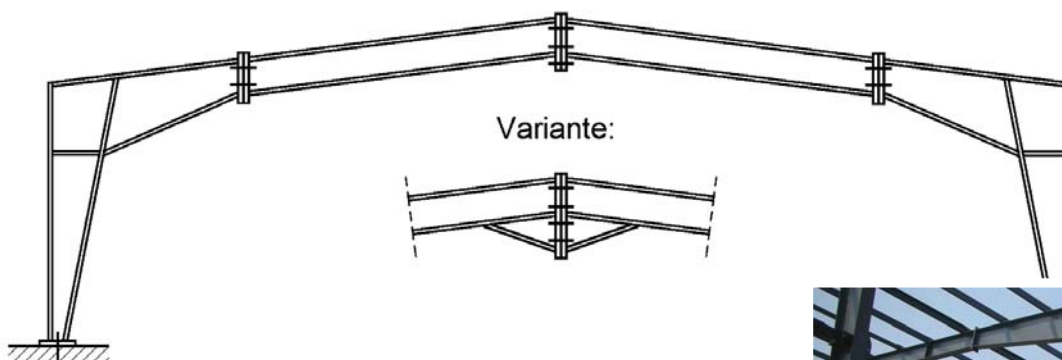
Quelle: Kindmann, R.,
Krahwinkel, M., Stahl- und
Verbundkonstruktionen -
Entwurf, Konstruktion und
Berechnungsbeispiele,
Springer 2012



Quelle: www.wo.

Hallenbau - Vollwandrahmen

Zweigelenkrahmen (mit geschweißten Keilstützen)

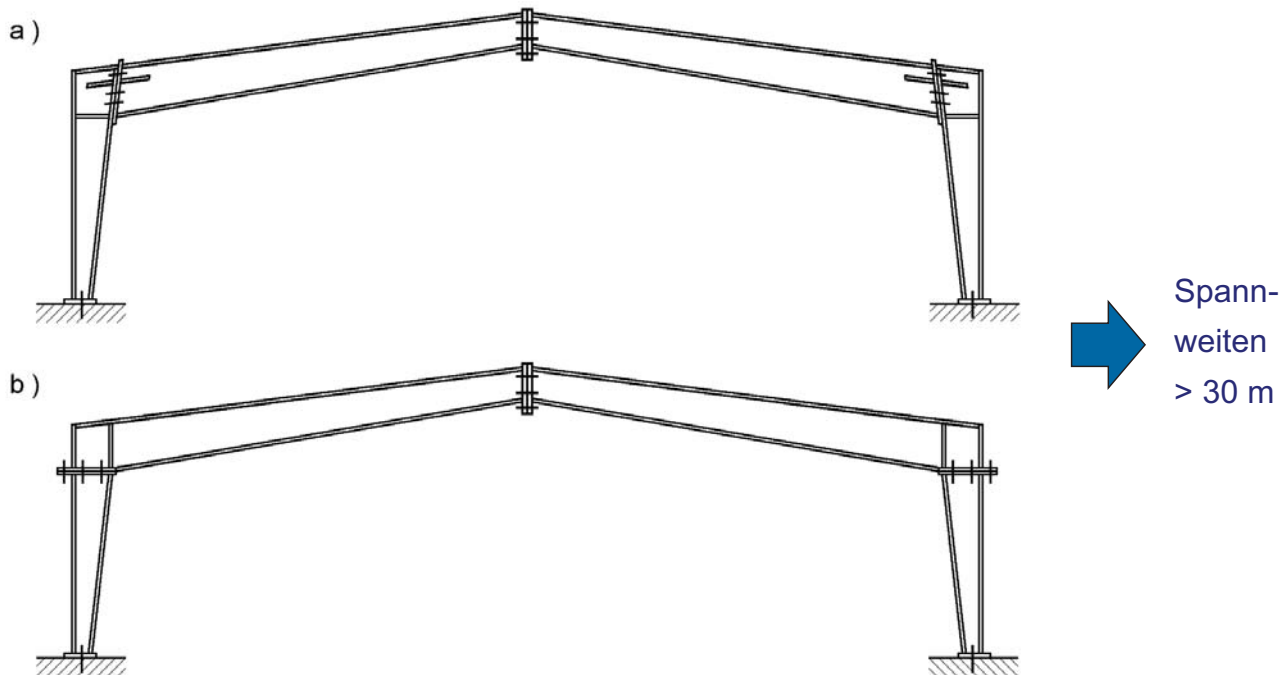


Quelle: Kindmann, R.,
Krahwinkel, M., Stahl- und
Verbundkonstruktionen -
Entwurf, Konstruktion und
Berechnungsbeispiele,
Springer 2012



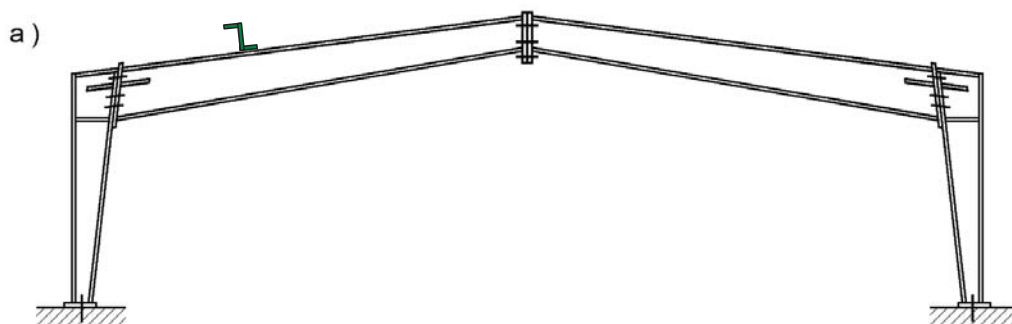
Quelle: <http://www.e9898.com>

Zweigelenkrahmen (mit geschweißten Stützen- und Riegelquerschnitten)

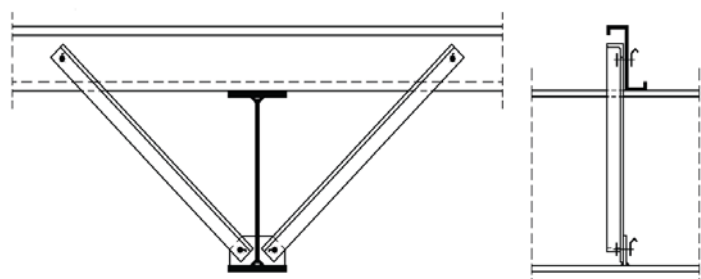


Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Zweigelenkrahmen (mit geschweißten Stützen- und Riegelquerschnitten)

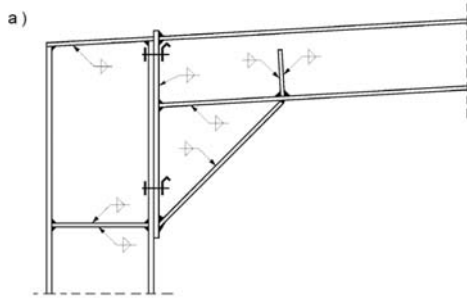


bei Biegedrillknickgefahr:
Abstützung des Riegelgurtes durch
Zugstreben (nur bei Pfettendächern
oder vorhandenen Wandriegeln
möglich)



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Rahmenecke: Vouten

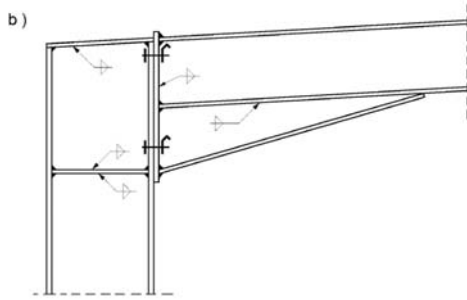


kurze Voute mit Umlenksteife



Schaffung eines größeren Hebelarmes für den geschraubten Montagestoß zwischen Riegel und Stiel, Verringerung der Schubbeanspruchung im Stützenkopfstegblech

Umlenksteife zur Einleitung der vertikalen Kraftkomponente



lange Voute ohne Umlenksteife

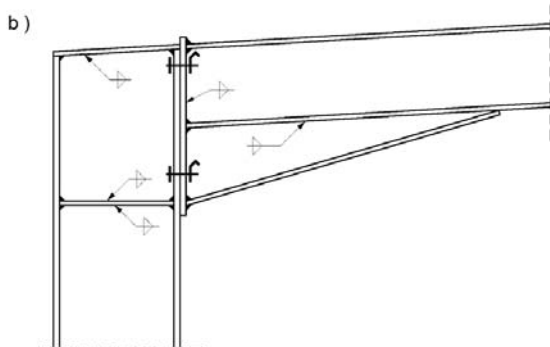


Schaffung eines größeren Hebelarmes für den geschraubten Montagestoß zwischen Riegel und Stiel, Verringerung der Schubbeanspruchung im Stützenkopfstegblech

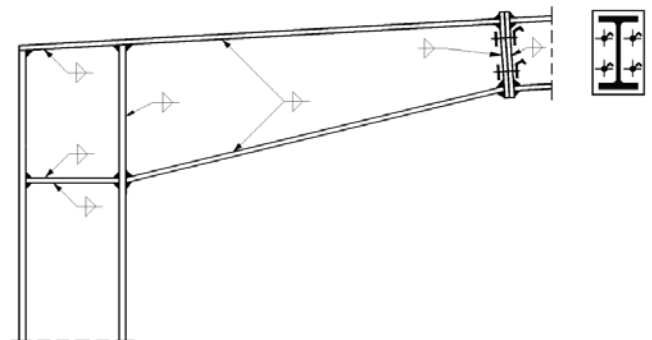
Vergrößerung der Steifigkeit → größere Eckmomente → kleinere Stützmomente → kleineres Riegelprofil

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Rahmenecke: Vouten



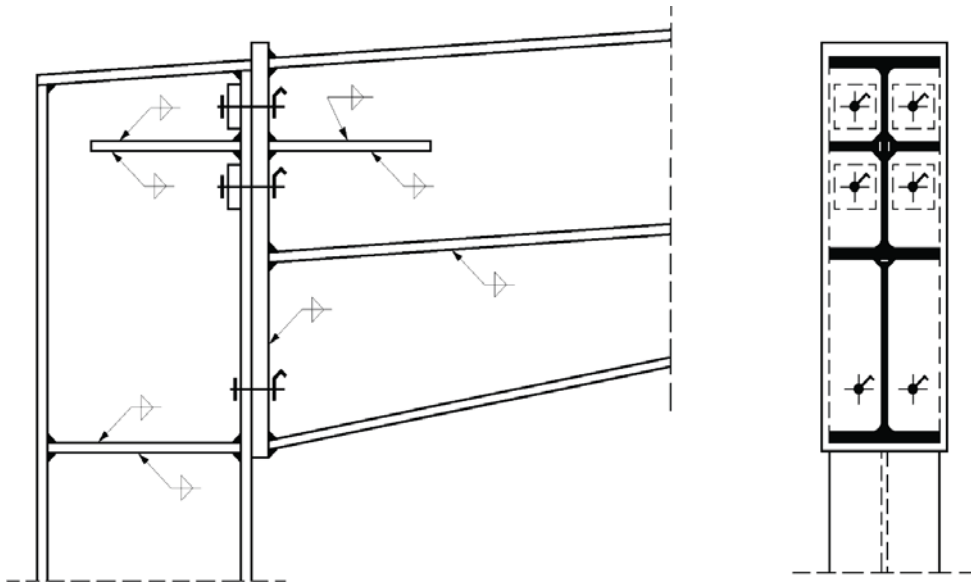
lange Voute (Walzprofile)



lange Voute (vollständig geschweißter Voutenquerschnitt)

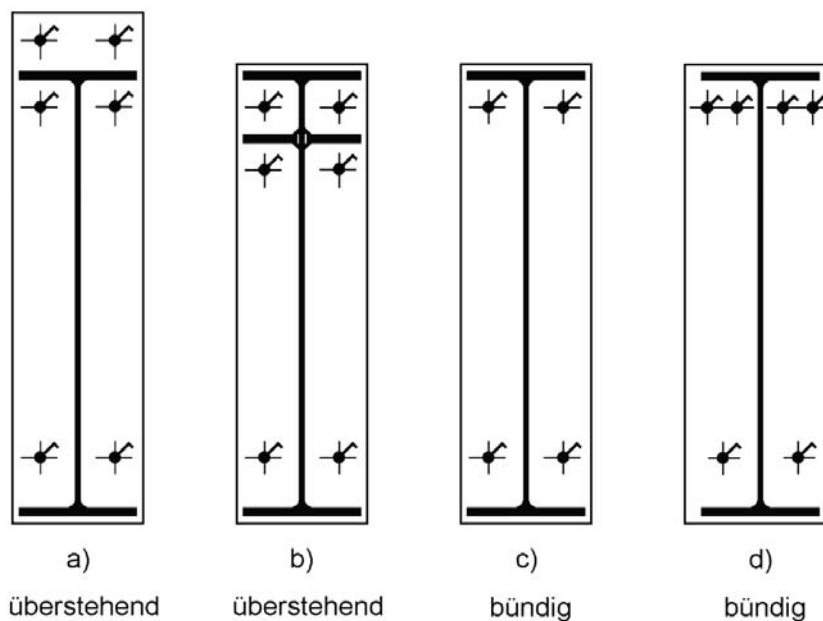
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Rahmenecke: Aussteifung des Stützenflansches



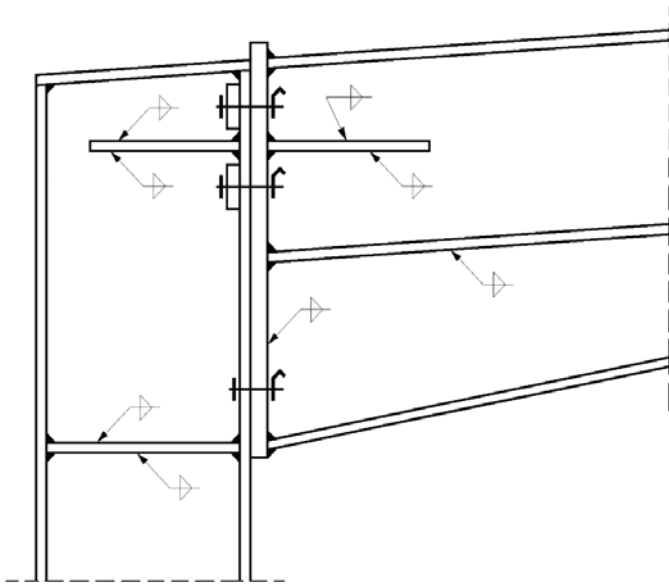
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Rahmenecke: Aussteifung des Stützenflansches - Schraubenanordnung



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Rahmenecke: Aussteifung des Stützenflansches - Stirnplatte



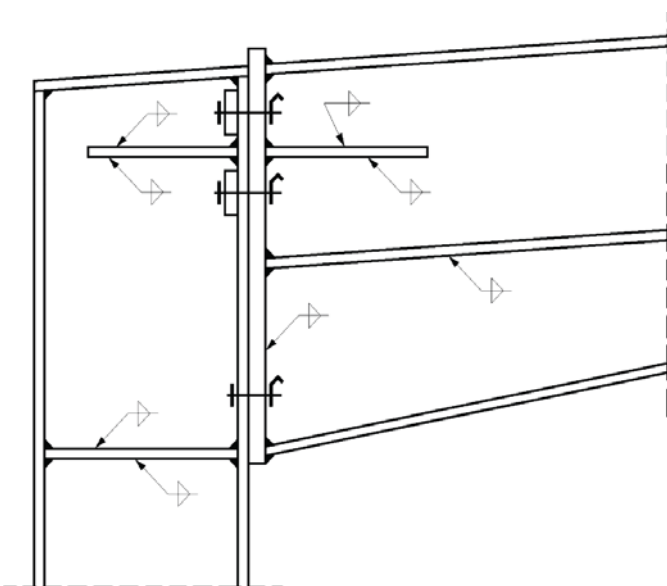
Form der Stirnplatte	Anzahl der senkrechten Schraubenreihen	Stirnplattendicke d_p d = Nenndurchmesser der Schraube
überstehend	2	1,00 d
	4	1,25 d
bündig	2	1,50 d
	4	1,70 d



Für die praktische Ausführung sind die Stirnplattendicken d_p jeweils auf volle 5 mm aufzurunden; min d_p = 15 mm. Bei überstehenden Stirnplatten mit K-Nähten ist die Stirnplattendicke d_p um jeweils 10 mm zu erhöhen.

Vordimensionierung Stirnplattendicke d_p

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Rahmenecke: Aussteifung des Stützenflansches - Stützenflansch



Anschlussart	Form der Stirnplatte	Anzahl der vertikalen Schraubenreihen	Mindestdicke t des Stützenflansches (d = Nenndurchmesser Schraube)
 Ausgesteifter Anschluss	überstehend	2	0,80 d
		4	1,00 d
	bündig	2	1,00 d
		4	1,25 d
 Rippenloser Anschluss	überstehend	2	1,10 d
		4	1,40 d
	bündig	2	1,00 d
		4	1,30 d

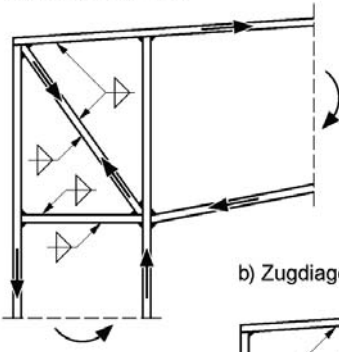
min t = 0,5 d_p mit: d_p = Stirnplattendicke

Vordimensionierung Stützenflanschdicke t

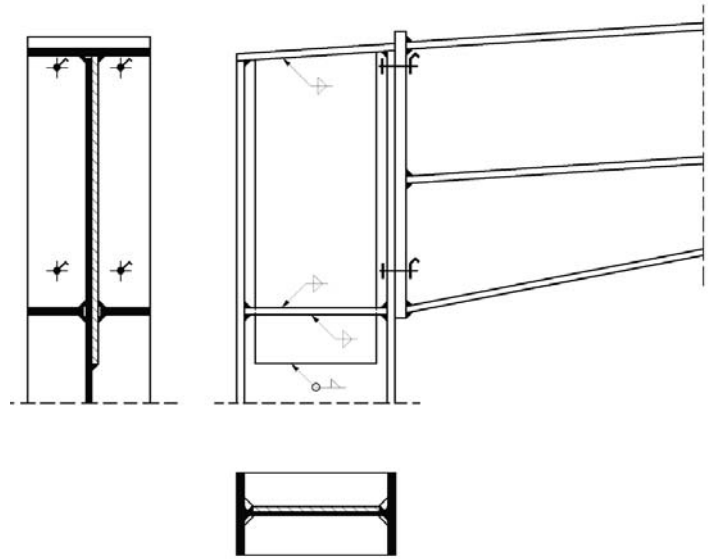
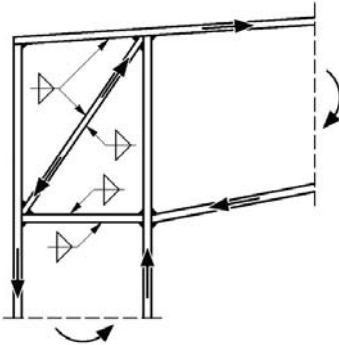
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Rahmenecke: Stegblechverstärkungen → Vorlesung „Rahmenecken“

a) Druckdiagonale



b) Zugdiagonale



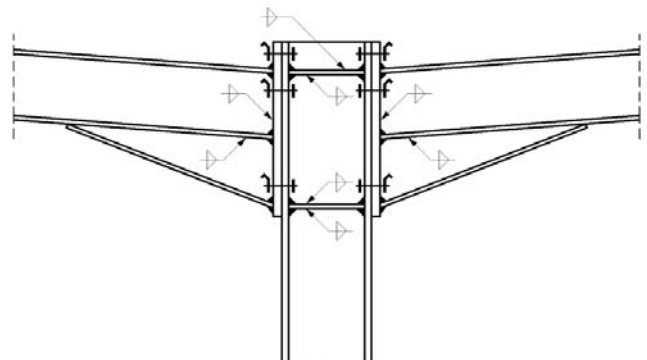
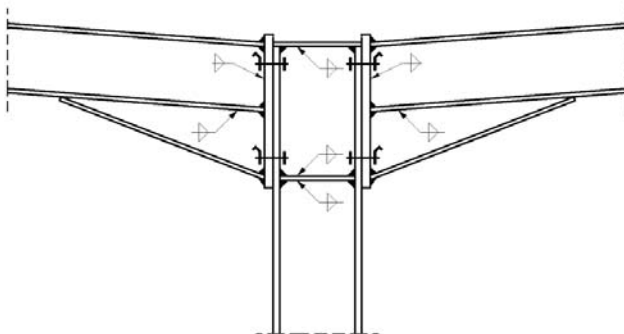
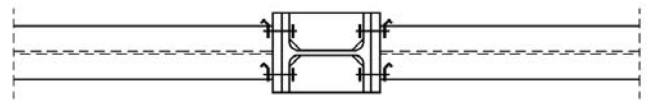
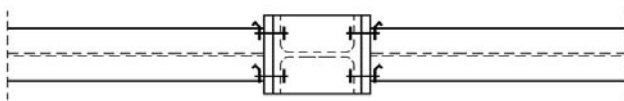
Diagonalsteifen

Stegblechverstärkungen

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Rahmenecken an Innenstützen

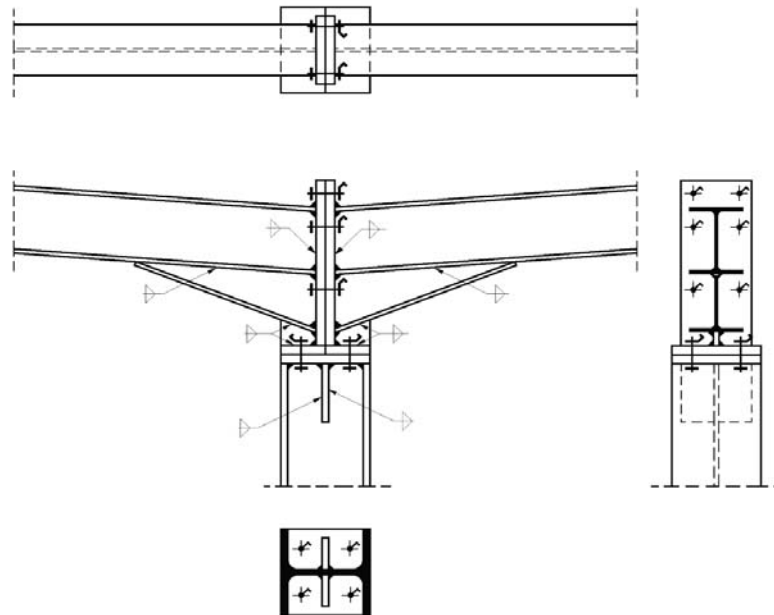
(alle drei Profile biegesteif miteinander verbunden)



