

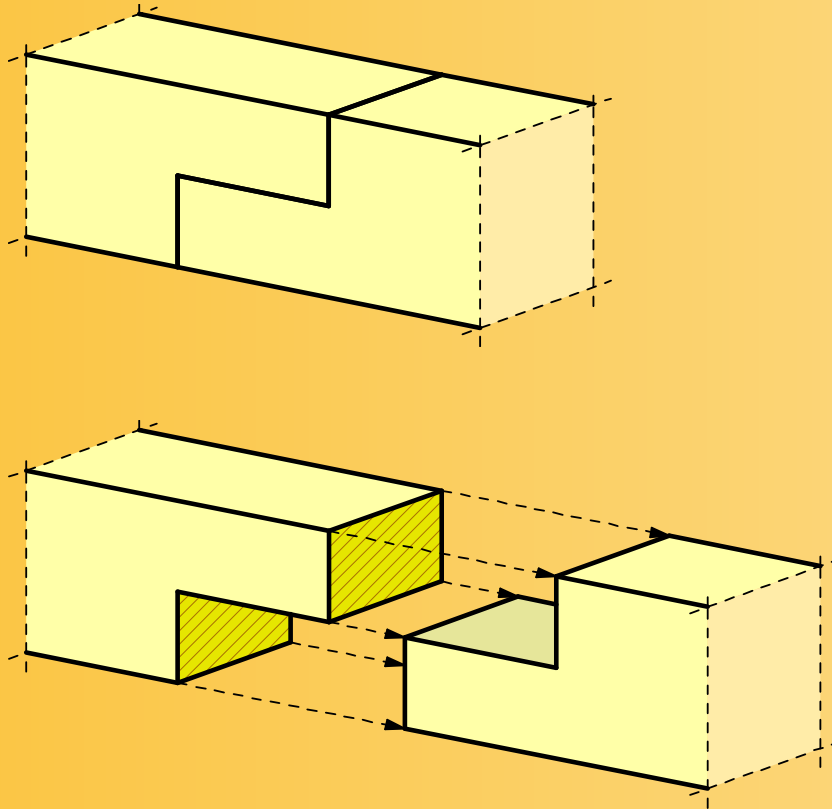
# DIN 1052 Zimmermannsmäßige Verbindungen



## Grundlagen

- Geregelt im Abschnitt 15 der DIN 1052  
„Zimmermannsmäßige Verbindungen für Bauteile aus Holz“
  - Versätze
  - Zapfenverbindungen
  - Holznagelverbindungen
- Sonstige Verbindungen indirekt ebenfalls durch DIN 1052 geregelt

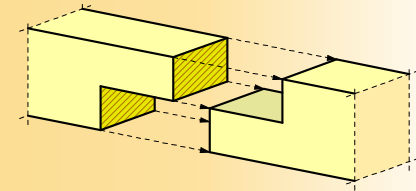
## Gerades Blatt



### Anmerkungen

- Häufigste Längsverbindung
- Zur Verlängerung horizontaler und auf ganzer Länge unterstützter Bauteile (z. B. Schwellen)

## Gerades Blatt



### Vorteile

- Unkomplizierte Geometrie
- Einfache Herstellung von Hand

### Nachteile

- Horizontale Bauteilfuge (schlechter konstruktiver Holzschutz)

## Gerades Blatt

### Nachweise nach DIN 1052

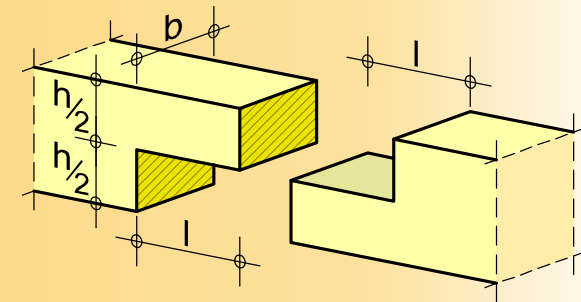
- Druckspannungen in Balkenlängsrichtung

$$\frac{F_{c,0,d}}{h \cdot b \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

↪ Falls der Anschluss nicht absolut passgenau ausgearbeitet ist, darf nur  $h/2$  statt  $h$  angesetzt werden!

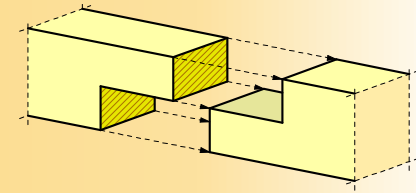
- Druckspannungen quer zur Faser

$$\frac{V_d}{(l + 30\text{mm}) \cdot b \cdot f_{c,90,d}} \leq 1$$



$h$	Trägerhöhe [mm]
$b$	Trägerbreite [mm]
$F_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckkraft [N]
$V_d$	Bemessungswert der Querkraft [N]
$f_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in Faserrichtung [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faser [N/mm <sup>2</sup> ]

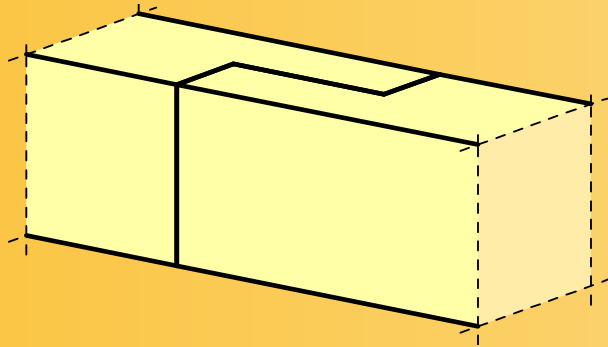
## Gerades Blatt



### Beurteilung der Tragfähigkeit

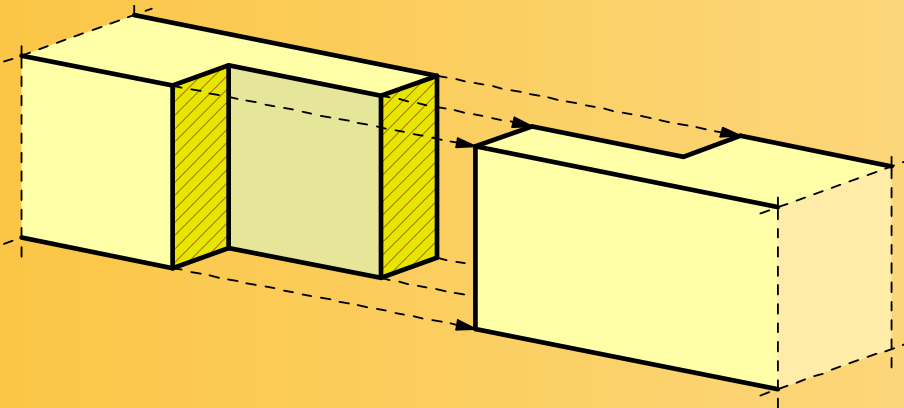
- Zugkraft: -
- Druckkraft: hoch (seitliche Lagesicherung notwendig)
- Querkraft: gering (Aufreißen möglich)
- Biegung um die y, z, x - Achse: -
- Torsion um die x - Achse: -

## Variante: Stehendes Blatt

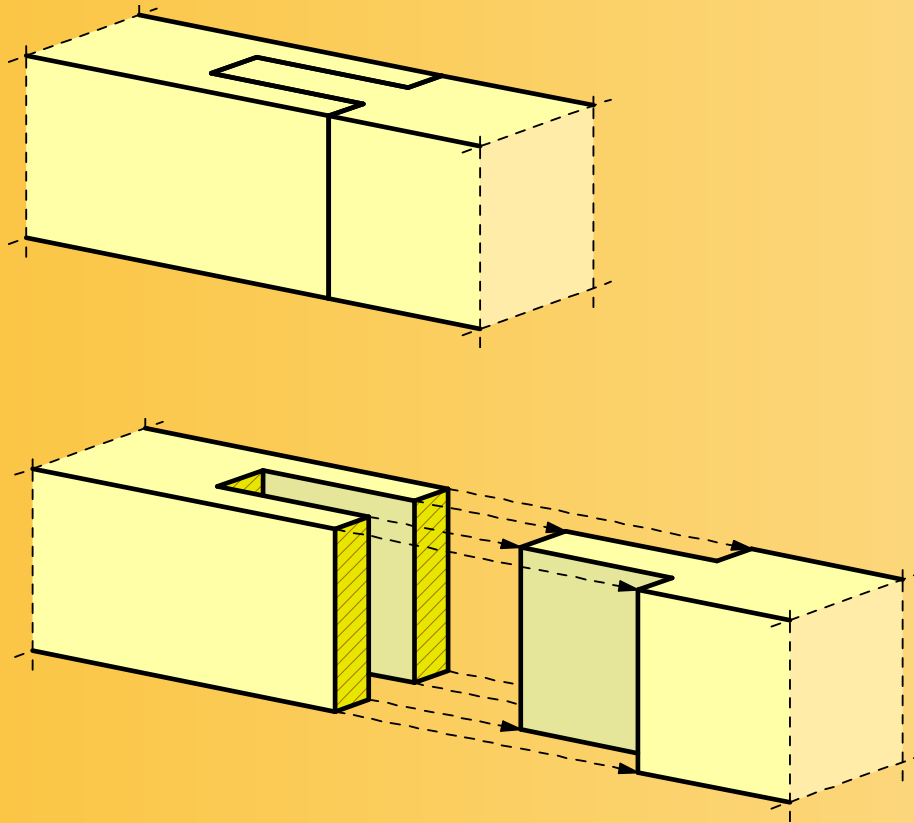


### Anmerkungen

- Wie gerades Blatt
- Besserer Holzschutz durch vertikale Bauteilfuge



## Variante: Zapfenstoß

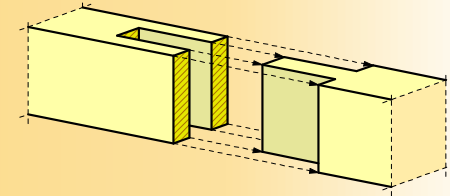


### Anmerkungen

- Wie gerades Blatt
- Besserer Holzschutz durch vertikale Bauteilfuge
- Gute Lagesicherung
- Aufnahme von Zugkräften möglich (z. B. durch Holznägel)
- Aufnahme von Torsionskräften möglich



## Variante: Zapfenstoß mit Holznägeln



### Nachweise nach DIN 1052

- Zugnachweis einer Holznagelverbindung

$$\frac{F_{t,d}}{n \cdot m \cdot R_d} \leq 1 \quad R_d = 9,5 \cdot d^2 \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$$

- Zugspannungen im Zapfen

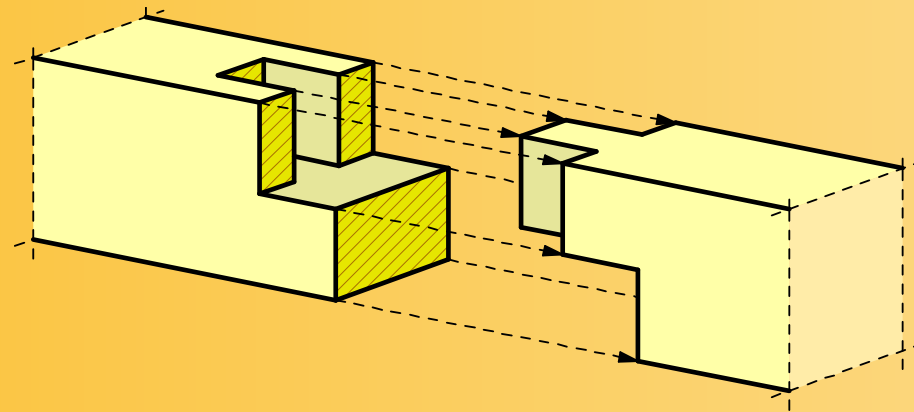
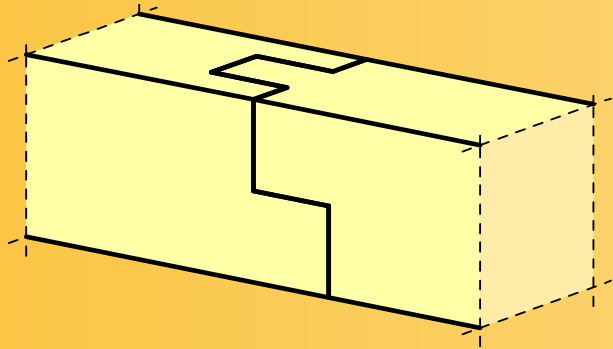
$$\frac{F_{t,d}}{A_{netto,Z} \cdot f_{t,0,d}} \leq 1$$

- Zugspannung der Laschen

$$\frac{F_{t,d}}{2 \cdot A_{netto,L} \cdot 0,4 \cdot f_{t,0,d}} \leq 1$$

$F_{t,d}$	Bemessungswert der Zugkraft [N]
$n$	Anzahl tragender Holznägel
$m$	Anzahl Scherfugen pro Nagel
$R_d$	Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Holznagels pro Scherfuge [N]
$d$	Holznageldurchmesser [mm]
$A_{netto,Z}$	Nettoquerschnitt Zapfen [mm <sup>2</sup> ]
$A_{netto,L}$	Nettoquerschnitt Lasche [mm <sup>2</sup> ]
$f_{t,0,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

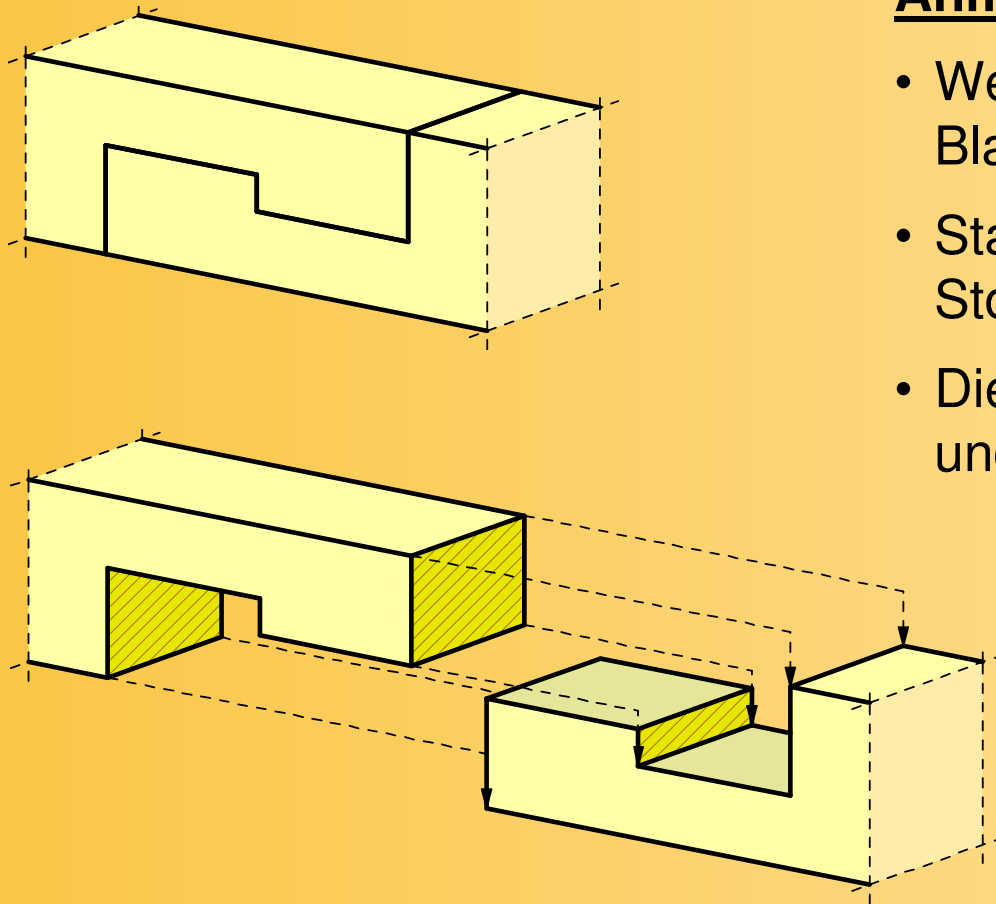
## Variante: Zapfenblattstoß



### Anmerkungen

- Kombination aus geradem Blatt und Zapfenstoß
- Schlechter Holzschutz durch horizontale Bauteilfuge
- Maschinell nicht nacharbeitsfrei herzustellen

## Gerades Hakenblatt



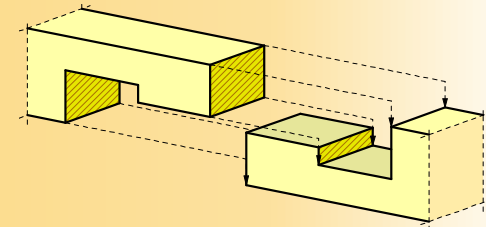
### Anmerkungen

- Weiterentwicklung des geraden Blattes
- Statisch wirksame Stoßverbindung
- Dient zum Übertragen von Zug- und Druckkräften.

