

Eurocode 5 – stiftförmige Verbindungsmittel

Gewidmet meinem Freund und Lehrmeister
DI Alfons Brunauer (*1963 - † 2018)

Frank Brühl
Duale Hochschule Baden-Württemberg
Mosbach, Deutschland

en.ar[tec] – Deutschland
engineering + architecture
Fürstentzell, Deutschland



Eurocode 5 – stiftförmige Verbindungsmittel

1. Einleitung

Seit jeher stellt das Fügen von Holzbauteilen die Baumeister / Ingenieure vor Herausforderungen. Die Verbindungen können im Holzbau in traditionelle zimmermannsmäßige Verbindungen und in mechanische Verbindungen eingeteilt werden. Der ersten Gruppe können unter anderem Zapfen, Verplattungen und Versätze zugeordnete werden. Die ersten mechanischen Verbindungsmittel wurden in Form von Dollen und Holznägeln zum Fügen von Holzbauteilen verwendet [1]. In weiterer Folge wurden metallische Nägel geschmiedet und im Zuge der Industrialisierung wurde die Herstellung mechanisiert.

Derzeit gibt es neben dem Nagel eine Vielzahl von stiftförmigen Verbindungsmitteln. Hierzu zählen unter anderem Stabdübel, Bolzen, Gewindestangen, Klammern und Schrauben. Im Zuge der Überarbeitung des Eurocodes 5 [19], lag ein Hauptaugenmerk in der breiten Anwendbarkeit und in der Benutzerfreundlichkeit bei der Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln. In Vorarbeiten in Bezug auf die neue Normengeneration im Holzbau [2], wurden ebenfalls Vertreter der Holzbaupraxis mit einbezogen [3], um somit ebenfalls eine Reflektion aus Sicht der Anwendung zu erhalten.

2. Geschichtliche Entwicklung

2.1. Einführung

Die Nachfrage nach materialsparenden und leicht zu erstellenden Konstruktionen nach dem ersten Weltkrieg, führte zur Einführung der ersten DIN-Norm [4]. Die DIN 104 «Holzbalken für Kleinhäuser» wurde im April 1919 verbindlich eingeführt [4]. Ziel war es den Baumeistern und Zimmerleuten erste Bemessungsgrundlagen mit materialsparenden Tragfähigkeitstabellen an die Hand zu geben. Regelungen zur Bemessung von Verbindungsmitteln waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht enthalten.

2.2. Deterministisches Sicherheitskonzept

Im Jahre 1921 wurde der Fachausschuss für Holzfragen durch den damaligen Reichsverkehrsminister gegründet. Zunehmende Mängel an Ingenieurholzbauten führten zur Einführung der «Vorläufigen Bestimmungen für Holztragwerke» [6] im Dezember 1926 [4]. Hier waren erstmals Regelungen zur Berechnung von Verbindungsmitteln verankert. Diese basierten auf dem deterministischen Sicherheitskonzept, indem zulässige Spannungen definiert wurden.

Grundlage für die Bemessung einer Verbindung mit stiftförmigen Verbindungsmitteln bildet eine zweischnittige Laschenverbindung, siehe Abb. 1.

In der Nachweisführung wurden für das Seiten- und Mittelholz jeweils die Lochleibungsfestigkeit und das Moment im Verbindungsmittel überprüft.