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Rahmenecken an Innenstützen

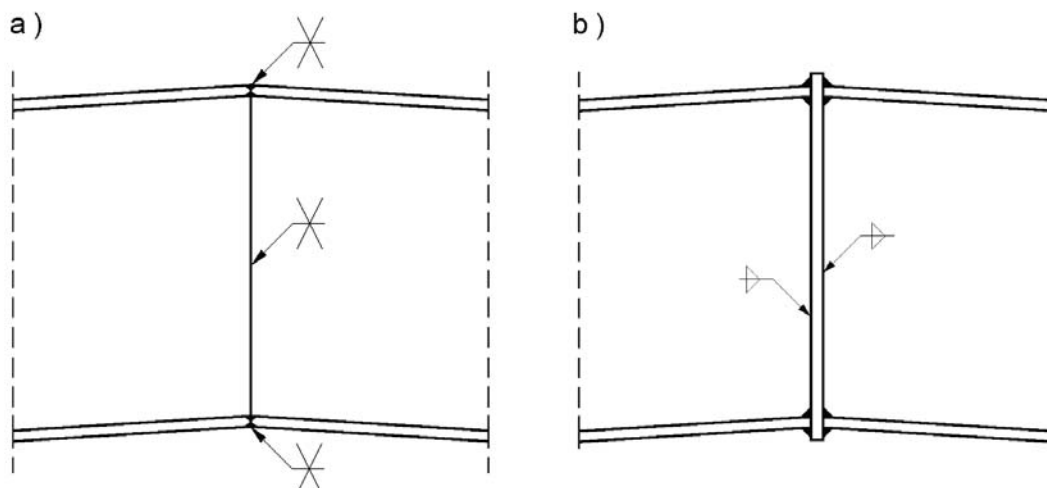
(Riegel biegesteif miteinander verbunden, Stütze gelenkig angeschlossen)



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Vollwandrahmen

Firstpunkte

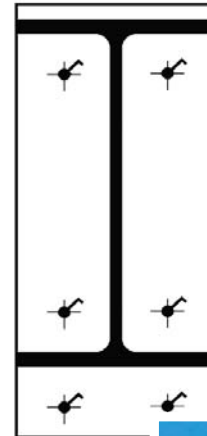
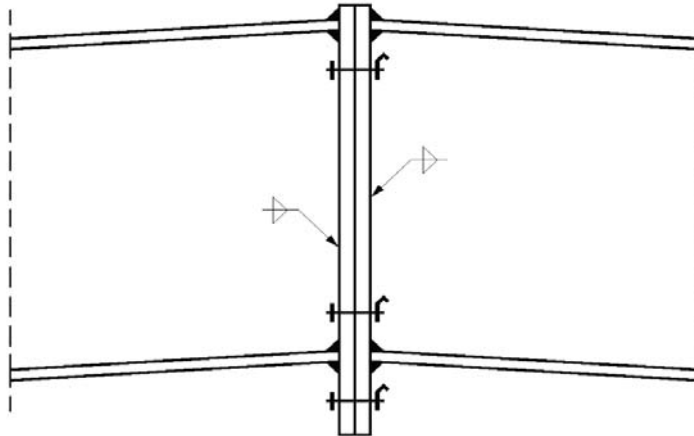


geschweißte Firstpunkte bei Riegelstützweiten bis ca. 18m

links: Stumpfnah, rechts: Kopfplatten mit Kehlnähten (größere Schweißnahtfläche aber: Terrassenbruchgefahr)

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Firstpunkte



geschraubter Montagestoß bei Riegelstützweiten $> 18\text{m}$

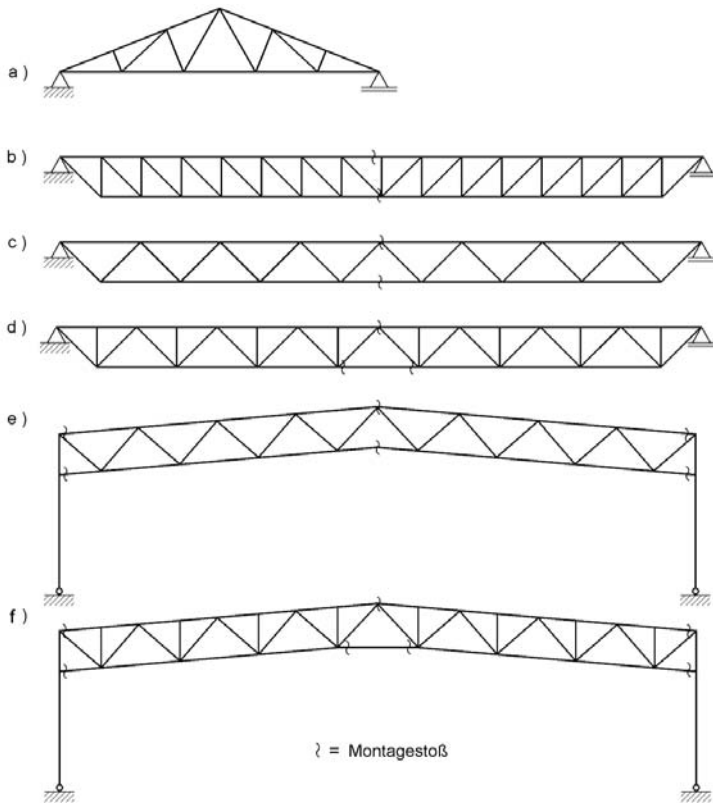
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012



Hallenbau - Fachwerkbinder und Fachwerkrahmen



Quelle: <http://www.meticon.eu>



wirtschaftlich ab Stützweiten $s \geq 30\text{m}$, $h \approx 1/15 s$

- a) Stützweiten $< 20\text{m}$ (Nachteil: großer ungenutzter Dachraum)
- b) nur fallende Diagonalen
- c)-f) fallende / steigende Diagonalen
- d)/f) zusätzliche Pfosten:
Reduktion der Knicklängen (Obergurt)
Lasteinleitung aus Pfetten
- a)-d) eingespannte Stützen
- c)+d) auch als Rahmenbestandteil
verwendbar

Quelle:
Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl-
und Verbundkonstruktionen - Entwurf,
Konstruktion und
Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Füllstäbe

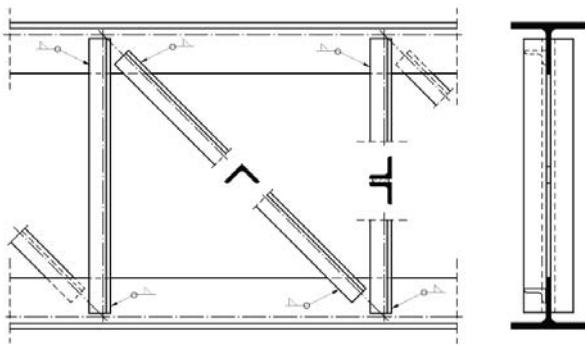
Wahl der Füllstabgeometrie:

- lange Zugstäbe
- kurze Druckstäbe (Knicklänge)
- einfache Knotenpunkte (keine Füllstabanhäufungen)
- Vermeidung spitzer Winkel
- gleichbleibende Füllstablängen
- gleichbleibende Füllstabneigungen
- Übereinstimmung von Obergurtnoten,
Pfettenauflagerung und ggf. Anschlusspunkten von
Verbänden



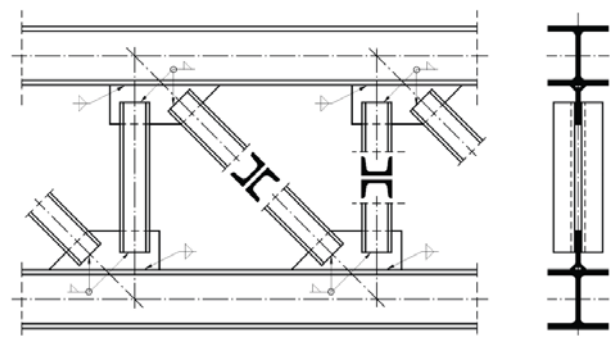
Quelle: Gladen, Ingenieurgesellschaft für das Bauwesen

Füllstabanschlüsse



Fachwerk mit Gurten aus halben I-Profilen und Füllstäben aus Winkelprofilen

- geeignet für relativ geringe Stabkräfte
- einfacher Toleranzausgleich



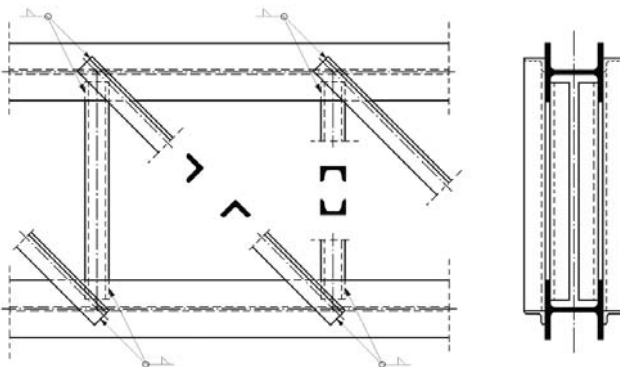
Fachwerk mit Gurten aus I-Profilen und Füllstäben aus doppelten U-Profilen

- geeignet für größere Spannweiten
- Knotenbleche erforderlich

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

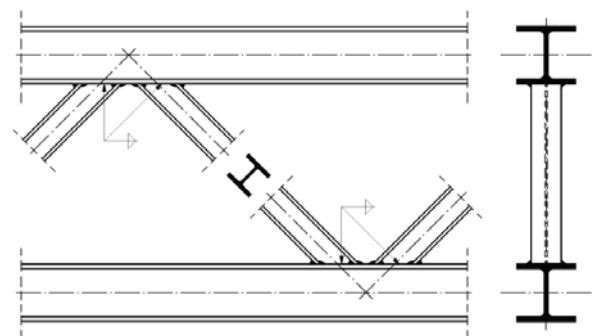
Hallenbau - Fachwerkbinder und Fachwerkrahmen

Füllstabanschlüsse



Fachwerk mit Gurten aus um 90° gedrehten I-Profilen und Füllstäben aus doppelten U- oder L-Profilen

- keine Knotenbleche
- einfacher Toleranzausgleich
- Problem: Auflagerung von Pfetten oder Trapezprofilen

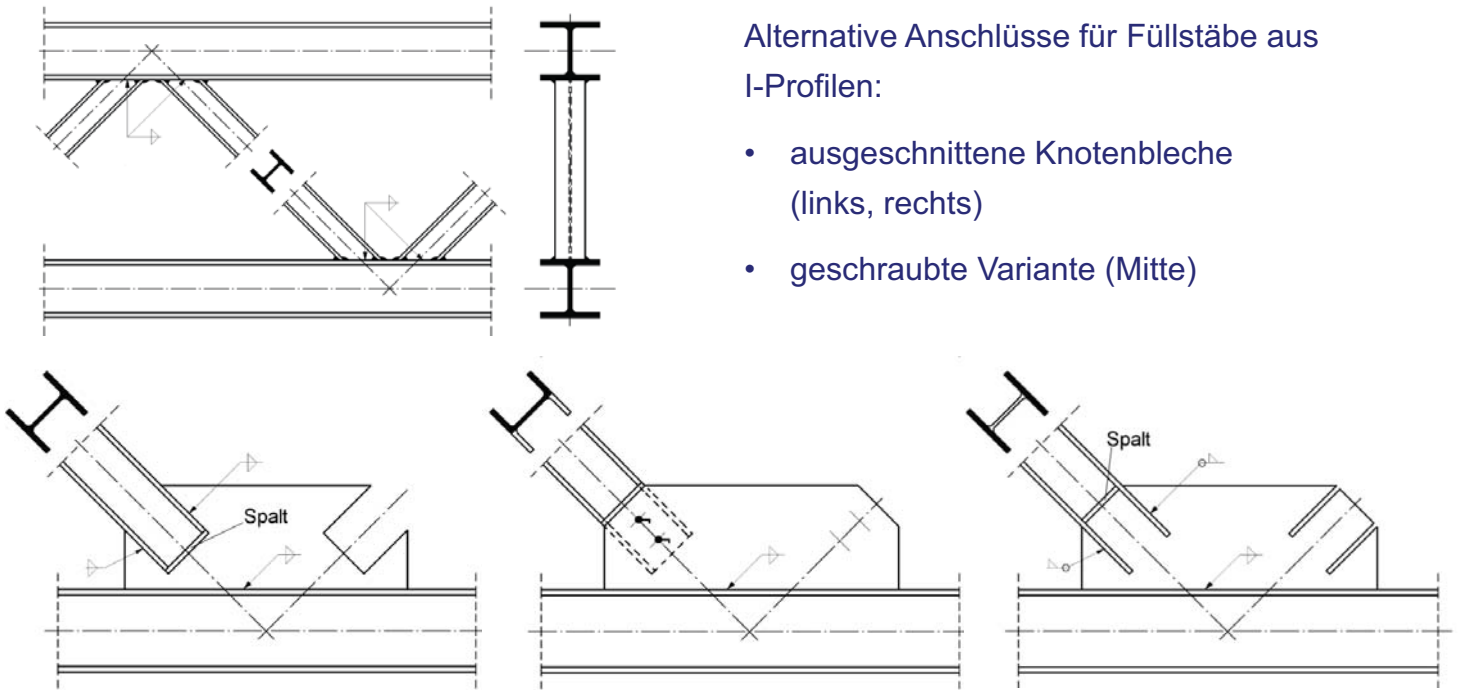


Fachwerk aus I-Profilen

- Konstruktion mit großer Beanspruchung
- hoher Fertigungsaufwand

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel

Füllstabanschlüsse

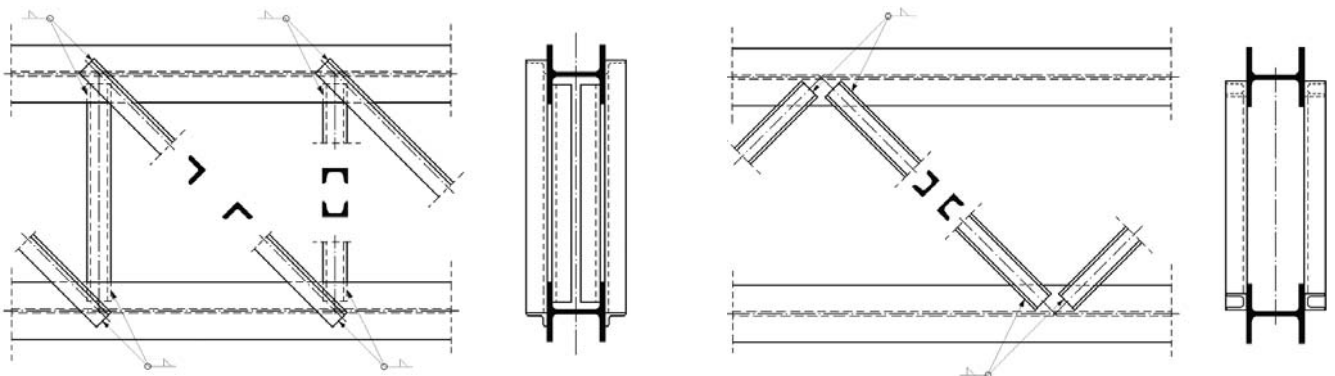


Alternative Anschlüsse für Füllstäbe aus I-Profilen:

- ausgeschnittene Knotenbleche (links, rechts)
- geschraubte Variante (Mitte)

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Füllstabanschlüsse



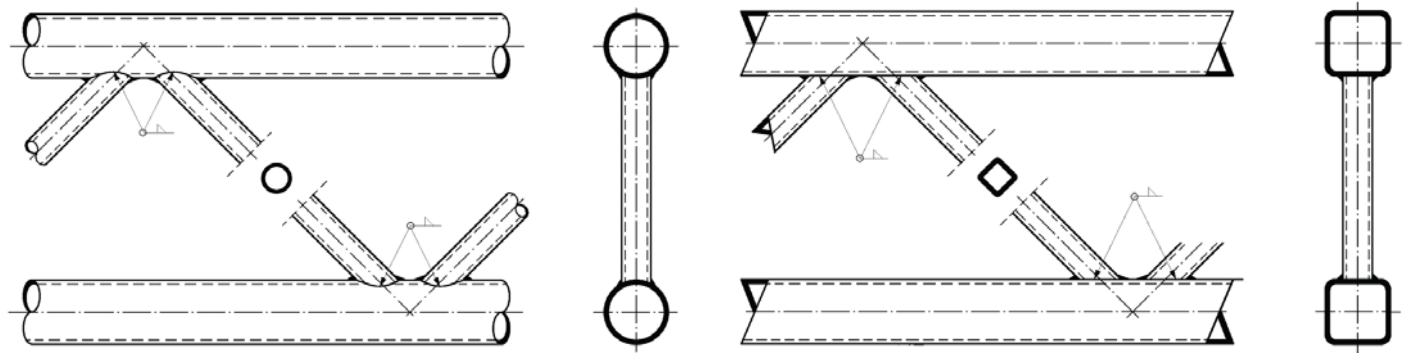
Fachwerk mit Gurten aus um 90° gedrehten I-Profilen und Füllstäben aus doppelten U- oder L-Profilen

Fachwerk mit Gurten aus um 90° gedrehten I-Profilen und Füllstäben aus doppelten U-Profilen

- keine Knotenbleche
- einfacher Toleranzausgleich
- Problem: Auflagerung von Pfetten oder Trapezprofilen

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Füllstabanschlüsse, Hohlprofile



Vorteile:

- Optimale Querschnittsform für Druckkräfte
- Geringe Oberflächen (Korrosionsschutz)
- optisch: keine Knotenbleche, weniger Kanten

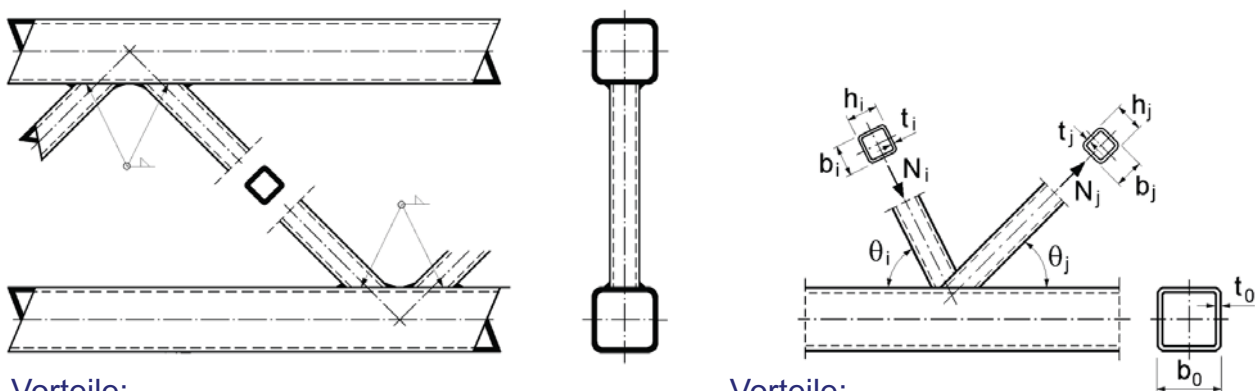
Nachteile:

- höherer Materialpreis (je to Stahl)
- aufwändige Knotenpunktgeometrien (Abbildung links)

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Fachwerkbinder und Fachwerkrahmen

Füllstabanschlüsse, Hohlprofile



Vorteile:

- keine gegenseitige Beeinflussung der Schweißnähte
- gerade Sägeschnitte
- keine Exzentrizitäten der Stabachsen

Vorteile:

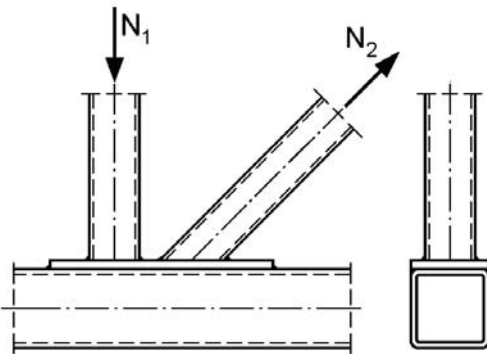
- Kurzschließen der Füllstäbe (keine lokale Beanspruchung der Gurtstäbe)

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

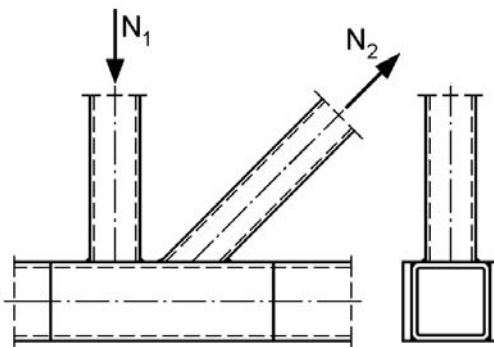
Füllstabanschlüsse, Hohlprofile

Verstärkung von Fachwerkknoten

a) Zusätzliches Gurtblech



b) Zusätzliche Seitenwandbleche



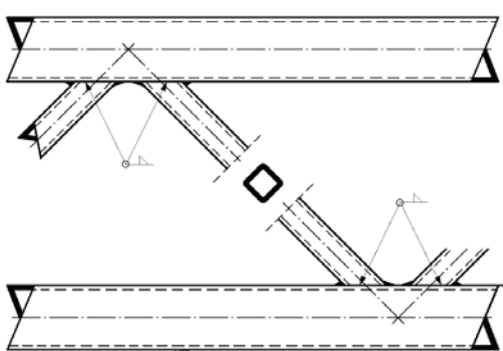
$$\text{vorh} \left(\frac{t_{\text{Gurtstab}}}{t_{\text{Füllstab}}} \right) > \text{erf} \left(\frac{t_{\text{Gurtstab}}}{t_{\text{Füllstab}}} \right)$$

DIN 18808 (10.84)

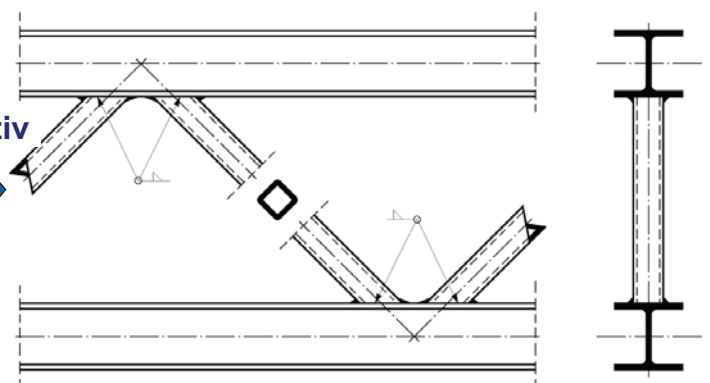
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Fachwerkbinder und Fachwerkrahmen

Füllstabanschlüsse, Hohlprofile



alternativ

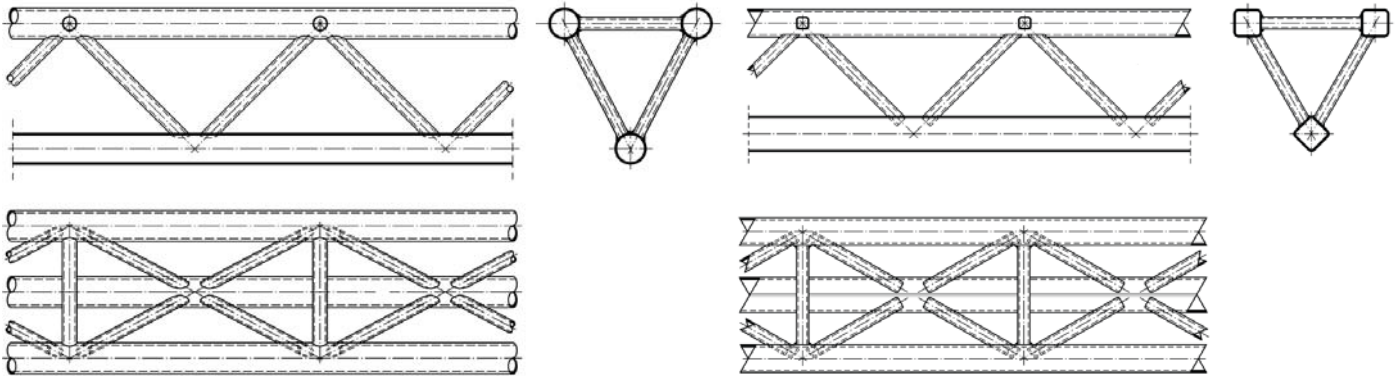


Vorteile:

- häufig einfachere Ausführung von Anschlusskonstruktionen für Pfetten, Verbände und Stützen