## Gerades Hakenblatt

### Vorteile

- Übertragung von Zugkräften ohne zusätzliche Verbinder oder Stahlteile möglich
- Zur Aufnahme von Zug- oder Drucknormalkraft geeignet



### Nachteile

- Herstellung erfordert ein hohes Maß an Präzision
- Geringe Zugbelastbarkeit durch starke Querschnittschwächung
- Querschnittbelastung durch Exzentrizitäten

## Gerades Hakenblatt

### Nachweise nach DIN 1052

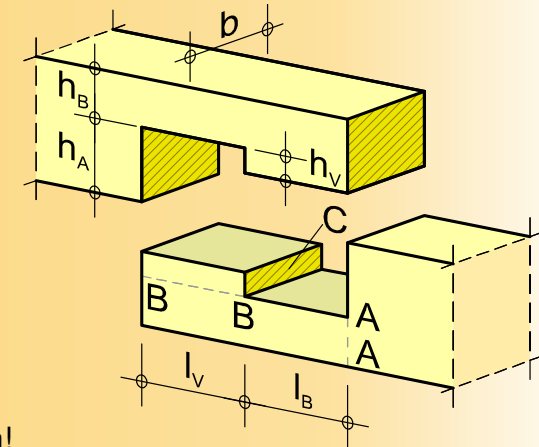
- Druckspannungen in Balkenlängsrichtung

$$\frac{F_{c,0,d}}{h \cdot b \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

↪ Falls der Anschluss nicht absolut passgenau ausgearbeitet ist, darf nur  $h_A$  statt  $h$  angesetzt werden!

- Druckspannungen der Hakenstirn infolge Zug

$$\frac{F_{t,0,d}}{h_v \cdot b \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$



$h$	Trägerhöhe [mm]
$b$	Trägerbreite [mm]
$h_v$	Höhe des Vorholzes [mm]
$F_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckkraft [N]
$F_{t,0,d}$	Bemessungswert der Zugkraft [N]
$f_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in Faserrichtung [N/mm <sup>2</sup> ]

## Gerades Hakenblatt

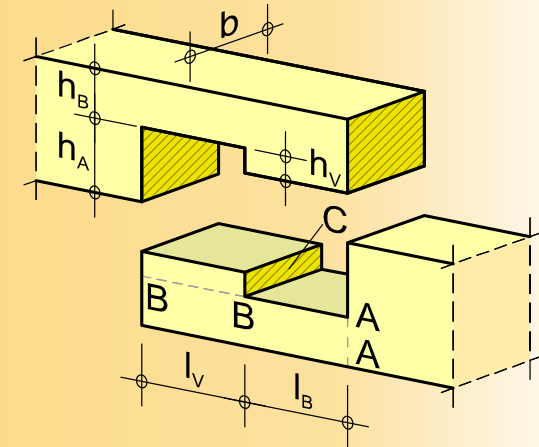
### Nachweise nach DIN 1052

- Zugspannungen im Schnitt A-A

$$\frac{F_{t,0,d}}{h_B \cdot b \cdot f_{t,0,d}} + \frac{M_{y,d}}{\left( \frac{b \cdot h_B^2}{6} \right) \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

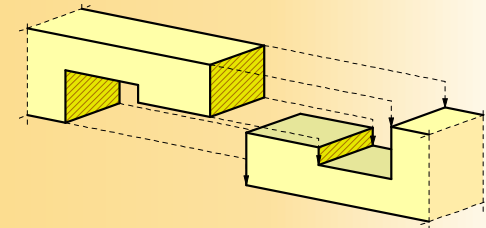
- Abscheren Vorholz im Schnitt B-B

$$\frac{F_{t,0,d}}{l_v \cdot b \cdot f_{v,d}} \leq 1 \quad \text{Bedingung: } l_v \leq 8 \cdot h_v$$



$h_B$	Höhe des Hakenhalses [mm]
$h_V$	Höhe des Vorholzes [mm]
$b$	Trägerbreite [mm]
$l_V$	Vorholzlänge [mm]
$F_{t,0,d}$	Bemessungswert der Zugkraft [N]
$M_{y,d}$	Bemessungswert des Exzentrizitätsmomentes: $M_{y,d} = 0,5 \cdot F_{t,0,d} \cdot (h_B + h_V)$ [Nmm]
$f_{t,0,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit in Faserrichtung [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{m,y,d}$	Bemessungswert der Biegefestigkeit um die y-Achse [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

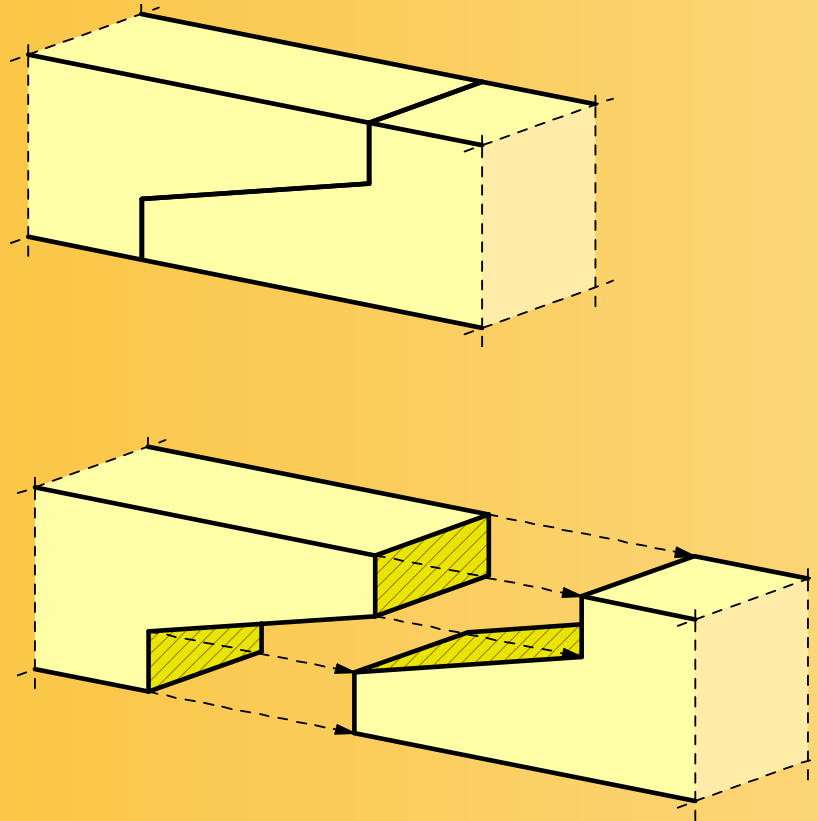
## Gerades Hakenblatt



### Beurteilung der Tragfähigkeit

- Zugkraft: mittel
- Druckkraft: hoch (bei entsprechender Lagesicherung)
- Querkraft: sehr gering
- Biegung um die y - Achse: -
- Biegung um die z - Achse: sehr gering
- Torsion um die x - Achse: -

## Gerberstoß

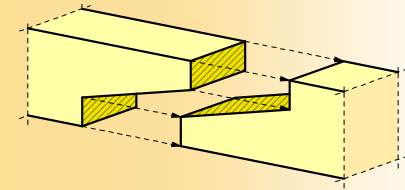


### Anmerkungen

- Zur Herstellung frei tragender (nicht unterstützter) Stöße
- Insbesondere zur Ausbildung von Gerberträgern (Kragträger und gelenkig angehängter Träger)
- Anordnung des Gerberstoßes im Momentennullpunkt
- Benannt nach dem Erfinder „Heinrich Gottfried Gerber“



## Gerberstoß



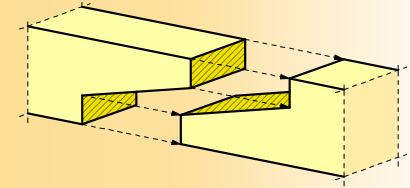
### Vorteile

- Weiterleitung großer Querkräfte
- Statt langer Durchlaufträger Verwendung kürzerer Bauteile
- Effektive und händisch leicht herstellbare Verbindung
- In der Sanierung von Durchlaufträgern einsetzbar

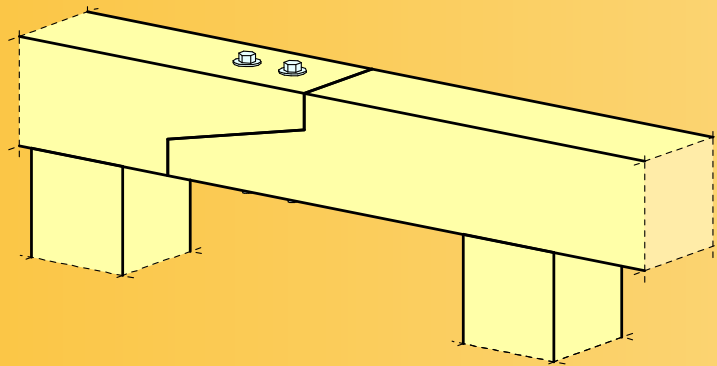
### Nachteile

- Verwendung von Stahlverbindungsmiteln zwingend erforderlich
- Rissgefahr bei falscher Anordnung der Bauteile

# Gerberstoß



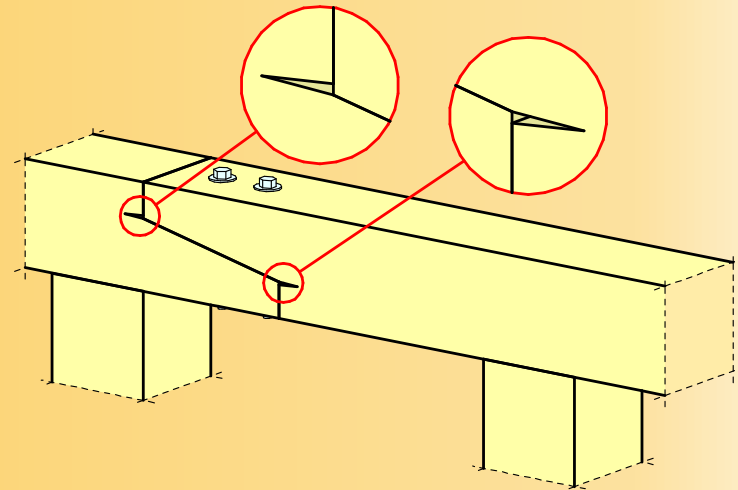
## Richtige Anordnung



Keine Spaltgefahr.

Kraftübertragung durch Bolzen mit Unterlegscheiben.

## Falsche Anordnung



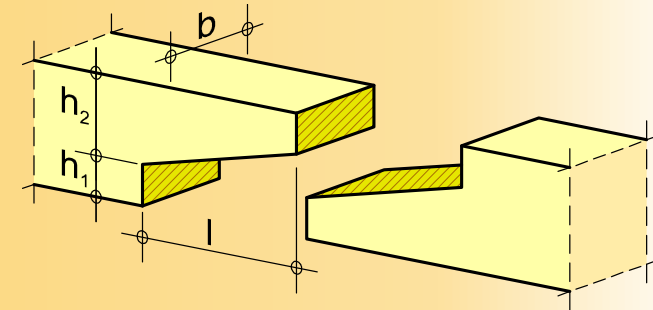
Spaltgefahr!

# Gerberstoß

## Nachweise nach DIN 1052

- Querkraft

$$\frac{1,5 \cdot i \cdot \frac{1}{n} \cdot V_d}{h_i \cdot b_{\text{netto}} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$



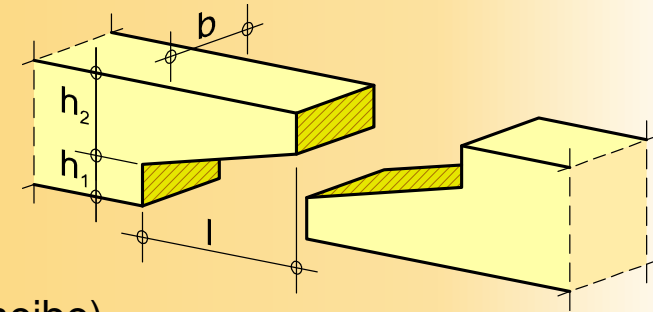
i	Bolzennummer
n	Bolzenanzahl
$b_{\text{netto}}$	Trägerbreite abzgl. Bolzenloch [mm]
$h_i$	Trägerhöhe am Bolzen i [mm]
$V_d$	Bemessungswert der max. Querkraft [N]
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

# Gerberstoß

## Nachweise nach DIN 1052

- Druckspannungen quer zur Faser (unter U-Scheibe)

$$\frac{V_d}{n \cdot k_{c,90} \cdot A_{ef} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1$$



$d_{\text{Bolzen}}$	$d_{\text{a, Scheibe}}$	$A_{\text{ef, Scheibe}}$
12	58	5968
16	68	7457
20	80	9446
22	92	11677
24	105	14386

$n$	Anzahl der Bolzen
$V_d$	Bemessungswert der max. Querkraft [N]
$f_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faser [N/mm <sup>2</sup> ]
$k_{c,90}$	Beiwert nach DIN 1052 (hier in der Regel 1)
$A_{ef}$	Wirksame Querdruckfläche einer Unterlegscheibe [mm <sup>2</sup> ]

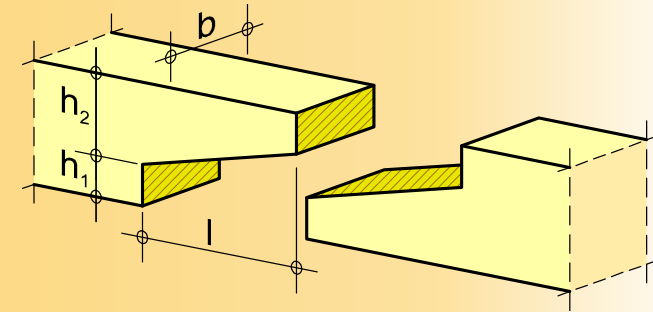
# Gerberstoß

## Nachweise nach DIN 1052

- Zugspannungen Bolzen

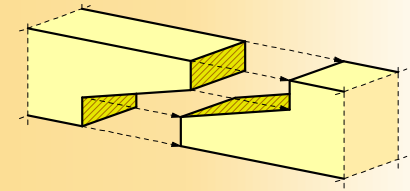
$$\frac{V_d}{n \cdot N_{R,d}} \leq 1$$

$$N_{R,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} A_S \cdot f_{y,b,k} / (1,1 \cdot \gamma_{M,S}) \\ A_S \cdot f_{u,b,k} / (1,25 \cdot \gamma_{M,S}) \end{array} \right\}$$



$n$	Anzahl der Bolzen
$V_d$	Bemessungswert der max. Querkraft [N]
$N_{R,d}$	Grenzzugkraft eines Bolzens [N]
$A_S$	Spannungsquerschnitt Bolzen [mm <sup>2</sup> ]
$f_{y,b,k}$	char. Streckgrenze Bolzen [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{u,b,k}$	char. Zugfestigkeit Bolzen [N/mm <sup>2</sup> ]
$\gamma_{M,S}$	Teilsicherheitsbeiwert Stahl (1,1)

# Gerberstoß



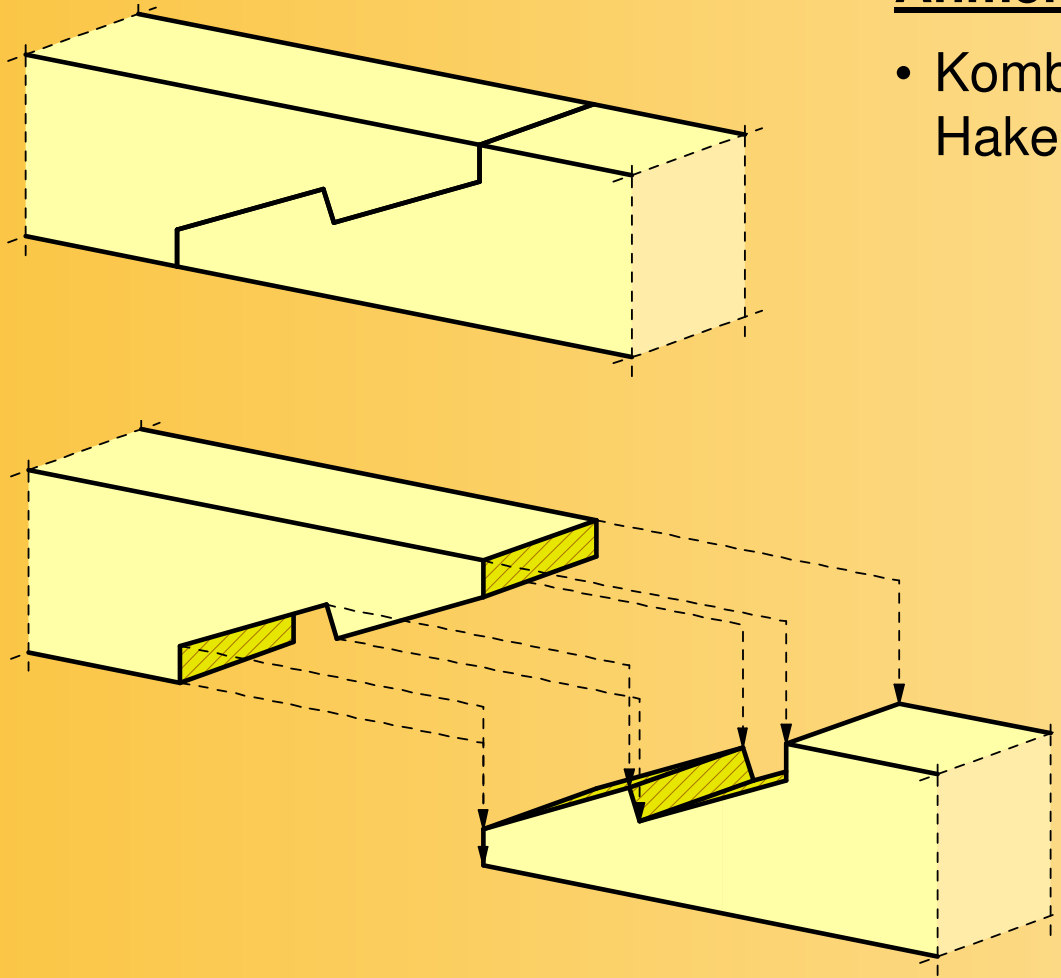
## Beurteilung der Tragfähigkeit

- Zugkraft: -
- Druckkraft: - (nicht Zweck der Verbindung)
- Querkraft: hoch
- Biegung um die y - Achse: - (nicht Zweck der Verbindung, da Gerbergelenk)
- Biegung um die z - Achse : -
- Torsion um die x - Achse : -