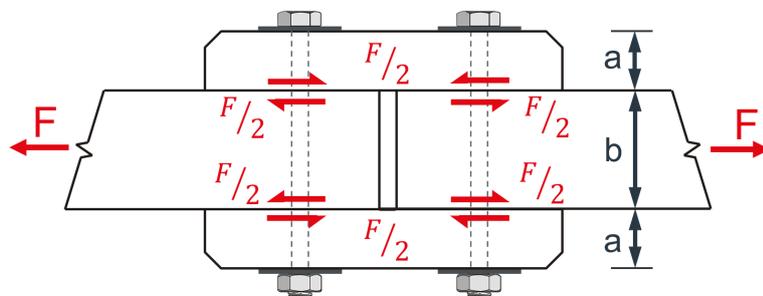


Abbildung 1: Laschenverbindung in Anlehnung an [6]

Das Moment wurde im Bereich des Seiten- und Mittelholzes wie folgt berechnet:

$$M_1 = \frac{F \cdot a}{8} \quad (1)$$

$$M_2 = \frac{2 \cdot F \cdot b}{27} \quad (2)$$

mit:

- M_1 Moment im Mittelholz (vgl. Abb. 3b)
- M_2 Moment im Seitenholz (vgl. Abb. 3a)
- F anzuschließende Kraft
- a Breite des Mittelholzes
- b Breite des Seitenholzes

Abbildung 2 zeigt die angenommenen Druckspannungsverteilungen für das Seiten- und Mittelholz.

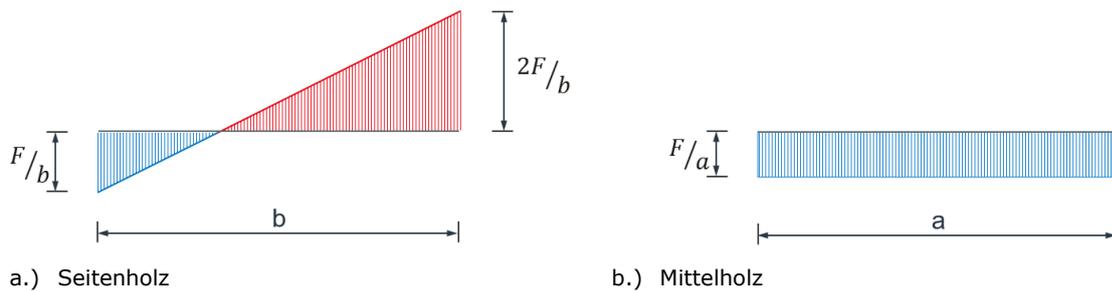


Abbildung 2: Druckspannungsverteilung [6]

Aus den Druckspannungsverteilungen wurden die Momentenlinien abgeleitet (vgl. Abb. 3).

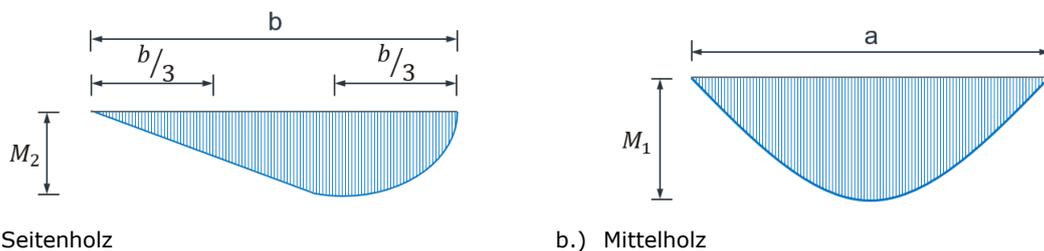


Abbildung 3: Momentenlinien [6]

Als gleichmäßig auf die Lochleibung bezogene Pressung durfte für

- Mittelhölzer 100 kg/cm^2 ($\sim 10 \text{ N/mm}^2$)

und für

- Seitenhölzer 50 kg/cm^2 ($\sim 5 \text{ N/mm}^2$)

angesetzt werden.

Für eine Beanspruchung rechtwinklig zur Faserrichtung mussten die zulässigen Festigkeitswerte um $\frac{1}{3}$ reduziert werden [6].

Im Jahre 1930 wurde die erste Norm für hölzerne Brücken eingeführt [7], die Berechnung von Bolzenverbindungen blieb unverändert.