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Dreigurtträger



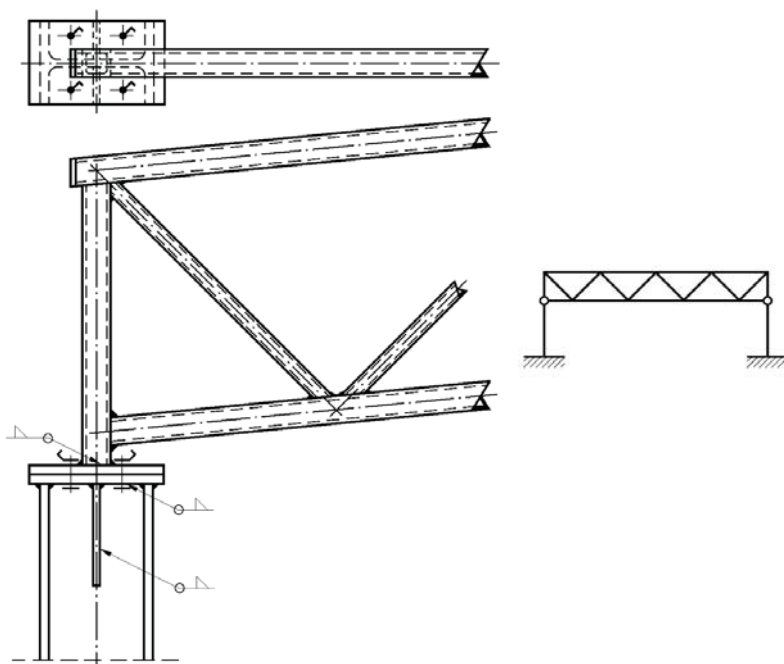
Einsatz bei Stützweiten $> 50\text{m}$

- Halbierung der Normalkraft im Druckgurt
- Erhöhung der seitlichen Stabilität

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Fachwerkbinder und Fachwerkrahmen

Auflagerpunkte: Untergurtlagerung

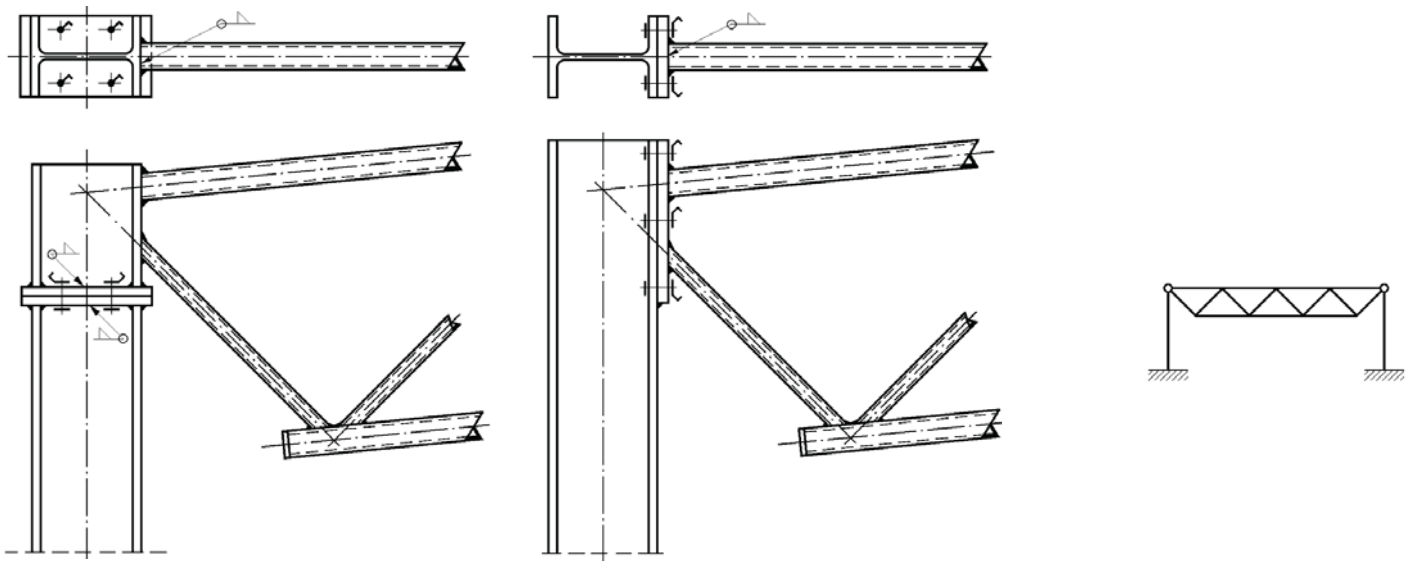


Probleme / zu beachten:

- Möglichkeit des seitlichen Umklippens des Binders in der Lagerfuge \rightarrow vertikale, aussteifende Verstrebung zwischen den Binderachsen
- Anschluss der Wandverkleidung oberhalb des Stützenkopfes

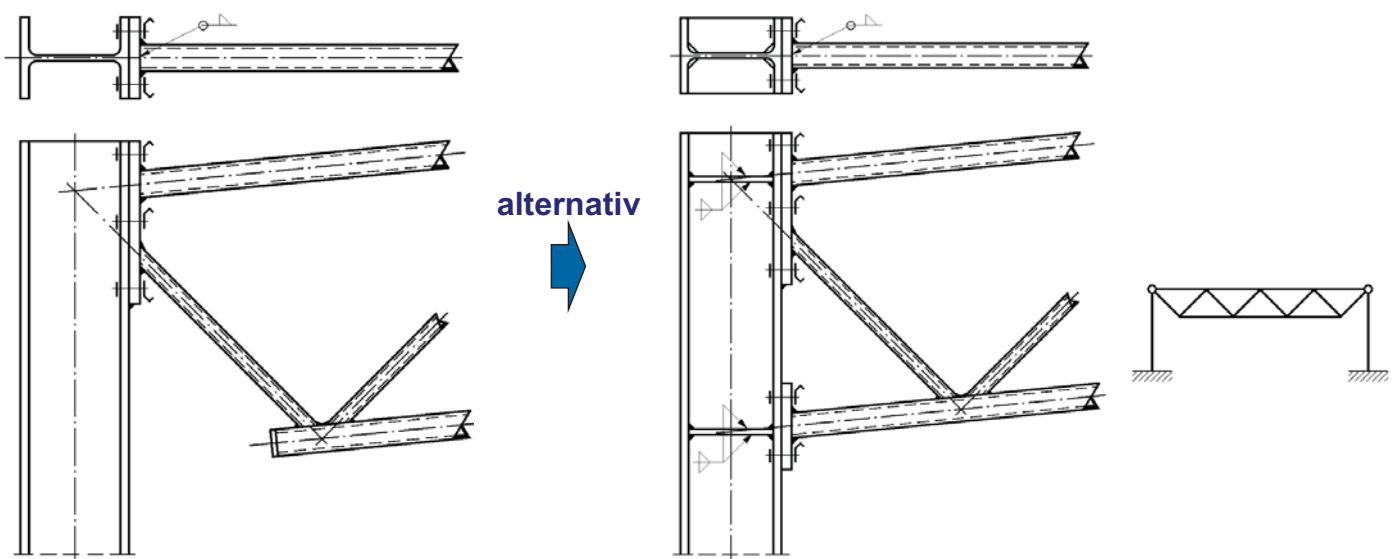
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Auflagerpunkte: Obergurtlagerung



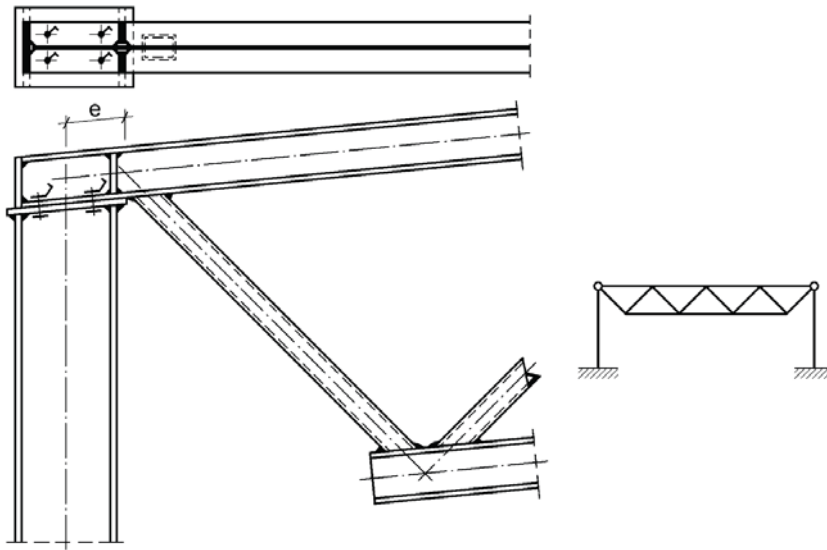
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Auflagerpunkte: Obergurtlagerung



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Auflagerpunkte: Obergurtlagerung mit direkter Auflagerung



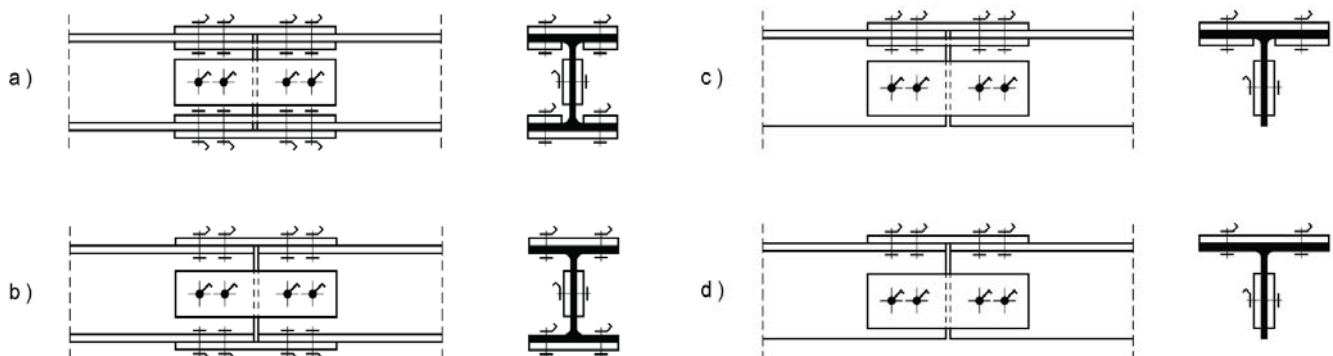
Zu beachten:

- Exzentrizität e des Fachwerkbinderauflagers zur Stützenachse
 - Einleitung von Biegemomenten in den Stützenkopf
 - Auflagerkraft muss durch Stegfläche des Obergurtprofils übertragen werden

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Fachwerkbinder und Fachwerkrahmen

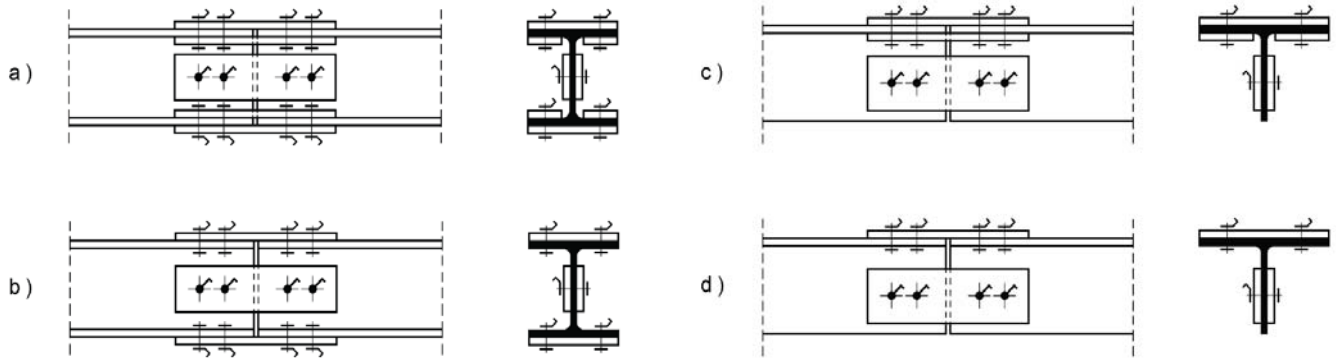
Montagestöße, durchlaufende Gurtprofile (Zugstäbe)



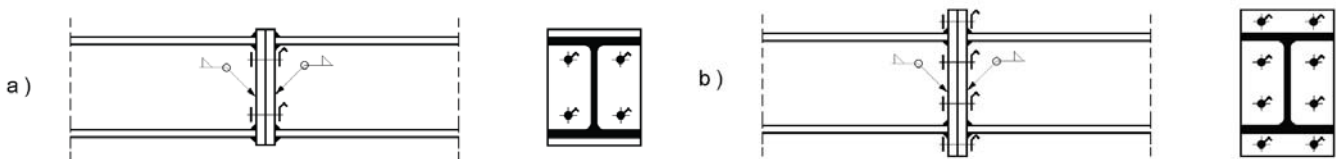
Laschenstöße für Fachwerkgurte aus offenen Profilen

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Montagestöße, durchlaufende Gurtprofile



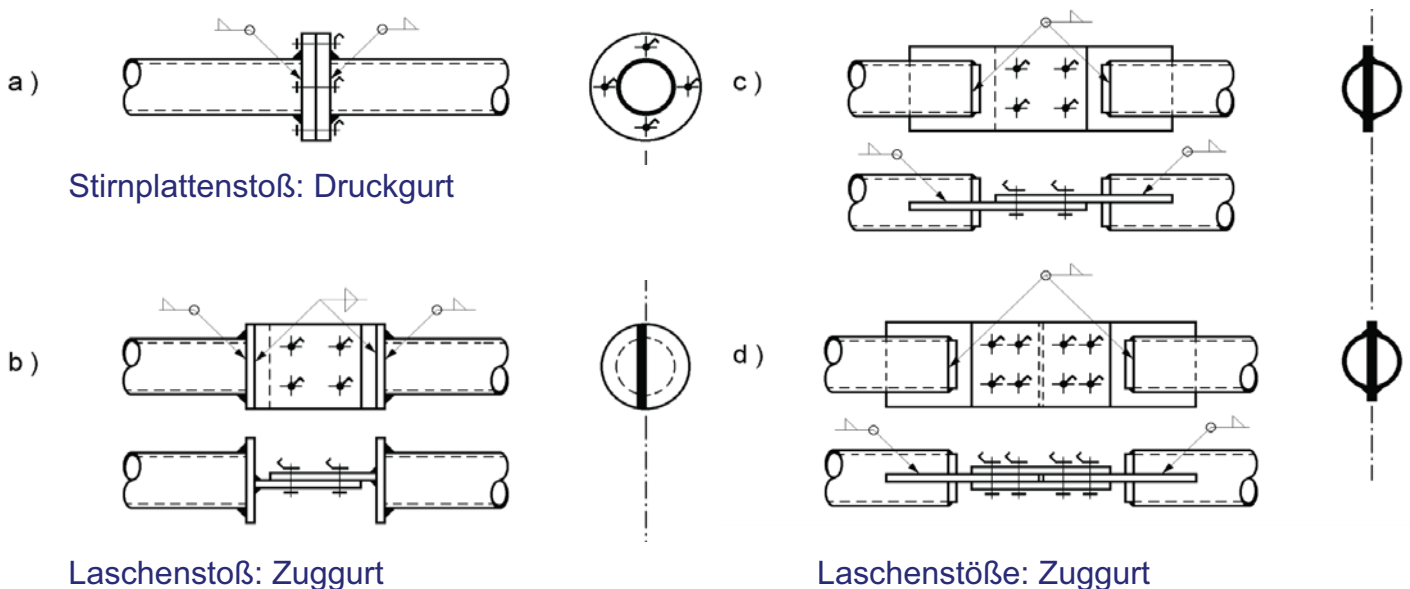
Laschenstöße für Fachwerkgurte aus offenen Profilen (hauptsächlich: Zuggurt)



Stirnplattenstöße für Fachwerkgurte aus offenen Profilen (hauptsächlich: Druckgurt)
(keine Exzentrizitäten bei Druckkraftübertragung durch Kontaktpressung)

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Montagestöße, durchlaufende Gurtprofile



Stirnplattenstoß: Druckgurt

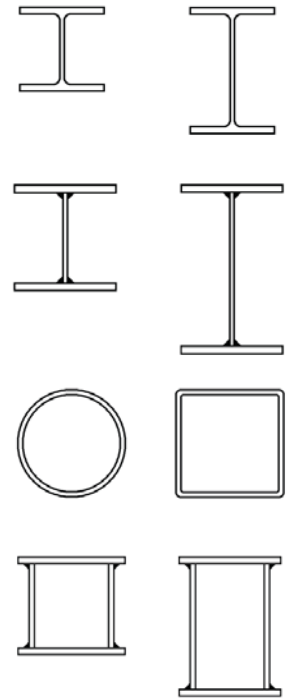
Laschenstoß: Zuggurt

Laschenstöße: Zuggurt

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Stützenquerschnitte

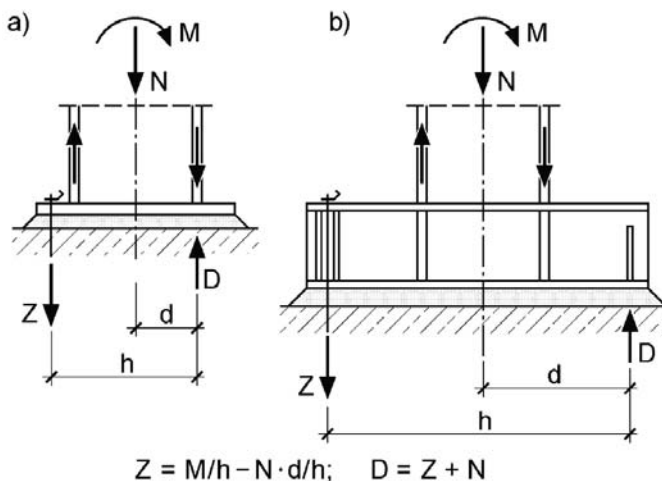
- bei überwiegender Normalkraftbeanspruchung: kompakte Querschnittsform
- bei zusätzlicher großer Biegebeanspruchung: hohe Querschnitte mit ausgeprägter „starker Achse“
- Spannweiten <30m: gewalzte I-Profile
- biegebeanspruchte Rahmenstützen: IPE
- Normalkraftbeanspruchte Stützen: HEB / HEA
- Spannweiten >30m (oder hohe Hallen): geschweißte I-Profile (mit linear veränderlichem Querschnitt)
- besonders stark beanspruchte Stützen: Hohlprofile, früher auch häufig Rahmenstäbe und Gitterstäbe



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Stützen

Eingespannte Fußpunkte



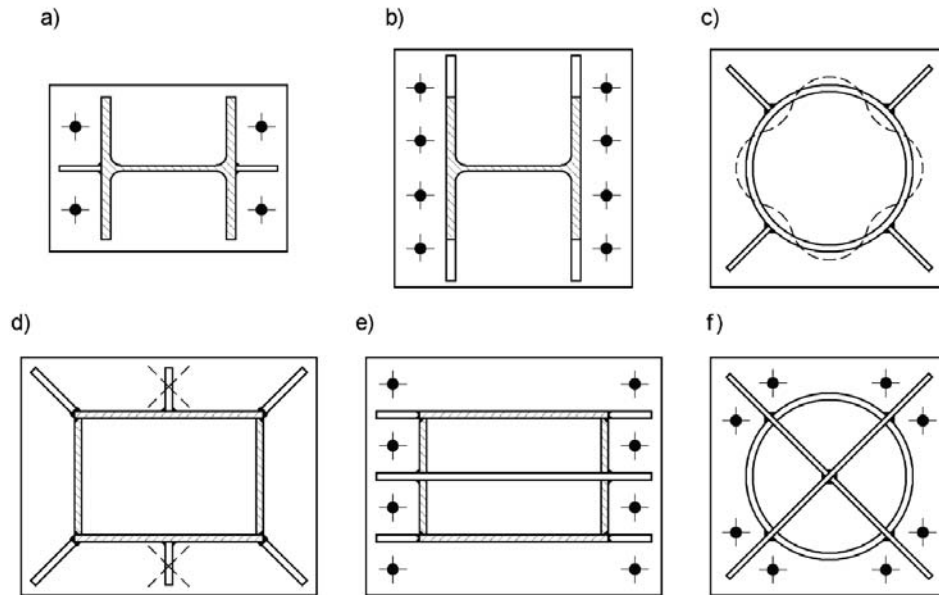
Vergrößerung des Hebelarms der inneren Kräfte durch konstruktive Ausbildung

Bemessung nach DIN EN 1993-1-8, Kapitel 6.2.8 „Tragfähigkeit von Stützenfüßen mit Fußplatten“:

- 6.2.8.2 „Stützenfußverbindung unter reiner Normalkraftbeanspruchung“
- 6.2.8.3 „Stützenfußverbindung mit Normalkraft- und Biegebeanspruchung“

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

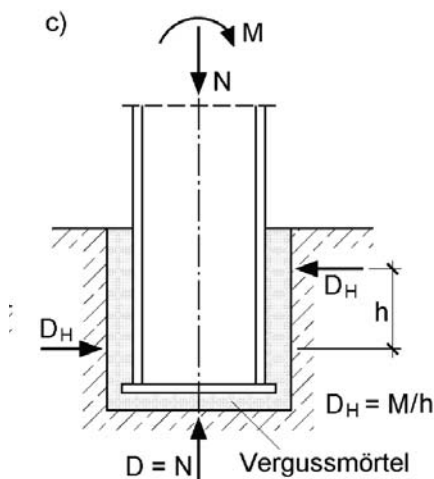
Eingespannte Fußpunkte



Beispiele zur Aussteifung von Fußplatten (Reduktion der Fußplattendicke)

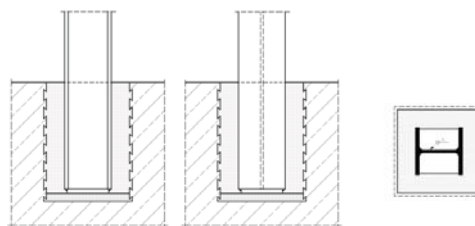
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Eingespannte Fußpunkte: Köcherfundament



Einspanntiefe der Stütze wird bestimmt durch

- das angreifende Moment,
- die zulässigen Betonpressungen
- die Schubtragfähigkeit der Stahlstütze (die im Bereich der Einspannung durch große Querkräfte beansprucht wird, weil das Einspannmoment auf der Länge der Einspanntiefe von seinem Größtwert auf Null abgebaut wird)



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Eingespannte Fußpunkte: Köcherfundament



Schnittgrößenkombinationen				
	1	2	3	4
N_E/N_{Ed}	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$	$N_E \leq A_{Stag} \cdot f_{yd}$	$\leq 0,10$
M_{yE}/M_{yEd}	$\leq 1,00$	$\leq 0,85$	$= 0$	$\leq 0,70$
V_{zE}/V_{zEd}	$\leq 0,33$	$\leq 0,33$	$= 0$	$\leq 0,33$
M_{zE}/M_{zEd}	$= 0$	$= 0$	$\leq 0,95$	$\leq 0,50$
V_{yE}/V_{yEd}	$= 0$	$= 0$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$
Voraussetzungen:				
Beton B 25 oder C 25/30 Walzprofil S 235 $\gamma_M = 1,1$				
Reibung $\mu_s = 0,33$ Verbundspannungen σ_{db}				

Quelle: Kindmann, R., Laumann, J.,
Erforderliche Einspanntiefe von Stahlstützen
in Betonfundamenten, Stahlbau 74 (2005), S.
564-579