## Schräges Hakenblatt (mit rechtwinkliger Hakenecke)

### Anmerkungen

- Kombination von geradem Hakenblatt und Gerberstoß



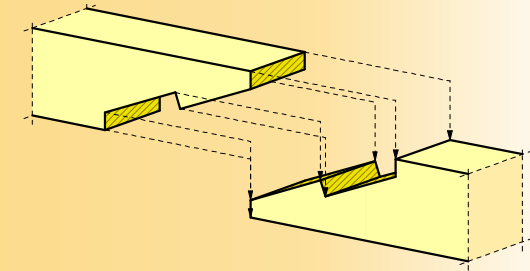
## Schräges Hakenblatt

### Vorteile

- Übertragung von Zugkräften möglich
- Leichter Zusammenbau durch nicht parallele Flanken
- Lagesicherung

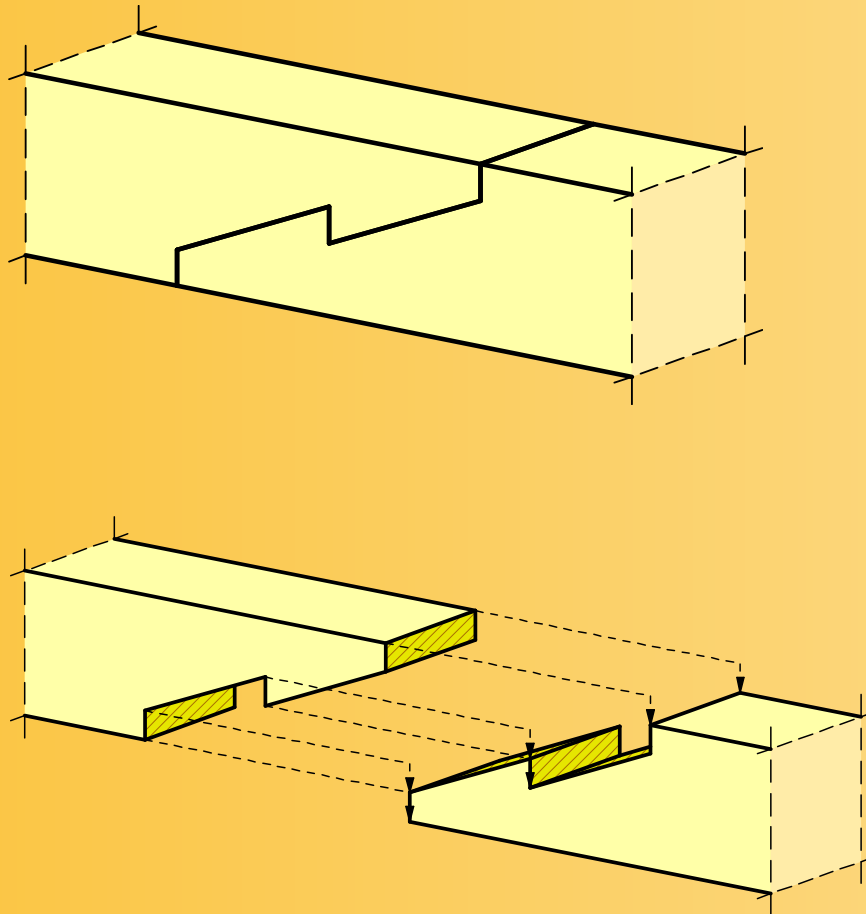
### Nachteile

- Herstellung erfordert ein hohes Maß an Präzision
- Scherfuge durch Schräge deutlich kürzer als bei geradem Hakenblatt
- Ohne weitere Verbindungsmittel Neigung zum Auseinander-rutschen bei Zug





## Variante: Schräges Hakenblatt mit lotrechter Hakenecke



### Vorteile

- Keine Neigung zum Aus-einanderrutschen bei Zug
- Lagesicherung

### Nachteile

- Haken durch kurfaserigen Bereich sehr empfindlich für Beschädigungen
- Herstellung erfordert ein hohes Maß an Präzision
- Schwierige Montage durch drei parallele vertikale Stoßflächen

## Schräges Hakenblatt

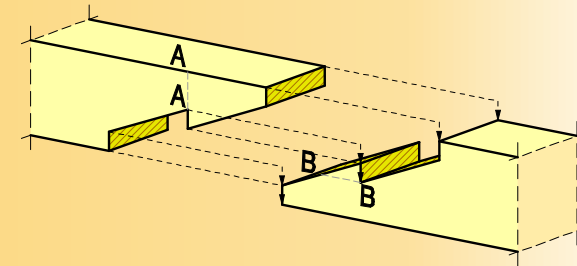
### Nachweise nach DIN 1052

Zug- und Druckkraft (siehe gerades Hakenblatt)

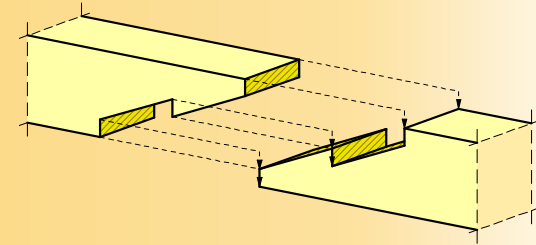
- Druckspannungen in Balkenlängsrichtung
- Druckspannungen der Hakenstirn
- Zugspannungen im Schnitt A-A
- Abscheren Vorholz im Schnitt B-B

Querkraft (siehe Gerberstoß)

- Querkraft
- Druckspannungen quer zur Faser
- Zugspannungen Bolzen



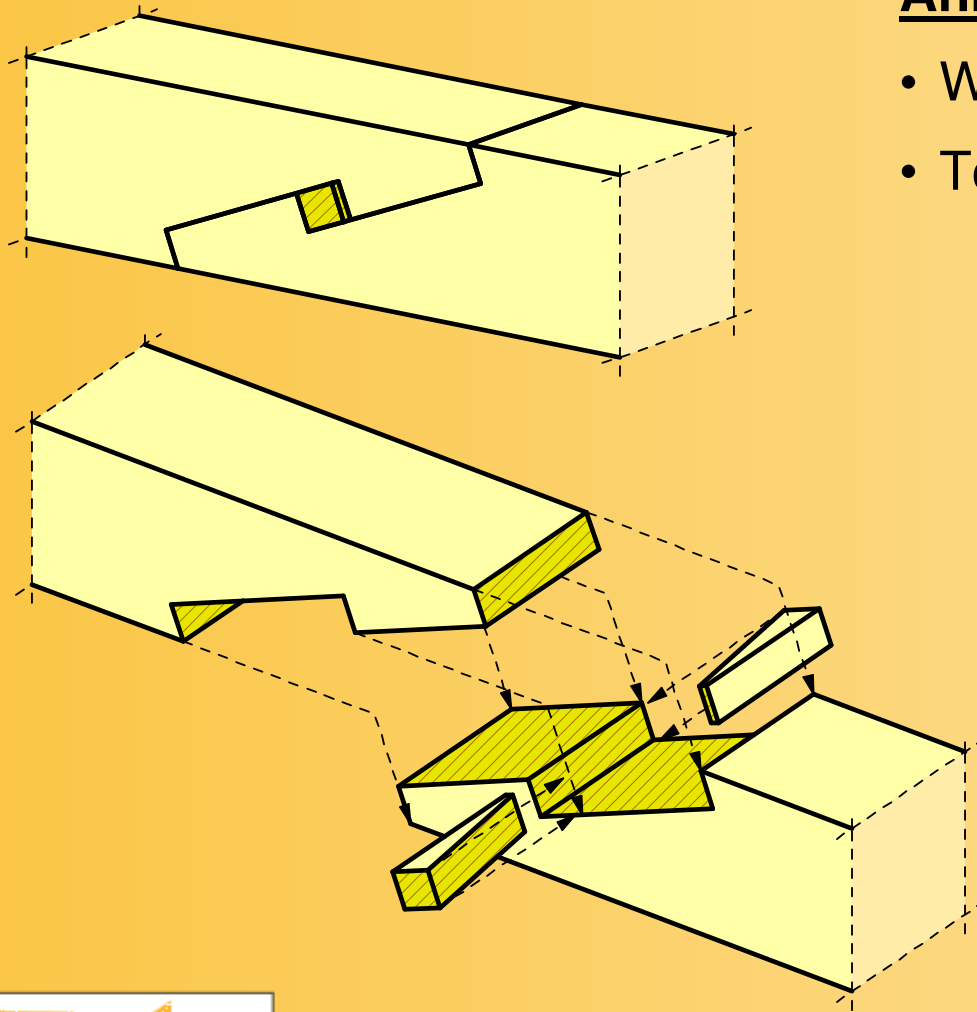
## Schräges Hakenblatt



### Beurteilung der Tragfähigkeit

- Zugkraft: gering bis mittel, abhängig vom Anschnittwinkel
- Druckkraft: nicht sinnvoll
- Querkraft: mittel bis hoch (Abhängig von der Einschnitttiefe)
- Biegung um die y- Achse: nicht erwünscht (Gerbergelenk)
- Biegung um die z- Achse: -
- Torsion um die x-Achse: -

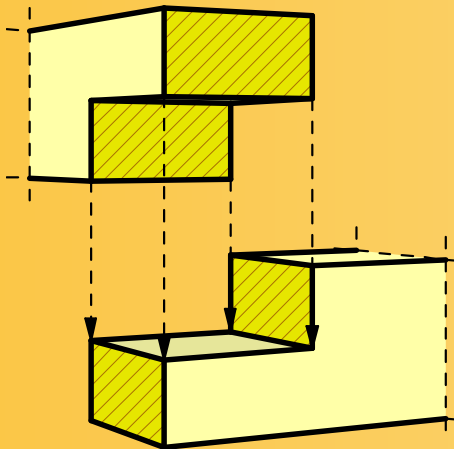
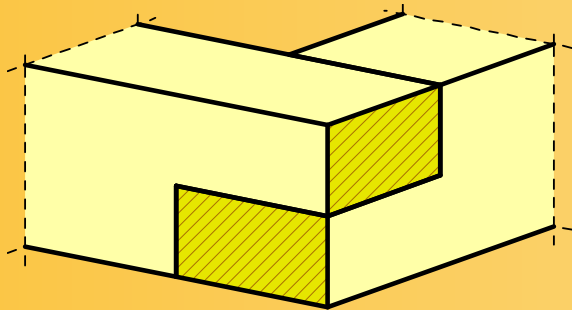
## Variante: Schräges Hakenblatt mit Keilen



### Anmerkungen

- Wie schräges Hakenblatt
- Toleranzausgleich durch Keile

## Eckblatt



### Anmerkungen

- Abwandlung des geraden Blattes für eine Ecke
- Wird meist bei unterstützten Ecken (z. B. Schwellen) eingesetzt
- Wird meist durch aufgehenden Pfosten beansprucht

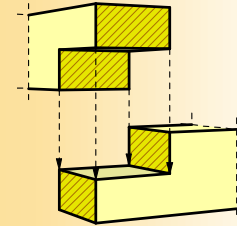
## Eckblatt

### Vorteile

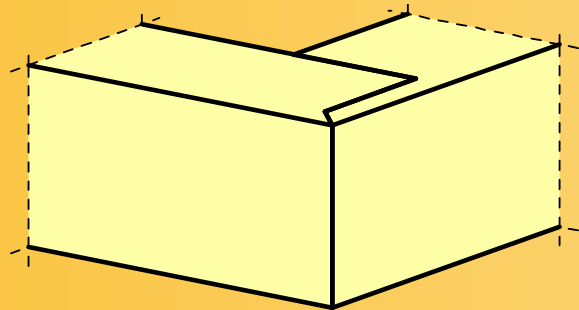
- Einfache Geometrie
- Händische Herstellung rationell möglich

### Nachteile

- Schlechter konstruktiver Holzschutz durch waagerechte Kontaktflächen und sichtbares Hirnholz
- Schlechte Lagesicherung

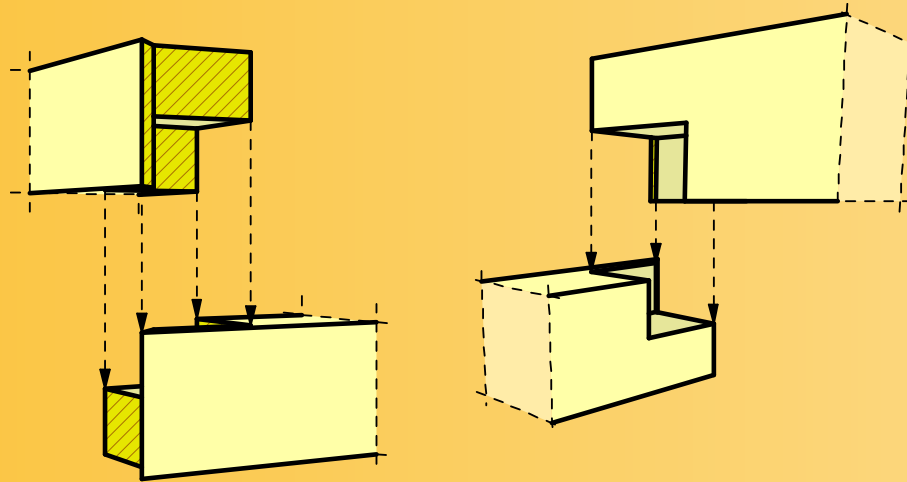


## Variante: Verdecktes Eckblatt



### Anmerkungen

- Abwandlung des Eckblattes
- Verbesserter Holzschutz durch abgedecktes Hirnholz
- Mit CNC-Maschinen nur in modifizierter Form nacharbeitsfrei herzustellen.

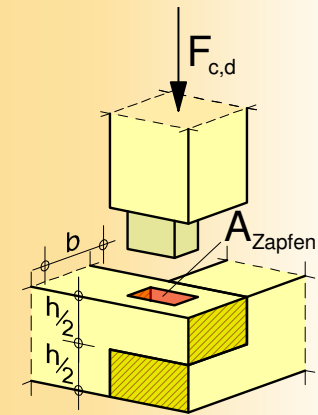


## Eckblatt

### Nachweise nach DIN 1052

- Druckspannungen senkrecht zur Faser

$$\frac{F_{c,90,d}}{(A_{ef} - A_z) \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1$$



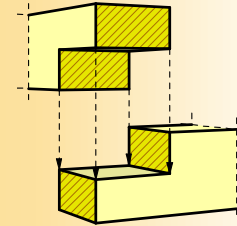
$F_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckkraft [N]
$A_{ef}$	Wirksame Querdruckfläche [mm <sup>2</sup> ]
$A_z$	Fläche Zapfenloch [mm <sup>2</sup> ]
$f_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faser [N/mm <sup>2</sup> ]
$k_{c,90}$	Beiwert nach DIN 1052



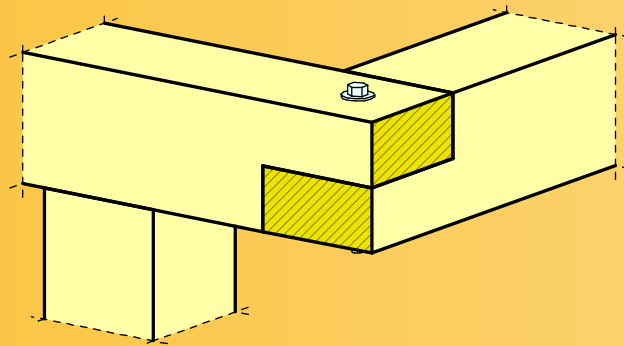
# Eckblatt

## Beurteilung der Tragfähigkeit

- Zugkraft: -
- Druckkraft: nicht sinnvoll
- Querkraft: mittel bis hoch (Abhängig von der Einschnitttiefe)
- Querdruck: mittel bis hoch



## Eckblatt (freitragend)

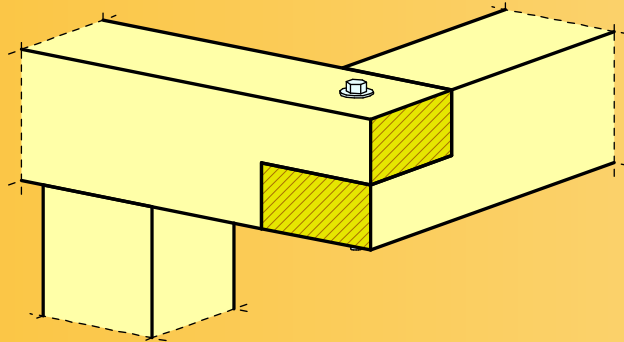


### Anmerkungen

- Freitragendes Eckblatt zur Querkraftübertragung
- Verbindung mit Bolzen und Unterlegscheiben
- Prinzip wie Gerberstoß, Trägerache aber geknickt

## Eckblatt (freitragend)

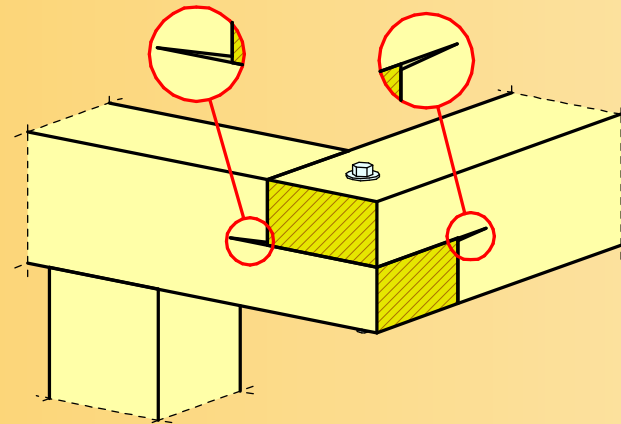
### Richtige Anordnung



Keine Spaltgefahr.