Die erste Ausgabe der DIN 1052 «Bestimmung für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau» [8] erschien im Jahre 1933. Neben dem in der Stabilität eingeführten ω -Verfahren, fanden Ergebnisse zu umfangreichen Untersuchungen zur Holzfestigkeit den Weg in die Norm. Bei der Bemessung von Bolzenverbindungen wurde der Schlankheitsgrad λ (Holzdicke/Bolzendurchmesser) eingeführt. Dadurch sollte die ungleichmäßige Spannungsverteilung bei zunehmender Schlankheit beachtet werden, siehe Tab. 1.

Tabelle 1: Zulässiger Lochleibungsdruck in Faserrichtung [kg/cm²] [8]

Schlankheitsverhältnis $\lambda = \frac{\text{Holzdicke}}{\text{Bolzendurchmesser}}$	Zweischnittig		einschnittig
	Mittelholz	Seitenholz	
4	80	50	40
6	60	36	35
8	45	25	25
10	36	19	19
12	30	16	16
14	26	14	14

Für Mittelhölzer mit seitlichen Stahllaschen durfte die Lochleibungsfestigkeit um 25% erhöht werden [8].

In den Folgejahren lag der Fokus in der Forschung im Holzbau. So wurde im Jahre 1938 [9] die 2. Auflage der DIN 1052 eingeführt; die dritte Auflage folgte im Jahre 1940 [10], diese wurde im Jahre 1947 durch die vierte Auflage [11] abgelöst.

Die Variation der Lochleibungsfestigkeit in Abhängigkeit der Schlankheit wurde in der zweiten Ausgabe [9] der DIN 1052 verworfen.

Der Nachweis von Bolzenverbindungen fußte ab der zweiten Auflage der DIN 1052 auf zwei Nachweisgleichungen, wobei der kleinste der beiden Werte maßgebend war (vgl. Gl. 3). Die erste Nachweisgleichung in (3) betrachtete die Lochleibungstragfähigkeit des Holzbauteils, die zweite Gleichung behandelte die Bolzentragfähigkeit.

$$N_{st,b} = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{zul } \sigma_1 \cdot a \cdot d_{st,b} \\ B \cdot d_{st,b}^2 \end{array} \right. \quad (3)$$

mit:

- zul σ_1 zulässige mittlere Lochleibungsfestigkeit in N/mm² (vgl. Tab. 2)
a zugehörige Holzdicke in mm
d_{st,b} Durchmesser des Verbindungsmittels
B Festwert in N/mm² (vgl. Tab. 2)

Das Nachweisformat blieb bis zur Auflage der DIN 1052:1988 [13] das Gleiche, lediglich die Eingangswerte änderten sich zu Beginn. Tabelle 2 zeigt zusammenfassend die Eingangswerte der DIN 1052 in den einzelnen Ausgaben. Zusätzlich wurden die Werte der

Tabelle 2: Werte für zul σ_1 und B in N/mm² zur Berechnung der zulässigen Belastung von Stabdübel und Bolzenverbindungen

	zweischnittig				einschnittig	
	Mittelholz		Seitenholz		zul σ_1	Festwert B
	zul σ_1	Festwert B	zul σ_1	Festwert B		
DIN 1052:1938 [9]	8,0	36,0	5,0	20,0	4,0	20,0
DIN 1052:1940 [10]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0
DIN 1052:1947 [11]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0
DIN 1052:1969 [12]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0
DIN 1052-2:1988 [13]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0
TGL 112-0730:1963 [14]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0
TGL 3313/01:1984 [15]	8,5	38,0	5,5	26,0	4,0	17,0

in der Deutschen Demokratischen Republik eingeführten Holzbaunorm [14, 15] aufgeführt.

Bereits in der Normengeneration von 1938 [9] wurde eine vom Kraft-Faserwinkel abhängige Lochleibungsfestigkeit verankert. So musste die Lochleibungsfestigkeit für eine senkrecht zur Faser wirkende Belastung um 50% abgemindert werden. Zwischenwerte durften linear interpoliert werden.

