

I DACHTRAGWERKE FÜR HALLEN

Für den Bau von Hallen bietet sich der Baustoff Holz aus verschiedenen Gründen an:

Bei Sporthallen oder Kirchen zum Beispiel bringt Holz eine natürliche Atmosphäre; hinsichtlich der Baubiologie ist zu erwähnen, dass Holz weder das natürliche luftelektrische Feld beeinträchtigt, sich elektrostatisch nicht aufladen lässt, noch die zum Teil lebenswichtige kosmische Strahlung beeinflusst.

Hygroskopische Baustoffe wie Holz speichern Wasserdampf, stehen im ständigen Austausch mit der Raumluft und regulieren die Luftfeuchtigkeit.

Günstige Temperaturverhältnisse für Oberfläche und Raumtemperatur lassen sich mit natürlichen Bau- und Dämmstoffen besonders gut erreichen. Die Wärmeabstrahlung von Menschen gegen kalte Umgebungsflächen kann durch Holzverkleidungen ganz erheblich vermindert werden.

Holzoberflächen haben einen günstigen Einfluss auf die Raumakustik. Ein poröser Baustoff wie Holz mit großer innerer Oberfläche filtert die Luft und nimmt Schadstoffe auf. Diese Sorption reinigt zu einem gewissen Teil verbrauchte Luft, beseitigt unangenehme Gerüche und nimmt sogar giftige Gase synthetischer Stoffe auf.

Auch im Industrieballenbau ist Holz ein beachtlicher Konkurrent gegenüber dem Stahlbau und Stahlbetonbau. Hier sind vor allem die wirtschaftlichen Aspekte maßgebend wie das geringe Eigengewicht von weitgespannten Bindern, was Vorteile bei Transport, Montage und Fundierung bringt. Weitere Vorteile sind die leichte Bearbeitbarkeit auf der Baustelle, der hohe Grad von Vorfertigung im Erzeugerwerk und daher die kurzen Montagezeiten auf der Baustelle.

1 GRUNDLAGEN

Nach diesem Kapitel sind Sie in der Lage:

- die Grundlagen beim Entwurf von Holzkonstruktion zu erklären
- Konstruktionen in zimmereimäßige und ingenieurmäßige zu unterteilen
- verschiedene Varianten der Lastabtragung im Grundriss zu erklären
- unterschiedliche Tragsysteme für die Lastabtragung zu nennen
- die Funktion von Wind- und Aussteifungsverbänden zu erklären

1.1 Abgrenzung der zimmereimäßigen und ingenieurmäßigen Konstruktionen

Unter **zimmereimäßigen Konstruktionen** versteht man den konventionellen Holzbau, welcher sich über die Jahrhunderte aus Erfahrung entwickelt hat und ohne statische Berechnung auskommt. Diese Konstruktionen haben sich aber in Tragfähigkeit und Ästhetik bewährt. Beispiele: Dachstühle geringer bis mittlerer Spannweite, Hänge-, Sprengwerksdachstühle etc.

Ingenieurmäßige Konstruktionen:

Der überwiegende Teil aller heutigen Holzbrücken, Hallen und sonstiger weitgespannter Holzkonstruktionen sind dem Ingenieurholzbau zuzurechnen.

Diese Konstruktionen stehen in Konkurrenz zu Stahl- und Stahlbetonbauweisen und wurden vor längerer Zeit von diesen Bauweisen mangels geeigneter Verbindungsmittel bei den Stabanschlüssen verdrängt. Erst mit dem Aufkommen stählerner Verbindungsmittel und dem Leimbau hat sich das Blatt gewendet. Ingenieurkonstruktionen werden statisch exakt berechnet und von der Kostenseite optimiert, wobei einfache Herstellbarkeit und Montage Grundvoraussetzungen sind. Mit EDV-unterstützten Abbundanlagen wird auch bei komplizierten Konstruktionen ein Präzisionsgrad erreicht, der von Stahl- und Stahlbetonkonstruktionen nicht übertroffen wird.

Ein Merkmal des Ingenieurholzbaus ist, dass Stabanschlüsse nicht mit aufwendigen und querschnittsverschwächenden Holzverbindungen wie Zapfen, Verblattungen usw., wie im traditionellen Holzbau üblich, ausgeführt werden, sondern Anschlüsse fast ausschließlich mit stählernen (mechanischen) Verbindungsmitteln und Stahlblechformteilen erfolgen.

Holz ist kein homogener Baustoff, es hat in den verschiedenen Richtungen ganz unterschiedliche Festigkeiten. Es kann sehr große Druckspannungen und große Zugspannungen längs zur Faser aufnehmen, aber vergleichsweise geringe Druckspannungen normal zur Faser (ca. $\frac{1}{4}$ der Längsdruckspannungen), relativ geringe Schubspannungen (ca. $\frac{1}{10}$ der Längsspannungen) und sehr geringe Zugspannungen quer zur Faser (ca. $\frac{1}{35}$ der Längsspannungen) aufnehmen. Vor der Entwicklung der mechanischen Verbindungsmittel konnte man große Stabkräfte kaum oder nur sehr aufwändig anschließen. Dies war auch ein Grund, weshalb Holzkonstruktionen vor längerer Zeit von Stahl und Stahlbetonkonstruktionen abgelöst wurden.

1.2 Entwurf von Holzkonstruktionen

1.2.1 Konstruktionsziele

1. Konzipierung des Tragwerkes als räumliches Gesamtsystem für die vertikale und horizontale Lastabtragung; wobei das Tragwerk aus mehreren Subsystemen besteht:
 - Haupttragsysteme
 - Nebentragsysteme
 - Dachhautträger
 - Aussteifungsverbände
2. Entwicklung der eigentlichen Tragkonstruktion unter dem Aspekt geeigneter Holzauswahl in Verbindung mit Konstruktionstechniken, Querschnittswahl, Art der Verbindungsmittel und Herstellungstechniken.
3. Art der Berechnung:
 - als räumliches Gesamtsystem oder
 - Zerlegen in ebene Tragwerke,um die Standsicherheit (Tragsicherheitsnachweis), Durchbiegung (Gebrauchstauglichkeitsnachweis) exakt vorherzubestimmen.

1.2.2 Lastabtragung im Grundriss

Die erste Entwurfsüberlegung ist die Festlegung der Lastabtragungsrichtungen im Grundriss. Wesentlich dabei sind die von der Nutzung her möglichen Stützstellungen und die von den Bodenqualitäten abhängigen Gründungsmöglichkeiten.

Prinzipiell kann man zwischen unverzweigten Systemen, z. B. Trägern auf zwei Stützen und Rahmen, und verzweigten Systemen, z. B. Trägerroste oder biegesteife Dreiböcke, unterscheiden.

1.2.3 Lastabtragung im Schnitt

Wesentliche Kriterien dafür sind:

- architektonisches Erscheinungsbild
- erforderliches Lichtraumprofil
- Belichtungsflächen
- Einbauten
- Installationen
- Deckenuntersicht

Diese mehr oder weniger geometrischen Randbedingungen begrenzen den Konstruktionsraum, also diejenigen Bereiche, in denen Tragelemente ausgeführt werden können.

1.2.4 Art der Auflager

Bei schlechtem Baugrund ist es von Nachteil, wenn Tragsysteme mit großen Horizontalschüben gewählt werden, außer man baut Zugbänder ein. Beim Einbau von Brückenkränen kann es wirtschaftlicher sein, eine Konstruktion von in Köchern eingespannten Stahlbetonfertigteilstützen mit darüberliegenden Holzbindern zu wählen.

Bei Rahmenkonstruktionen werden die Stiele – so werden die senkrechten, tragenden Teile der Konstruktion bezeichnet – sinnvollerweise immer in Holz gewählt.

1.2.5 Art der Tragsysteme und überwiegende Art der Lastabtragung

	Träger	Stababzüge	Rahmen	Bogen	Kragssysteme	Hängesysteme
Lineare Systeme						
Verzweigte Systeme	Trägerrost 				Überwiegende Art der Beanspruchung (+/-) Biegung (+) Zug (-) Druck	
	Flächentragwerk 					

1.2.6 Verknüpfung von Haupt- und Nebentragsystem

Nebentragsysteme sind viel weniger durch Stützweite, Geometrie und Lichtraum bestimmt als Haupttragsysteme. Es hat außer der Funktion als Dachhautträger auch wichtige Stabilisierungsaufgaben zu erfüllen. Nebentragsysteme werden auch zur Gestaltung der Innenraumarchitektur herangezogen.

Rahmen erfordern nur quer zur Binderebene Verbände. Konstruktionen mit eingespannten Stützen erfordern den geringsten Aufwand an Verbänden (nur ein Verband in der Dachebene zur Aussteifung des Druckgurtes ist notwendig), dafür aber den größten Fundierungsaufwand.