Kraftübertragung durch Bolzen mit Unterlegscheiben.

### Falsche Anordnung



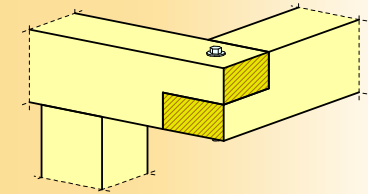
Spaltgefahr!

## Eckblatt (freitragend)

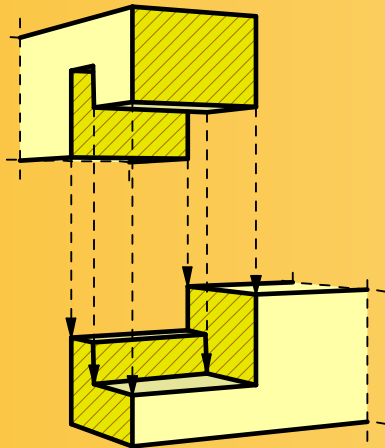
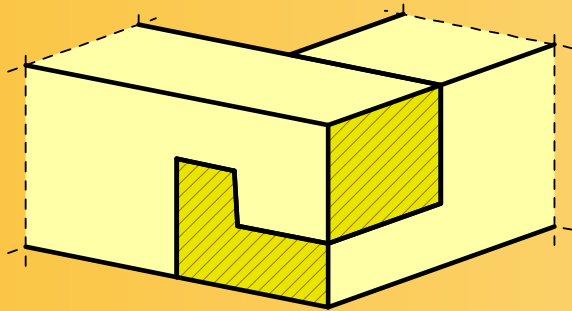
### Nachweise nach DIN 1052

siehe Gerberstoß:

- Querkraft
- Druckspannungen quer zur Faser (unter U-Scheibe)
- Zugspannungen im Bolzen



## Schwalbenschwanz Eckblatt



### Anmerkungen

- Abwandlung des Eckblattes
- Wird meist bei unterstützten Ecken (z. B. Schwellen) eingesetzt
- Mit CNC-Maschinen nur in modifizierter Form nacharbeitsfrei herzustellen

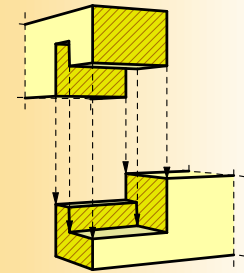
# Schwalbenschwanzzeckblatt

## Vorteile

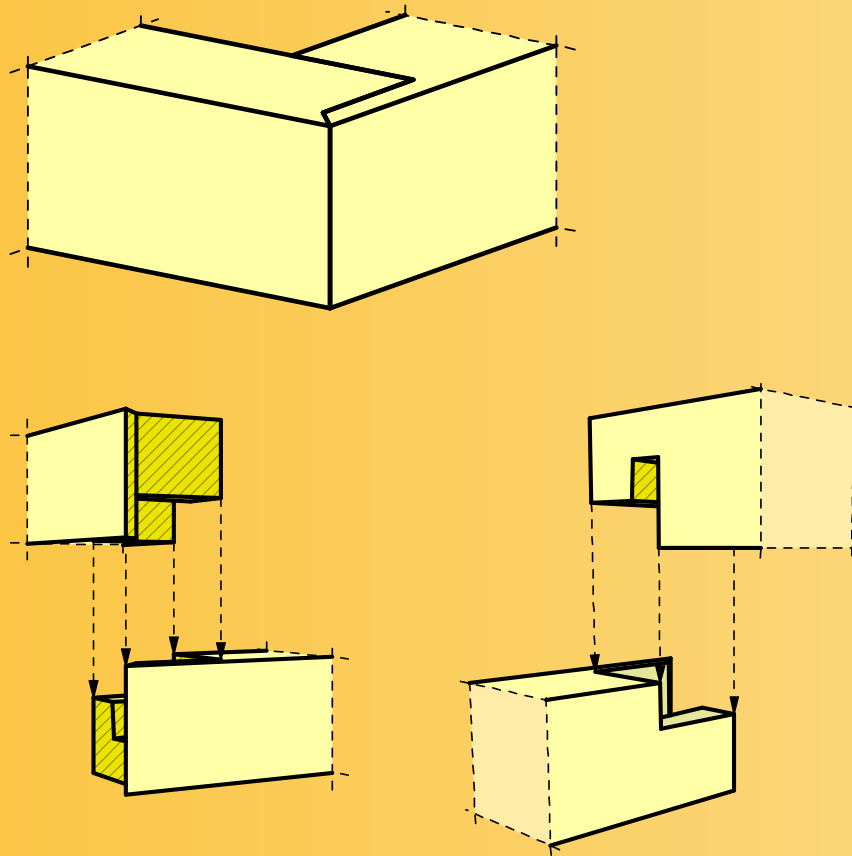
- Gute horizontale Lagesicherung
- Aufnahme geringer Horizontallasten möglich

## Nachteile

- Verbindung kann durch Verdrehung und geringe Überlastung leicht brechen



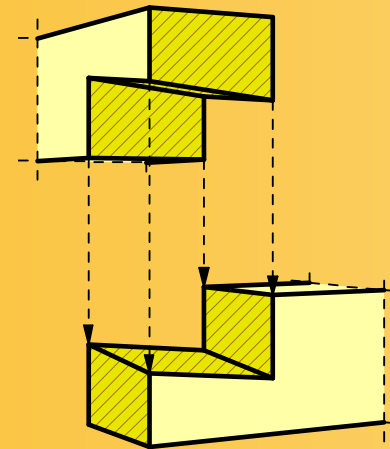
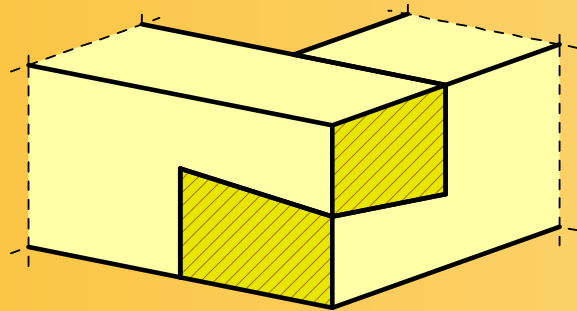
## Variante: Verdecktes Schwalbenschwanzeckblatt



### Anmerkungen

- Abwandlung des Schwalbenschwanzeckblattes
- Verbesserter Holzschutz durch abgedecktes Hirnholz
- Aufwändige Verbindung, erfordert hohe Passgenauigkeit
- Mit CNC-Maschinen nur in modifizierter Form nacharbeitsfrei herzustellen

## Französisches Blatt



### Anmerkungen

- Abwandlung des Eckblattes
- Wird meist bei unterstützten Ecken (z. B. Schwellen) eingesetzt



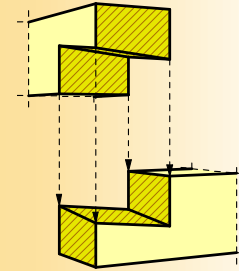
## Französisches Blatt

### Vorteile

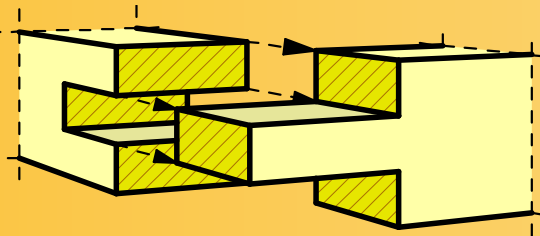
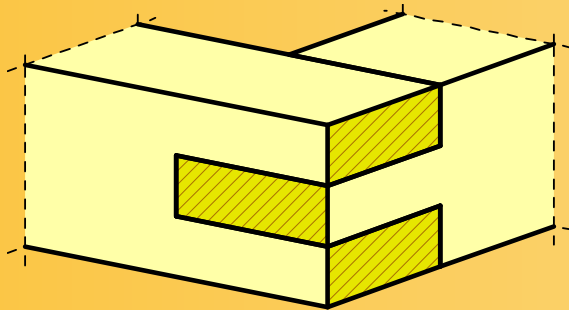
- Durch geneigte Kontaktflächen schließen sich Bauteilfugen bei Auflast
- Lagesicherung ohne Zwängungen
- Händisch leicht herstellbar

### Nachteile

- Maschinelle Herstellung aufwändiger



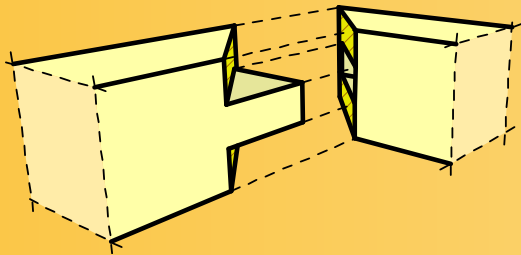
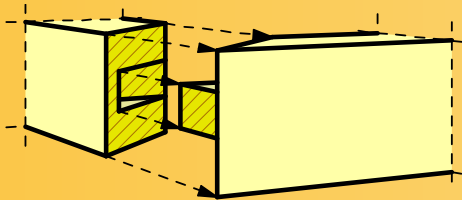
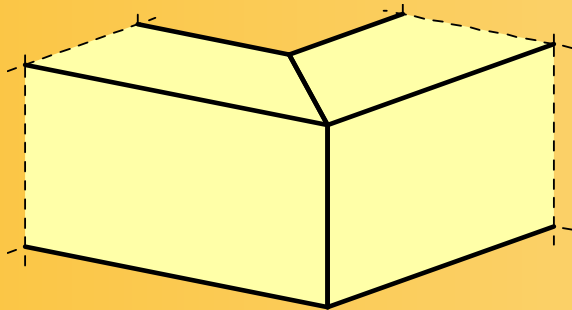
## Scherzapfen



### Anmerkungen

- Abwandlung des Zapfenstoßes
- Aufwändige Herstellung
- Gabellagerung verhindert Verdrehung und vertikales Verschieben

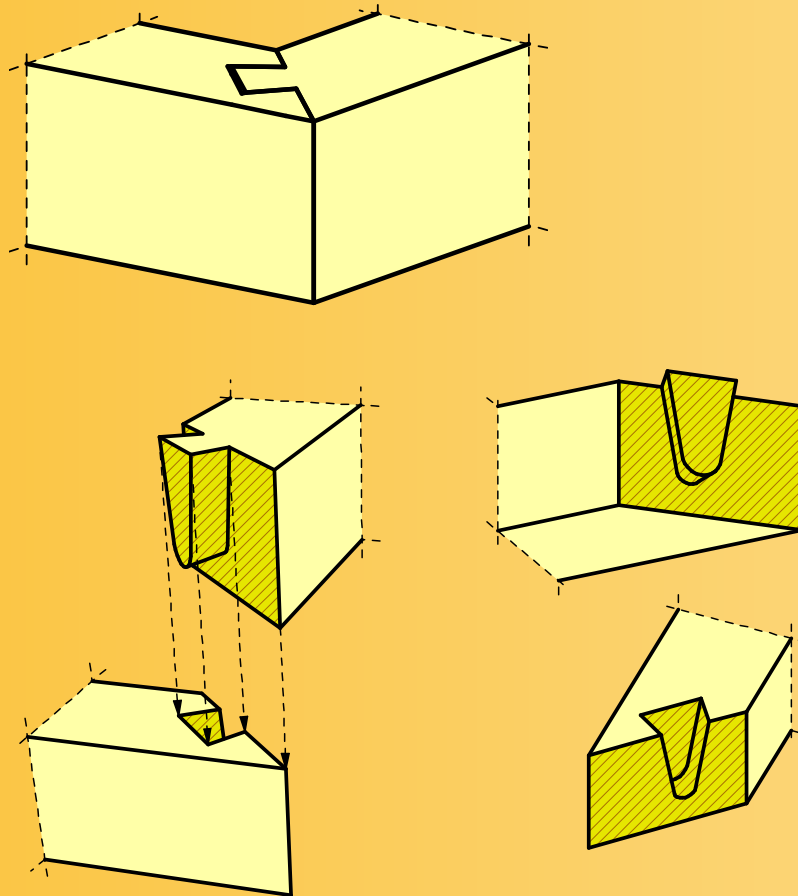
## Variante: Verdeckter Scherzapfen



### Anmerkungen

- Abwandlung des Scherzapfens
- Verbesserter Holzschutz durch abgedecktes Hirnholz

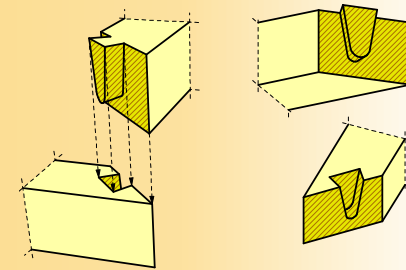
## Gehrung mit Schwalbenschwanz



### Anmerkungen

- Aufwändige Verbindung, erfordert hohe Passgenauigkeit

## Gehrung mit Schwalbenschwanz



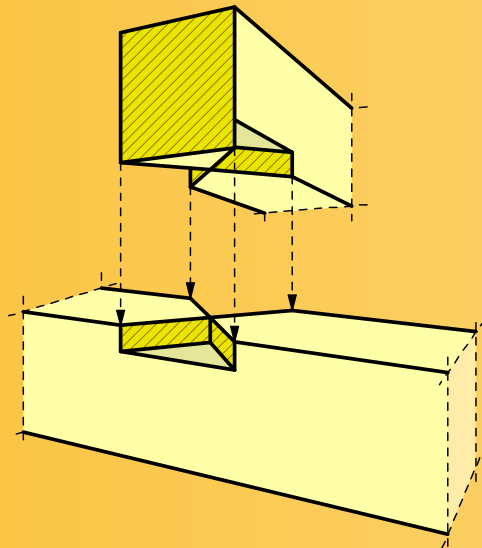
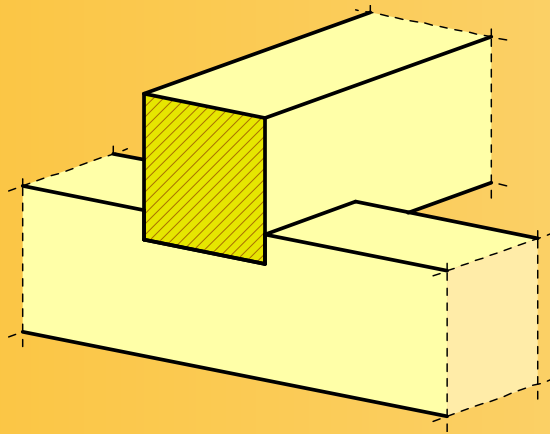
### Vorteile

- Horizontale Lagesicherung
- Guter Holzschutz durch abgedecktes Hirnholz
- Standardverbindung bei Abbundprogrammen und CNC-Maschinen

### Nachteile

- Maschinelle Herstellung erforderlich
- Kein Zapfenloch zur Lagesicherung eines Eckpfostens möglich