In der nächsten Ausgabe der DIN 1052 [10] betrug die Abminderung 25%, diese wurde bis zur letzten Ausgabe der DIN 1052 [13], basierend auf der Methode der zulässigen Spannungen, beibehalten.

2.3. Semiprobabilistisches Sicherheitskonzept

Mit der Einführung der DIN 1052 im Jahre 2004 [16] wurde das deterministische Sicherheitskonzept durch das semiprobabilistische Sicherheitskonzept abgelöst. Die Berechnung von stiftförmigen Verbindungsmitteln wurde in diesem Zuge grundlegend überarbeitet. Die eingeführte Berechnungsmethode basiert auf dem European Yield Model (EYM) welchem die Untersuchungen von Johansen [17] und Meyer [18] zu Grunde liegt. Die einzelnen Versagensmechanismen sind in Abbildung 4 dargestellt.

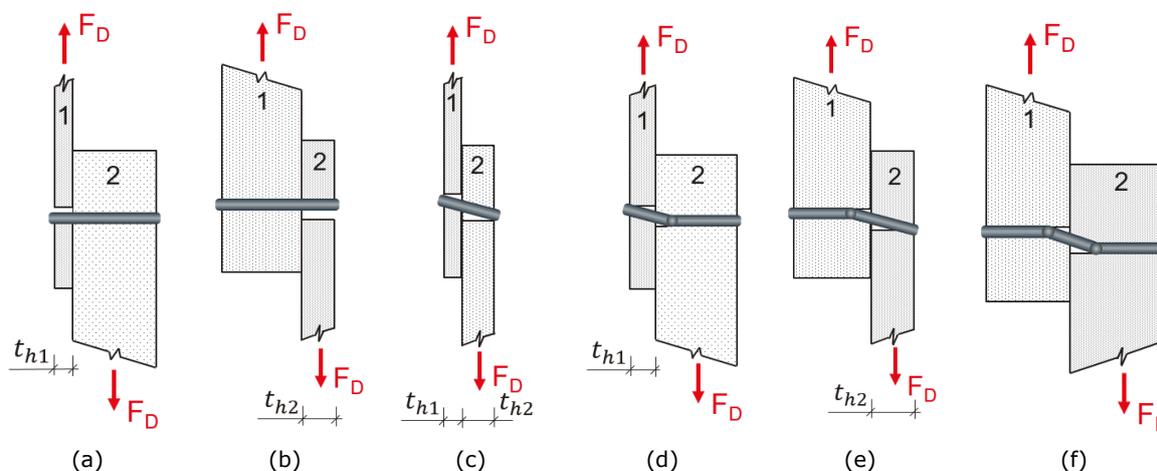


Abbildung 4: Mögliche Versagensmechanismen in Anlehnung an das EYM

Für die Berechnung von stiftförmigen Verbindungsmitteln wurden die Grundgleichungen für Holz-Holz-Verbindungen und für Stahlblech-Holz-Verbindungen angegeben. Diese Gleichungen haben in der derzeit gültigen europäischen Norm [19] noch Gültigkeit. Im Bereich der Stahlblech-Holz-Verbindungen wird in innenliegende und außenliegende Stahlbleche unterschieden. Für außenliegende Bleche muss wiederum der Grad der Einspannung des Verbindungsmittels im Stahlblech bewertet werden. Dies geschieht über das Verhältnis des Verbindungsmitteldurchmessers zur Dicke des Stahlbleches (t/d).

3. Ausblick in die künftige Normungssituation

3.1. Allgemeines

Neben der nicht anwenderfreundlichen Gliederung des derzeitigen Eurocode 5 [19], war die Fülle an komplexen Gleichungen um das Tragverhalten von stiftförmigen Verbindungsmitteln zu berechnen [21] ein Hauptkritikpunkt in der Bemessung von Verbindungsmitteln.