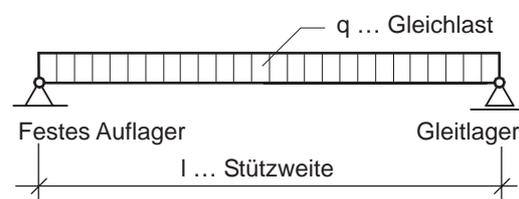
1.2.7 Aussteifungsverbände

Zu unterscheiden sind Wind- und Aussteifungsverbände. Viele dieser Verbände erfüllen beide Funktionen. Jedes Bauwerk erfordert mindestens drei Aussteifungsverbände, deren Wirkungslinien sich nicht in einem Punktschnitten dürfen. Außerdem sind auch Verbände erforderlich, welche das Knicken und Kippen schlanker Stäbe und Tragwerke verhindern.

Art und Anzahl der Verbände sind von der Wahl des Tragwerkes abhängig. Reine Skelettkonstruktionen (Pendelstützen) sind wie „Kartenhäuser“ und erfordern den größten Aufwand an Verbänden (in jeder Rich-

1.3 Einfache lineare Tragwerke

Vergleich der Lastabtragung durch Vollwandbinder und Fachwerkbinder am Beispiel eines Trägers auf zwei Stützen (siehe Abbildungen Seite 9):



System und Belastung

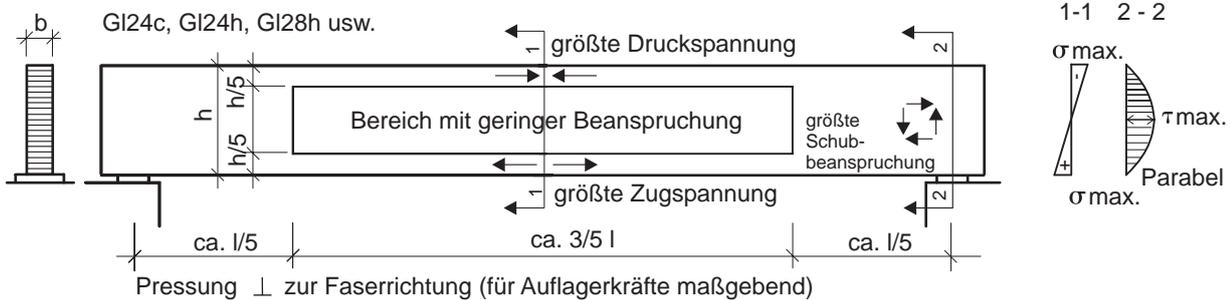
Werden Vollwandträger belastet, so treten wegen der durch die Belastung hervorgerufenen Schnittkräfte (Quer- und Normalkräfte) und Biegemomente über die gesamte Fläche Spannungen (Biege- und Schubspannungen) auf. In den Randzonen erreichen diese Spannungen jeweils ihre Maximalwerte. An der Stelle des größten Biegemomentes sind die Biegespannungen am oberen und unteren Trägerrand am größten; die Schubspannung ist hier hingegen Null. Umgekehrt sind im Bereich der Auflager die Schubspannungen am größten und die Biegespannung gleich Null.

Nimmt man dies bei der Entwicklung eines Fachwerkes als Grundlage, so ordnet man in den Randzonen des Trägerumrisses starke Hölzer an (werden als Gurte bezeichnet) und verbindet diese anstelle eines vollflächigen Steges mit einem Netzwerk steifer Dreiecke. In diesem Fall übernehmen die Gurte konzentriert die Biegespannungen des Vollwandbinders.

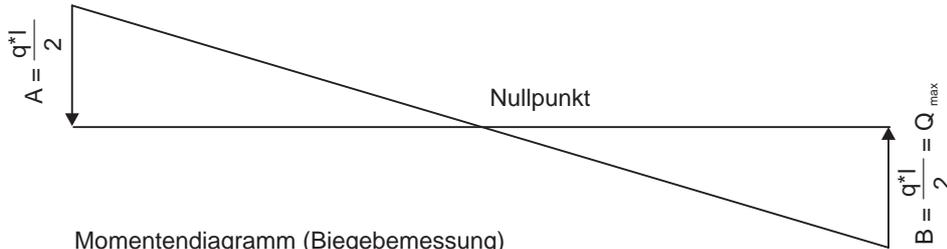
Die Schubspannungen werden in die Füllstäbe zerlegt.

Die Testfragen zu diesem Abschnitt finden Sie auf der nächsten Seite.

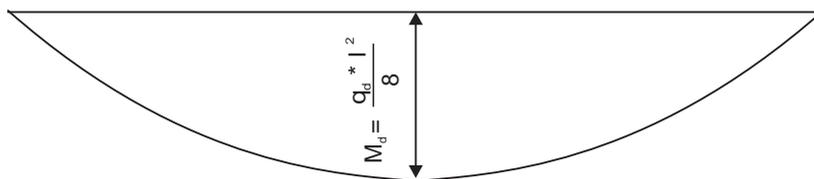
Zonen der größten Beanspruchung



Querkraftdiagramm (zur Schubbemessung erforderlich)



Momentendiagramm (Biegebemessung)
(quadratische Parabel)



$$d = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot h \cdot b} \quad f_{vd}$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

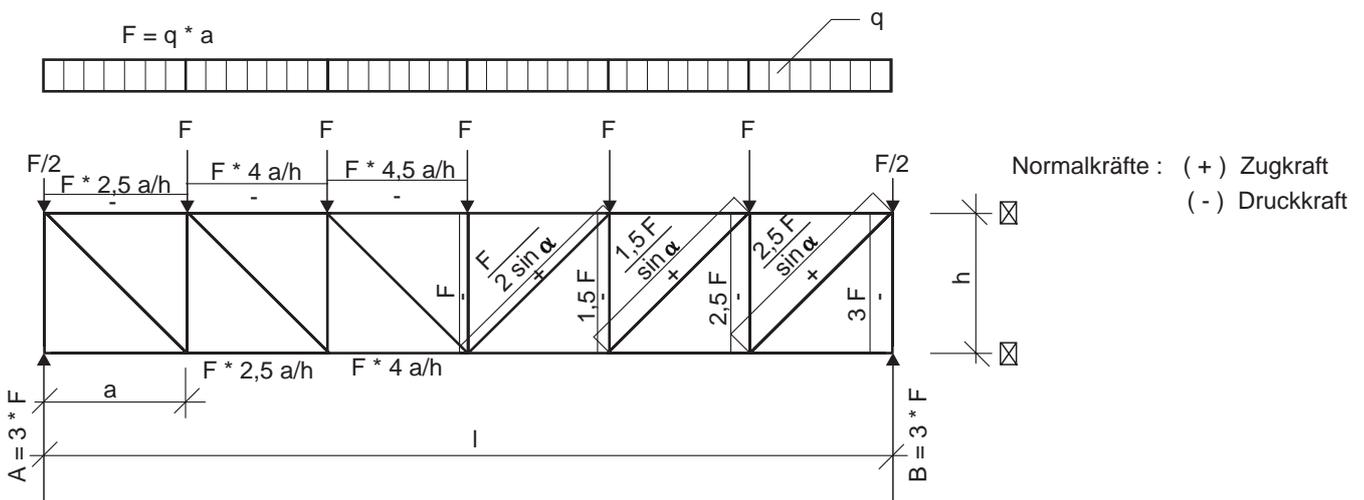
$$d = \frac{M_d}{W} \cdot \frac{f_{mk} \cdot k_{mod}}{V_m}$$

$$f_{md} = f_{mk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m}$$

$$d = \frac{1,5 \cdot V_d}{b \cdot h} \cdot f_{vk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_m}$$