## Kreuzkamm

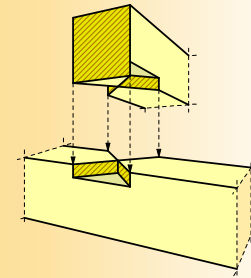


### Anmerkungen

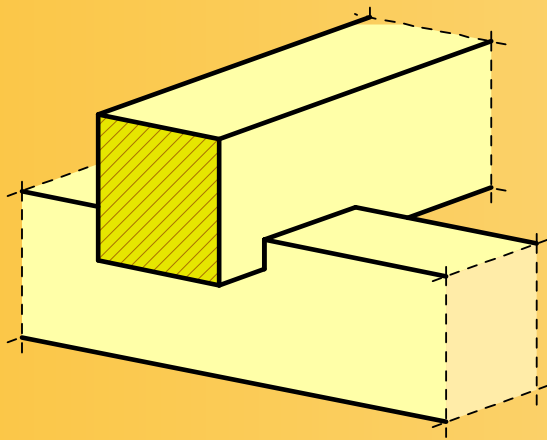
- Wegen Ausbruchgefahr sollte Balken überstehen
- Mit CNC-Maschinen nur in modifizierter Form nacharbeitsfrei herzustellen

# Kreuzkamm

Ausbruchgefahr wegen geometrischer Kurzfaserigkeit

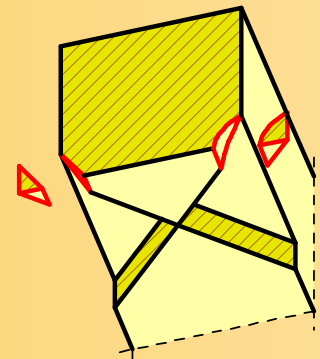


## Bessere Ausführung



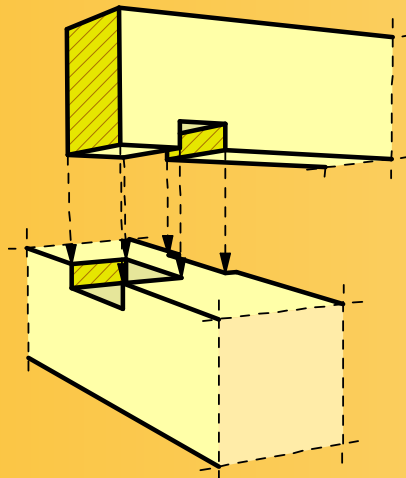
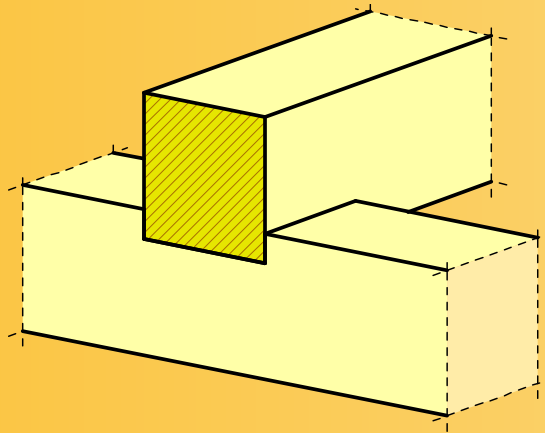
Keine Ausbruchgefahr.

## Schlechtere Ausführung



Ausbruchgefahr!

## Doppelter Kamm



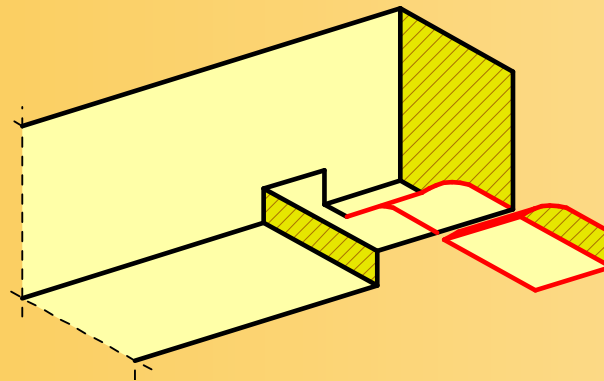
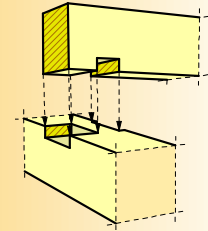
### Anmerkungen

- Wegen Ausbruchgefahr sollte Balken überstehen
- Mit CNC-Maschinen nur in modifizierter Form nacharbeitsfrei herzustellen

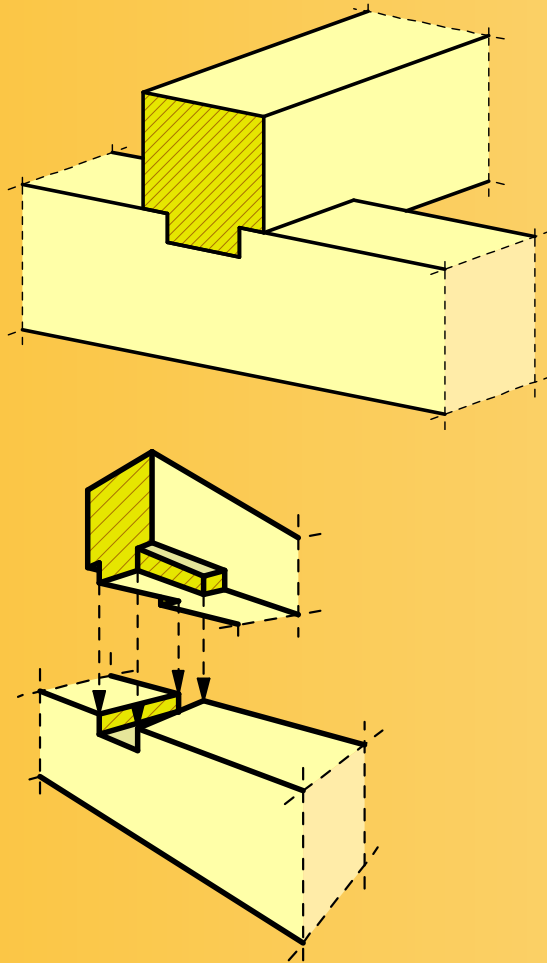


## Doppelter Kamm

Ausbruchgefahr wegen geometrischer Kurzfaserigkeit



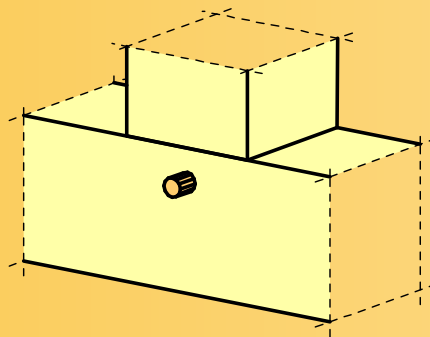
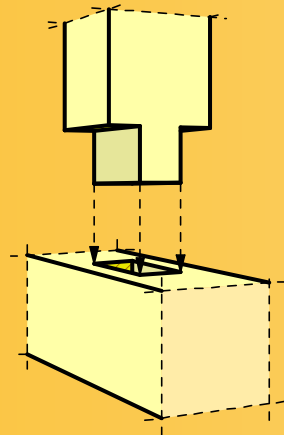
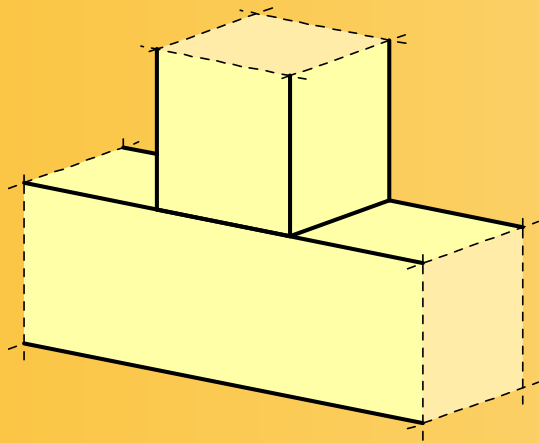
## Schwalbenschwanzkamm



### Anmerkungen

- Reduzierte Ausbruchgefahr durch kleinen Konuswinkel
- Mit CNC-Maschinen nur in modifizierter Form nacharbeitsfrei herzustellen

## Zapfen (senkrecht)



### Anmerkungen

- Einsatz vorwiegend im Fachwerkbau
- Funktion der Lagesicherung
- Unsichtbare Verbindung
- Zapfenloch sollte einige Millimeter tiefer ausgestemmt sein

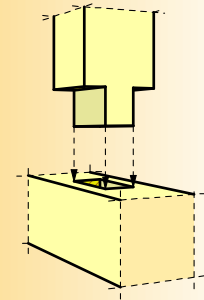
## Zapfen (senkrecht)

### Vorteile

- Effektive und händisch leicht herstellbare Verbindung
- Breites Anwendungsspektrum

### Nachteile

- Fäulnisgefahr durch Ansammlung von Wasser in Zapfenlöchern

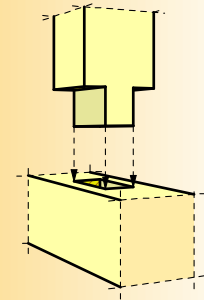


## Zapfen (senkrecht)

### Nachweise nach DIN 1052

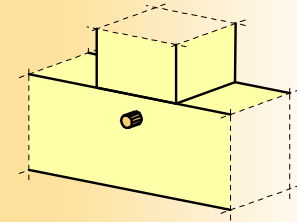
- Druckspannungen senkrecht zur Faser

$$\frac{F_{c,90,d}}{(A_{ef} - A_z) \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1$$



$F_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckkraft [N]
$A_{ef}$	Wirksame Querdruckfläche [mm <sup>2</sup> ]
$A_z$	Fläche Zapfenloch [mm <sup>2</sup> ]
$f_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faser [N/mm <sup>2</sup> ]
$k_{c,90}$	Beiwert nach DIN 1052

## Zapfen (senkrecht) mit Holznagel



### Nachweise nach DIN 1052

- Zugnachweis der Holznagelverbindung

$$\frac{F_{t,d}}{n \cdot m \cdot R_d} \leq 1 \quad R_d = 9,5 \cdot d^2 \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$$

- Zugspannungen im Zapfen

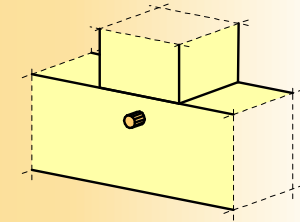
$$\frac{F_{t,d}}{A_{netto} \cdot f_{t,0,d}} \leq 1$$

- Querkraft am Zapfenloch

$$\frac{V_d \cdot S_y}{I_y \cdot b \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$F_{t,d}$	Bemessungswert der Zugkraft [N]
$V_d$	Bemessungswert der Querkraft [N]
$n$	Anzahl tragender Holznägel
$m$	Anzahl Scherfugen pro Nagel
$R_d$	Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Holznagels pro Scherfuge [N]
$d$	Holznageldurchmesser [mm]
$A_{netto}$	Nettoquerschnitt Zapfen [mm <sup>2</sup> ]
$S_y$	Flächenmoment 1. Grades des Zapfenlochquerschnittes [mm]
$I_y$	Flächenmoment 2. Grades des Zapfenlochquerschnittes [mm <sup>4</sup> ]
$b$	Breite der Querschnittsfläche in Höhe des Schwerpunktes [mm]
$f_{t,0,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

# Zapfen (senkrecht) mit Holznagel



## Nachweise nach DIN 1052

- Querzug

$$\frac{F_{t,d}}{k_s \cdot k_r \cdot \left(6,5 + \frac{18 \cdot a^2}{h^2}\right) \cdot (2 \cdot t_s \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,d}} \leq 1$$

$$k_s = \max \begin{cases} 1 \\ 0,7 + \frac{1,4 \cdot a_r}{h} \end{cases}$$

Bei  $a/h \geq 0,7$  darf der Nachweis entfallen.

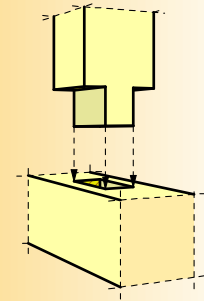
$$k_r = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{h_i}{h_i}\right)^2}$$

$F_{t,d}$	Bemessungswert der Zugkraft [N]
$a_r$	Abstand der beiden äußersten Holznägel [mm]
$a$	Maximalabstand eines Holznagels vom beanspruchten Rand [mm]
$h$	Höhe des querzugbeanspruchten Bauteils [mm]
$h_i$	Abstand der jeweiligen Nagelreihe vom unbeanspruchten Rand [mm]
$n$	Anzahl der Nagelreihen
$t_s$	Breite Seitenholz am Zapfenloch [mm]
$f_{t,90,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faser [N/mm <sup>2</sup> ]

## Zapfen (senkrecht)

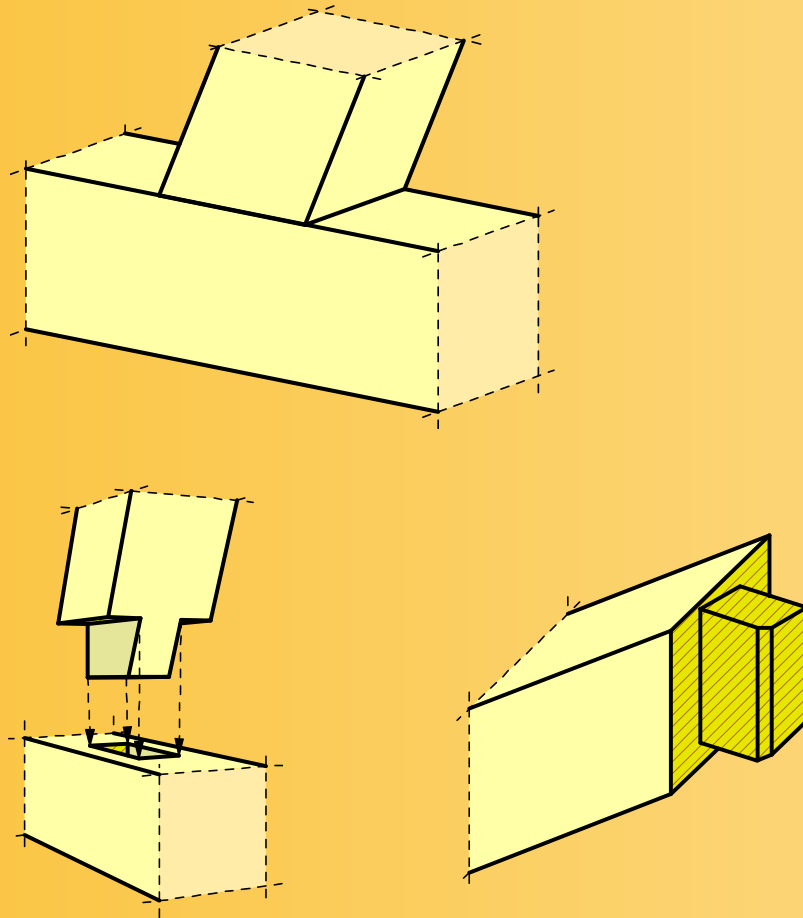
### Beurteilung der Tragfähigkeit

- Zugkraft: mittel (Holznagel, Stahlstift)
- Druckkraft: mittel (reduzierte Querdruckfläche)
- Querkraft: -





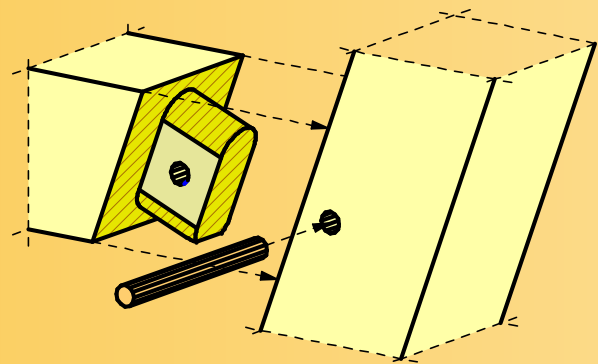
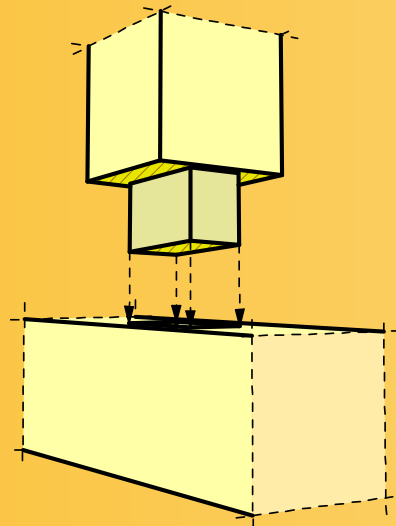
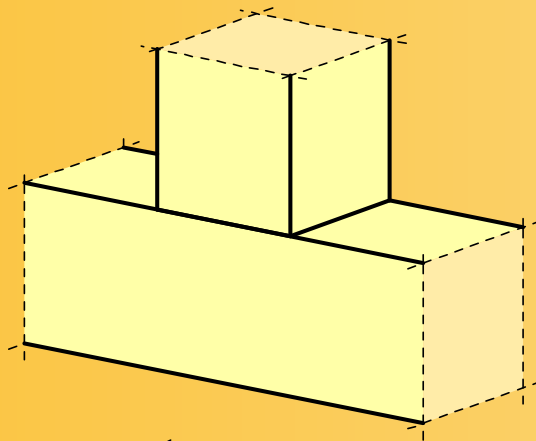
## Schräger Zapfen