Daher wurden die Gleichungen des EYM dahingehend vereinfacht, sodass die Versagensmechanismen (vgl. Abb. 4) mit ihren Grundgleichungen für alle unterschiedlichen Konfigurationen Gültigkeit besitzen. Einige Fragestellungen bestehen ebenfalls im gegenwertig direkt eingegliederten Seileffekt in den Gleichungen des EYM. Hier wurde eine klare Trennung eingeführt, sodass der Traglastanteil aus dem EYM und der Traglastanteil aus dem Seileffekt separat voneinander berechnet werden. Des Weiteren wurde die Gliederung dahingehend verbessert, sodass die einzelnen Eingangsparameter zielgerecht zu finden sind. Hierfür wurden die einzelnen Parameter in Tabellenform für die unterschiedlichen Verbindungsmittel und Werkstoffe übersichtlich aufgelistet.

3.2. Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln

Ziel der Überarbeitung des derzeitigen EYM war eine starke Reduktion des Facettenreichtums der derzeitigen Nachweisgleichungen. Hierzu wurde die derzeitige Unterscheidung zwischen Holz-Holz Verbindungen und Stahlblech-Holz Verbindungen auf die sechs Grundgleichungen verallgemeinert. Somit können einschnittige Verbindungen von zwei beliebigen Bauteilen mit den sechs Grundgleichungen (vgl. Gl. 4) berechnet werden. Dabei ist das Verhältnis der Lochleibungsfestigkeiten (vgl. Gl. 5) der beiden Bauteile von großer Bedeutung.

$$F_{D,k} = \min \left\{ \begin{array}{ll} f_{h,1,k} t_{h,1} d & \text{(a)} \\ f_{h,2,k} t_{h,2} d & \text{(b)} \\ \frac{f_{h,1,k} t_{h,1} d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2 \beta^2 \left[1 + \frac{t_{h,2}}{t_{h,1}} + \left(\frac{t_{h,2}}{t_{h,1}} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_{h,2}}{t_{h,1}} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_{h,2}}{t_{h,1}} \right) \right] & \text{(c)} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_{h,1} d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2 \beta (1 + \beta) + \frac{4 \beta (2 + \beta) M_{y,k}}{f_{h,1,k} d t_{h,1}^2}} - \beta \right] & \text{(d)} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_{h,2} d}{1 + 2 \beta} \left[\sqrt{2 \beta^2 (1 + \beta) + \frac{4 \beta (1 + 2 \beta) M_{y,k}}{f_{h,1,k} d t_{h,2}^2}} - \beta \right] & \text{(e)} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2 \beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,k} f_{h,1,k} d} & \text{(f)} \end{array} \right. \quad (4)$$

mit:

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} \quad (5)$$

- $f_{h,1,k}, f_{h,2,k}$ charakteristische Lochleibungsfestigkeit von Bauteil 1 und Bauteil 2
- $t_{h,1}, t_{h,2}$ Einbindetiefe im Bauteil 1 und Bauteil 2
- $M_{y,k}$ charakteristisches Fließmoment
- d Durchmesser des Verbindungsmittels

Dadurch ist es möglich für diverse Materialien von Bauteil 1 und Bauteil 2 die Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln zu berechnen. Die Einschränkung und Aufteilung in Holz-Holz und Stahlblech-Holz Verbindungen ist folglich aufgehoben. Für die Berechnung einer Stahlblech-Holz Verbindung wird eine Lochleibungsfestigkeit des Stahlteils von 600 N/mm² empfohlen.