$$q_d = q_k \cdot \gamma_{GQ} \quad (\gamma_{GQ} \approx 1,4)$$

1. Variante: Vollwandbinder mit Rechteckquerschnitt



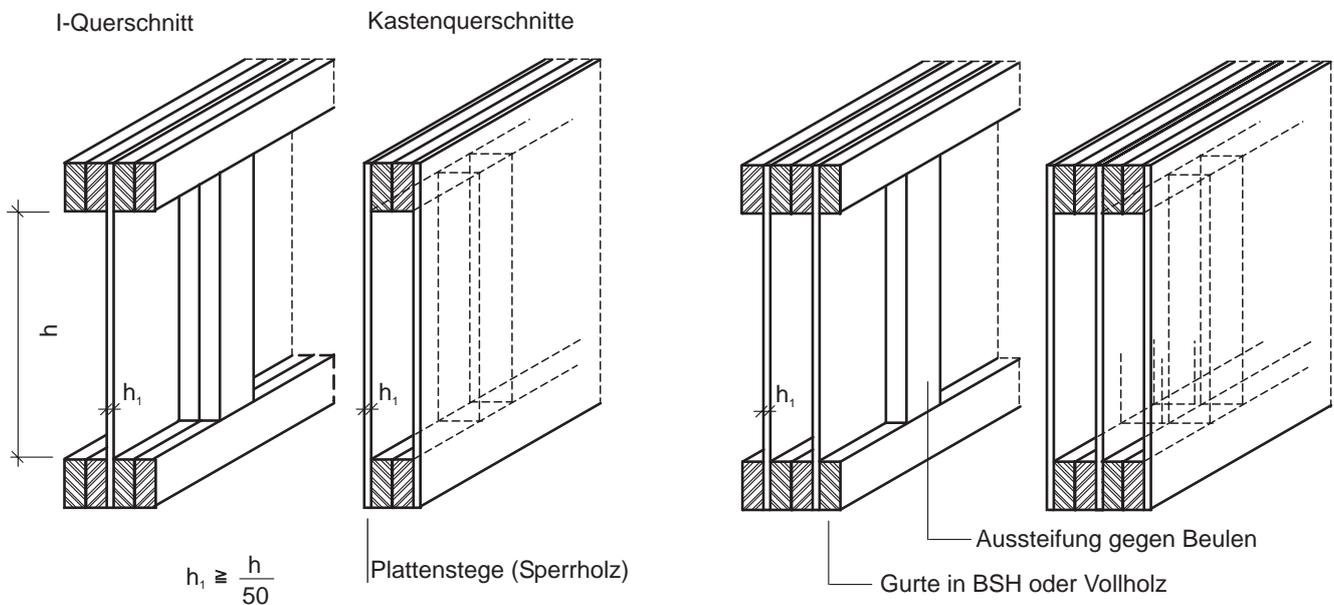
2. Variante: Fachwerkträger als Parallelbinder

2 VOLLWANDTRÄGER

Nach diesem Kapitel sind Sie in der Lage:

- verschiedene Konstruktionsformen bei Biegeträgern zu nennen
- den Aufbau von Vollwandträgern zu erklären

Gurte aus Vollholz
Gurte aufgenagelt oder mit Nagelpressleimung verbunden



Querschnittsformen von Biegeträgern

Testen Sie Ihr Wissen:

1 Grundlagen:

- Nennen Sie verschiedene Arten von Aussteifungsverbänden.
- Beschreiben Sie die Aufgabe von Aussteifungsverbänden.
- Nennen Sie die vier Subsysteme bei der Lastabtragung von Tragwerken.

2 Vollwandträger:

- Nennen Sie die zwei Konstruktionsarten bei Biegeträgern.
- Beschreiben Sie, wie die Gurte bei Biegeträgern ausgeführt sein können.

3 FACHWERKTRÄGER (FACHWERKBINDER)

Nach diesem Kapitel sind Sie in der Lage:

- die Konstruktionsteile der Fachwerkträger zu nennen und diese auch zu erklären
- die verschiedenen Konstruktionsarten bei Fachwerkträgern aufzuzählen
- über die Ermittlung der Stabkräfte Auskunft zu geben
- Möglichkeiten zur Ermittlung von Stabkräften zu nennen

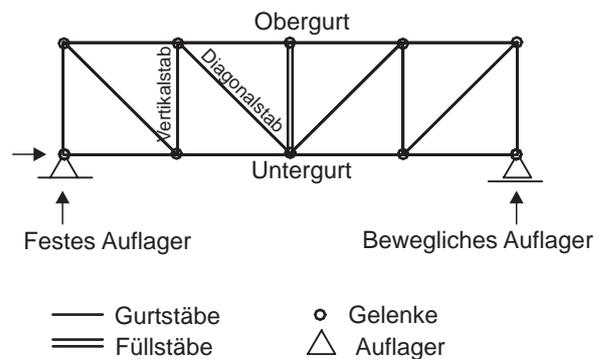
Allgemeines

Fachwerkträger sind Träger, die in einzelne Stäbe aufgelöst sind. Dabei sind (oder man nimmt dies theoretisch an) alle Stäbe gelenkig untereinander verbunden und nehmen ausschließlich Normalkräfte (Zug, Druck) auf.

Bei einem Fachwerkträger entstehen bei gleicher äußerer Belastung die gleichen Auflagerkräfte, Biegemomente und Querkräfte wie beim Vollwandträger. Die Biegemomente werden in Druck- und Zugkräfte in den Gurten zerlegt. Aus Querkräften ergeben sich in den Füllstäben (Diagonal- oder Vertikalstäbe) ebenfalls Zug- und Drucknormalkräfte. Die erforderlichen Stabquerschnitte ergeben sich meist aus dem Knicknachweis der Druckstäbe bzw. aus den erforderlichen Querschnittsabmessungen für die jeweiligen Verbindungsmittel.

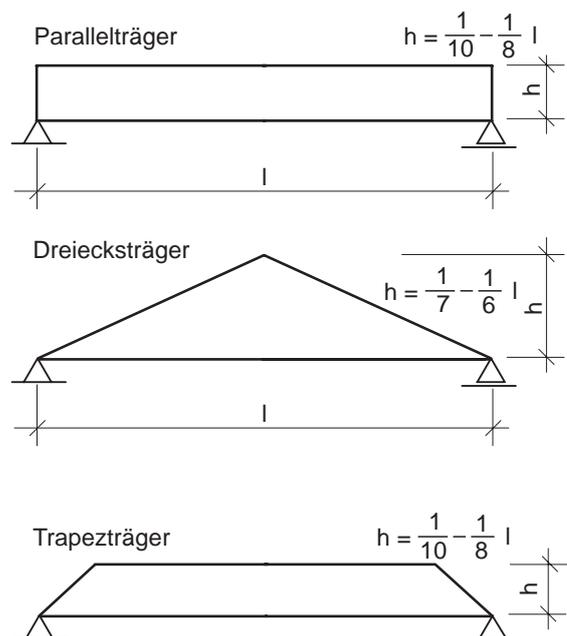
Beim Durchbiegungsnachweis ist die Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel zu beachten. Die auf Druck beanspruchten Gurte (meist Obergurte) sind gegen Knickungen aus der Binderebene auszusteifen; in der Binderebene sind sie an den Anschlusspunkten der Füllstäbe unverschiebbar gehalten. Um Nebenbiegemomente weitgehend zu vermeiden, sind die Lasten möglichst in Knotennähe einzuleiten; das führt zur Übereinstimmung von Pfetten bzw. Sparrenabständen mit Knotenpunkten.

3.1 Fachwerkträgerteile



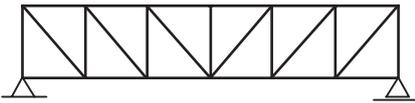
3.2 Fachwerkträgerarten

3.2.1 Nach Umriss

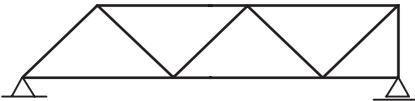


3.2.2 Nach Ausfachung

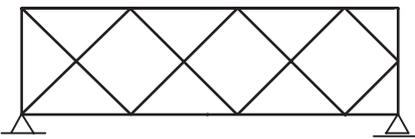
Ständerfachwerk mit Zugdiagonalen



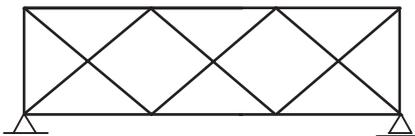
Strebenfachwerk



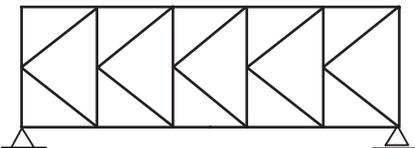
Rautenfachwerke
asymmetrisch statisch bestimmt



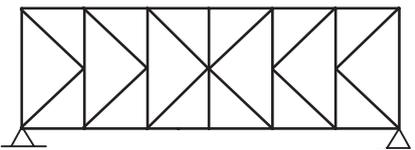
symmetrisch statisch unbestimmt



K-Fachwerke
asymmetrisch statisch bestimmt



symmetrisch statisch unbestimmt

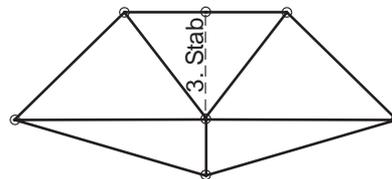


3.3 Bildungsgesetze

1. Bildungsgesetz für Fachwerke

Um ein Fachwerk unverschieblich zu gestalten, sind folgende Aufbaukriterien zu beachten:

- a) Es müssen mindestens drei Auflager vorhanden sein.
- b) Von einer steifen Grundfigur (Dreieck) ausgehend, sind alle weiteren Knoten so anzuschließen, dass sie gegenüber der Grundfigur unverschieblich gehalten sind. Dazu braucht jeder weiter anzuschließende Knoten mindestens zwei Stäbe. Diese beiden Stäbe dürfen jedoch nicht in einer Geraden liegen, außer der Knoten wird durch einen dritten Stab ausgesteift.