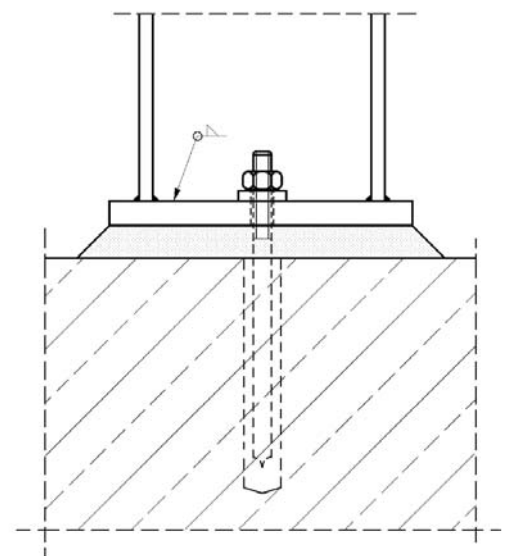
Nenn- höhe	Schnittgrößen- kombination 1				Schnittgrößen- kombination 2				Schnittgrößen- kombination 3				Schnittgrößen- kombination 4			
	IPE	HEA	HEB	HEM	IPE	HEA	HEB	HEM	IPE	HEA	HE	HEM	IPE	HEA	HEB	HEM
80	17				15				14				13			
100	20	31	33	40	17	26	28	35	17	30	30	33	15	23	24	30
120	23	37	40	46	20	31	33	40	20	36	36	39	18	27	28	34
140	26	42	47	52	23	35	38	45	22	41	42	45	21	31	32	38
160	29	46	51	57	25	39	42	50	25	47	48	51	24	35	36	42
180	33	54	58	63	28	45	47	55	28	53	54	57	27	41	41	46
200	36	58	64	70	31	49	53	60	30	59	60	63	30	45	45	51
220	40	65	71	76	34	54	58	65	33	64	66	69	33	50	50	55
240	44	71	78	89	38	60	64	76	36	70	72	75	36	54	54	64
260		79	86	97		66	70	82		76	77	81		59	59	69
270	47				41				41				41			
280		83	91	102		70	74	86		82	83	87		63	63	72
300	51	90	97	114	45	76	80	97	45	88	89	94	45	68	68	82
320		95	101	118		79	83	100		88	89	94		68	69	84
330	56				50				48				50			
340		97	102	119		81	84	101		88	90	94		68	70	85
360	61	98	104	119	54	82	85	102	51	89	90	94	54	68	71	86
400	65	100	105	121	60	84	87	104	55	89	90	94	60	69	72	88
450	70	106	111	124	68	89	93	107	58	90	90	94	68	74	77	91
500	76	112	117	127	75	93	98	110	61	90	91	94	75	77	82	93
550	83	115	120	130	83	96	102	113	64	90	91	94	83	81	85	96
600	90	118	123	133	90	99	105	116	67	90	91	94	90	89	90	98
650		121	126	136		102	108	119		91	91	94		96	98	101
700		122	128	139		104	111	121		91	92	94		104	105	107
800		128	136	146		119	120	128		91	92	94		119	120	122
900		136	144	152		134	135	137		92	92	94		134	135	137
1000		149	151	159		149	150	151		92	93	94		149	150	151

Hallenbau - Stützen

Gelenkige Fußpunkte

Anforderungen an Stützenfußkonstruktionen:

- Übertragung von Drucknormalkräften in die Fundamente
- Übertragung von Zugnormalkräften in die Fundamente
- Übertragung von Querkraften (Horizontalschub) in die Fundamente
- Toleranzausgleich in horizontaler Richtung
- Toleranzausgleich in vertikaler Richtung
- Entkoppelung der Baustellenarbeiten von Massivbau (Erstellung der Fundamente) und Stahlbau (Montage des Stahltragwerkes)

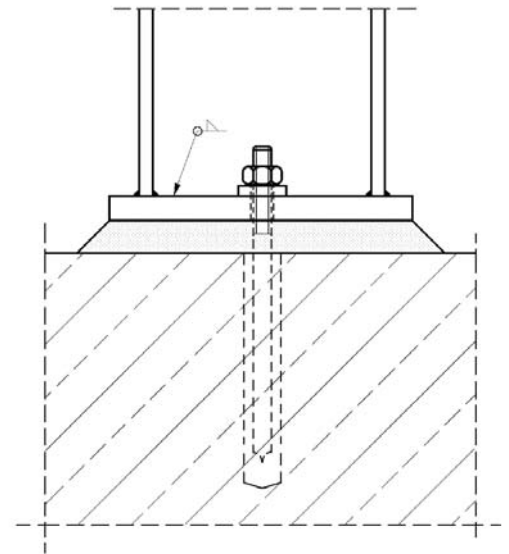


Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte

Wirkungsweise:

- Abtrag von Drucknormalkräften aus der Stahlstütze über Kontaktpressung einer angeschweißten Fußplatte
- Bemessung der Fußplatte (Dicke):
 - profilbündige Fußplatten (Biegebeanspruchung der Platte)
 - überstehende Fußplatten (äquivalentes T-Stummel-Modell)
- Abtrag von Zugnormalkräften über Zuganker



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

69

Stahlbau II / Sommersemester 2016



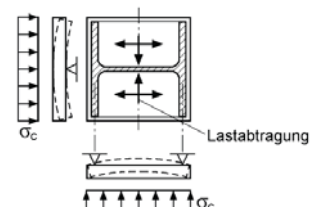
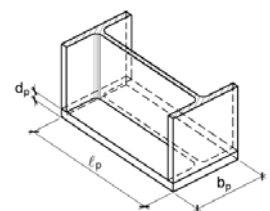
Hallenbau - Stützen

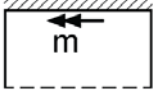
Gelenkige Fußpunkte, Bemessung der profilbündigen Fußplatte

$$\sigma_c = \frac{N}{l_p \cdot b_p}$$

Betonpressung < Grenzbetonpressung

$$m = \frac{\sigma_c \cdot h \cdot b}{2 \cdot \alpha_m} \leq m_{\text{grenz}} = \frac{f_{y,d} \cdot d_p^2}{6}$$



	IPE-Profile	HEA-, HEB- und HEM-Profile						
	140 bis 600	100 bis 300	340	400	450	500	550	600
b/(2 · h)	0,26 bis 0,18	~ 0,50	~ 0,44	~ 0,38	~ 0,33	~ 0,30	~ 0,27	~ 0,25
α_m	9,0 bis 9,1	~ 6,8	~ 7,0	~ 7,2	~ 7,6	~ 8,1	~ 8,6	~ 9,0

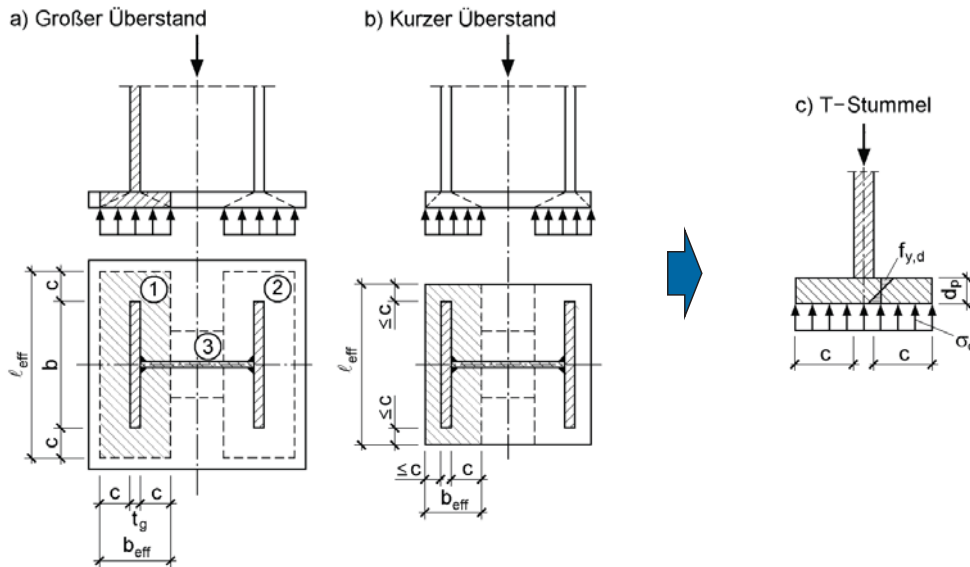
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

70

Stahlbau II / Sommersemester 2016



Gelenkige Fußpunkte, Bemessung der überstehenden Fußplatte



$$m_{Ed} = \frac{\sigma_c \cdot c^2}{2}$$

$$m_{Rd} = \frac{d_p^2 \cdot f_y}{6 \cdot \gamma_{M_0}}$$

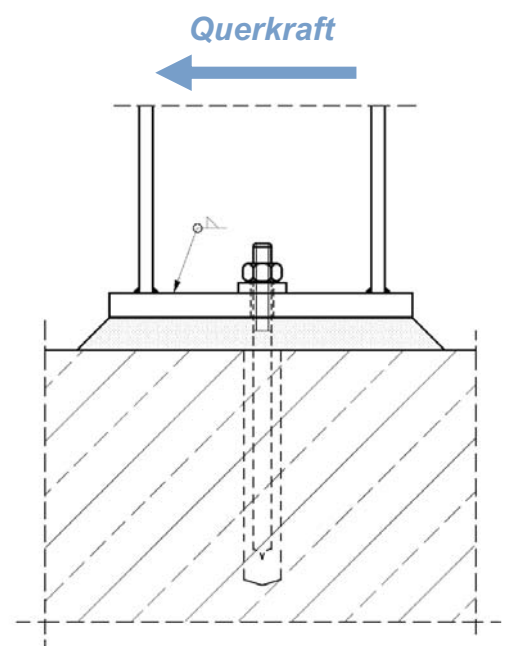
$$m_{Ed} \leq m_{Rd}$$

Bemessung nach DIN EN 1993-1-8, Kapitel 6.2.5
„Äquivalenter T-Stummel mit Druckbeanspruchung“

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

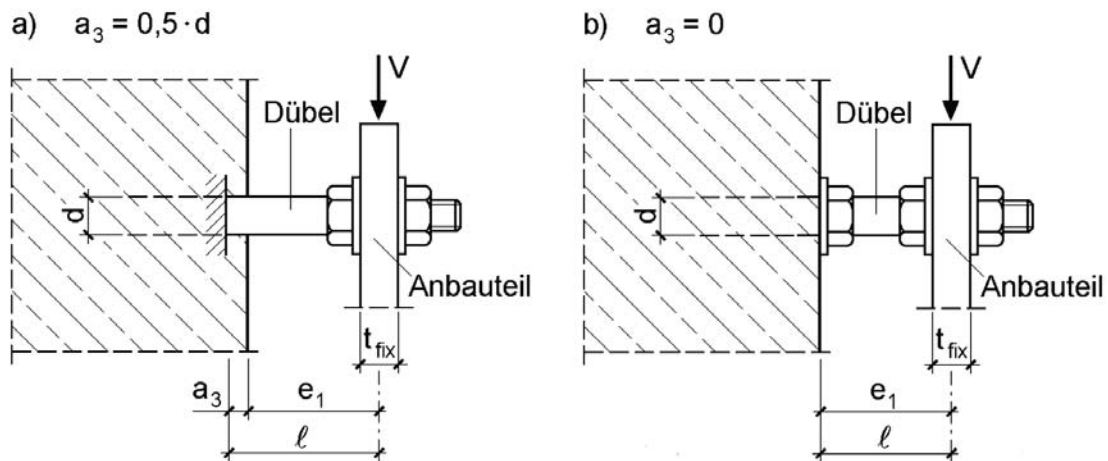
Gelenkige Fußpunkte, Übertragung von Horizontalkräften

- Reibung
(DIN EN 1993-1-8, Abschnitt 6.2.2 (6):
Reibbeiwert zwischen Fußplatte und Mörtelschicht
(Sand-Zement-Mörtel) $C_{f,d} = 0,20$)
- Abscheren der Ankerschrauben (nur wenn das Lochspiel in der Fußplatte klein ist und damit einer SL-Verbindung entspricht) und Krafteinleitung parallel zur Oberfläche des Fundamentbetonkörpers über die Ankerschrauben als einbetonierte Bolzen
- Schubknaggen oder Kopfbolzendübel (oftmals erforderlich bei Stützen von Zweigelenrahmen mit großen Horizontalkräften)



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, Übertragung von Horizontalkräften

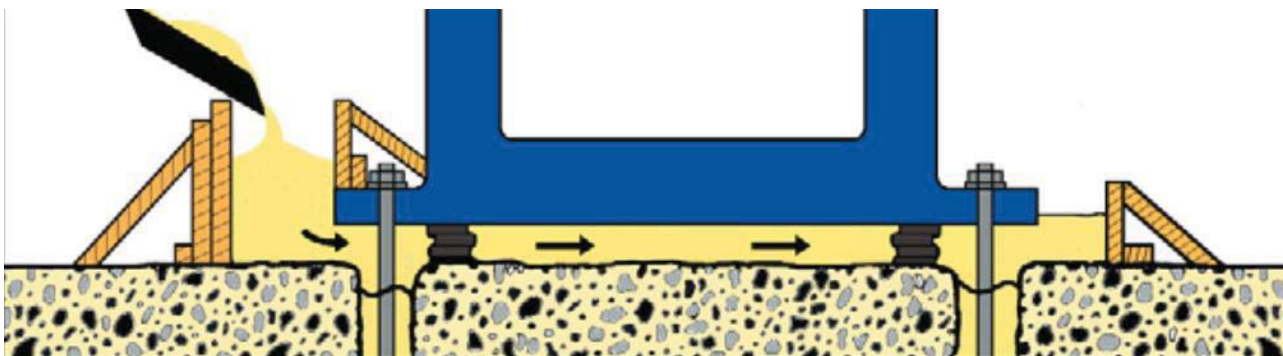


Berücksichtigung von auftretenden Biegemomenten bei Abstandsmontage
(Angaben zur Bemessung enthält Heft 346 des DAfStb)

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, vertikaler Toleranzausgleich

Verguss:



Quelle: www.pagel.de

Futterbleche: Einbau von Verlegesablonen vor dem Betonieren der Fundamente:
Auf diesen Stahlplatten können die Fußplatten der Stahlstützen dann durch
Zwischenschaltung von Futterblechen millimetergenau in der Höhe ausgerichtet werden.

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, horizontaler Toleranzausgleich

- im Montagezustand verschiebbliche Verankerungselemente:
Fixierung der Verankerungselemente durch Vergussmörtel, Reaktionsharz oder Baustellenschweißung im Nachlauf zur Montage der Stützen
- feste Verankerungselemente mit Verschieblichkeit zwischen Ankerkopf und Fußplatte:
große Löcher in den Stützenfußplatten zur Durchführung der Anker und große Futterscheiben zur Überbrückung des Lochspiels
Bei planmäßig vorgesehenem Abtrag von Horizontalkräften: Futterscheiben müssen nach der Montage der Stützen mit den Fußplatten verschweißt werden.

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

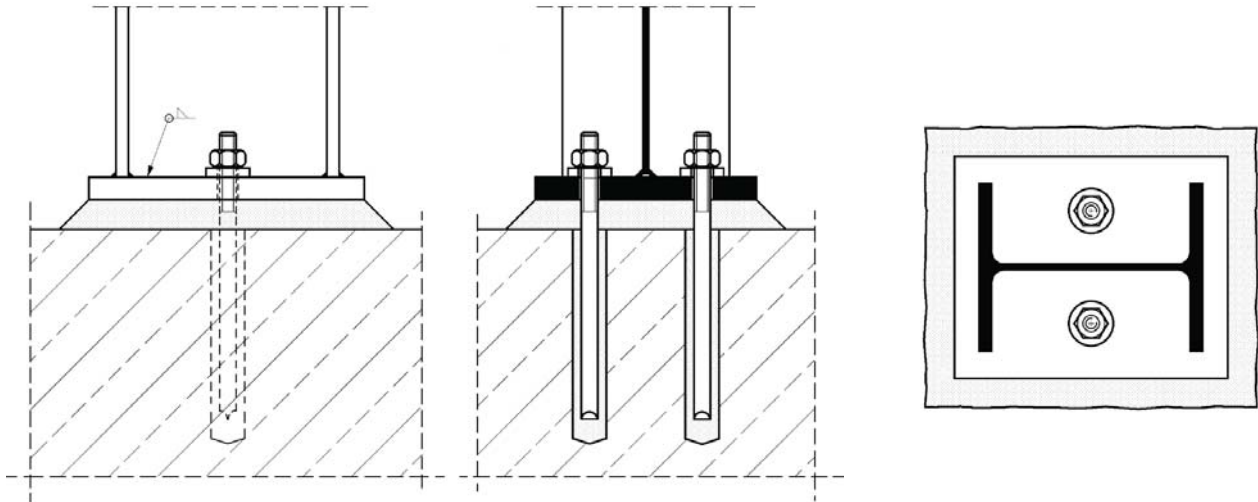
Hallenbau - Stützen

Fußpunktlösung	Horizontalschubübertragung	Toleranzausgleich horizontal	Toleranzausgleich vertikal
1) Verbundanker	Verbundanker	Nachträgliches Setzen der Verbundanker	Vergussfuge
2) Einbetonierte Ankerschrauben mit Verlegeschlablone	Angeschweißte Futterscheiben und Ankerschrauben als Bolzen	große Ankerlöcher in der Fußplatte und Futterscheiben	Vergussfuge
3) Einbetonierte Ankerschrauben mit Schubwinkel	Angeschweißte Futterscheiben und Schubwinkel	große Ankerlöcher in der Fußplatte und Futterscheiben	Vergussfuge
4) Einbetonierte Ankerschrauben mit Traverse	Schubknagge	große Ankerlöcher in der Fußplatte und Futterscheiben	Vergussfuge
5) Ankerschrauben mit Traversen im Ankerkanal	Schubknagge	verschiebbliche Ankerschrauben und nachträglicher Verguss	Vergussfuge
6) Ankerschrauben in gewellten Hüllrohren	Ankerschrauben als Bolzen	verschiebbliche Ankerschrauben und nachträglicher Verguss	Vergussfuge
7) Ankerschrauben in Hüllrohren mit überstehenden, einbetonierten Gewindebolzen	Schubknagge	verschiebbliche Ankerschrauben und nachträglicher Verguss	Vergussfuge
8) Anschweißplatte mit eingeschweißten Gewindebolzen	Gewindebolzen und Ankerschlaufen als Bolzen	Baustellenschweißnaht zwischen Verlegeschlablone und Anschweißplatte	Futterbleche
9) Anschweißplatte mit aufgeschweißten Gewindebolzen und Schublaschen	Schublaschen und Kopfbolzendübel	Baustellenschweißnaht zwischen Verlegeschlablone und Anschweißplatte	Futterbleche

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, Beispiele

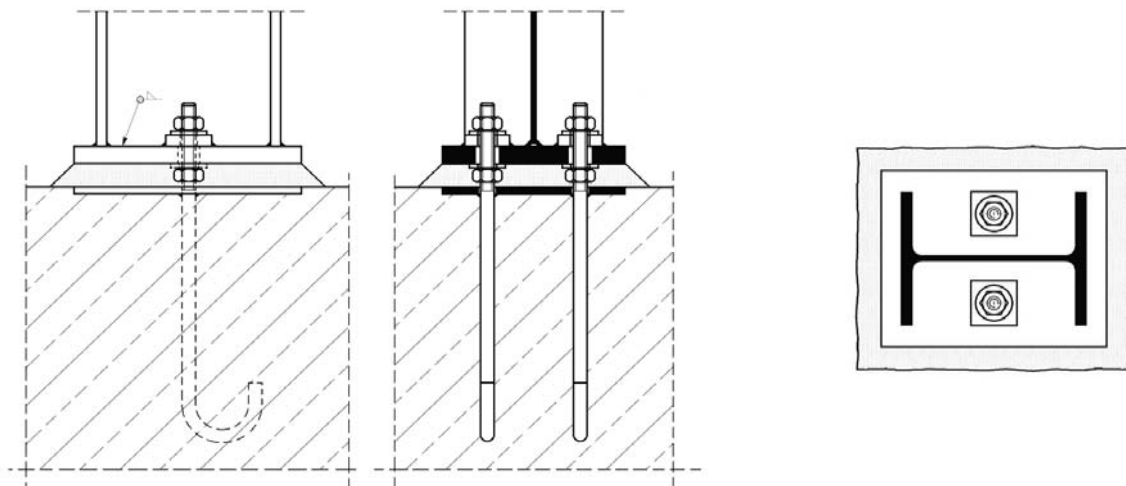
Fußpunktlösung	Horizontalschubübertragung	Toleranzausgleich horizontal	Toleranzausgleich vertikal
1) Verbundanker	Verbundanker	Nachträgliches Setzen der Verbundanker	Vergussfuge



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, Beispiele

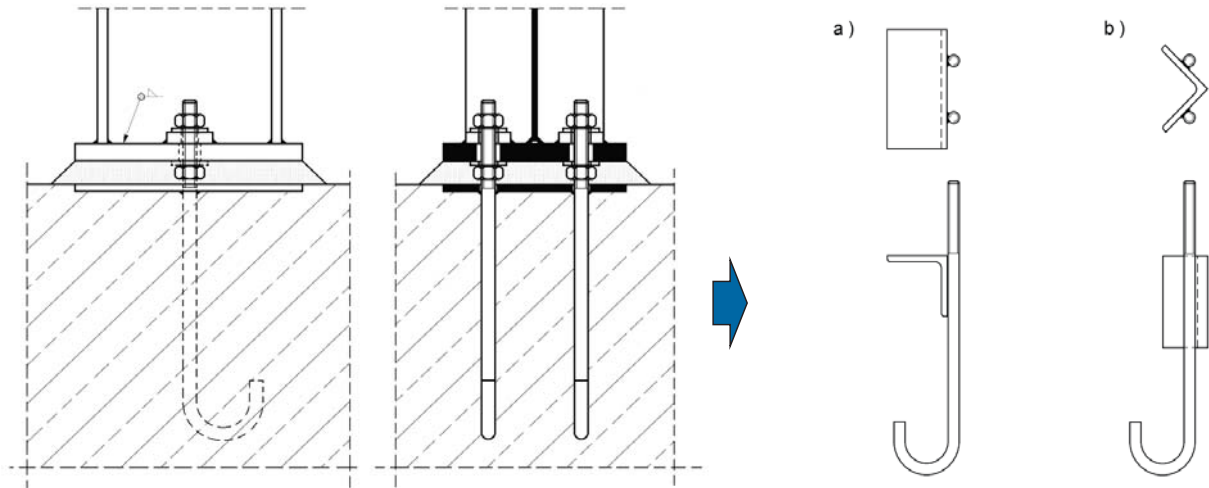
Fußpunktlösung	Horizontalschubübertragung	Toleranzausgleich horizontal	Toleranzausgleich vertikal
2) Einbetonierte Ankerschrauben mit Verlegeschaablone	Angeschweißte Futterscheiben und Ankerschrauben als Bolzen	große Ankerlöcher in der Fußplatte und Futterscheiben	Vergussfuge