Bei der Berechnung von zweischnittigen Verbindungen können ebenfalls die sechs Grundgleichungen herangezogen werden. Hierfür müssen die Versagensmechanismen, welche

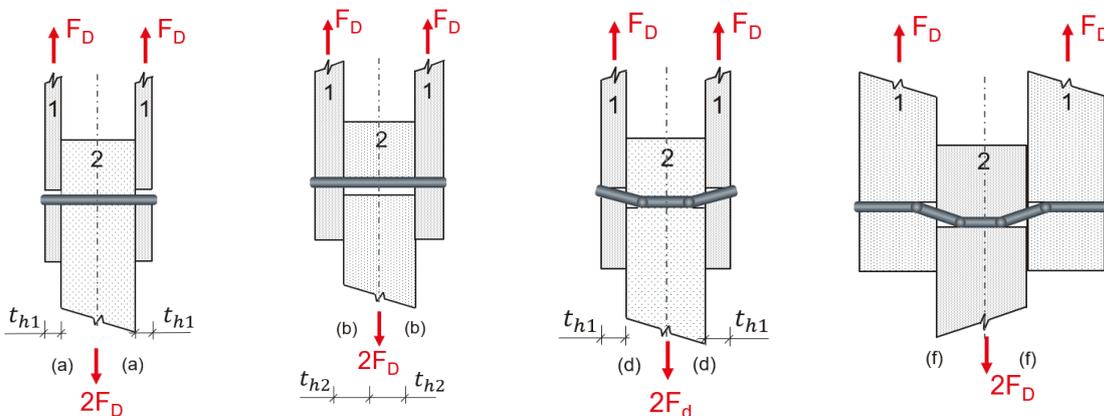


Abbildung 5: Zweischnittige Verbindungen (Versagensmechanismen (a), (b), (d) & (f))

bei einer zweischnittigen Verbindung nicht eintreten können, außer Acht gelassen werden. Diese sind im Wesentlichen die Versagensmechanismen (c) und (e), siehe Abb. 5.

Im derzeitigen Eurocode 5 [19] wird der «Einspannungsgrad» des Verbindungsmittels im außenliegenden Blech durch das Verhältnis des Durchmessers des Verbindungsmittels zur Dicke des Stahlbleches berücksichtigt. Dünne Bleche, und damit eine gelenkige Lagerung des stiftförmigen Verbindungsmittels, sind bis zu einer Stärke des Bleches (t) von 50 % des Verbindungsmitteldurchmessers (d) definiert. Ab einem Verhältnis t/d von 1,0 wird von einer Einspannung des Verbindungsmittels im außenliegenden Stahlblech ausgegangen. Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.

Durch die Vereinfachung bedarf es keiner differenzierten Betrachtung zwischen dünnen und dicken außenliegenden Blechen. Für verschiedene Stabdübel Konfigurationen zeigt Abbildung 6 die benötigte Zugfestigkeit des außenliegenden Bleches um eine Einspannung des Verbindungsmittels zu erzielen. Für das Mittelholz wurde eine Holz-Rohdichte von 385 kg/m^3 angenommen.

Für ein Verhältnis t/d des außenliegenden Blechs zum Stabdübeldurchmesser von 1,0 ergibt sich für einen Stabdübel, mit einem Durchmesser von 12 mm, und einer Zugfestigkeit $f_{u,k} = 510 \text{ N/mm}^2$ eine benötigte Zugfestigkeit des Bleches von $f_{u,k} \sim 150 \text{ N/mm}^2$ um die Ausbildung eines Fließgelenkes im Stabdübel zu erreichen.