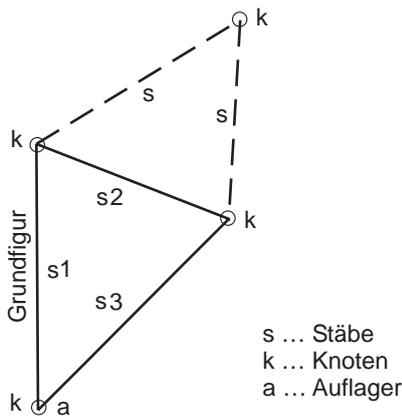
Grundsätzlich sollte ein Fachwerk aus Dreiecken bestehen. Das bedeutet jedoch nicht, dass jedes Stabviereck ein Fachwerk verschieblich macht (siehe Abbildung links, Rautenfachwerk).



Fachwerkträger in Privathaus, Werfen

Zum 1. Bildungsgesetz

Beziehung zwischen der Anzahl der Knoten – Stäbe – Auflager.



$$s = 3 + 2(k - 3)$$

$$s = 3 + 2k - 6$$

$s = 2k - 3$... Anzahl der unbekannt Stäbe bei statisch bestimmter Lagerung – drei Auflagerkomponenten $a = 3$

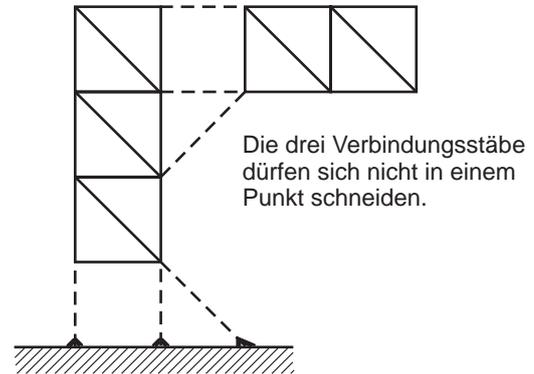
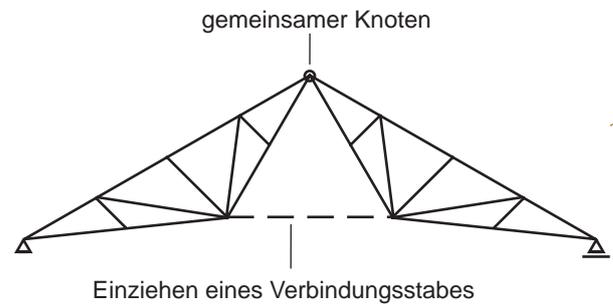
Σ Unbekannte:

$$s + a = 2k - 3 + 3 = s + a = 2k$$

$$s = 2k - a \rightarrow s + a - 2k = n$$

2. Bildungsgesetz

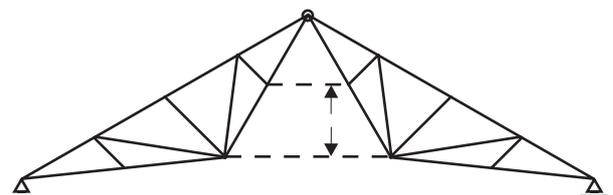
Das 2. Bildungsgesetz besagt, dass man aus zwei unverschieblichen, statisch bestimmten Fachwerken auf zwei Wegen ein neues, ebenfalls unverschiebliches und statisch bestimmtes Fachwerk bilden kann.



Diese Binder lassen sich durch das 1. Bildungsgesetz nicht herstellen.

3. Bildungsgesetz (Gesetz der Stabvertauschung)

Jedes nach dem 1. und 2. Bildungsgesetz aufgebaute, statisch bestimmte gelagerte Fachwerk lässt sich durch Herausnehmen eines Stabes und Einsetzen eines neuen Stabes in ein anderes statisch bestimmtes Fachwerk umwandeln.



3.4 Ermittlung der Stabkräfte

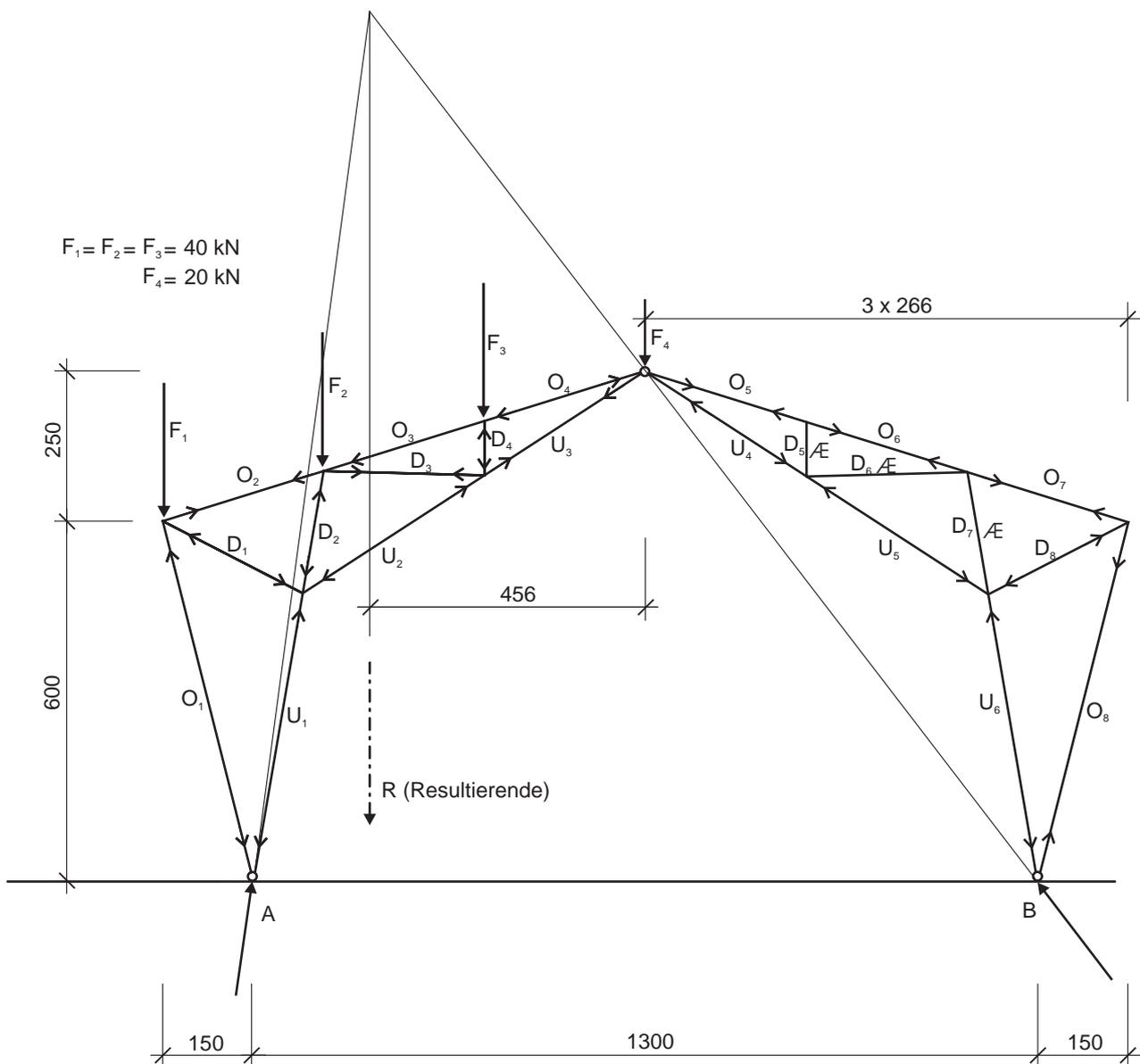
Zur Ermittlung der größten Stabkräfte müssen die verschiedenen Lastfälle wie Eigengewicht, Schnee und Nutzlasten getrennt untersucht werden.

Es gibt zwei Verfahren, um die Stabkräfte zu ermitteln:

- grafisch nach dem Cremonaverfahren
- rechnerisch nach dem Ritterschen Schnittverfahren

Bei beiden Verfahren sind für jeden Knoten die Gleichgewichtsbedingungen zu erfüllen:

- grafisch: Die Kräfte sind an einem Punkt im Gleichgewicht, wenn die Resultierende verschwindet.
- rechnerisch: Die Gleichungen $\sum V = 0$, $\sum H = 0$, $\sum M = 0$ werden aufgestellt.



Ermittlung der Stabkräfte; Dreigelenksrahmen – Fachwerkbinder

3.4.1 Cremonaverfahren

Vorgang:

1. Das Bindersystem wählen.
2. Das Bindersystem im Maßstab 1 : 100, 1 : 50 auftragen.
3. Die Belastungen des Binders werden näherungsweise als Einzelkräfte in den Knotenpunkten angreifend angesetzt.
4. Die Auflagerreaktionen werden grafisch oder rechnerisch wie für Träger auf zwei Stützen ermittelt.
5. Die äußeren Kräfte (Belastungen und Auflager) werden im Uhrzeigersinn, wie sie am Fachwerk aufeinander folgen, aneinander gereiht und müssen ein geschlossenes Krafteck bilden.
6. Mit der Bestimmung der Stabkräfte beginnt man bei einem Knoten, bei dem nur zwei Stäbe unbekannt sind.
7. Die Kräfte werden, beginnend mit der 1. bekannten Kraft, einem im Uhrzeigersinn folgenden Rundschnitt, nacheinander zu einem geschlossenen Krafteck aufgetragen.
8. Die Kraftrichtungen im Cremonaplan werden in das Bindersystem übertragen. Zeigt die Kraft zum Knoten, tritt Druck (-) auf, zeigt sie vom Knoten, tritt Zug (+) auf.
9. Für den folgenden Knoten sind die Richtungen umzukehren.