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, Beispiele

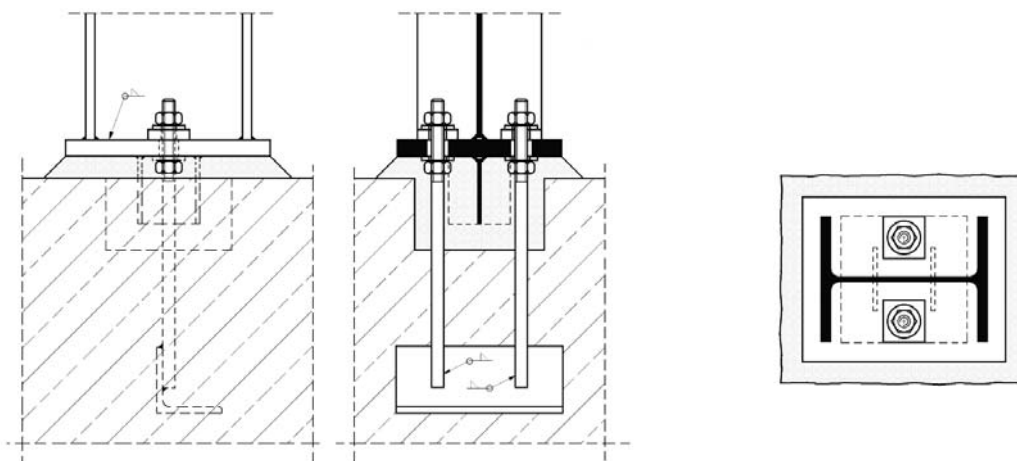
Fußpunktlösung	Horizontalschubübertragung	Toleranzausgleich horizontal	Toleranzausgleich vertikal
3) Einbetonierte Ankerschrauben mit Schubwinkel	Angeschweißte Futterscheiben und Schubwinkel	große Ankerlöcher in der Fußplatte und Futterscheiben	Vergussfuge



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, Beispiele

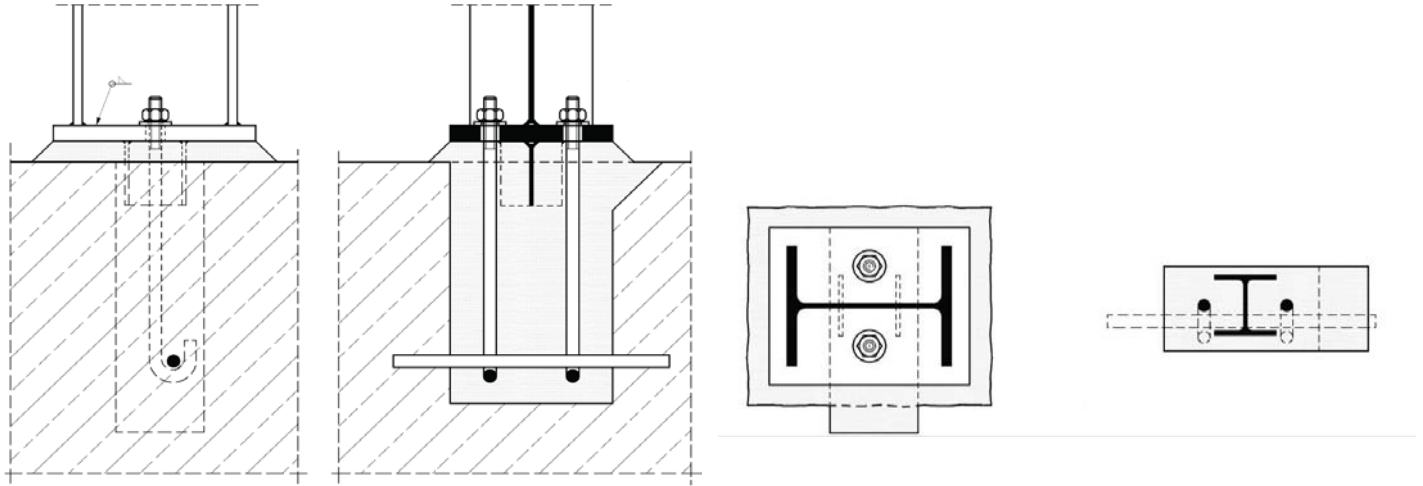
Fußpunktlösung	Horizontalschubübertragung	Toleranzausgleich horizontal	Toleranzausgleich vertikal
4) Einbetonierte Ankerschrauben mit Traverse	Schubknagge	große Ankerlöcher in der Fußplatte und Futterscheiben	Vergussfuge



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, Beispiele

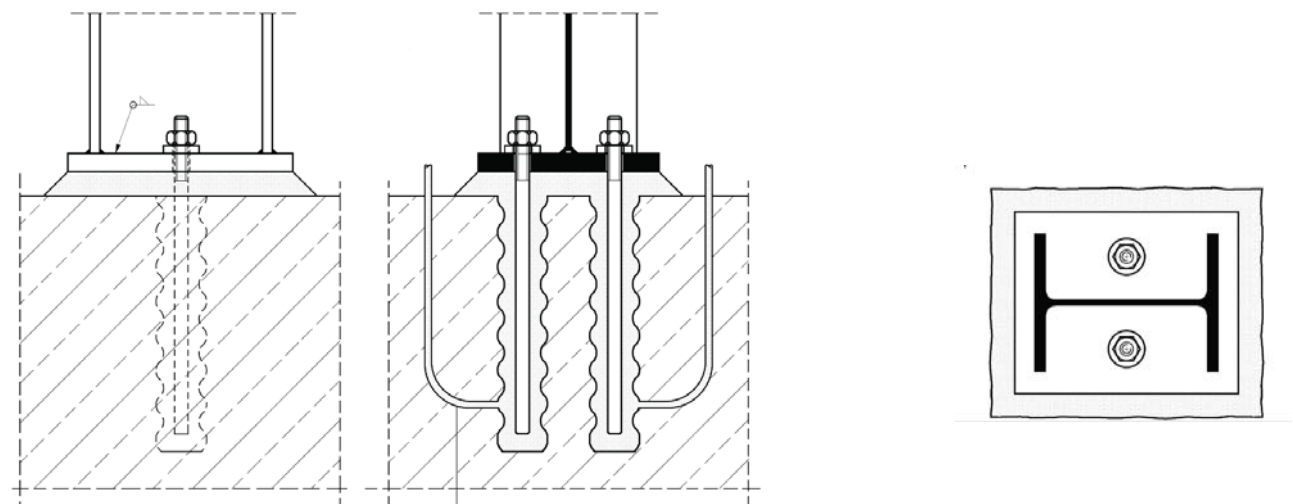
Fußpunktlösung	Horizontalschubübertragung	Toleranzausgleich horizontal	Toleranzausgleich vertikal
5) Ankerschrauben mit Traversen im Ankerkanal	Schubknagge	verschiebbliche Ankerschrauben und nachträglicher Verguss	Vergussfuge



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, Beispiele

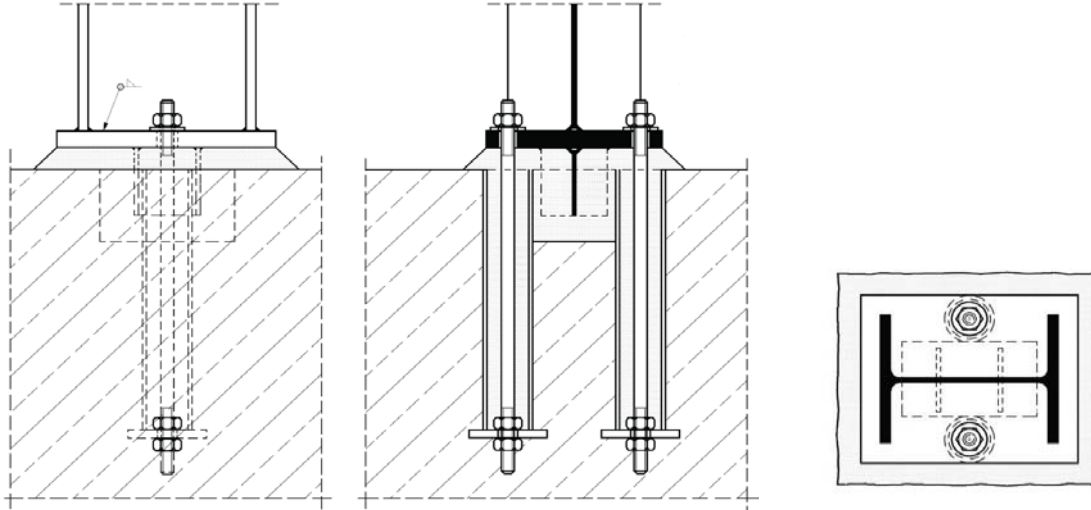
Fußpunktlösung	Horizontalschubübertragung	Toleranzausgleich horizontal	Toleranzausgleich vertikal
6) Ankerschrauben in gewellten Hüllrohren	Ankerschrauben als Bolzen	verschiebbliche Ankerschrauben und nachträglicher Verguss	Vergussfuge



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, Beispiele

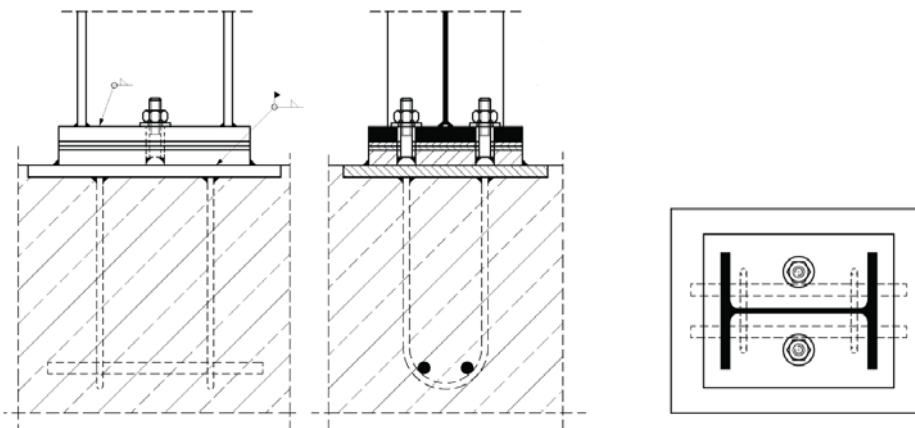
Fußpunktlösung	Horizontalschubübertragung	Toleranzausgleich horizontal	Toleranzausgleich vertikal
7) Ankerschrauben in Hüllrohren mit überstehenden, einbetonierten Gewindebolzen	Schubknagge	verschiebbliche Ankerschrauben und nachträglicher Verguss	Vergussfuge



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, Beispiele

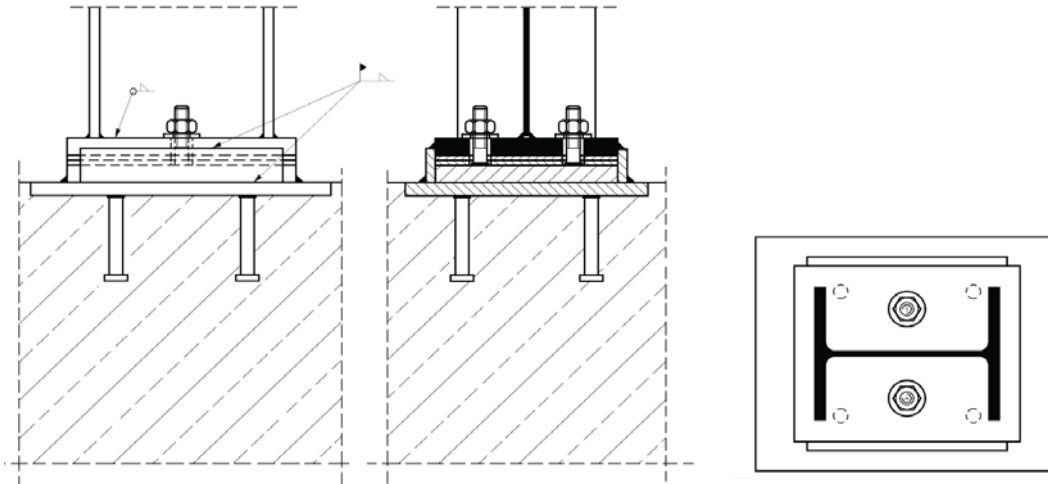
Fußpunktlösung	Horizontalschubübertragung	Toleranzausgleich horizontal	Toleranzausgleich vertikal
8) Anschweißplatte mit eingeschweißten Gewindebolzen	Gewindebolzen und Ankerschlaufen als Bolzen	Baustellenschweißnaht zwischen Verlegesablonne und Anschweißplatte	Futterbleche



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, Beispiele

Fußpunktlösung	Horizontalschubübertragung	Toleranzausgleich horizontal	Toleranzausgleich vertikal
9) Anschweißplatte mit aufgeschweißten Gewindebolzen und Schublaschen	Schublaschen und Kopfbolzendübel	Baustellenschweißnaht zwischen Verlegeschlabe und Anschweißplatte	Futterbleche



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Gelenkige Fußpunkte, Übertragung von Horizontalkräften / Zugkräften



Auszug aus den Anwendungsbedingungen der Zulassung **ETA-07/0249**
Ankertragfähigkeiten, Querbeanspruchung ohne Einfluss von Achs- und Randabständen.
Gesamtsicherheitsbeiwert nach ETAG berücksichtigt (γ_M und γ_F)



Bolzenanker HB-BZ A4

Auszug aus den Anwendungsbedingungen der Zulassung ETA-07/0249								
Lasten und Kennwerte	Bolzenanker HB-BZ A4			M 8	M 10	M 12	M 16	M 20
Zulässige Zuglast				gerissener Beton				
	C20/25	zul. N	[kN]	2,4	4,3	5,7	11,9	17,1
	C25/30	zul. N	[kN]	2,6	4,7	6,3	13,1	18,9
	C30/37	zul. N	[kN]	2,9	5,2	7,0	14,5	20,9
	C40/50	zul. N	[kN]	3,4	6,0	8,1	16,8	24,2
	C50/60	zul. N	[kN]	3,7	6,6	8,9	18,5	26,6
Zulässige Zuglast				ungerissener Beton				
	C20/25	zul. N	[kN]	5,7	7,6	9,5	16,7	24,0
	C25/30	zul. N	[kN]	6,3	8,4	10,5	18,3	26,4
	C30/37	zul. N	[kN]	7,0	9,3	11,6	20,3	29,3
	C40/50	zul. N	[kN]	7,6	10,7	13,4	23,5	33,8
	C50/60	zul. N	[kN]	7,6	11,8	14,8	25,8	37,2
Zulässige Querlast				gerissener / ungerissener Beton				
	C20/25	zul. V	[kN]	7,4	11,4	17,1	26,9/31,4	34,3/43,9
	≥ C25/30	zul. V	[kN]	7,4	11,4	17,1	29,6/31,4	37,7/43,9
Zulässiges Biegemoment		zul. M	[Nm]	14,9	29,7	52,6	133,1	231,6

Quelle: Halfen Dübelsysteme, Produktinformation Technik, www.halfen.de

Übliche Wandverkleidungen im Stahlhallenbau

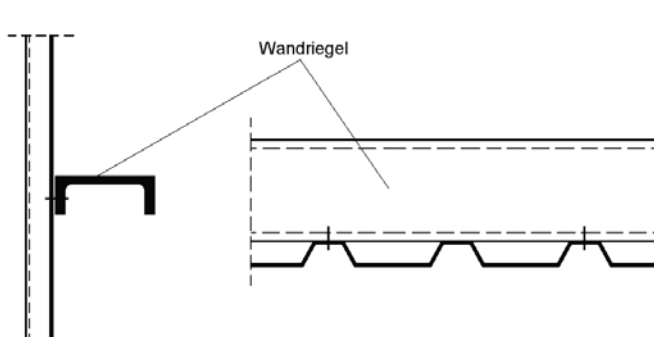
Wandverkleidung	Bemessung	übliche Stützweite
Faserzementwellplatten	DIN EN 494 und Zulassung	1,1 bis 2,4 m zwischen Wandriegeln
Trapezprofile	DIN 18807 und EC3 Teil 1-3	3 bis 5 m zwischen Wandriegeln
Sandwichelemente	Zulassung	3 bis 5 m zwischen Wandriegeln
Kassettenprofile	Zulassung und EC3 Teil 1-3	5 bis 7 m zwischen Stützen
Porenbetonplatten	DIN 4223 und Zulassung	5 bis 7 m zwischen Stützen
Bimsbetonplatten	DIN 4028 und DIN 4219	5 bis 7 m zwischen Stützen
Mauerwerk	DIN 1053	Zulässige Ausfachungsfläche von nichttragenden Außenwänden ohne rechnerischen Nachweis nach Tab. 9 der DIN 1053, Teil 1 (11.96)

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

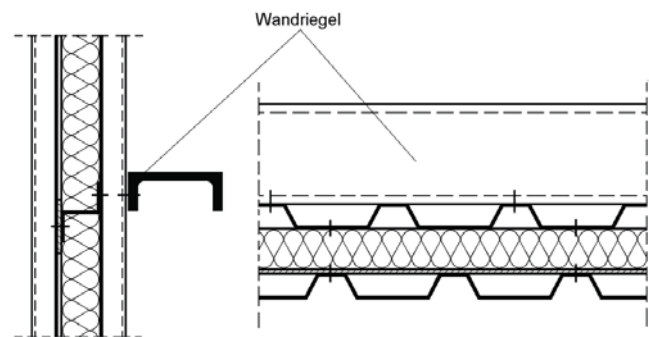
Hallenbau - Wandverkleidung

Übliche Wandverkleidungen im Stahlhallenbau

Wandverkleidung	Bemessung	übliche Stützweite
Trapezprofile	DIN 18807 und EC3 Teil 1-3	3 bis 5 m zwischen Wandriegeln



Einschalige, ungedämmte Trapezprofilwand

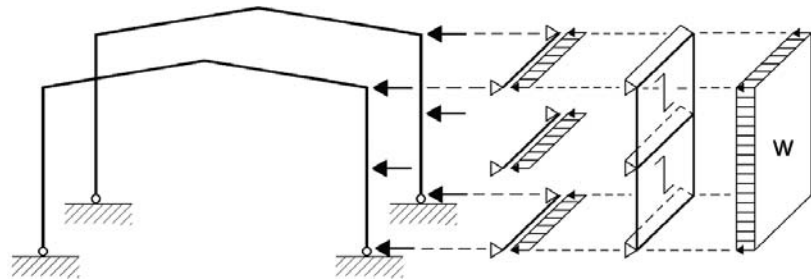
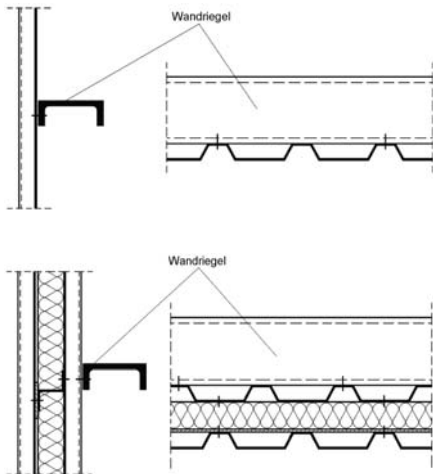


Zweischalige, wärmege­dämmte
Trapezprofilwand

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Übliche Wandverkleidungen im Stahlhallenbau

Wandverkleidung	Bemessung	übliche Stützweite
Trapezprofile	DIN 18807 und EC3 Teil 1-3	3 bis 5 m zwischen Wandriegeln

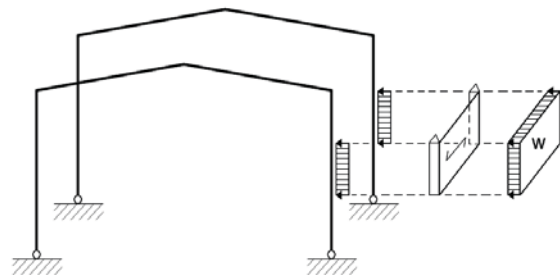
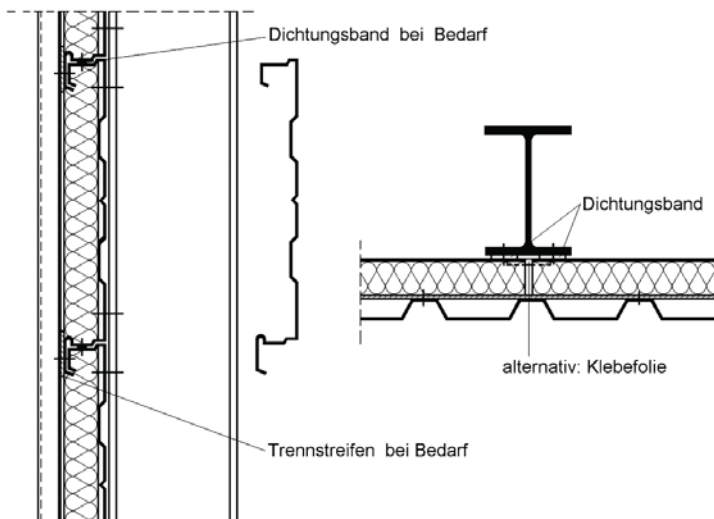


Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau - Wandverkleidung

Übliche Wandverkleidungen im Stahlhallenbau

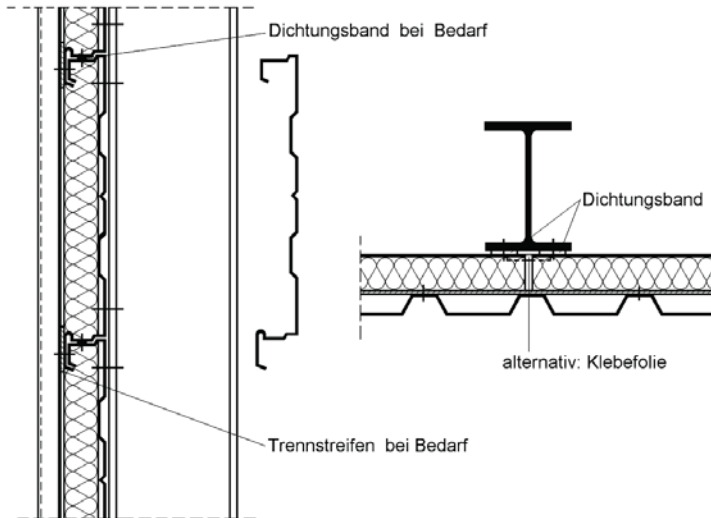
Wandverkleidung	Bemessung	übliche Stützweite
Kassettenprofile	Zulassung und EC3 Teil 1-3	5 bis 7 m zwischen Stützen



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Übliche Wandverkleidungen im Stahlhallenbau

Wandverkleidung	Bemessung	übliche Stützweite
Kassettenprofile	Zulassung und EC3 Teil 1-3	5 bis 7 m zwischen Stützen



FISCHER PROFIL P
ELEMENTE FÜR'S BAUEN

Zweifeldträger

Blechdicke t [mm]	Eigenlast g [kN/m²]	Zulässige Belastung q [kN/m²] bei einer Stützweite L [m]										
		4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50
0,75	0,089	1	1,05	0,93	0,83	0,75	0,67	0,61	0,56	0,51	0,47	0,43
		2	1,05	0,93	0,83	0,75	0,67	0,61	0,56	0,51	0,47	0,43
		3	1,05	0,93	0,83	0,75	0,67	0,61	0,56	0,51	0,47	0,43
		4	1,05	0,93	0,83	0,75	0,67	0,61	0,56	0,51	0,47	0,43
0,88	0,104	1	1,44	1,27	1,13	1,02	0,92	0,83	0,76	0,70	0,64	0,59
		2	1,44	1,27	1,13	1,02	0,92	0,83	0,76	0,70	0,64	0,59
		3	1,44	1,27	1,13	1,02	0,92	0,83	0,76	0,70	0,64	0,59
		4	1,44	1,27	1,13	1,02	0,92	0,83	0,76	0,70	0,64	0,59
1,00	0,118	1	1,81	1,60	1,43	1,28	1,16	1,05	0,96	0,87	0,80	0,74
		2	1,81	1,60	1,43	1,28	1,16	1,05	0,96	0,87	0,80	0,74
		3	1,81	1,60	1,43	1,28	1,16	1,05	0,96	0,87	0,80	0,74
		4	1,81	1,60	1,43	1,28	1,16	1,05	0,96	0,87	0,80	0,74
1,25	0,148	1	2,25	2,00	1,78	1,60	1,44	1,31	1,19	1,09	1,00	0,92
		2	2,25	2,00	1,78	1,60	1,44	1,31	1,19	1,09	1,00	0,92
		3	2,25	2,00	1,78	1,60	1,44	1,31	1,19	1,09	1,00	0,92
		4	2,25	2,00	1,78	1,60	1,44	1,31	1,19	1,09	1,00	0,92