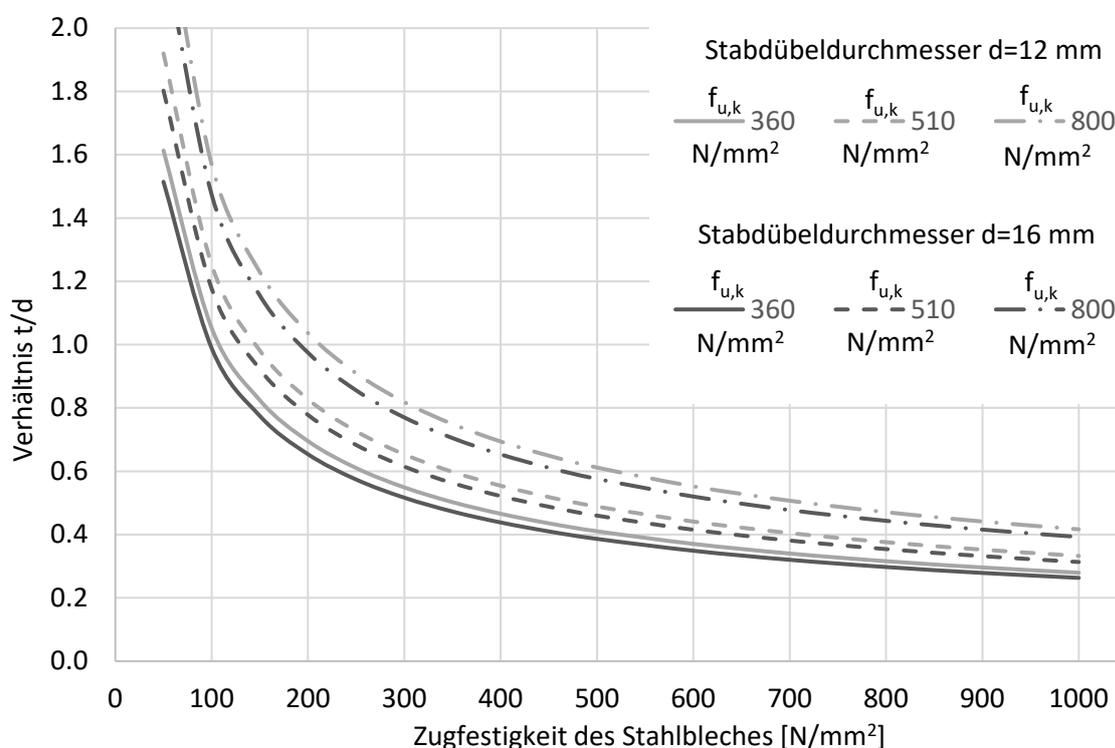


Abbildung 6: Benötigte Zugfestigkeit des außenliegenden Bleches für die Ausbildung eines Fließgelenkes

Vergleichsrechnungen unter Verwendung der sechs Grundgleichungen haben gezeigt, dass sich für außenliegende Bleche mit einem Dickenverhältnis kleiner als 1,0 signifikante Tragfähigkeitserhöhungen ergeben (vgl. Abb. 7(a)). Ein wesentlicher Einfluss hierfür ist die Ausbildung eines Fließgelenkes am Blech für Verhältnisse der Blechdicke zum Stabdübeldurchmesser (t/d) für weitaus kleinere Verhältnisse als 1,0, siehe Abb. 6.

Neben der reinen Johansen Theorie, sind weitere Effekte bei außenliegenden Blechen zu beachten. Dies ist unter anderem, neben dem reinen Lochspiel, eine mögliche plastische Verformung des Bleches im Fügebereich des Verbindungsmittels an das Blech. Leider liegen für die genauere Beurteilung keine Versuchsergebnisse vor. Um die Effekte einer Teileinspannung zu berücksichtigen, wurde der Faktor k_{pl} eingeführt. Dieser fordert eine Verringerung der Lochleibungsfestigkeit für Dickenverhältnisse (t/d) kleiner 0,5, um 50%. Im Bereich von Dickenverhältnissen (t/d) zwischen 0,5 und 1,0 muss der Faktor k_{pl} linear interpoliert werden.

Abbildung 7(b) zeigt den Vergleich der Tragfähigkeit basierend auf der derzeit gültigen Bemessungsnorm [19] und dem Bemessungsansatz basierend auf dem aktuellen Entwurf des EN 1995 [20].