Cremonaplan für asymmetrische Belastung:

Werden spiegelgleiche Stäbe addiert, so erhält man den symmetrischen Lastfall, wie z. B. Eigengewicht + Schnee voll.

Cremonaplanauswertung in kN bei Belastung:

asymmetrisch

symmetrisch

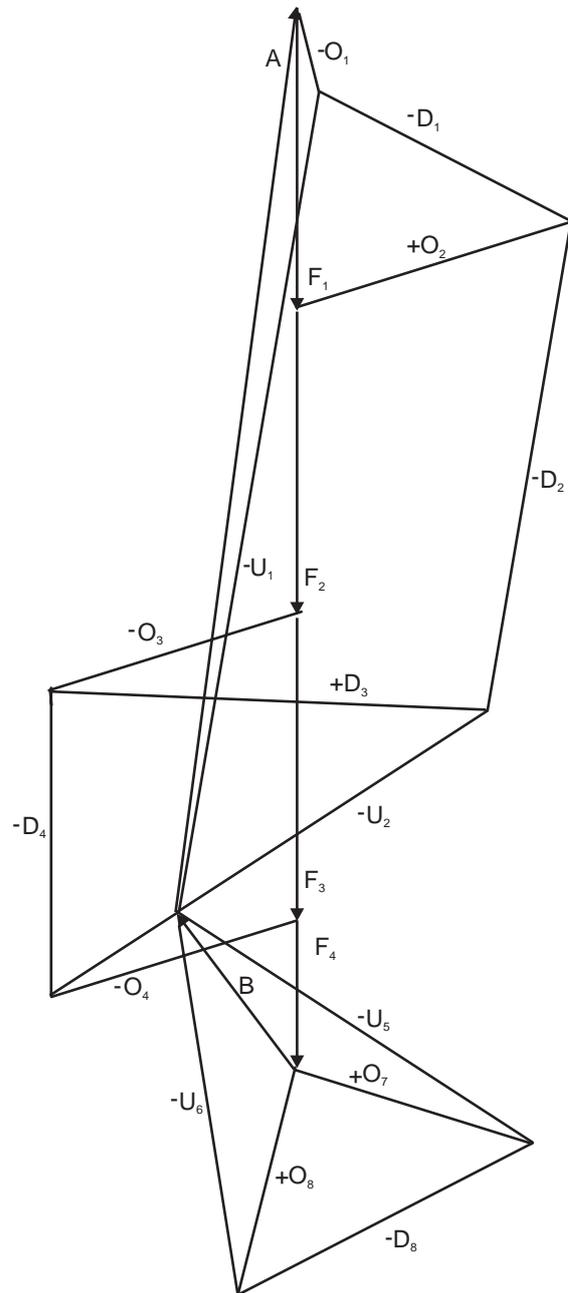
O_3 O_8

$O_3 = +100$

$+100 + 76 = +176$

$D_4 = -84$

$-84 - 0 = -84$

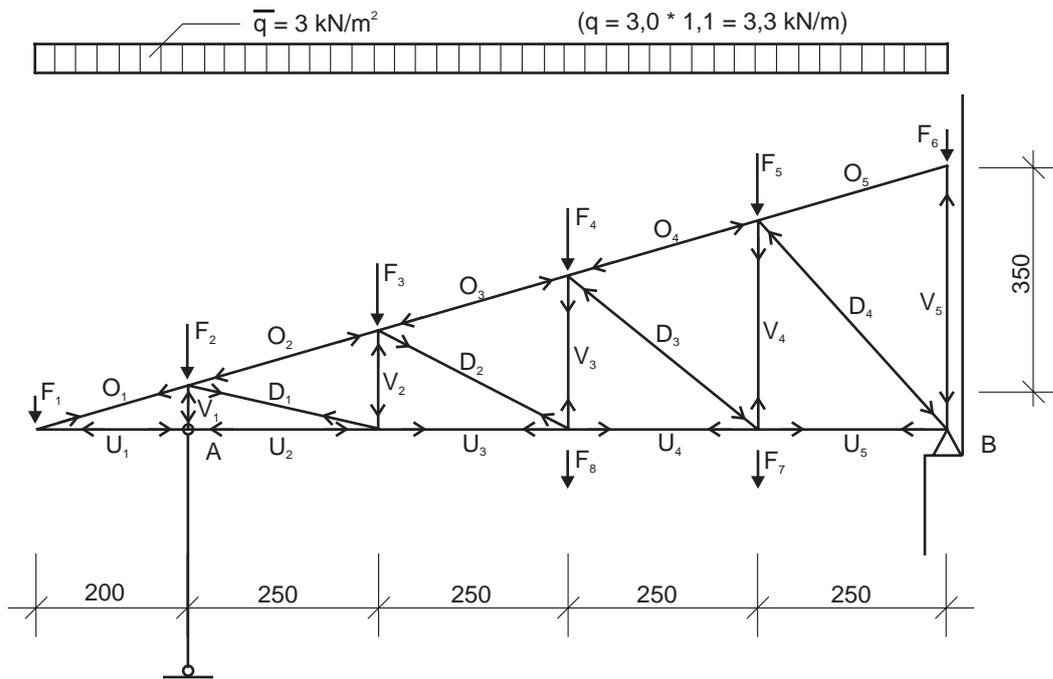


Cremonaplan für einseitige Belastung
asymmetrisch: KM: 1 cm \triangleq 10 kN

Stab	Asymmetrische Belastung	Symmetrische Belastung
O_1	$O_1 = -11$ kN	$O_1 + O_8 = -11 + 31 = 20$ kN
O_2	$O_2 = +38$ kN	$O_2 + O_7 = +38 + 33 = 71$ kN
U_1	$U_1 = +111$ kN	$U_1 + U_6 = -111 - 52 = -163$ kN
U_3	$U_3 = +20$ kN	$U_3 + U_8 = +20 - 56 = -36$ kN
D_3	$D_3 = +58$ kN	$D_3 + D_6 = +58 + 0 = +58$ kN

$a = 1,10 \text{ m}$ $\bar{q} = 3 \text{ kN/m}^2$ ($q = 3,0 * 1,1 = 3,3 \text{ kN/m}$)

Abstand 1,10m



$$F_1 = 3,3 * 1,0 = 3,3 \text{ kN}$$

$$F_2 = 3,3 * 2,25 = 7,42 \text{ kN}$$

$$F_3 = F_4 = F_5 = 3,3 * 2,5 = 8,25 \text{ kN}$$

$$F_6 = 3,3 * 1,25 = 4,13 \text{ kN}$$

$$F_7 = F_8 = 3,3 * 1,25 = 5 \text{ kN}$$

$$M_B = +A * 10 - \frac{3,3 * 12,0^2}{2} - 5,0 * 5,0 - 5,0 * 2,5 =$$

$$A = \frac{237,6 + 25 + 12,5}{10} = 27,5 \text{ kN}$$

$$F_y = (-3,3 * 12,0) - 5,0 - 5,0 + 27,5 + B =$$

$$B = 39,6 + 5 + 5 - 27,5 = 22,1 \text{ kN}$$

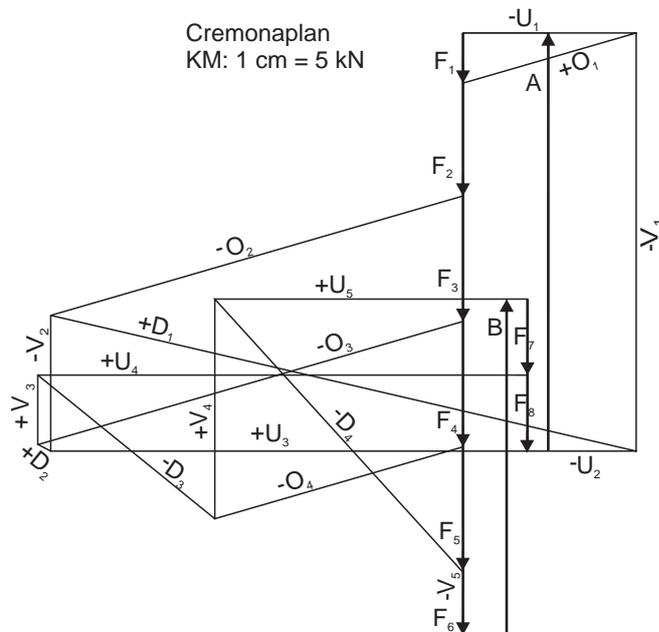
$$O_1 = +11,8 \text{ kN}$$

$$O_2 = -28,0 \text{ kN}$$

.

$$U_1 = -11,3 \text{ kN}$$

usw.