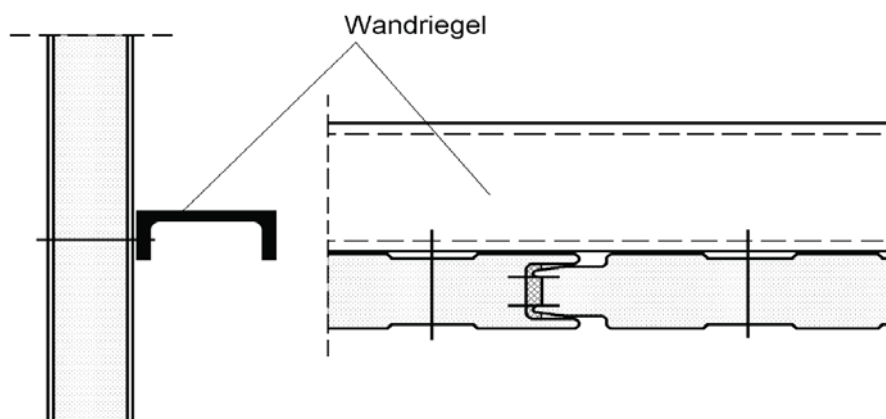
Belastungstabellen vom Hersteller

Quelle: Belastungstabelle FISCHERKASSETTE FI 100/600 Winddruck, <http://www.fischerprofil.de>

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Übliche Wandverkleidungen im Stahlhallenbau

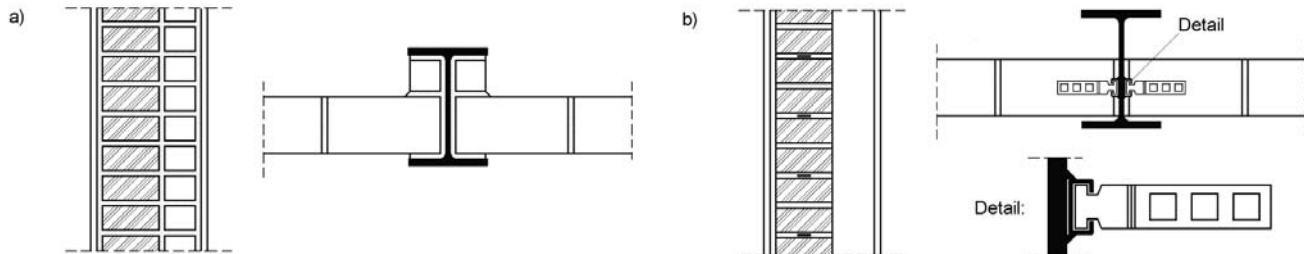
Wandverkleidung	Bemessung	übliche Stützweite
Sandwichelemente	Zulassung	3 bis 5 m zwischen Wandriegeln



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Übliche Wandverkleidungen im Stahlhallenbau

Wandverkleidung	Bemessung	übliche Stützweite
Mauerwerk	DIN 1053	Zulässige Ausfachungsfläche von nichttragenden Außenwänden ohne rechnerischen Nachweis nach Tab. 9 der DIN 1053, Teil 1 (11.96)



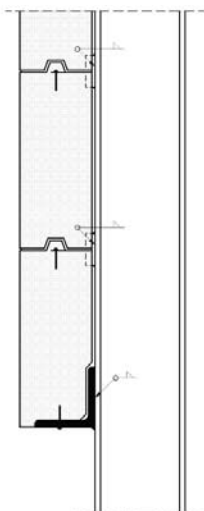
Anschluss ausfachender Mauerwerkswände

(Ausmauerung von Stützenprofilkammern / Anordnung spezieller Mauerwerksanker)

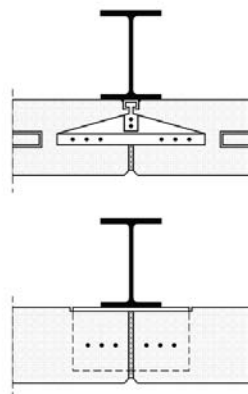
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Übliche Wandverkleidungen im Stahlhallenbau

Wandverkleidung	Bemessung	übliche Stützweite
Porenbetonplatten	DIN 4223 und Zulassung	5 bis 7 m zwischen Stützen

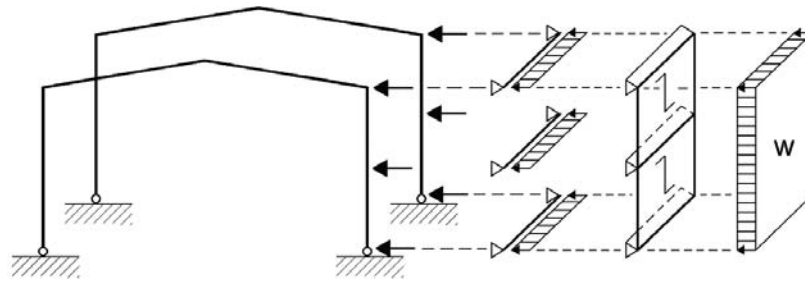


Anschluss ausfachender Porenbetonwandplatten



- werden in der Regel vor den Stützen angeordnet
- horizontale Fugen: häufig Nut + Feder

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

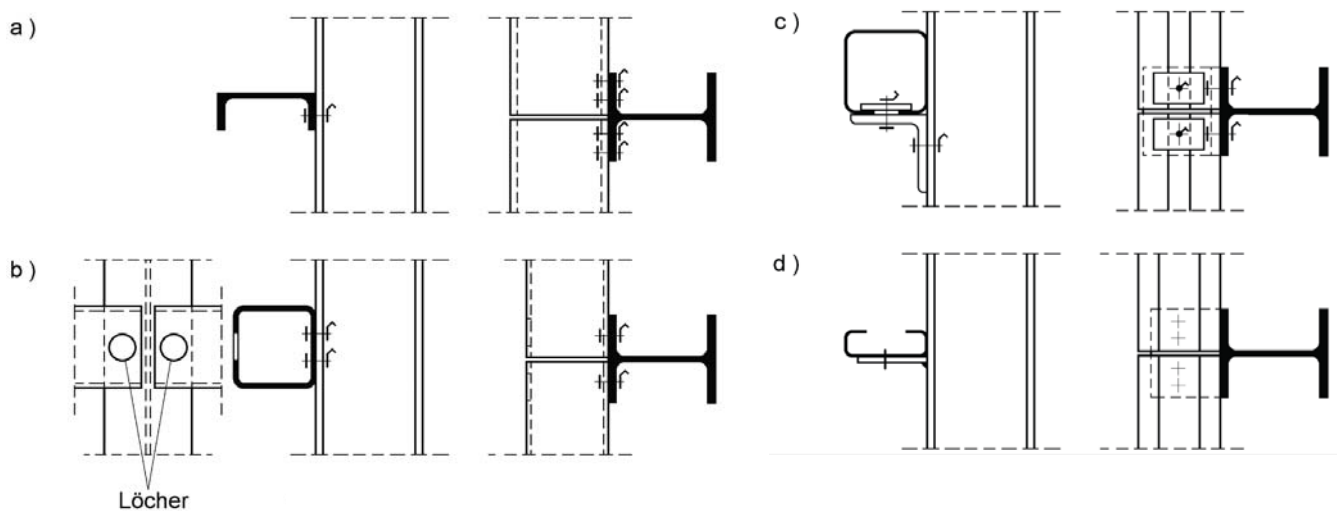


- Wandriegelabstände richten sich nach
 - zulässigen Stützweiten der verwendeten Wandverkleidungen unter Windlast
 - eventuellen Fenster- oder Toröffnungen
- Traufhöhen bis 8 m: meist Anordnung wie in Abbildung oben
- Vermeidung von 2-achsiger Biegung: Aufständigung von Trapezprofilen auf Streifenfundament (Achtung: Korrosionsproblematik, daher eher selten)

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

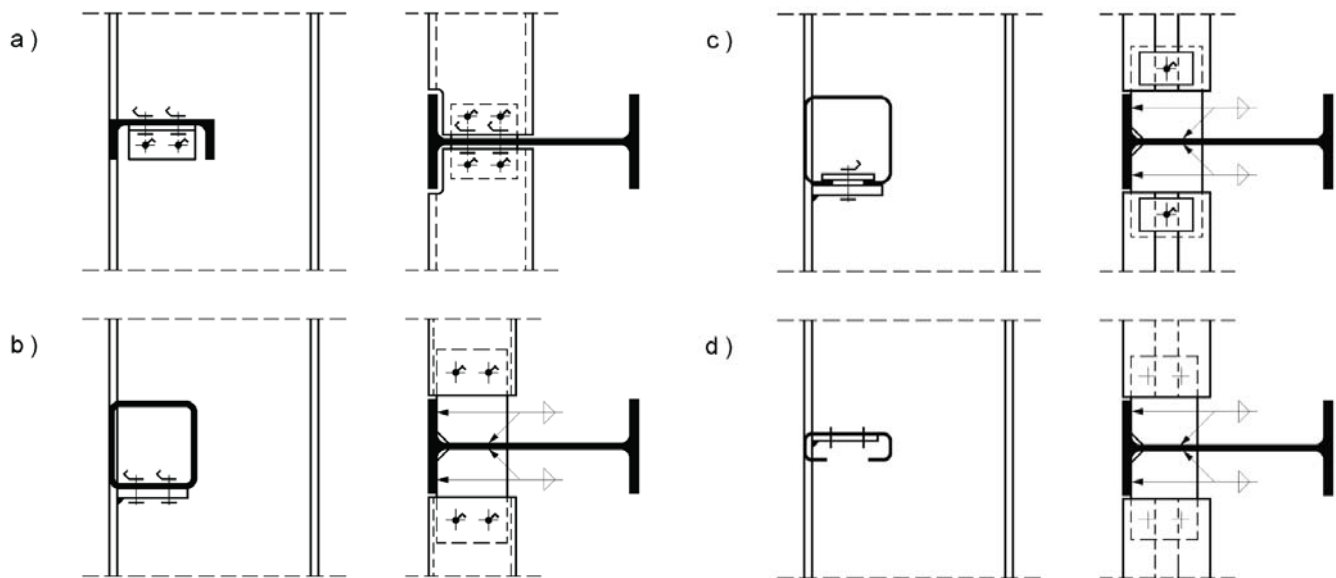
Hallenbau - Wandriegel

Wandriegelanschlüsse vor den Außenstützen



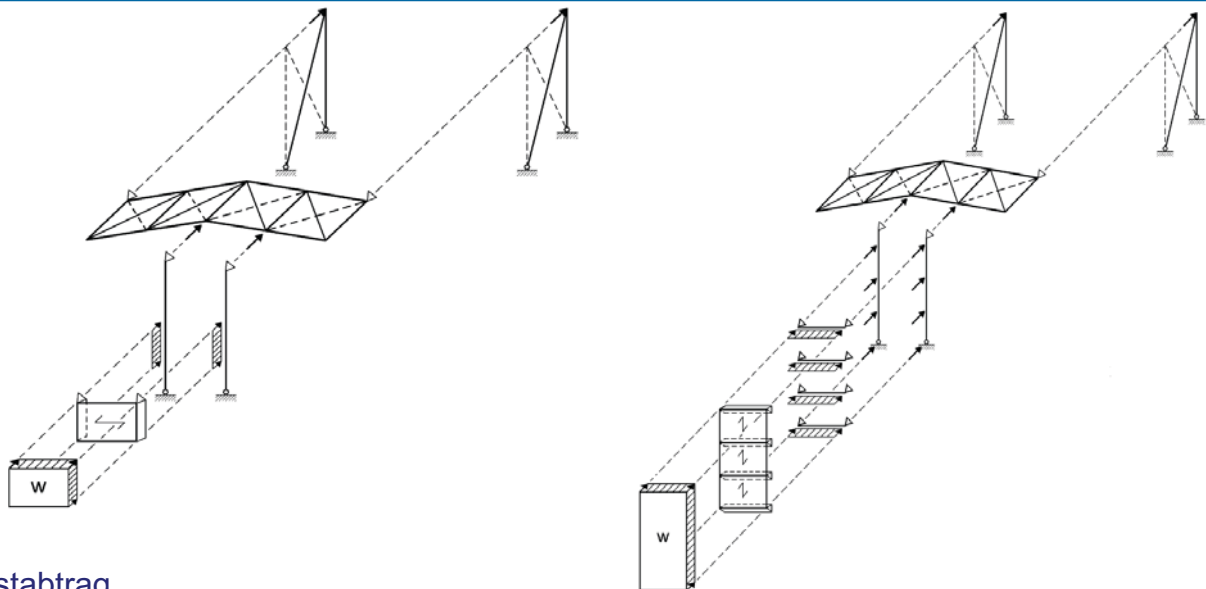
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Wandriegelanschlüsse zwischen den Außenstützen



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

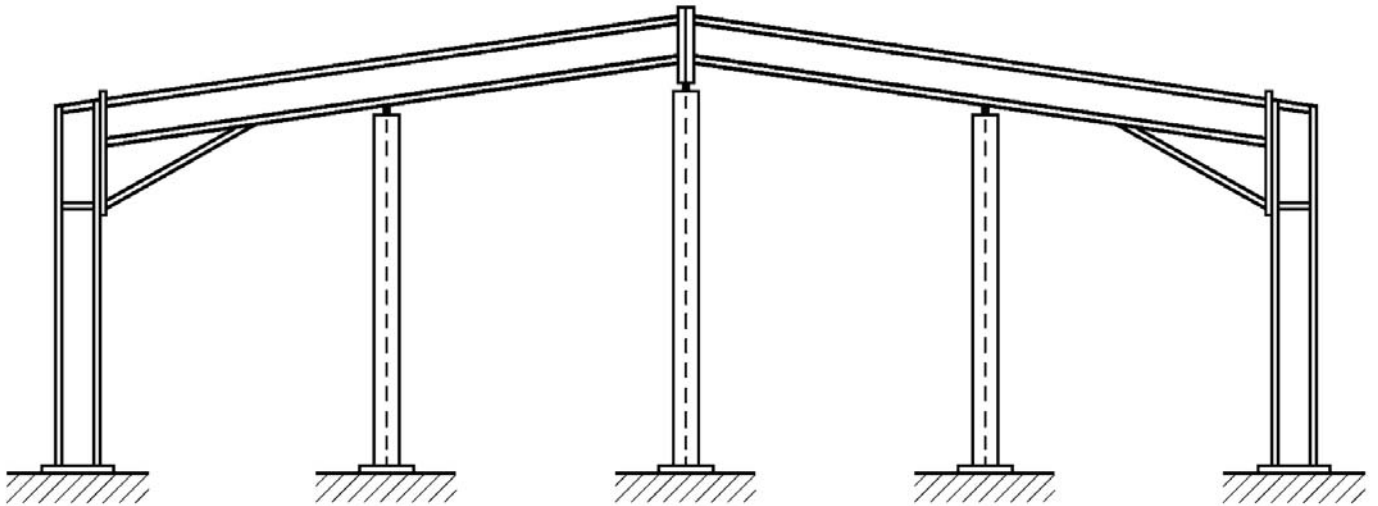
Hallenbau - Giebelwandstützen



- Lastabtrag
 - in Hallenlängsrichtung (Trägerrostartige Platte aus Wandverkleidung, Wandriegeln und Giebelwandstützen, s. Abbildungen)
 - in Hallenquerrichtung (Tragwerksscheibe)

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

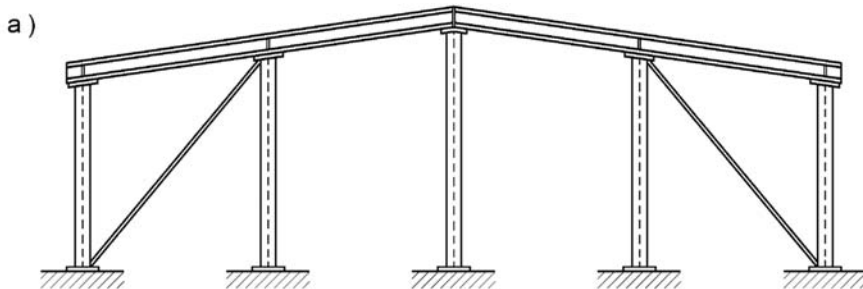
Giebelwand: Halle mit Erweiterungsmöglichkeit



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

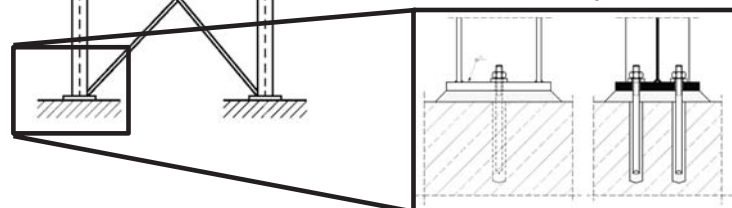
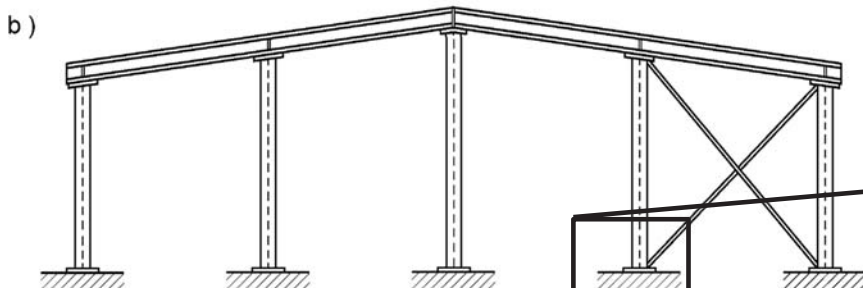
Hallenbau - Giebelwandstützen

Giebelwand: Halle ohne Erweiterungsmöglichkeit (Giebelwand mit Giebelbinder und Vertikalverband)



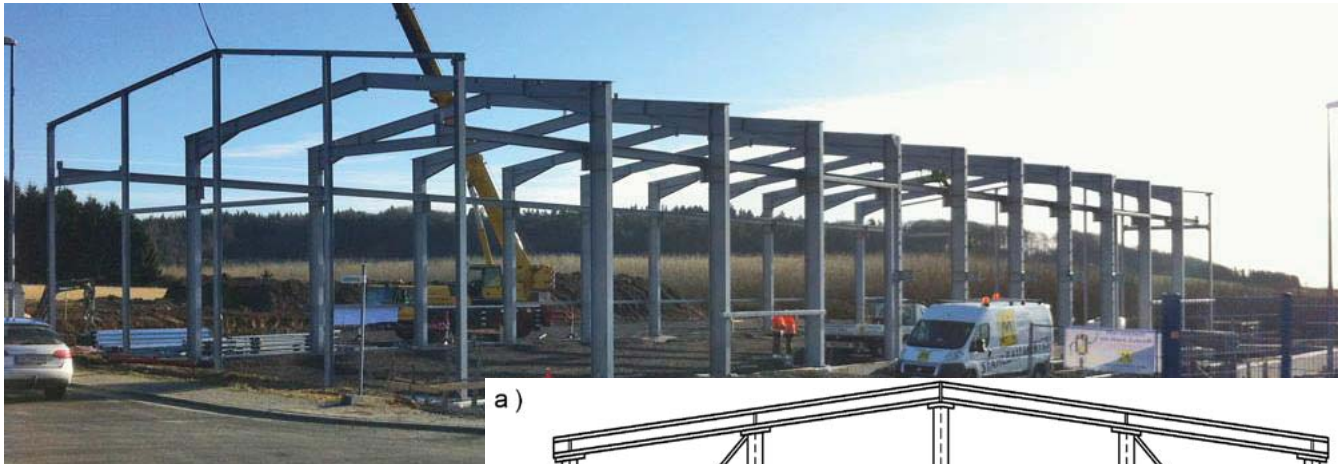
Lastabtrag Giebelwandstützen:

- Biegeträger für die Abtragung von Windlasten in Hallenlängsrichtung
- Druckstäbe für die Abtragung von Vertikallasten
- in Verbandsfeldern Fachwerkgurte für die Abtragung von Horizontal-lasten in Hallenquerrichtung



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

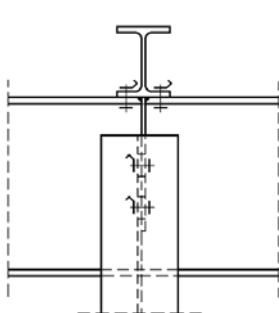
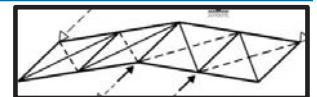
Giebelwand: Halle ohne Erweiterungsmöglichkeit (Giebelwand mit Giebelbinder und Vertikalverband)



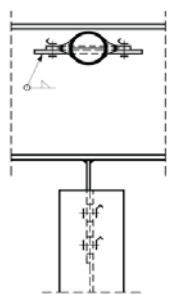
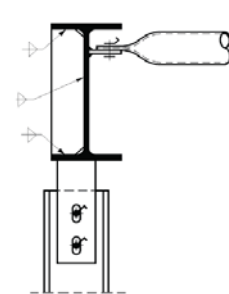
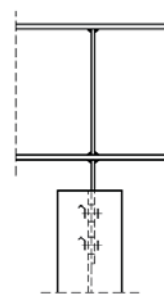
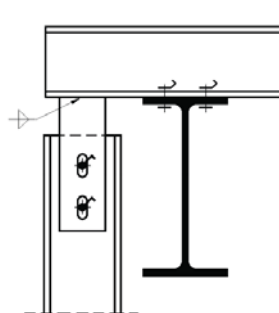
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012
sowie www.stahlbau-mertens.de

Hallenbau - Giebelwandstützen

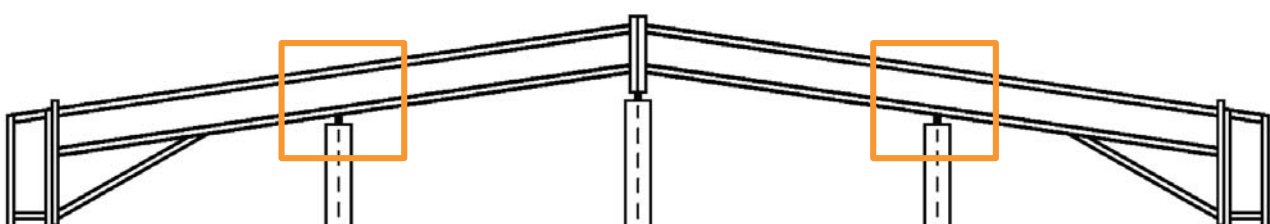
Anschluss der Giebelwandstützen (Rahmenriegel)