### Anmerkungen

- Wie Zapfen, aber Schräganschluss

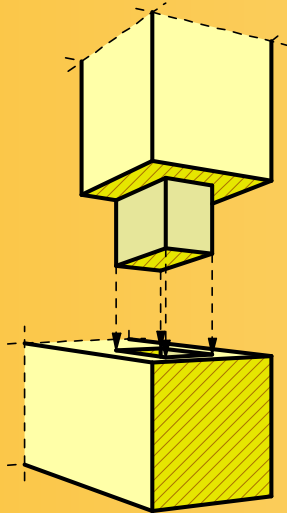
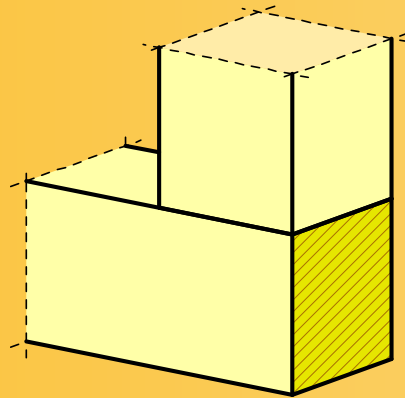
## Abgesteckter Zapfen



### Anmerkungen

- Wie Zapfen
- Ausbrüche am Zapfenlochrand sind abgedeckt
- CNC-Variante in der Regel rund wegen Herstellung des Zapfenlochs mit zylindrischem Fräs Werkzeug

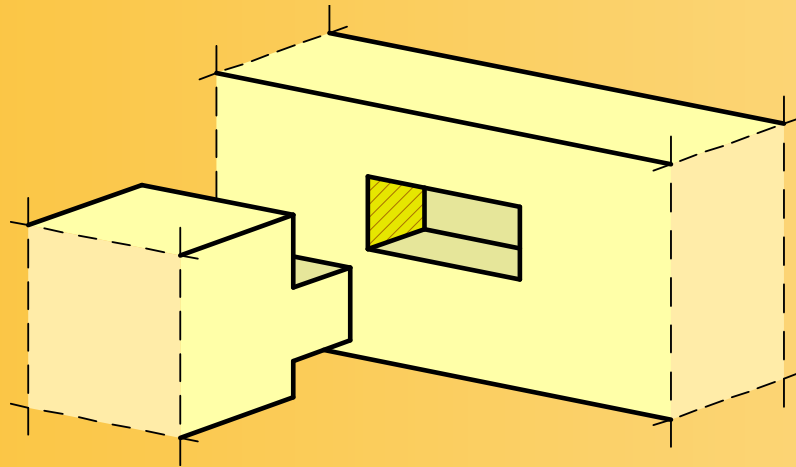
## Zapfen mit Randabsteckung



### Anmerkungen

- Wie Zapfen
- Reduzierte Ausbruchgefahr am Zapfenlochrand

## Zapfen (waagrecht)



### Anmerkungen

- Einsatz vorwiegend im Fachwerkbau
- Haupt-Nebenträger-Verbindung
- Unsichtbare Verbindung
- Zapfenloch sollte einige Millimeter tiefer ausgestemmt sein

## Zapfen (waagrecht)

### Nachweise nach DIN 1052

- Druckspannungen senkrecht zur Faser (Zapfenloch)

$$\frac{V_d}{l_z \cdot b_{z,ef} \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1$$

- Druckspannungen senkrecht zur Faser (Zapfen)

$$\frac{V_d}{l_{z,ef} \cdot b_z \cdot 1,7 \cdot f_{c,90,d}} \leq 1$$

#### Randbedingungen:

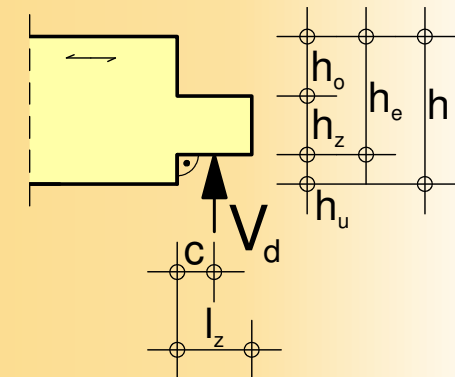
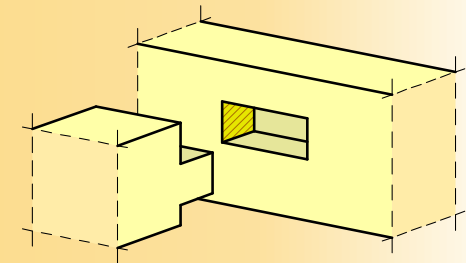
$$15 \text{ mm} \leq l_z \leq 60 \text{ mm}$$

$$1,5 \leq h/b \leq 2,5$$

$$h_o \geq h_u$$

$$h_u/h \leq 1/3$$

$$h_z \geq h/6$$



$V_d$	Bemessungswert der Querkraft [N]
$b_z$	Zapfenbreite [mm]
$b_{z,ef}$	wirksame Zapfenbreite [mm]
$l_z$	Zapfenlänge [mm]
$l_{z,ef}$	wirksame Zapfenlänge [mm]
$f_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faser [N/mm <sup>2</sup> ]
$k_{c,90}$	Beiwert nach DIN 1052

# Zapfen (waagrecht)

## Nachweise nach DIN 1052

- Schubspannungen im Zapfen

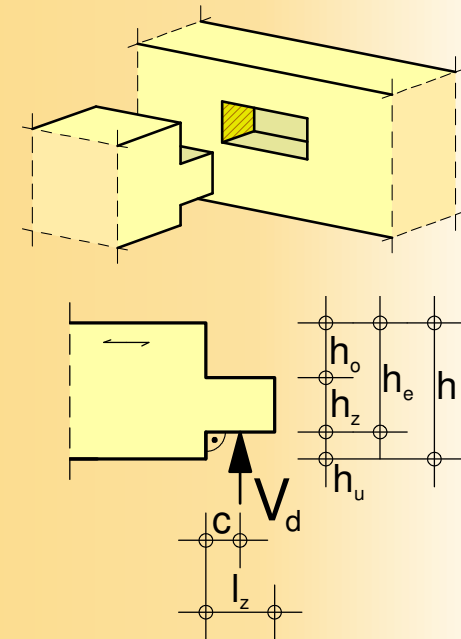
$$\frac{1,5 \cdot V_d}{b_z \cdot h_e \cdot k_z \cdot k_v \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$k_z = \beta \cdot [1 + 2 \cdot (1 - \beta)^2] \cdot (2 - \alpha)$$

$$\alpha = \frac{h_e}{h}$$

$$\beta = \frac{h_z}{h_e}$$

$$k_v = \min \left\{ \frac{1}{\sqrt{h} \cdot \left( \sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{c}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} ; k_n \right\}$$



$V_d$	Bemessungswert der Querkraft [N]
$b_z$	Zapfenbreite [mm]
$h_e$	Abstand der unteren Ausklinkung vom oberen Rand [mm]
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
$k_z$	Beiwert nach DIN 1052
$k_v$	Beiwert nach DIN 1052
$k_n$	Beiwert nach DIN 1052
	Vollholz, Balkenschichtholz: 5
	BSH: 6,5; Furnierschichtholz: 4,5

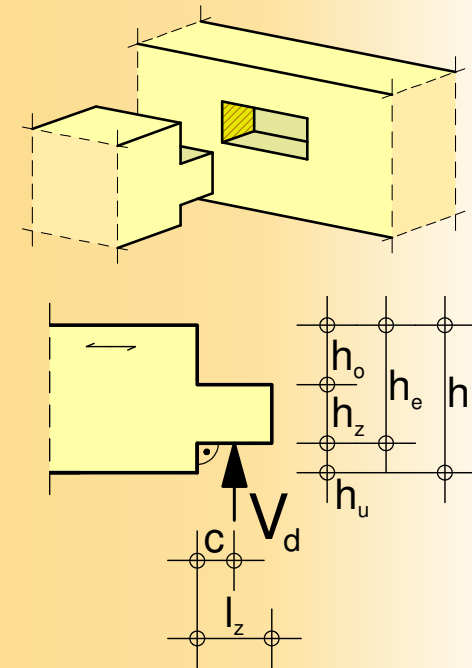
## Zapfen (waagrecht)

### Nachweise nach DIN 1052

- Querkzugspannungen im Zapfenloch

$$\frac{V_d}{k_s \cdot k_r \left( 6,5 + \frac{18 \cdot a^2}{h^2} \right) \cdot (l_z \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,d}} \leq 1$$

Befindet sich das Zapfenloch am Trägerende, muss der Querkzugnachweis mit doppelter Sicherheit ( $\leq 0,5$ ) geführt werden, wenn der lichte Abstand des Zapfenlochs vom Rand kleiner als die Trägerhöhe ist; gleiches gilt für den Fall, dass  $b_z > h$  ist.



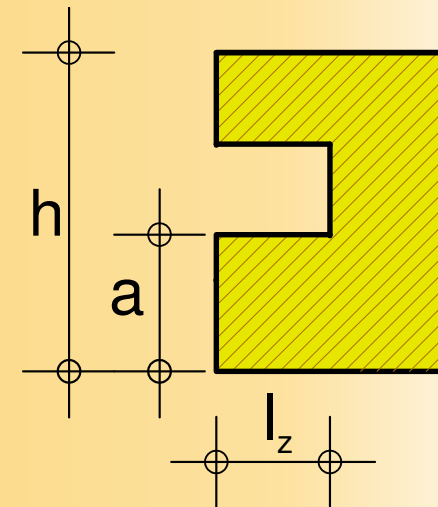
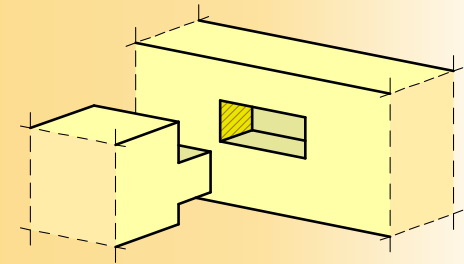
$V_d$	Bemessungswert der Querkraft [N]
$a$	Abstand vom belasteten Rand bis zum Zapfenloch [mm]
$h$	Höhe des Trägers mit Zapfenloch [mm]
$l_z$	Zapfenlänge [mm]
$f_{t,90,d}$	Bemessungswert der Zugfestigkeit senkrecht zur Faser [N/mm <sup>2</sup> ]
$k_s$	Beiwert nach DIN 1052 (hier 1)
$k_r$	Beiwert nach DIN 1052 (hier 1)

## Zapfen (waagrecht)

### Nachweise nach DIN 1052

- Quersugspannungen im Zapfenloch

Bei  $a/h \geq 0,7$  darf der Nachweis entfallen,  
 $a/h < 0,2$  nur für kurze Lasteinwirkungen  
zulässig.

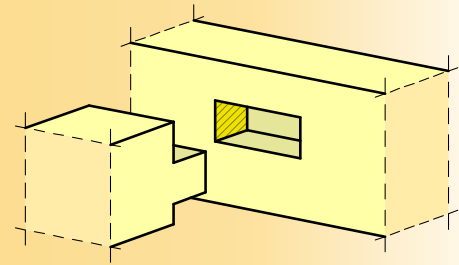




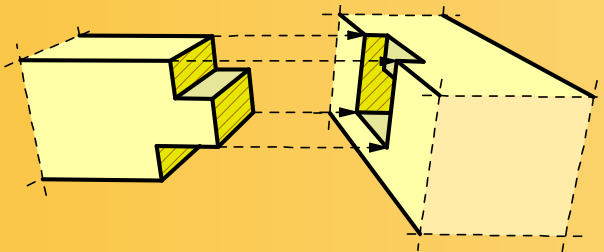
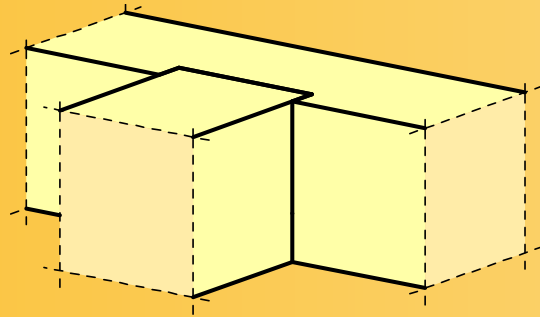
## Zapfen (waagerecht)

### Beurteilung der Tragfähigkeit

- Querkraft: relativ klein
- Zugkraft: mittel (Holznagel, Stahlstift)
- Druckkraft: mittel (reduzierte Querdruckfläche)



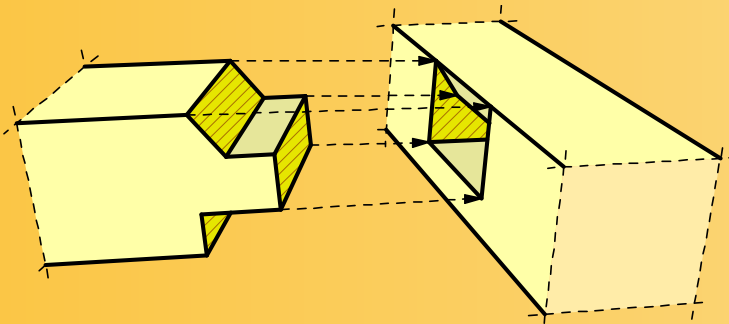
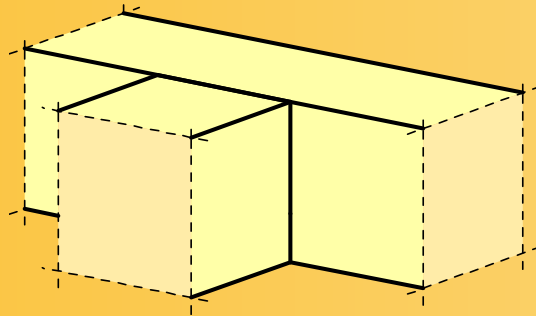
## Brustzapfen



### Anmerkungen

- Verstärkter Zapfen
- Einsatz z. B. in Balkenlagen
- Hauptträger wird in Druckzone geschwächt

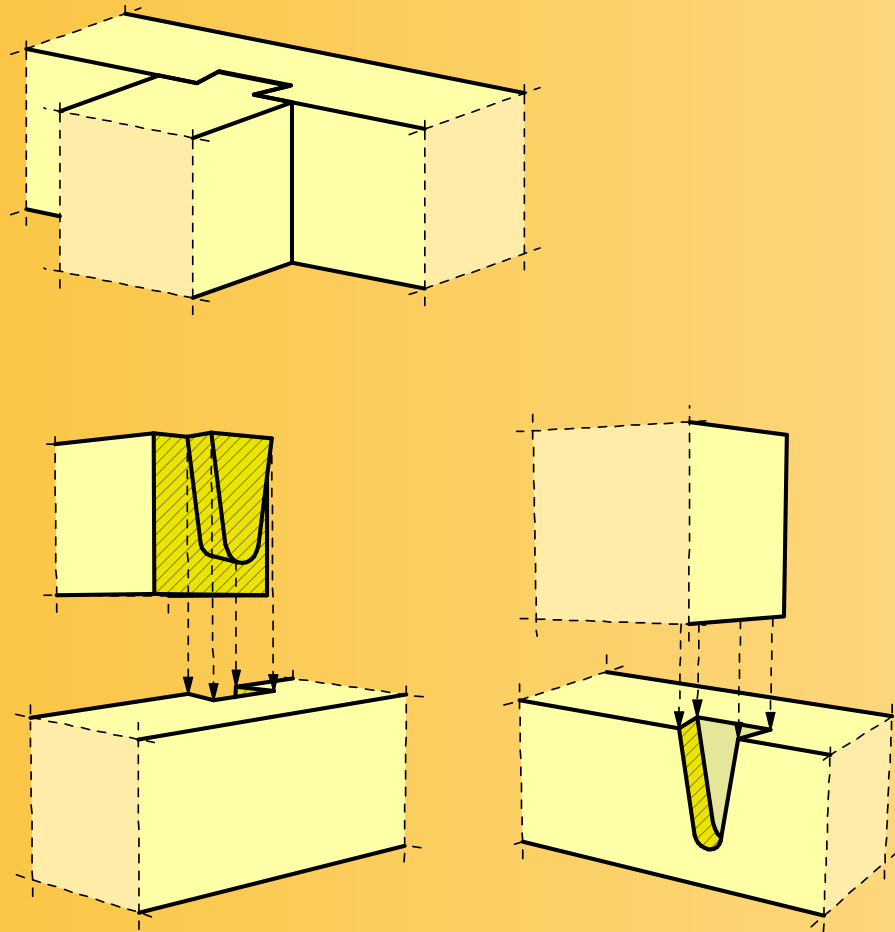
## Schräger Brustzapfen



### Anmerkungen

- Verstärkter Zapfen
- Einsatz z. B. in Balkenlagen
- Hauptträger wird in Druckzone weniger geschwächt