Cremonaplan Pultdachbinder

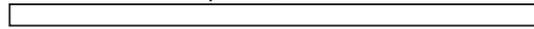
Schnee asymmetrisch

$$ps_L = 2,35 \cdot 1,0 \cdot 1,10 = 2,58$$

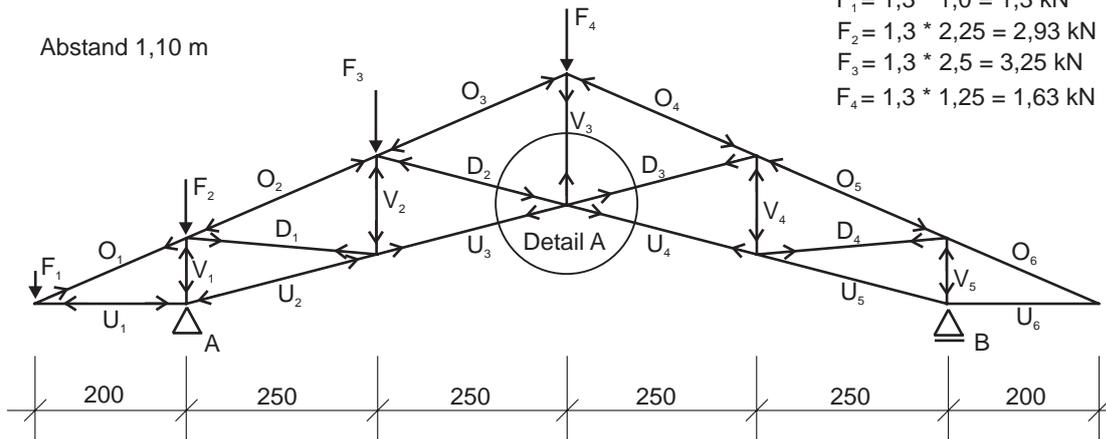
$$ps_R = 2,35 \cdot 0,5 \cdot 1,10 = 1,30$$



Ersatzlast $\Delta ps = 1,3 \text{ kN/m}$



Abstand 1,10 m



$$F_1 = 1,3 \cdot 1,0 = 1,3 \text{ kN}$$

$$F_2 = 1,3 \cdot 2,25 = 2,93 \text{ kN}$$

$$F_3 = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ kN}$$

$$F_4 = 1,3 \cdot 1,25 = 1,63 \text{ kN}$$

$$A = 1,3 \cdot 7,0 \cdot \frac{8,5}{10,0} = 7,7 \text{ kN} \quad B = 1,3 \cdot 7,0 - 7,7 = 1,4 \text{ kN}$$

Umrechnung für Schnee voll:

Spiegelgleiche Stäbe addieren * 2

$$\text{z.B.: } O_2 = (O_2 + O_5) \cdot 2 = [(-5,1) + (-4,1)] \cdot 2 = -18,4$$

$$D_2 = (D_2 + D_3) \cdot 2 = [(-0,9) + (+1,9)] \cdot 2 = +2,0$$

$$U_3 = (U_3 + U_4) \cdot 2 = [(+4,8) + (+2,0)] \cdot 2 = +13,6$$

$$V_3 = V_3 \cdot 4 = 1,8 \cdot 4 = +7,2$$

Umrechnung für Schnee asymmetrisch

Spiegelgleiche Stäbe addieren + Stab im Bereich Δps :

$$\text{z.B.: } O_2 = 2 \cdot O_2 + O_5 = (2 \cdot 5,1) + 4,1 = +14,3$$

$$D_2 = D_2 + D_3 + D_2 = [2 \cdot (-0,9)] + 1,9 = +0,1$$

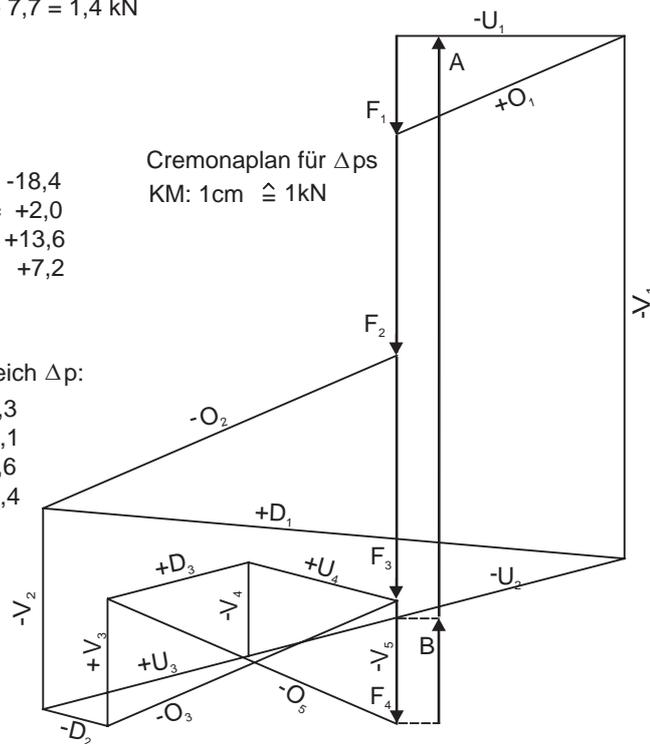
$$U_3 = U_3 + U_4 + U_3 = (2 \cdot 4,8) + 2,0 = +11,6$$

$$V_3 = V_3 \cdot 3 = 1,8 \cdot 3 = +5,4$$

(ständige Last $g=0,9 \text{ kN/m}$)

Cremonaplan für Δps

KM: 1cm $\hat{=}$ 1kN



Cremonaplan Fachwerkbinder

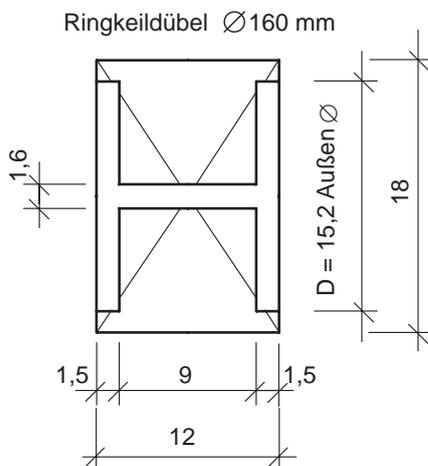
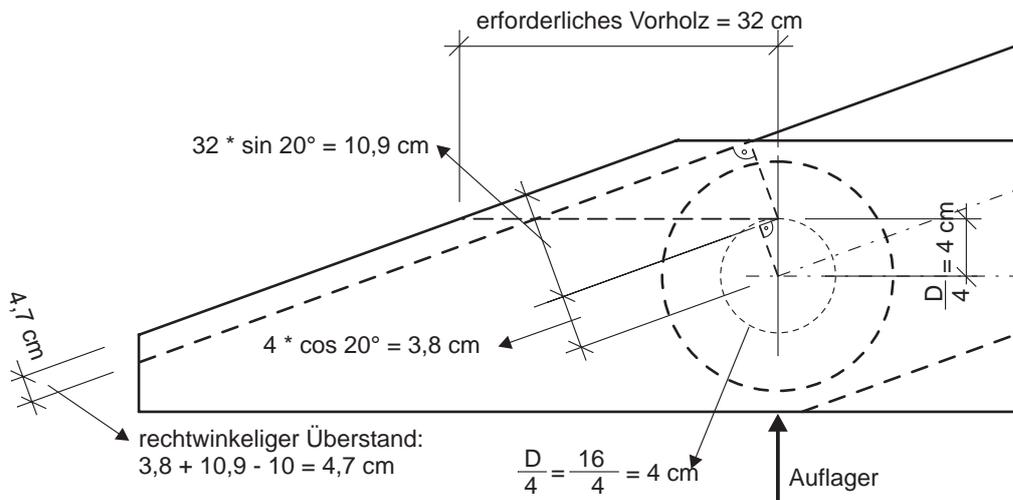
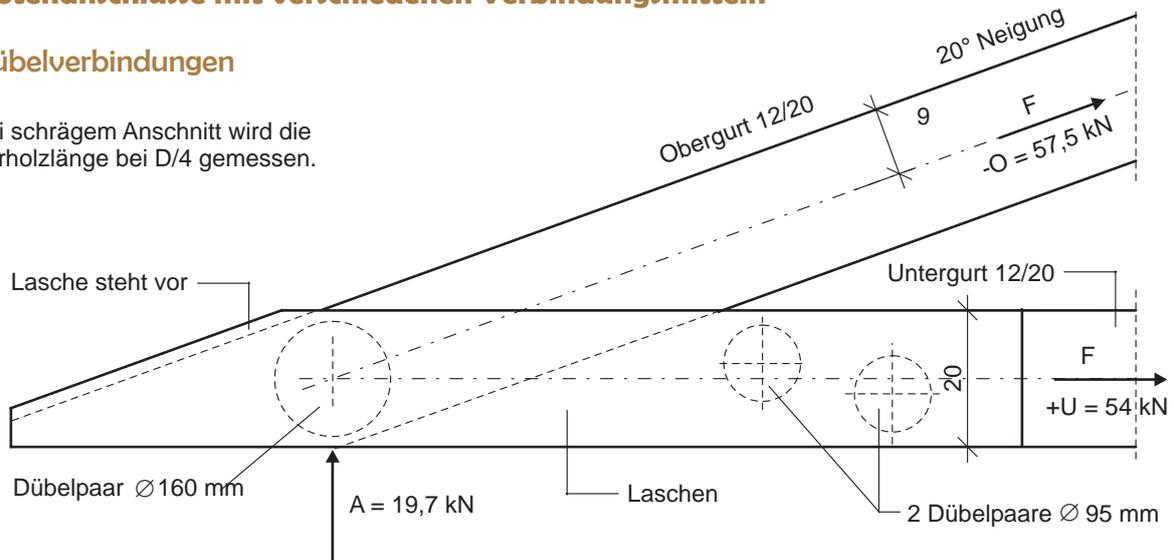
Stabkräfte charakteristisch:

Stab	Eigengewicht $N = S_{\text{voll}} \cdot \frac{g}{q_s} \cdot \frac{0,9}{2,58}$	Schnee asymmetrisch	Schnee voll	Wind links geschätzt	Wind rechts	Max. Zug	Min. Druck
O ₂	-6,4	-14,3	-18,4	+4,5	-	-	-24,8
D ₂	+0,7	+0,1	+2,0	-0,3	-	+2,7	-
U ₃	+4,75	+11,6	+13,6	-5,5	-	+18,35	-0,75
V ₃	+2,65	+5,4	+7,2	-2,5	-	+9,85	-

3.5 Knotenanschlüsse mit verschiedenen Verbindungsmitteln

3.5.1 Dübelverbindungen

Bei schrägem Anschnitt wird die Vorholzlänge bei $D/4$ gemessen.



Berechnung eines Auflagerknotens für ein Fachwerk mit Ringkeildübeln (Dübeltyp A1) nach ÖNORM EN 1995-1-1:

Stabkräfte:

Obergurt: $F_{O,k} = 57,4 \text{ kN}$, $F_{O,d} = F_{O,k} \times \gamma_{G,Q} = 57,4 \times 1,4 = 80,4 \text{ kN}$
 Untergurt: $F_{U,k} = 54,0 \text{ kN}$, $F_{U,d} = F_{U,k} \times \gamma_{G,Q} = 54,0 \times 1,4 = 75,6 \text{ kN}$,
 je Lasche $\frac{1}{2} \times 75,6 = 37,8 \text{ kN}$

Gewählt:

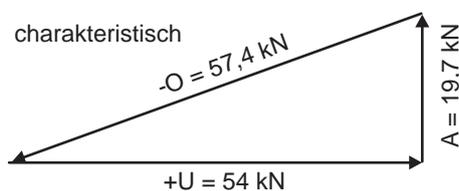
Obergurt 12/20 C30, Untergurt 12/20 C30, mit Laschen $2 \times 8/20 \text{ C30}$ an Obergurt mittels zwei Ringkeildübeln $\varnothing 160 \text{ mm} + \text{M16}$ angeschlossen (Bolzen werden bei Dübeltyp A1 nicht mitgerechnet.)

Nachweis Dübel für KLED kurz, NKL 2:

$$R_{c,\alpha,d} = \text{Dübelanzahl} \times R_{c,\alpha,k} \times k_{\text{mod}} \div \gamma_m \times k_\alpha$$

$$R_{c,\alpha,d} = 2 \times 76,91 \times 0,9 \div 1,3 \times 0,946 = 100,7 \text{ kN} > 75,6 \text{ kN}^*$$

* Die Werte $R_{c,\alpha,k}$ und k_α entstammen: Colling, Francois: Holzbau-Beispiele. Vieweg und Teubner Verlag. 2. Auflage 2004.



Nettoquerschnitt des Untergurtes

Nachweis Laschen (Seitenholz):

$A_{\text{netto}} = A - \Delta A$ (Laschenquerschnitt minus Dübelausnehmung, minus Bolzenausnehmung)

$$\Delta A = d_c \times h_e + (d_{Bo} + 1 \text{ mm}) \times (\alpha_s - h_e)$$

$$\Delta A = 16 \times 2,25 + (1,6 + 0,1) \times (8 - 2,25) = 45,8 \text{ cm}^2$$

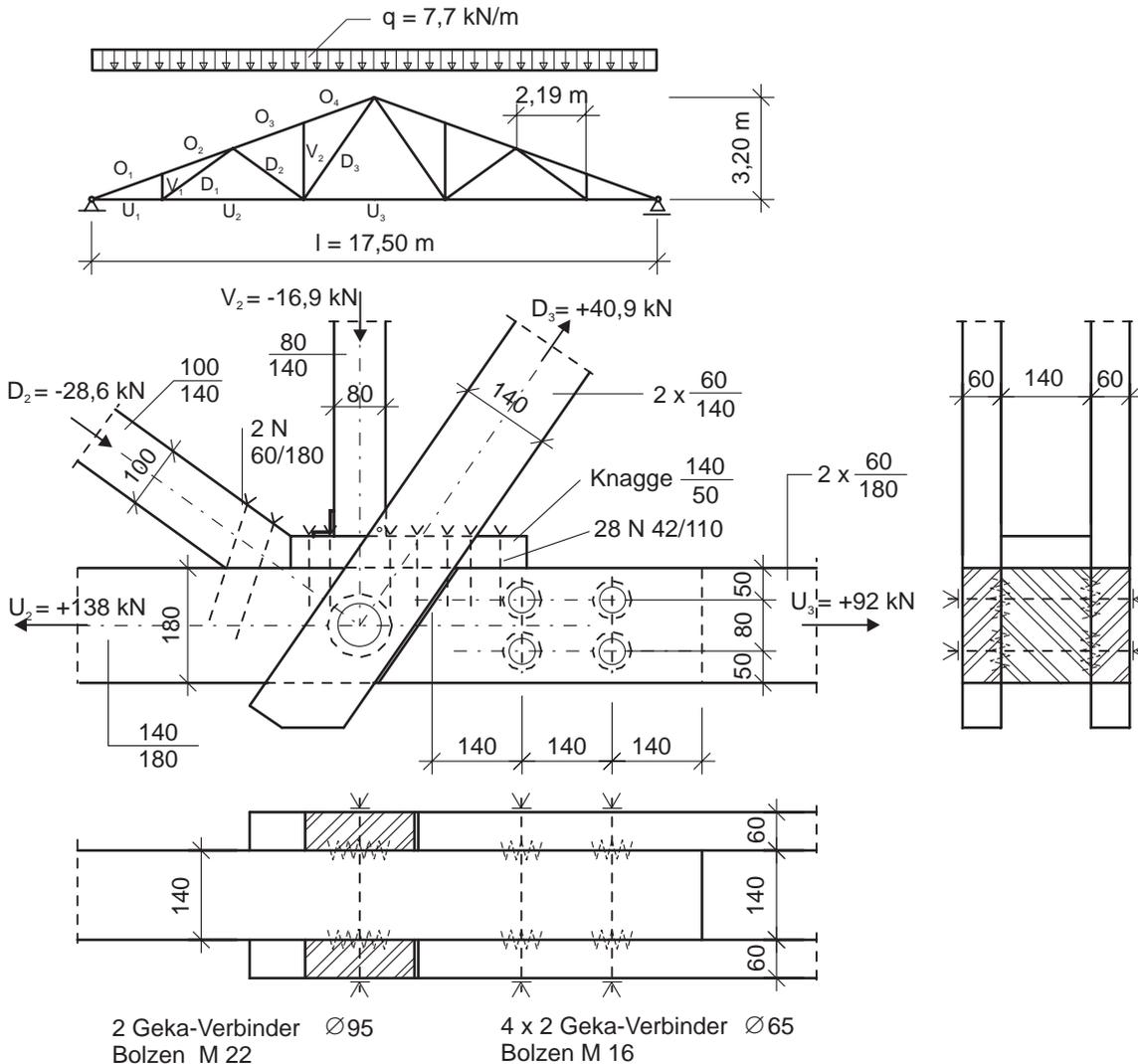
$$A_{\text{netto}} = 8 \times 20 - 45,8 = 114,2 \text{ cm}^2$$

$$10 \times 0,5 \times F_{U,d} \div A_{\text{netto}} = < k_{t,e} \times f_{t,0,k} \times k_{\text{mod}} \div \gamma_m$$

$$10 \times 37,8 \div 114,2 = 3,3 \text{ N/mm}^2 < 0,4 \times 18 \times 0,9 \div 1,3 = 5,0 \text{ N/mm}^2$$