Anschluss Giebelwandstütze an Pfette
bei Giebelwänden mit Rahmenriegeln

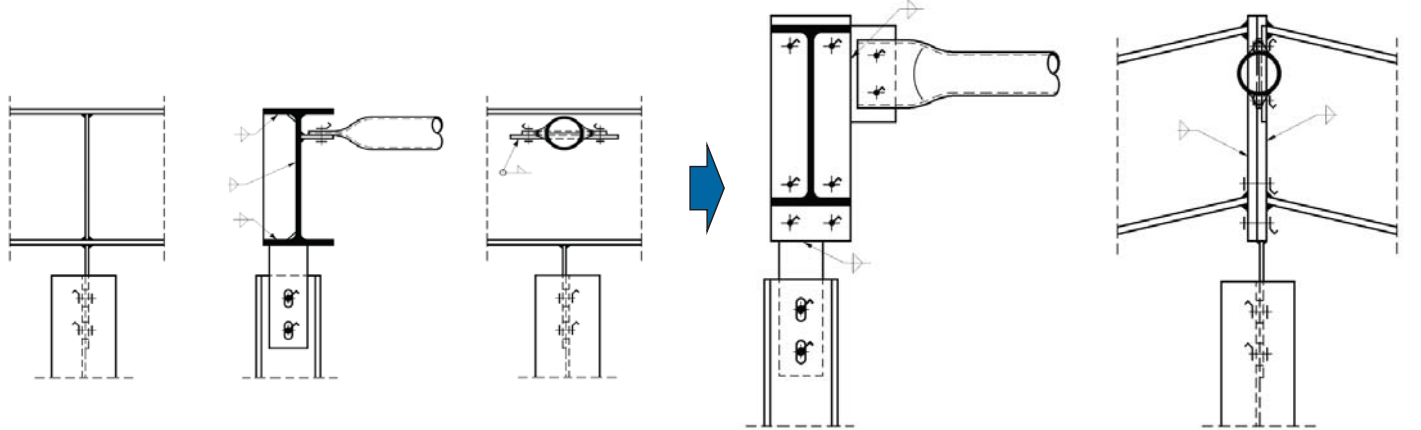


Anschluss Giebelwandstütze an Druckrohr bei
Giebelwänden mit Rahmenriegeln



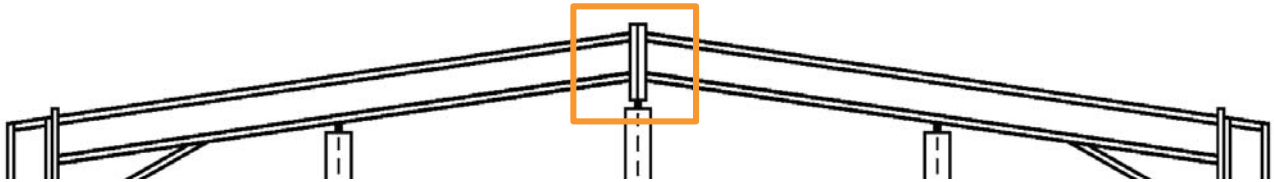
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Anschluss der Giebelwandstützen an den First (Rahmenriegel)



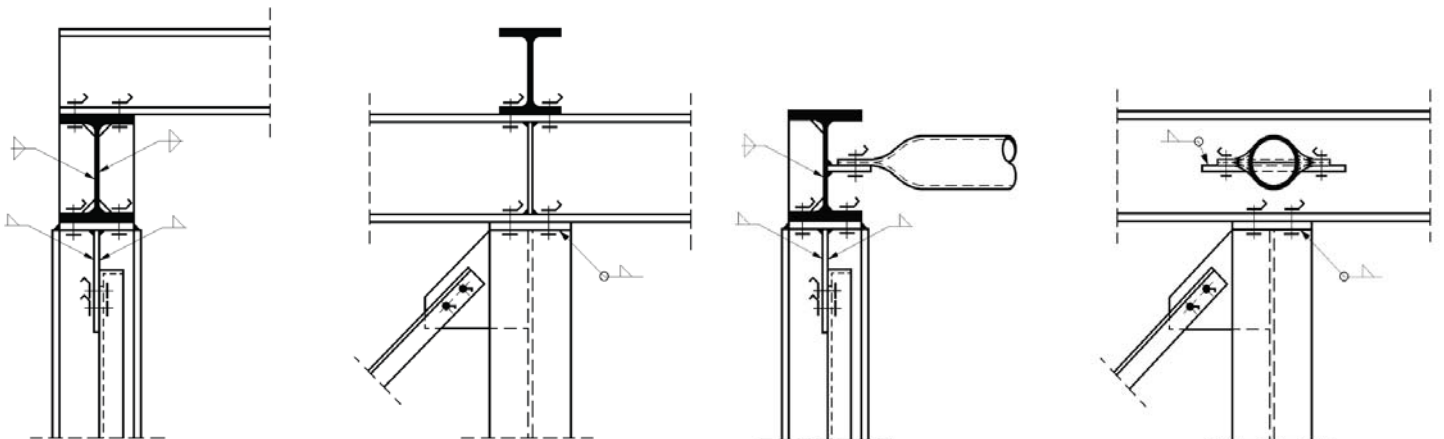
Anschluss Giebelwandstütze an Druckrohr bei Giebelwänden mit Rahmenriegeln

Anschluss Giebelwandstütze an Druckrohr **im Firstpunkt** bei Giebelwand mit Rahmenriegeln



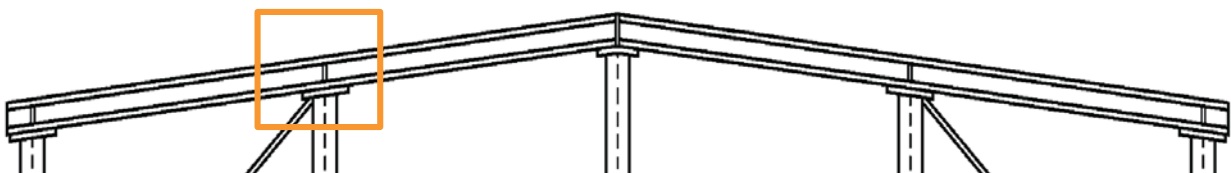
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Anschluss der Giebelwandstützen (Giebelbinder)



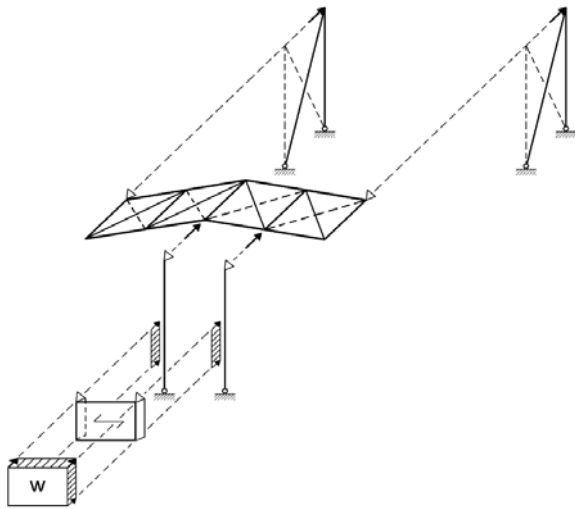
Anschluss Giebelwandstütze an Pfette bei Giebelwänden mit Giebelbindern

Anschluss Giebelwandstütze an Druckrohr bei Giebelwänden mit Giebelbindern



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Dach- und Wandverbände – Anordnung und Beanspruchung



Horizontallasten aus:

- Staudruck und Sog (Giebelwände)
- Stabilisierung der Rahmenriegel- oder Fachwerkbinder-Druckgurte
- Schiefstellung der Stützen
- Windreibung auf Dachfläche und Seitenwänden (bei sehr langen Hallen, profilierte Bleche)
- Kranbetrieb (hier häufig separate Aussteifungskonstruktionen wie Kranbahnportale)

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

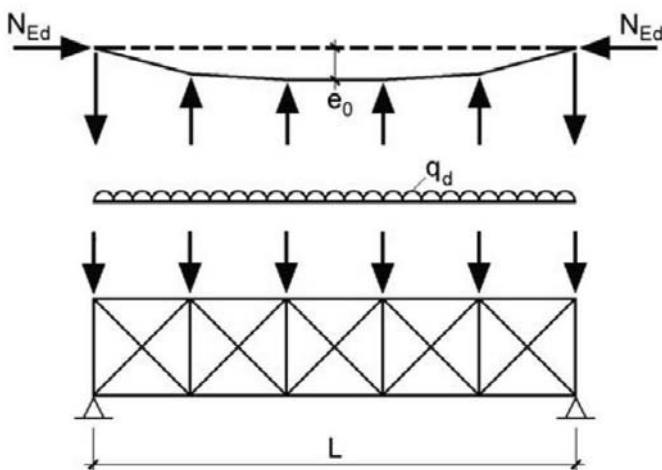
105

Stahlbau II / Sommersemester 2016



Hallenbau – Dach- und Wandverbände

Dach- und Wandverbände – Stabilisierungslasten nach EC 3 Teil 1-1 Abschnitt 5.3.3



Geometrische Ersatzimperfectionen:

$$e_0 = \alpha_m \cdot L / 500$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$$

m = Anzahl der aussteifenden Bauteile

Ersatz der Verformungen durch Kraft q :

- Ersatzimperfectionen e_0
- Durchbiegung δ_q infolge q (Theorie II Ordnung)

Stabilisierende Ersatzkräfte:



$$q = \sum N_{Ed} \cdot 8 \cdot \frac{e_0 + \delta_q}{L^2}$$

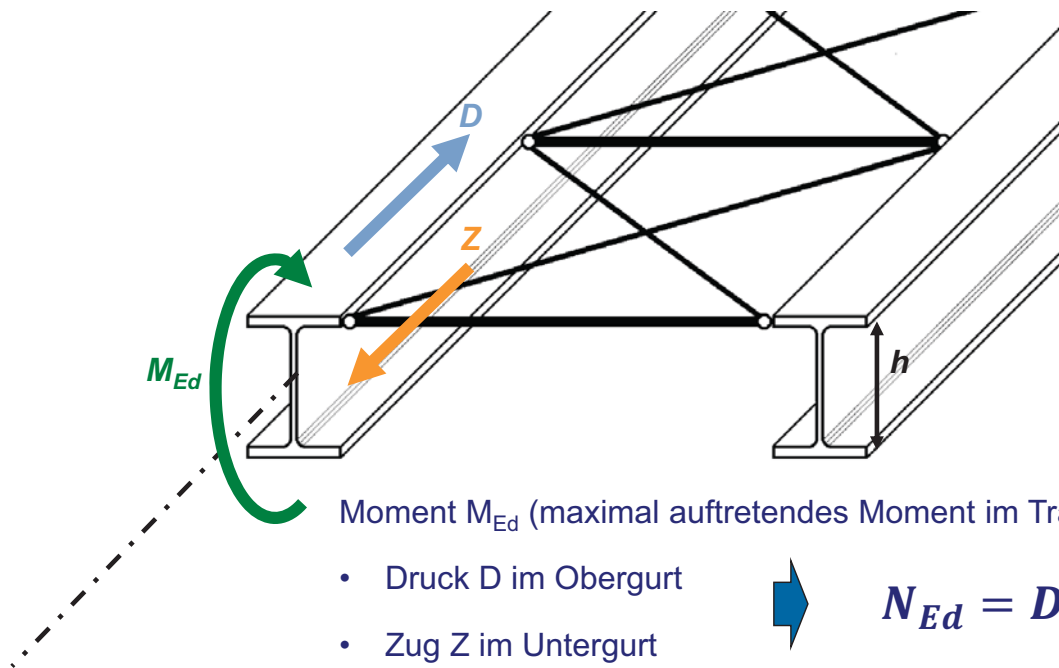
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

106

Stahlbau II / Sommersemester 2016



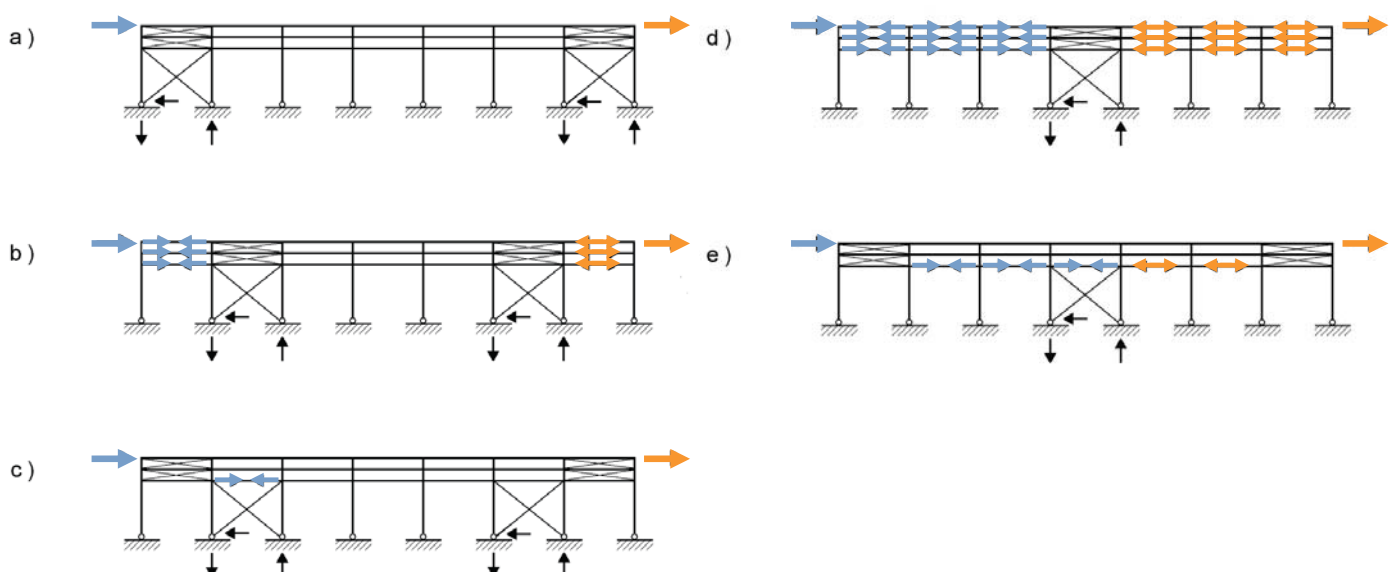
Dach- und Wandverbände – Stabilisierungslasten nach EC 3 Teil 1-1 Abschnitt 5.3.3



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau – Dach- und Wandverbände

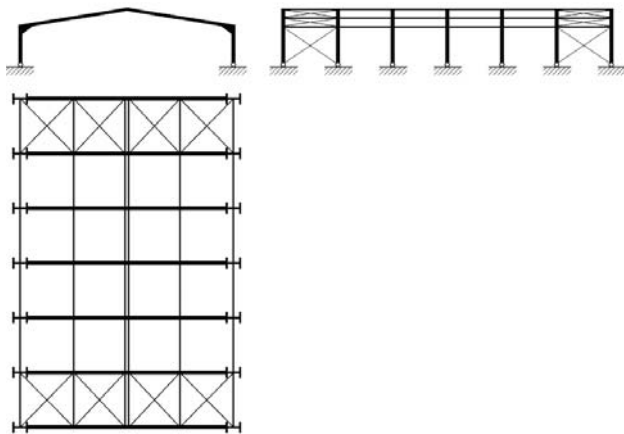
Dach- und Wandverbände – Anordnung von Verbänden



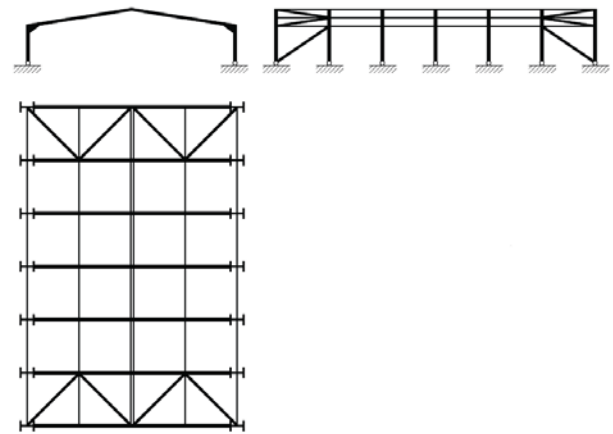
Bei der Wahl der Anordnung von Dach- und Wandverbänden sollte die Durchleitung von Normalkräften in Hallenlängsrichtung vermieden werden. Lässt sich dies nicht einhalten, so ist die Durchleitung von Zugkräften häufig wirtschaftlicher als die Durchleitung von Druckkräften.

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Dach- und Wandverbände – Ausbildung der Verbände



Verbandsgeometrie mit druckweichen Diagonalen (Standardlösung)

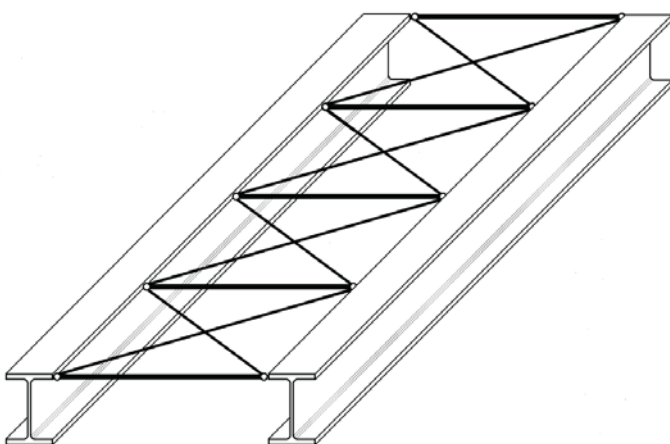


Verbandsgeometrie mit drucksteifen Diagonalen

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau – Dach- und Wandverbände

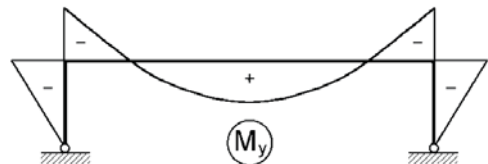
Dach- und Wandverbände – Ausbildung der Verbände



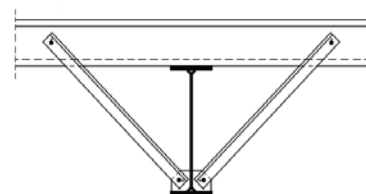
Trägerpaar mit aussteifendem Verband am Obergurt (typisch für Dachverbände)



Stabilisierung des druckbeanspruchten Obergurtes in Feldmitte des Rahmens durch Dachverband

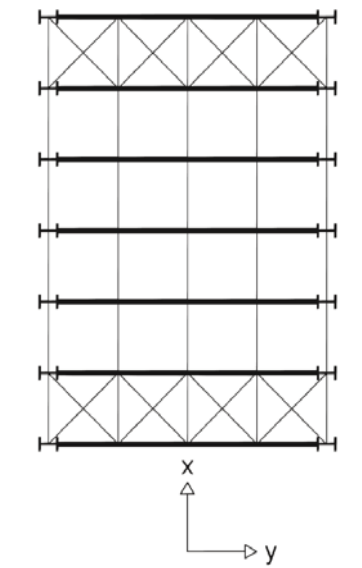


Stabilisierung des druckbeanspruchten Untergurtes bei Bedarf durch Zugstreben



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Berücksichtigung der aussteifenden Wirkung des Verbandes auf die stabilisierten Träger

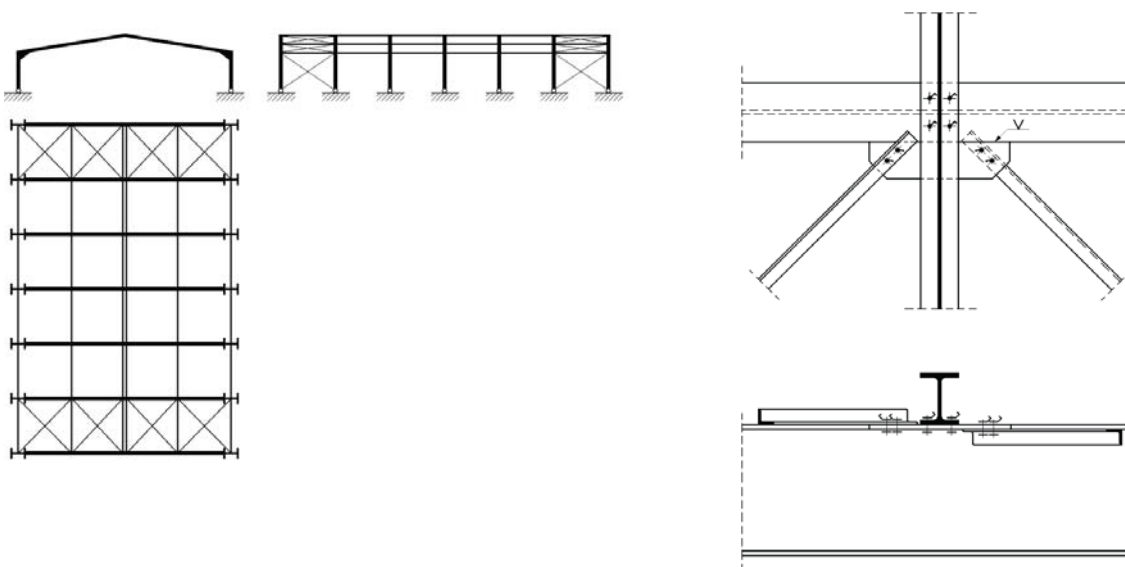


- aussteifende Wirkung des Verbandes wird vereinfachend nur für Verformungen in y-Richtung unterstellt; Berücksichtigung über
 - Elastische Bettungen c_y ,
 - Federn C_y oder
 - Schubfeldsteifigkeiten S^*
 (Berücksichtigung der Füllstabverformungen, die als Schubweichheit des Fachwerkträgers interpretiert werden können)
- zusätzlich Zwangsbeanspruchungen in den Fachwerkstäben aus der differentiellen Verformung der Biegeträger in z-Richtung → wird über Verbindungsmittelschlupf abgebaut → kann vernachlässigt werden

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau – Dach- und Wandverbände

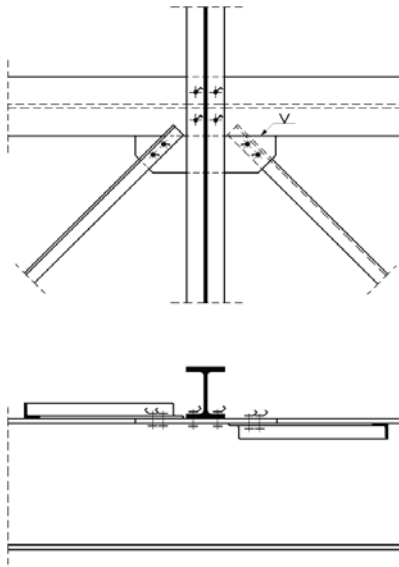
Dachverbände, Hallen mit Pfetten



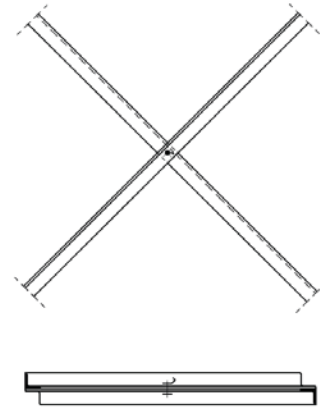
Dachverband mit Pfosten aus IPE-Pfetten
und Diagonalen aus Winkel-Profilen

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Dachverbände, Hallen mit Pfetten



Dachverband mit Pfetten aus IPE-Pfetten und Diagonalen aus Winkel-Profilen

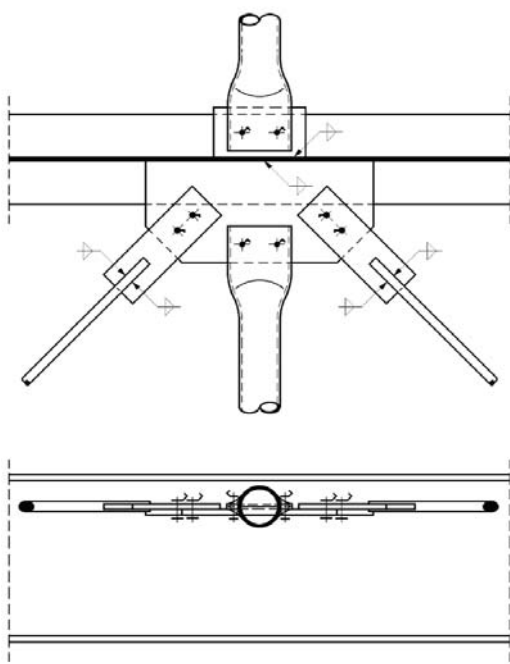


Kreuzungspunkt von Winkelstahldiagonalen

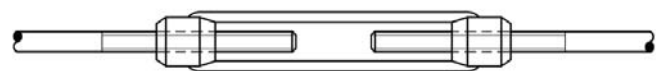
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau – Dach- und Wandverbände