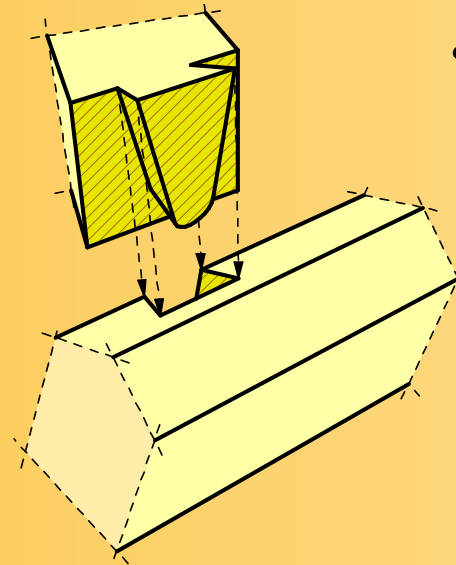
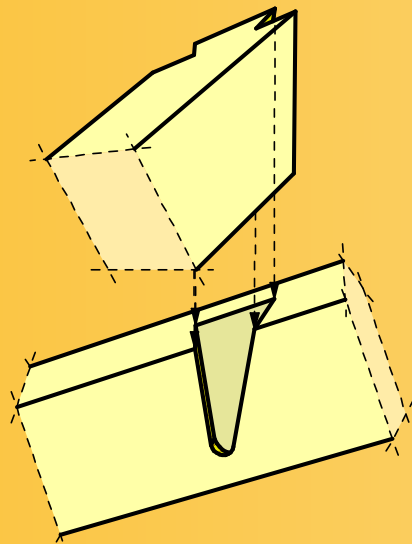
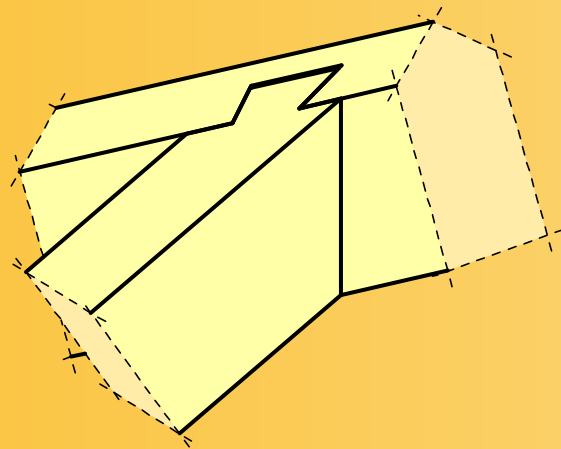
# Schwalbenschwanzzapfen



## Anmerkungen

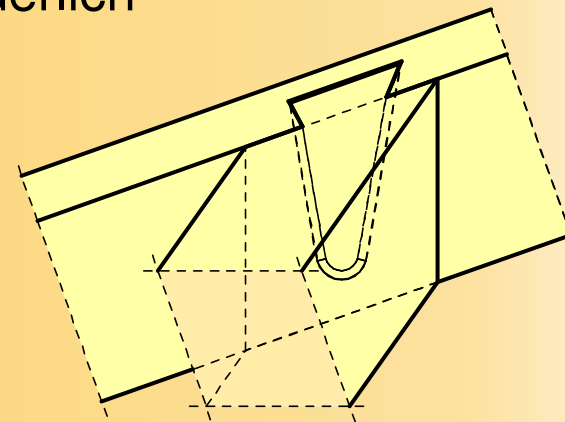
- Querverbindung für Anschluss Nebenträger an Hauptträger
- Nur maschinell herstellbar
- Übertragung von Querkräften und geringen Zugkräften möglich
- Keine Stahlteile notwendig
- Schnelle Montage möglich
- Als tragende Verbindung nur mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (AbZ.) möglich

## Schräger Schwalbenschwanzzapfen

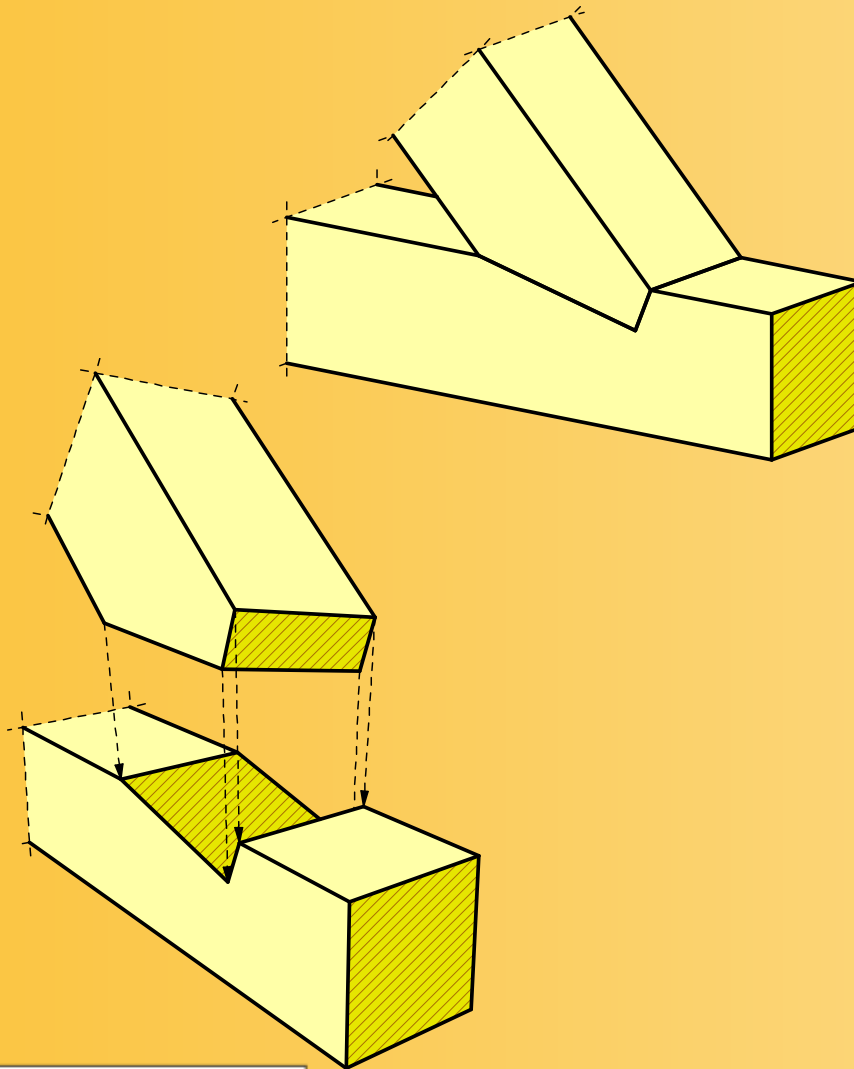


### Anmerkungen

- Querverbindung für Anschluss Schifter an Gratsparren
- Nur maschinell herstellbar
- Übertragung von Quer- und Zugkräften möglich
- Für tragende Verbindung: AbZ. erforderlich



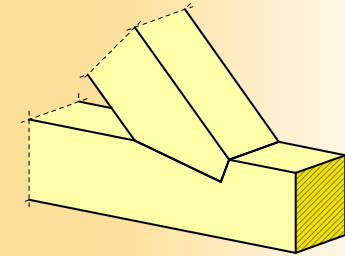
## Stirnversatz (Stirn in Winkelhalbierender)



### Anmerkungen

- Verbindung für Streben
- Verbindung für Kopfbänder

## Stirnversatz (Stirn in Winkelhalbierender)



### Vorteile

- Optimal Ausnutzung der Druckspannungsfestigkeiten

### Nachteile

- Aufwändige manuelle Herstellung
- Ausreichende Vorholzlänge

## Stirnversatz (Stirn in Winkelhalbierender)

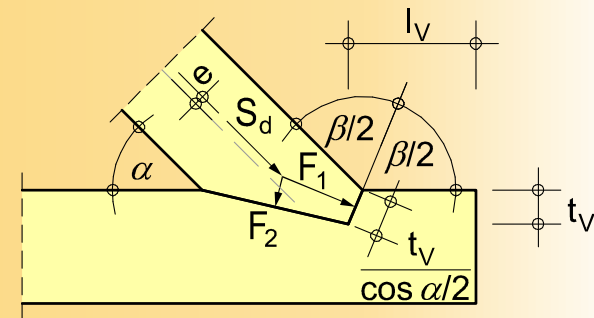
### Nachweise nach DIN 1052

- Druckspannungen in der Stirnfläche

$$\frac{S_d \cdot \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{b \cdot t_v \cdot f_{c,\alpha/2,d}} \leq 1$$

$$t_v \leq \begin{cases} h/4 & \text{für } \alpha \leq 50^\circ \\ h/6 & \text{für } \alpha > 60^\circ \end{cases}$$

$$f_{c,\alpha/2,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2}\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{v,d}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}\right)^2 + \cos^4 \frac{\alpha}{2}}}$$



$S_d$	Bemessungswert der Druckkraft [N]
$\alpha$	Innenwinkel unter dem sich beide Stäbe treffen
$t_v$	Einschnitttiefe [mm]
$b$	Breite der Strebe [mm]
$h$	Höhe der Strebe [mm]
$f_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in Faserrichtung [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{c,\alpha/2,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit im Winkel $\alpha/2$ zur Faser [N/mm <sup>2</sup> ]



## Stirnversatz (Stirn in Winkelhalbierender)

### Nachweise nach DIN 1052

- Druckspannungen in der Strebe

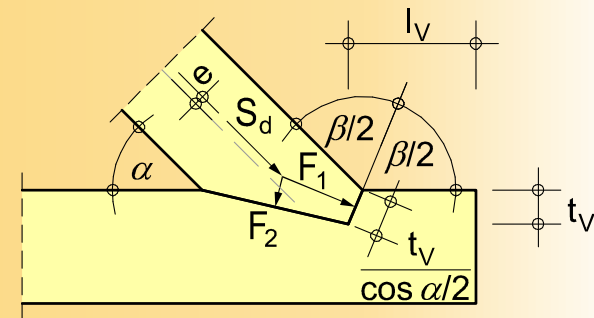
$$\frac{S_d}{b \cdot h \cdot f_{c,0,d}} + \frac{M_{y,d}}{\left(\frac{b \cdot h^2}{6}\right) \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

$$M_{y,d} = S_d \cdot 0,5 \cdot (h - t_v)$$

- Abscheren des Vorholzes

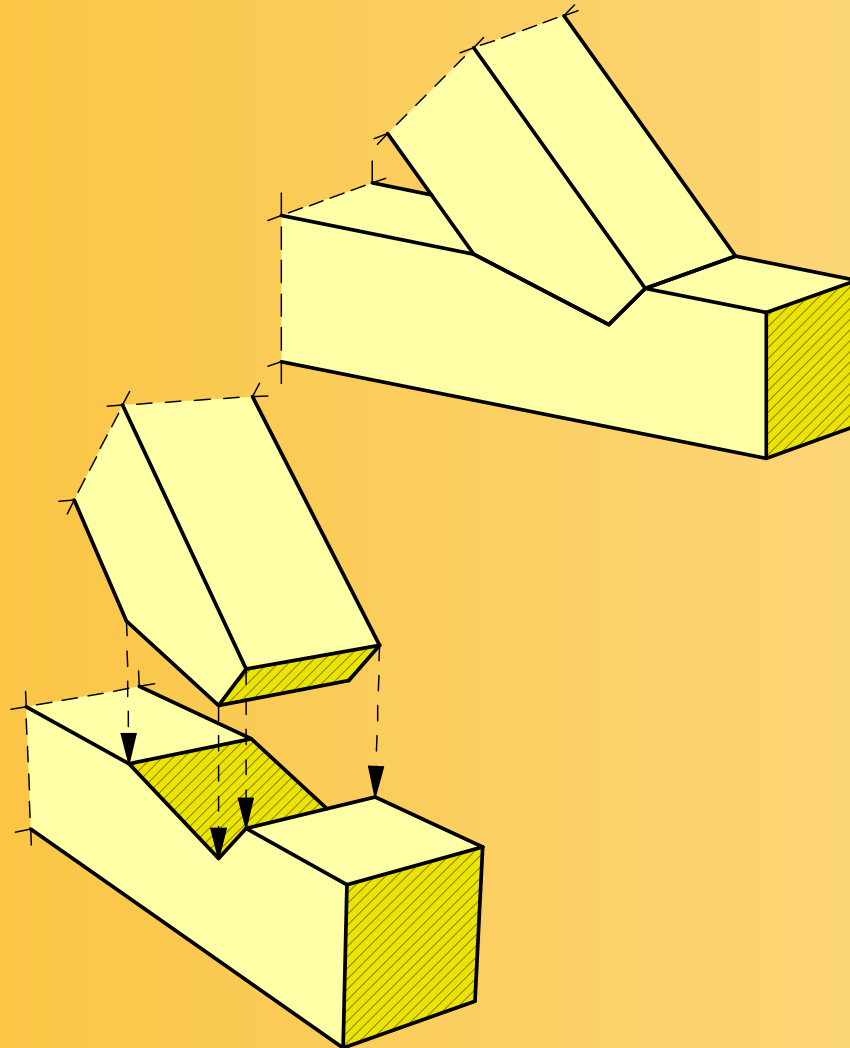
$$\frac{S_d \cdot \cos \alpha}{b \cdot l_v \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$20 \text{ cm} < l_v \leq 8 \cdot t_v$$



$S_d$	Bemessungswert der Druckkraft [N]
$M_{y,d}$	Exzentrizitätsmoment [Nmm]
$\alpha$	Innenwinkel unter dem sich beide Stäbe treffen
$l_v$	Vorholzlänge [mm]
$b$	Breite der Strebe [mm]
$h$	Höhe der Strebe [mm]
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in Faserrichtung [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{m,d}$	Bemessungswert der Biegefestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

## Variante: Stirnversatz (Stirn rechtwinklig zur Stabachse)



### Vorteil

- Einfacher manuell herstellbar

### Nachteil

- Geringere Tragfähigkeit
- Ungünstiger Kraft-Faser-Winkel
- Größere Ausmittigkeit
- Fugenklaffen möglich
- Ungünstiger Kraft-Faser-Winkel
- Ausreichende Vorholzlänge

# Stirnversatz (Stirn rechtwinklig zur Stabachse)

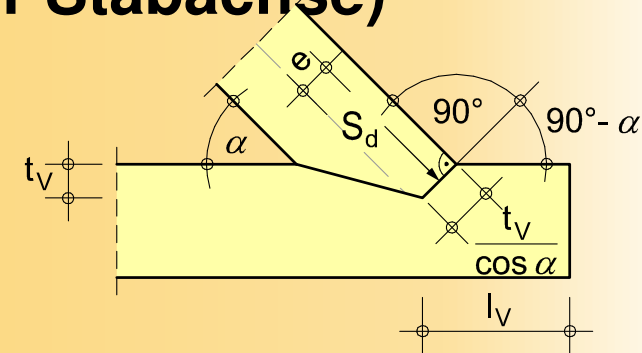
## Nachweise nach DIN 1052

- Druckspannungen im Versatzboden

$$\frac{S_d \cdot \cos \alpha}{b \cdot t_v \cdot f_{c,\alpha,d}} \leq 1$$

$$t_v \leq \begin{cases} h/4 & \text{für } \alpha \leq 50^\circ \\ h/6 & \text{für } \alpha > 60^\circ \end{cases}$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{v,d}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha\right)^2 + \cos^4 \alpha}}$$



$S_d$	Bemessungswert der Druckkraft [N]
$\alpha$	Innenwinkel unter dem sich beide Stäbe treffen
$t_v$	Einschnitttiefe [mm]
$b$	Breite der Strebe [mm]
$h$	Höhe der Strebe [mm]
$f_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in Faserrichtung [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{c,\alpha/2,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit im Winkel $\alpha/2$ zur Faser [N/mm <sup>2</sup> ]