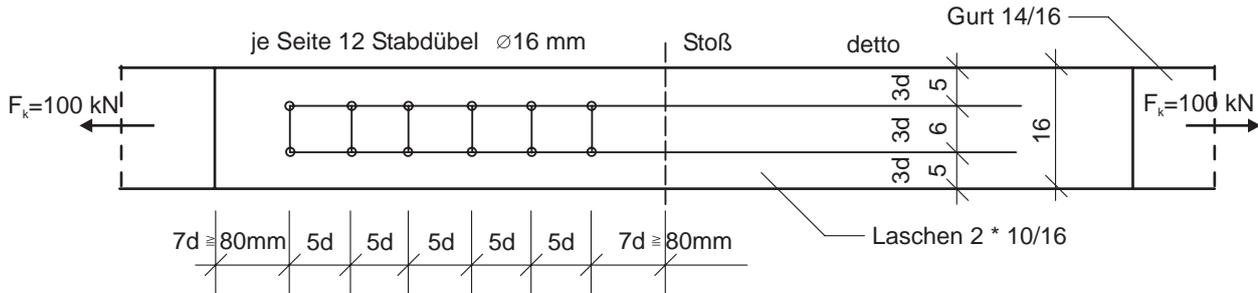
Werte $k_{t,e}$ für Anschlüsse mit Verkrümmung der einseitig beanspruchten Stäbe (d. h. am Laschenende sind keine zusätzlichen Klemmbolzen vorhanden) $k_{t,e} = 0,4$ sonst $k_{t,e} = 2/4$.

3.5.2 Knoten mit Untergurtstoß



3.5.3 Stabdübelverbindung

Der Zugstoß beim Gurt hat keine Biegebeanspruchung.



Berechnung eines Gurtzugstoßes für ein Fachwerk mit Stabdübeln nach ÖNORM EN 1995-1-1:

Stabkraft:

$$\text{Gurt: } F_k = 100 \text{ kN}, F_d = F_k \times \gamma_{G,Q} = 100 \times 1,4 = 140 \text{ kN}$$

Gewählt:

Gurt 14/16 C24, mit Laschen 2 × 10/16 C35 und 2 × 12 Stabdübel Ø 16 mm S235 angeschlossen

Nachweis Dübel je Scherfuge × 2:

$$R_d = \text{Dübelanzahl} \times R_k \times k_{\text{mod}} \div \gamma_m \times k_{h,ef,0}$$

$$R_d = 2 \times 12 \times 10,61 \times 0,9 \div 1,1 \times 0,703 = 146,4 \text{ kN} > 140,0 \text{ kN}$$

Nachweis Gurt (Mittelholz) für KLED kurz, NKL 2:*

$$A_{\text{netto}} = A - \Delta A \text{ (Laschenquerschnitt minus Stabdübelausnehmung)}$$

$$\Delta A = n \times d_{\text{Dü}} \times a_m$$

$$\Delta A = 2 \times 1,6 \times 14 = 44,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{netto}} = 14 \times 16 - 44,8 = 179,2 \text{ cm}^2$$

$$10 \times F_d \div A_{\text{netto}} = < f_{t,0,k} \times k_{\text{mod}} \div \gamma_m$$

$$10 \times 140 \div 179,2 = 7,8 \text{ N/mm}^2 < 14 \times 0,9 \div 1,3 = 9,7 \text{ N/mm}^2$$

3.5.4 Nagelverbindung – Anschluss von Zugdiagonalen

Gewählt N 42/100

3 + 12 – 10 = 5 cm von der gegenüberliegenden Scherfläche 8d entfernt. Nagelbilder um d versetzt.

Berechnung – Anschluss eines schrägen Zugstabes mit Nägeln nach ÖNORM EN 1995-1-1:

Stabkraft:

$$\text{Gurt: } F_k = 25,5 \text{ kN}, F_d = F_k \times \gamma_{G,Q} = 100 \times 1,4 = 35,7 \text{ kN}$$

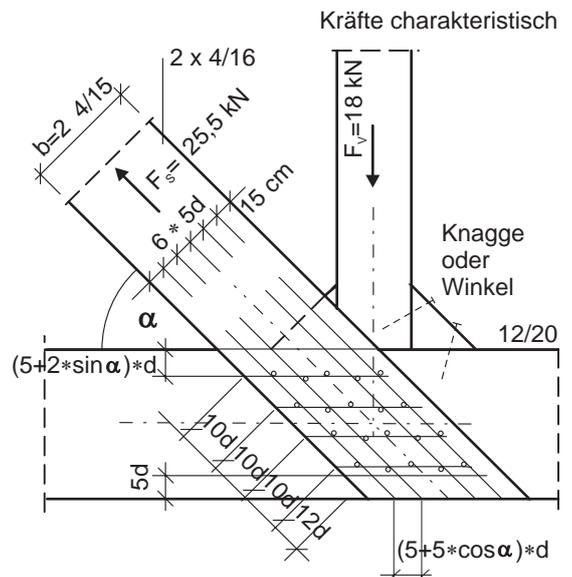
Gewählt:

Gurt 12/20 C30, Zugstab 2 × 4/16 C30 mit 2 × 20 Nägel Ø 4,2 mm (42/100) angeschlossen (nicht vorgebohrt).

Nachweis Nägel je Scherfuge × 2, für KLED kurz, NKL 2:

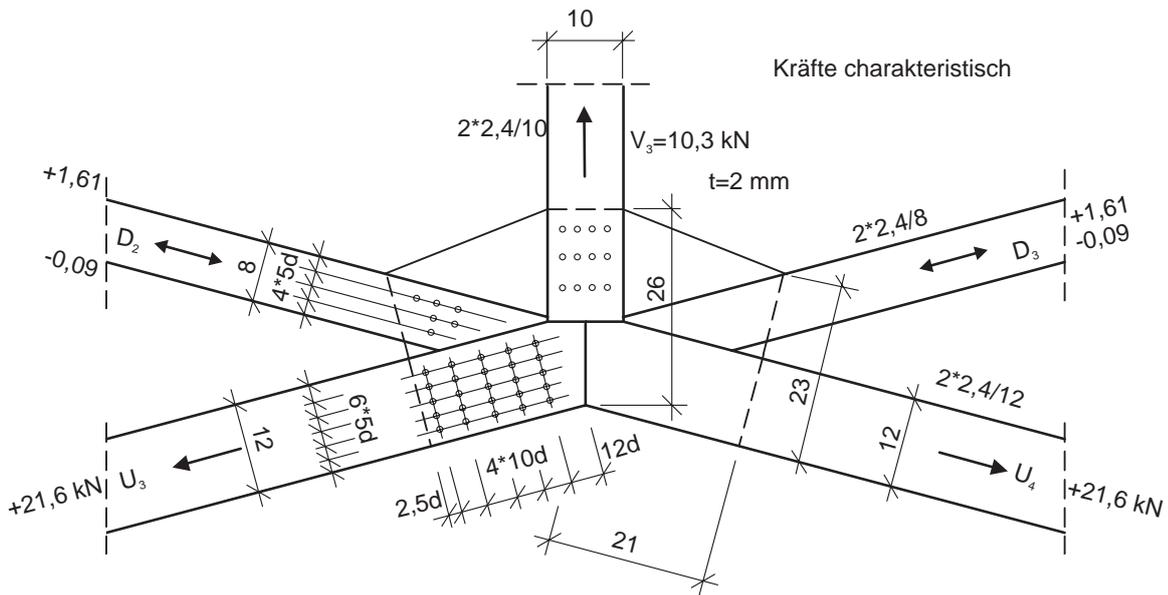
$$R_d = \text{Nagelanzahl} \times R_k \times k_{\text{mod}} \div \gamma_m$$

$$R_d = 2 \times 20 \times 1,13 \times 0,9 \div 1,1 = 37 \text{ kN} > 35,7 \text{ kN} *$$



* Die Werte R_k und $k_{h,ef,0}$ entstammen: Colling, Francois: Holzbau-Beispiele. Vieweg und Teubner Verlag. 2. Auflage 2004.

3.5.5 Anschluss des Knotens C mittels Stahlblech



Gewählt:

Hölzer, 2-teilig, 2 x 24 mm,

Breite ergibt sich aus Nagelaussteilung.

Die Hölzer werden am Knoten stumpf gestoßen, der Anschluss erfolgt über ein mittig liegendes verzinktes, 2 mm starkes Stahlblech und Nägel 31/70.

Zulässige Übertragungskraft eines Nagels nach ÖNORM EN 1995/1/1,

zweischnittig $0,8 \div 1,25 = 1 \text{ kN}$.

Testen Sie Ihr Wissen:

- Nennen und erklären Sie die verschiedenen Konstruktionsteile bei Fachwerkträgern.
- Nennen Sie verschiedenen Konstruktionsarten bei Fachwerkträgern.
- Erklären Sie, wie Stabkräfte ermittelt werden.
- Zählen Sie auf, wie welche Verbindungsmittel bei Fachwerkträgern eingesetzt werden können.
- Beschreiben Sie, wozu der Cremonaplan benötigt wird.