Dachverbände, Hallen ohne Pfetten



Spannschloss DIN 1480



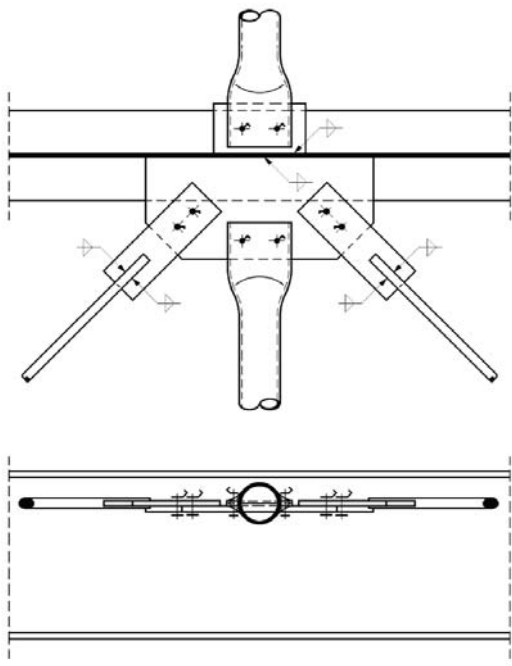
Spannschloss DIN 1478



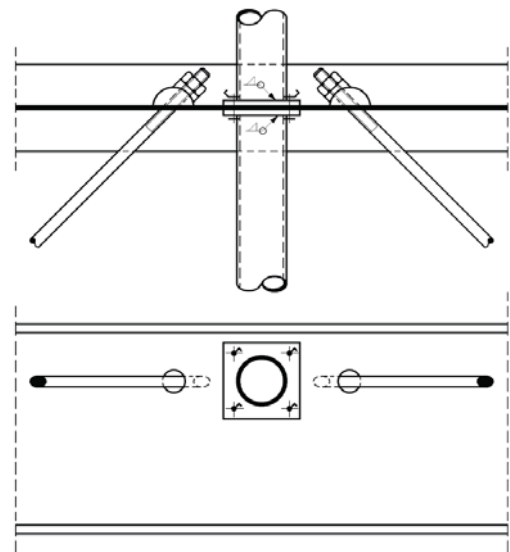
Dachverband mit Pfetten aus Rohr-Profilen und Diagonalen aus Rundstählen mit Knotenblechanschlüssen und Spannschlössern

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Dachverbände, Hallen ohne Pfetten



alternativ

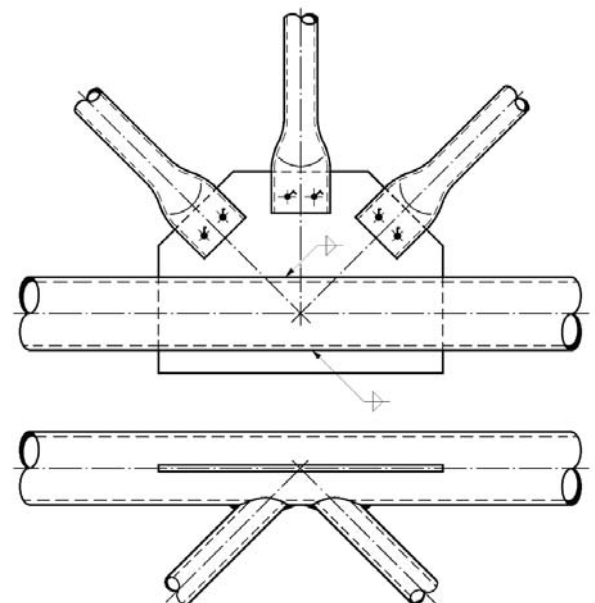
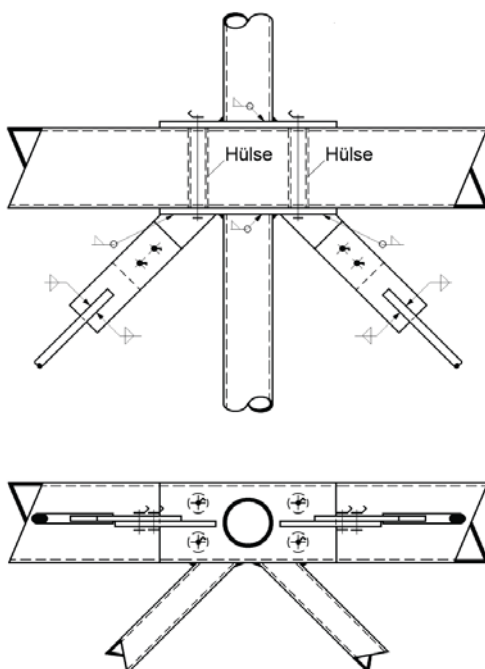


Dachverband mit Pfosten aus Rohr-Profilen und Diagonalen aus Rundstählen mit Formstückanschlüssen

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau – Dach- und Wandverbände

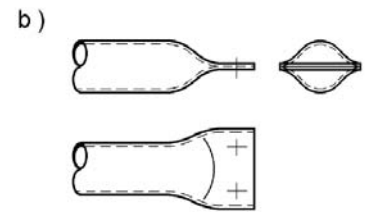
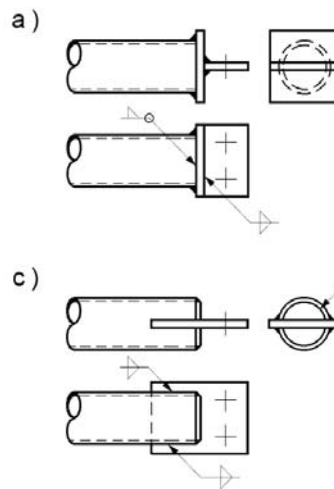
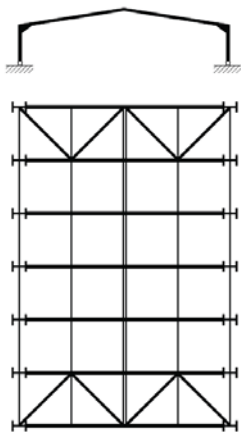
Dachverbände, Hallen ohne Pfetten (Fachwerkbinder)



Dachverbandsknoten am Obergurt eines Fachwerkbinders aus Rechteck- / Rohrhohlprofilen

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Dachverbände, drucksteife Diagonalen



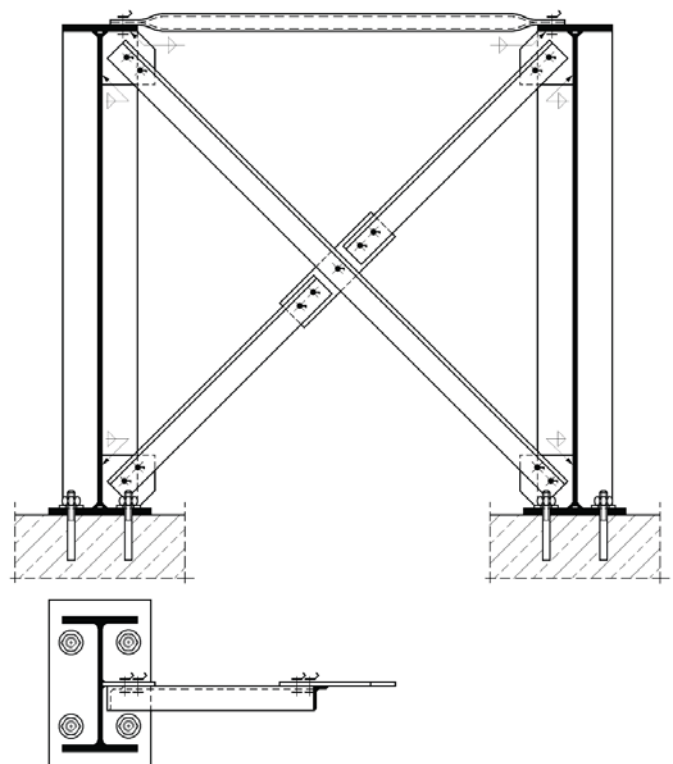
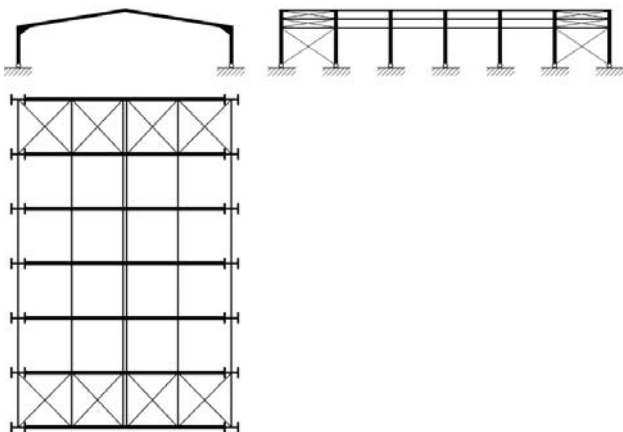
Verbandsgeometrie mit drucksteifen
Diagonalen

Schraubenanschlüsse für Druckrohre

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau – Dach- und Wandverbände

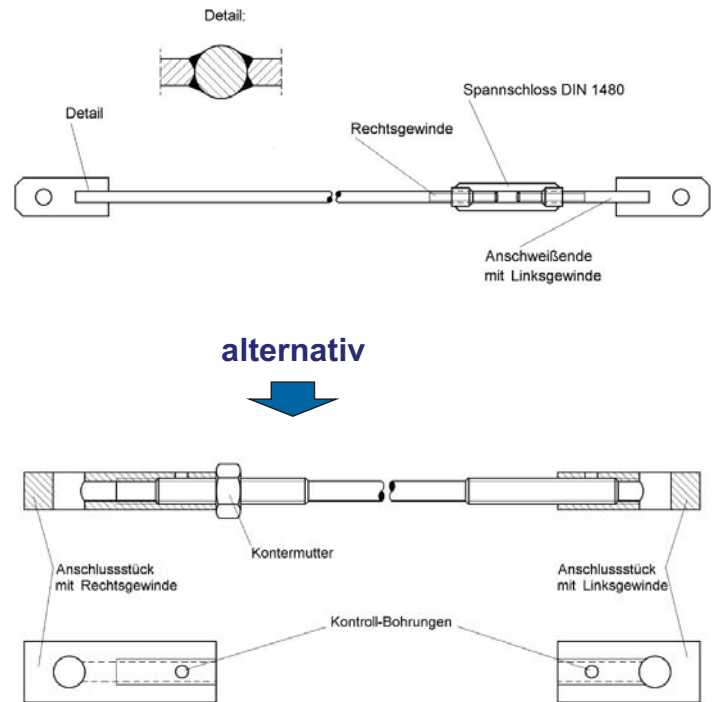
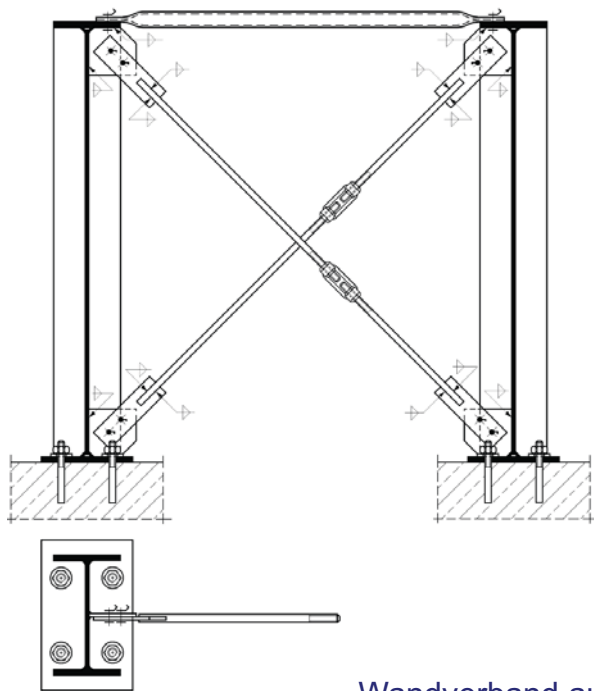
Wandverbände



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und
Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und
Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Wandverband aus Winkelstahldiagonalen

Wandverbände



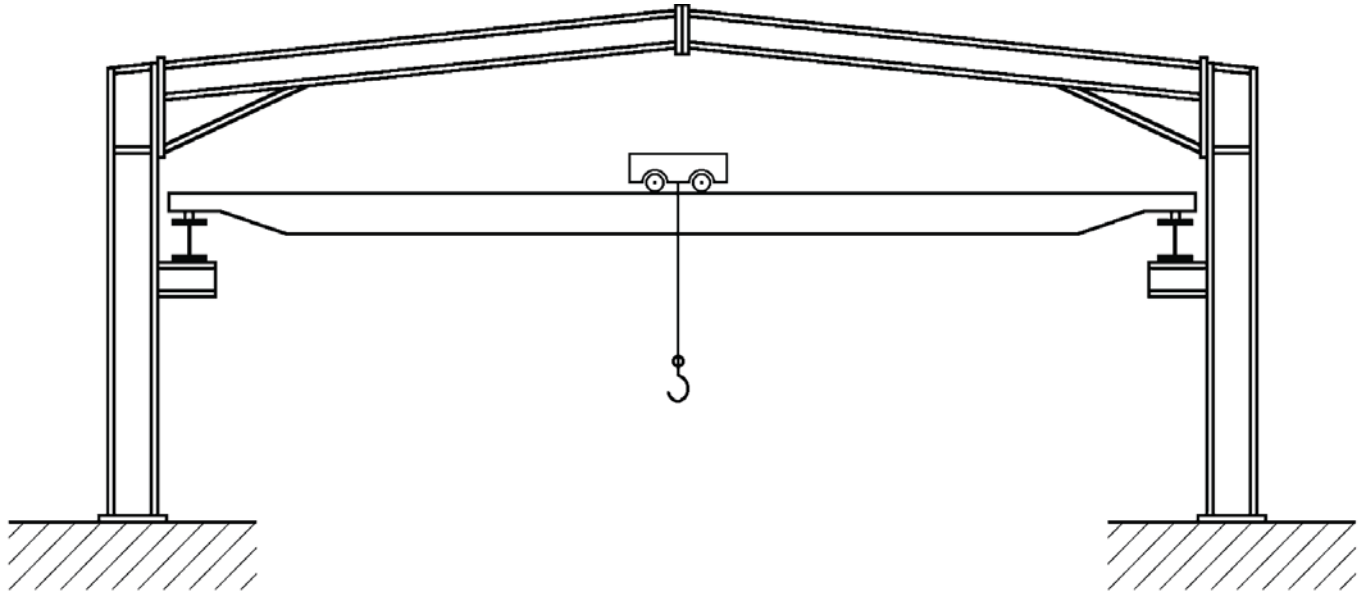
Wandverband aus Rundstahldiagonalen

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau – Kranbahnen



Quelle: www.formi-halle.de

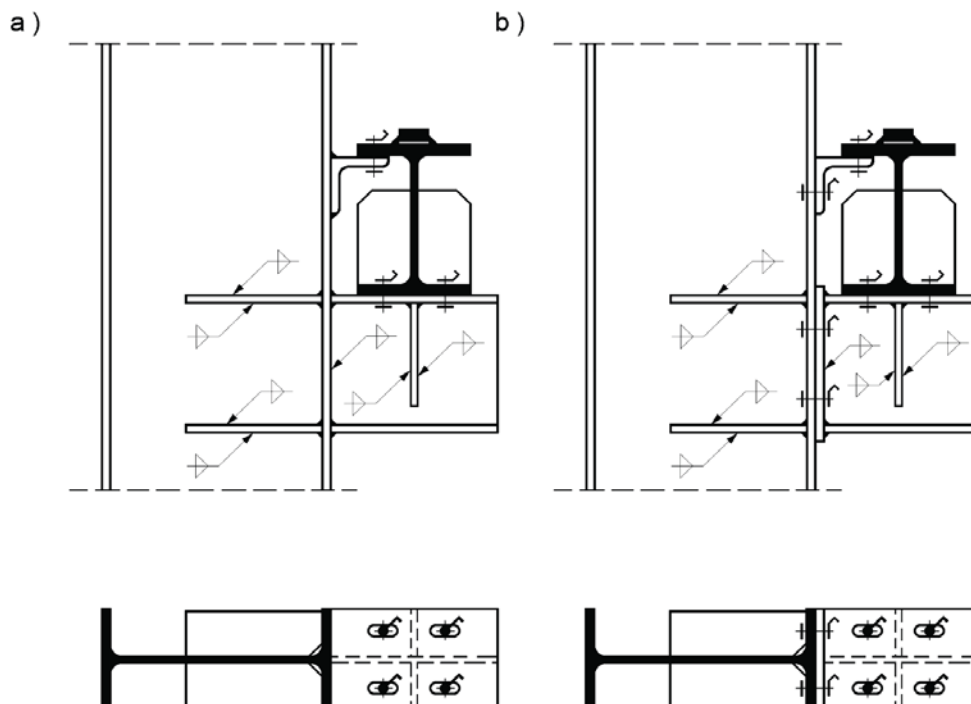


- Bemessung und Konstruktion von Kranbahnträgern nach DIN EN 1993-6
- Ermüdungsnachweis mit Kerbdetails nach DIN EN 1993-1-9

Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

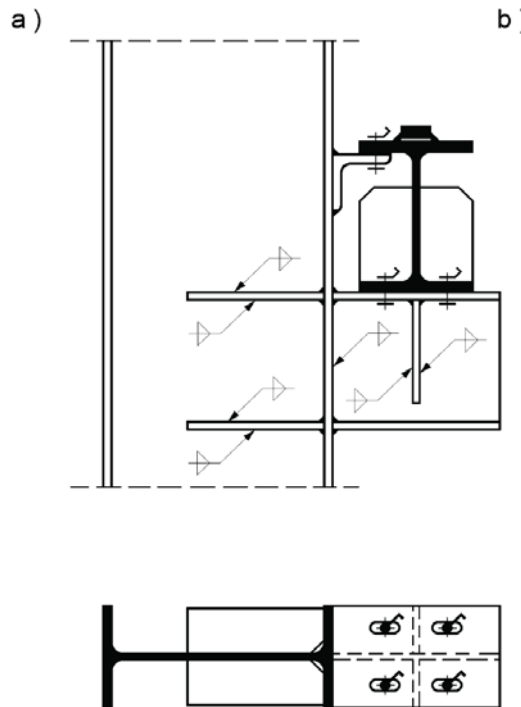
Hallenbau – Kranbahnen

Konsolen mit aufgelagerten Kranbahnträgern



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

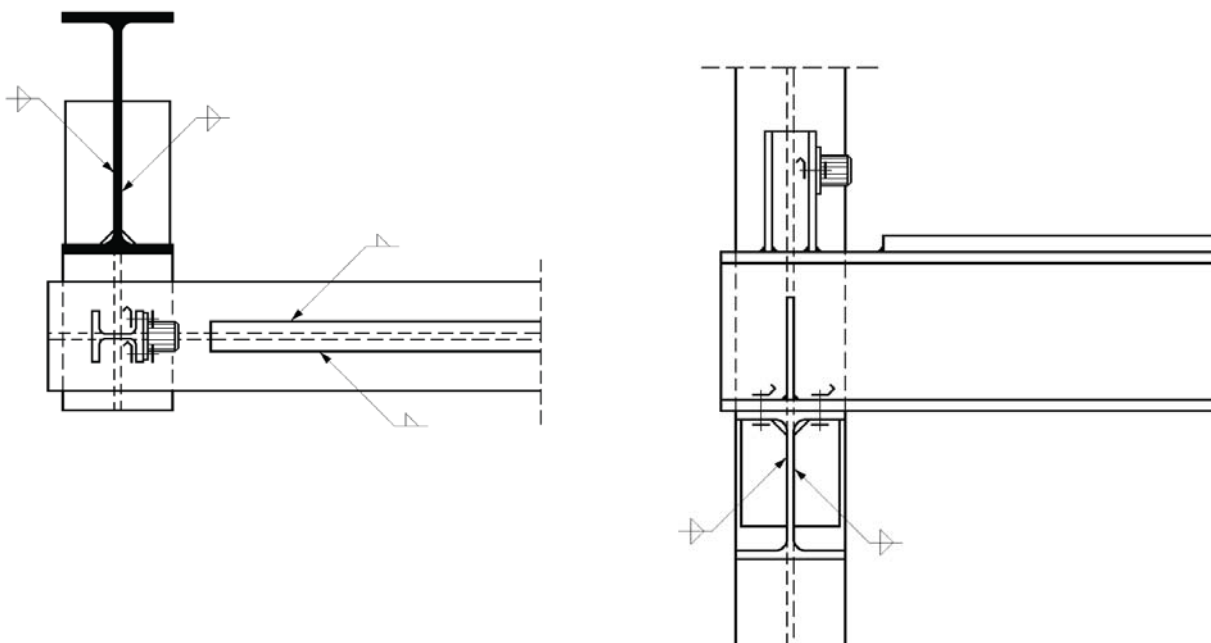
Konsolen mit aufgelagerten Kranbahnträgern



Quelle: www.igl-walker.de

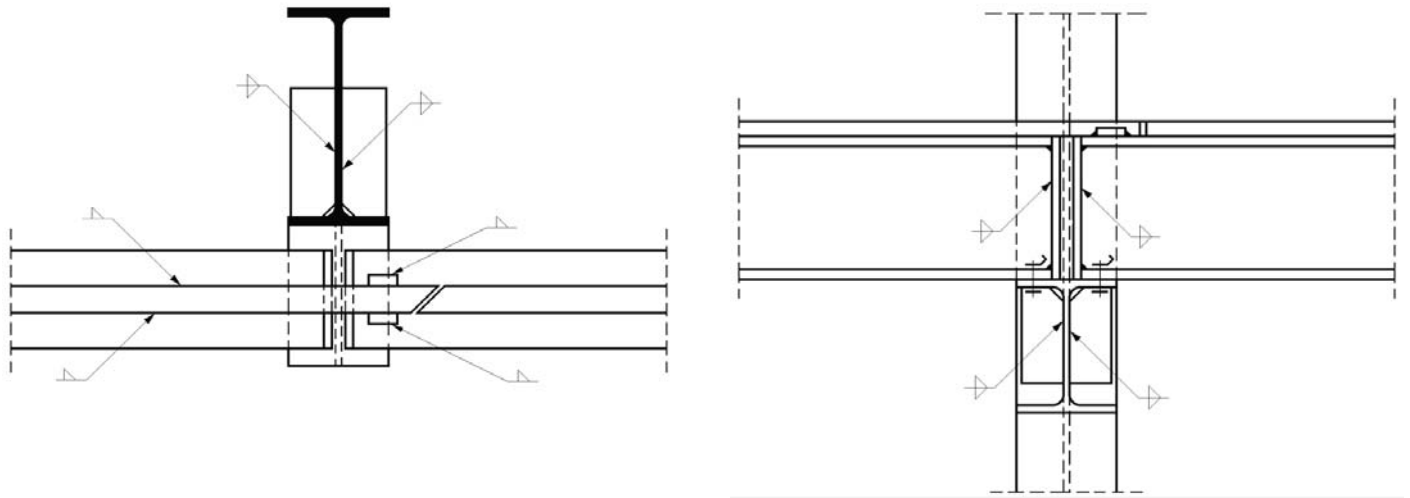
Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Kranbahnträgerende



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Kranbahnträgerstoß



Quelle: Kindmann, R., Krahwinkel, M., Stahl- und Verbundkonstruktionen - Entwurf, Konstruktion und Berechnungsbeispiele, Springer 2012

Hallenbau



Quelle: www.draheim-steel.com