# Stirnversatz (Stirn rechtwinklig zur Stabachse)

## Nachweise nach DIN 1052

- Druckspannungen in der Strebe

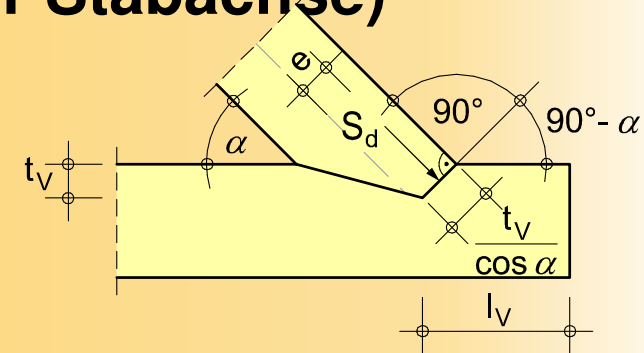
$$\frac{S_d}{b \cdot h \cdot f_{c,0,d}} + \frac{M_{y,d}}{\left(\frac{b \cdot h^2}{6}\right) \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

$$M_{y,d} = S_d \cdot 0,5 \cdot \left( h - \frac{t_v}{\cos \alpha} \right)$$

- Abscheren des Vorholzes

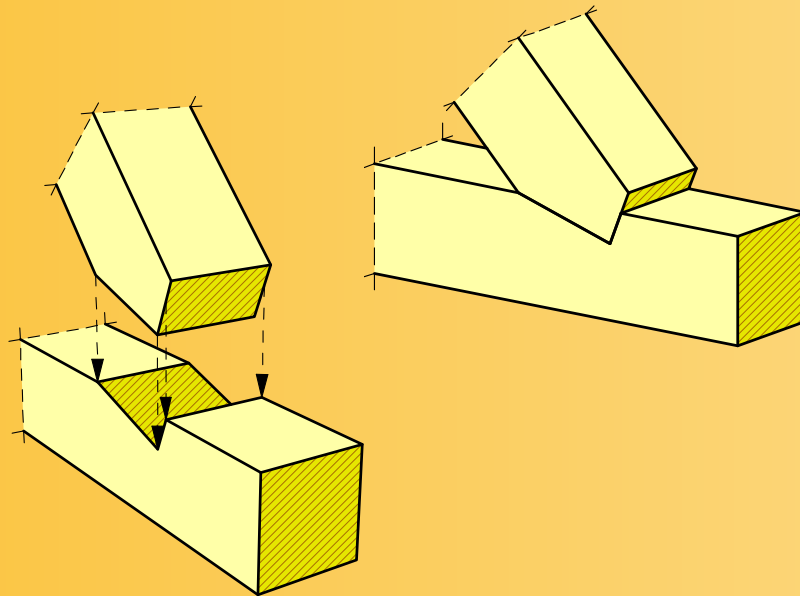
$$\frac{S_d \cdot \cos \alpha}{b \cdot l_v \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$20 \text{ cm} < l_v \leq 8 \cdot t_v$$



$S_d$	Bemessungswert der Druckkraft [N]
$M_{y,d}$	Exzentrizitätsmoment [Nmm]
$\alpha$	Innenwinkel unter dem sich beide Stäbe treffen
$l_v$	Vorholzlänge [mm]
$b$	Breite der Strebe [mm]
$h$	Höhe der Strebe [mm]
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in Faserrichtung [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{m,d}$	Bemessungswert der Biegefestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

## Variante: Brustversatz



### Vorteil

- Minimale Ausmittigkeit
- Günstiger Kraft-Faser-Winkel
- Minimiertes Fugenklaffen

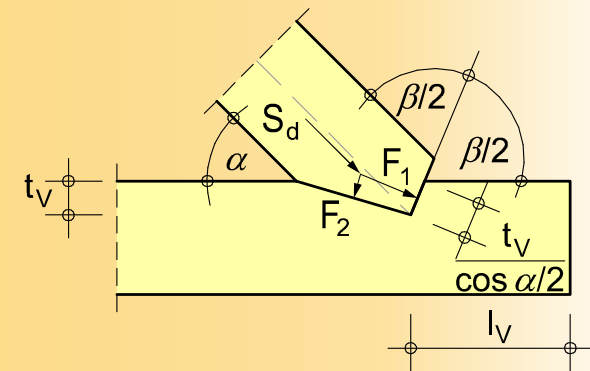
### Nachteil

- Unschöne Optik

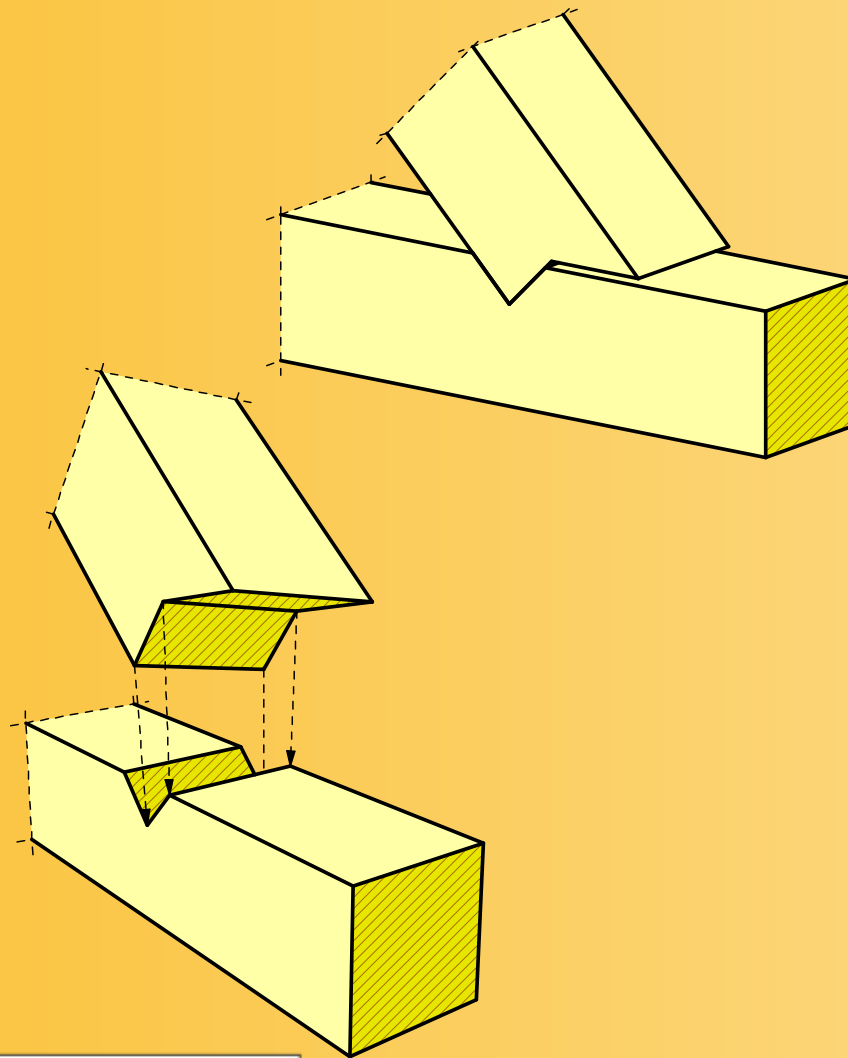
### Nachweise nach DIN 1052

(siehe Stirnversatz (Stirn in Winkelhalbierender))

- Druckspannungen in der Stirnfläche
- Druckspannungen in der Strebe
- Abscheren des Vorholzes



## Fersenversatz



### Anmerkungen

- Verbindung für Streben
- Überdeckung darf nicht auf Vorholz aufliegen (Rissgefahr in Strebe)

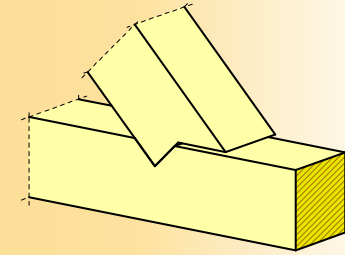
# Fersenversatz

## Vorteile

- Einfache manuelle Herstellung
- Vermindertes Fugenklaffen
- Besserer Holzschutz durch Überdeckung der Fuge

## Nachteile

- Größere Ausmittigkeit



# Fersenversatz

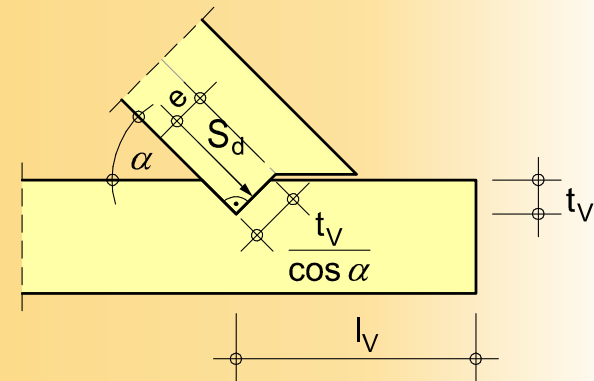
## Nachweise nach DIN 1052

- Druckspannungen im Versatzboden

$$\frac{S_d \cdot \cos \alpha}{b \cdot t_v \cdot f_{c,\alpha,d}} \leq 1$$

$$t_v \leq \begin{cases} h/4 & \text{für } \alpha \leq 50^\circ \\ h/6 & \text{für } \alpha > 60^\circ \end{cases}$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{v,d}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha\right)^2 + \cos^4 \alpha}}$$



$S_d$	Bemessungswert der Druckkraft [N]
$M_{y,d}$	Exzentrizitätsmoment [Nmm]
$\alpha$	Innenwinkel unter dem sich beide Stäbe treffen
$t_v$	Einschnitttiefe [mm]
$b$	Breite der Strebe [mm]
$h$	Höhe der Strebe [mm]
$f_{c,0,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit in Faserrichtung [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{c,\alpha,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit im Winkel $\alpha$ zur Faser [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{m,d}$	Bemessungswert der Biegefestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]



## Fersenversatz

### Nachweise nach DIN 1052

- Druckspannungen in der Strebe

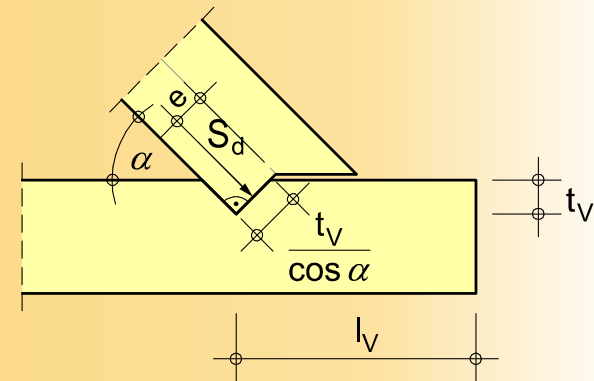
$$\frac{S_d}{b \cdot h \cdot f_{c,0,d}} + \frac{M_{y,d}}{\left(\frac{b \cdot h^2}{6}\right) \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

$$M_{y,d} = S_d \cdot 0,5 \cdot \left( h - \frac{t_v}{\cos \alpha} \right)$$

- Abscheren des Vorholzes

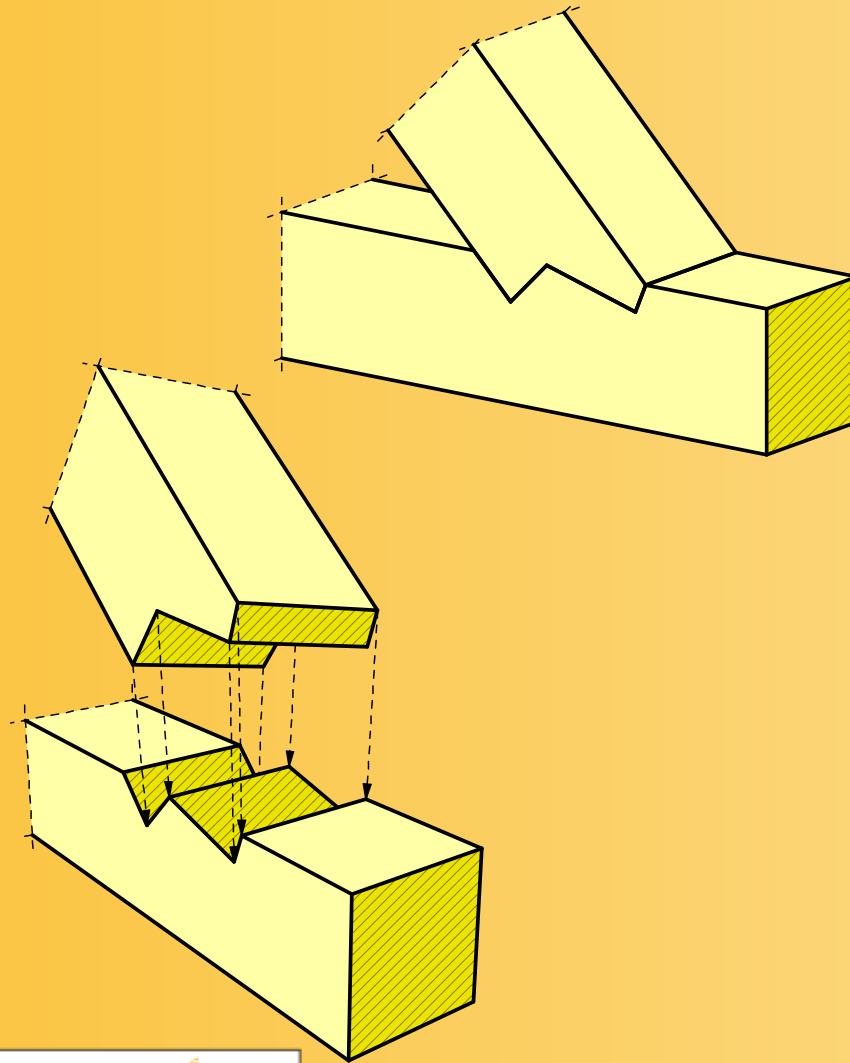
$$\frac{S_d \cdot \cos \alpha}{b \cdot l_v \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$20 \text{ cm} < l_v \leq 8 \cdot t_v$$



$S_d$	Bemessungswert der Druckkraft [N]
$\alpha$	Innenwinkel unter dem sich beide Stäbe treffen
$l_v$	Vorholzlänge [mm]
$b$	Breite der Strebe [mm]
$f_{v,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]

## Doppelter Versatz



### Anmerkungen

- Verbindung für Streben
- Kombination aus Stirn- und Fersenversatz
- Erfordert hohe Passgenauigkeit

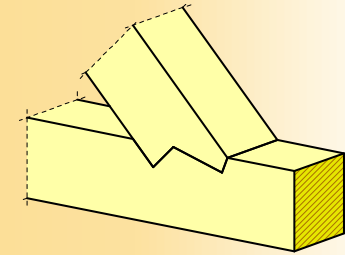
# Doppelter Versatz

## Vorteile

- Minimale Ausmittigkeit
- Günstiger Kraft-Faser-Winkel
- Hohe Kraftübertragung möglich
- Reduzierte Vorholzlänge

## Nachteile

- Sehr aufwändige manuelle Herstellung



# Doppelter Versatz

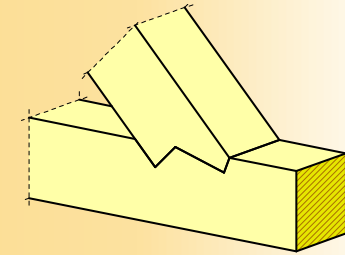
## Nachweise nach DIN 1052

Aufteilung der Gesamtkraft je zur Hälfte auf Stirn- und Fersenversatz.

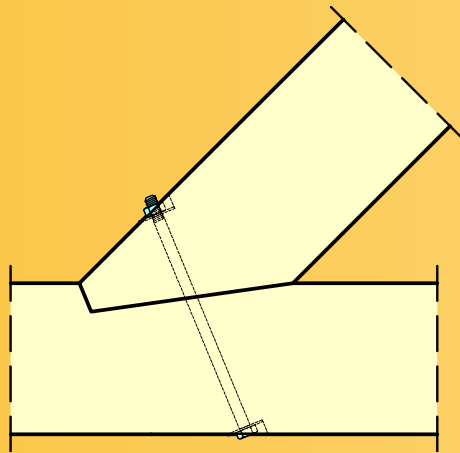
Nachweise wie Stirn- (mit Winkelhalbierender) und Fersenversatz:

- Druckspannungen in der Stirnfläche bzw. im Versatzboden
- Druckspannungen in der Strebe
- Abscheren des Vorholzes

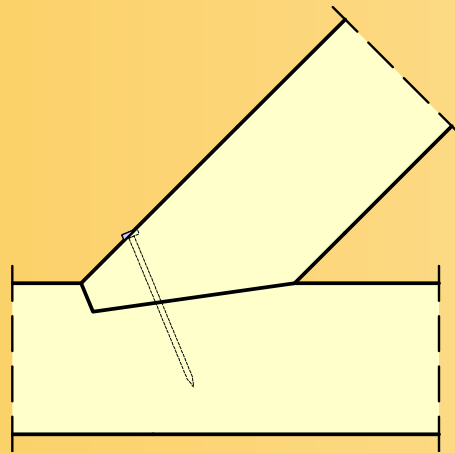
Sonderbedingungen für Versatztiefen:  $t_{v,1} \leq 0,8 \times t_{v,2}$   
 $t_{v,1} \leq t_{v,2} - 1,0 \text{ cm}$



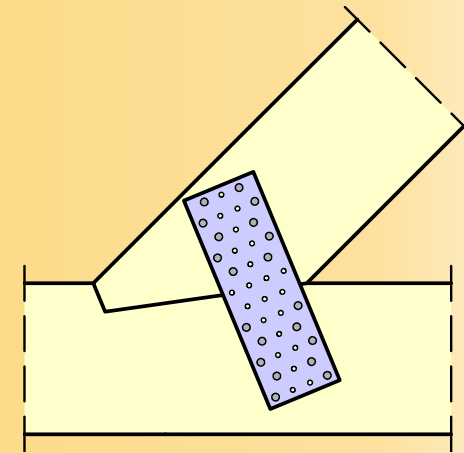
## Lagesicherung von Versätzen



Bolzen



Sondernagel



Lochblech