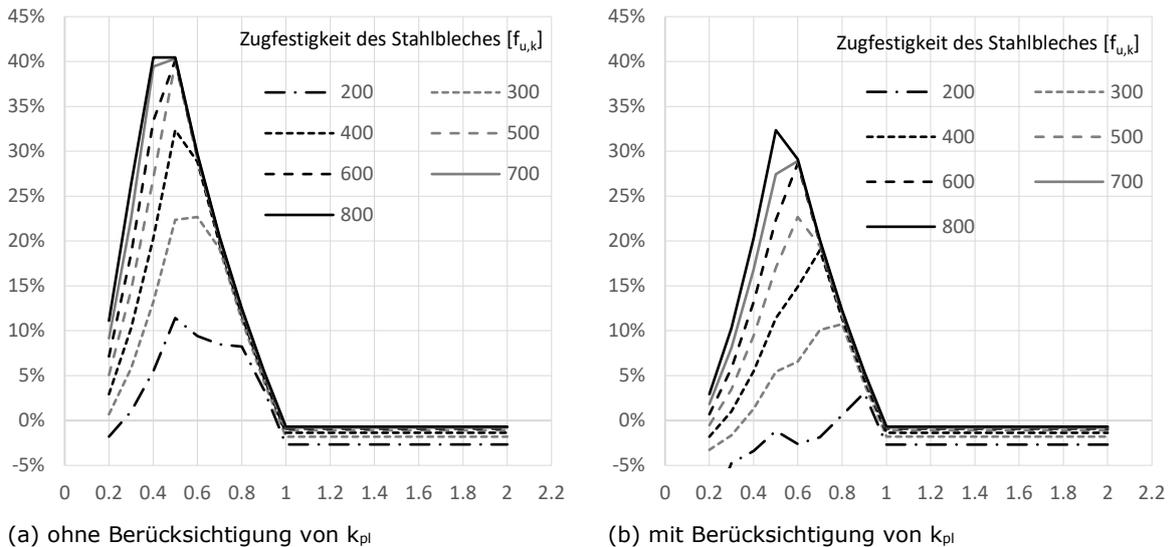


Abbildung 7: Vergleich der Tragfähigkeiten nach EN 1995 [19] und prEN1995 [20]

3.3. Vorteile der vereinfachten Bemessungsgleichungen

Ein großer Vorteil der überarbeiteten Nachweisgleichungen ist die materialunabhängige Bemessung. So erfassen die Bemessungsformeln eine Kombination sämtlicher Materialien (z.B. Harthölzer, Furnierschichtholz, Plattenwerkstoffe, Aluminium, hochfeste Stähle, u. a.), welche in der Ausführung von modernen Verbindungen zum Tragen kommen können. Durch die Anwendung der jeweiligen Lochleibungstragfähigkeit der Bauteile 1 und 2 wird durch die Versagensmodi (a) und (b) direkt der Lochleibungsnachweis geführt, welcher bei dünnen Blechen maßgebend werden kann. Somit kann dieser bei der Bemessung nicht in Vergessenheit geraten.

In der Überprüfung der sechs Versagensmodi muss nicht zwischen dicken und dünnen außenliegenden Blechen unterschieden werden, da der auftretende Versagensfall durch die einzelnen Materialparameter bestimmt wird, siehe Abb. 6. Dadurch wird der Versagensfall klar definiert und zugeordnet.

3.4. Vereinfachungen

In Anlehnung an die im deutschsprachigen Raum [23], [24] bereits etablierte Vereinfachung, wurde diese in das Hauptdokument aufgenommen. So ist es möglich eine einfache und schnelle Bemessung durchzuführen.

Die vereinfachte Nachweisführung basiert auf dem Versagensmechanismus mit der Ausbildung von zwei Fließgelenken im Verbindungsmittel pro Scherfuge, Versagensmodus (f). Die benötigte Mindestholzdicke zur Ausbildung beider Fließgelenke ist für einschnittige und zweischnittige Verbindungen gegeben. Die Tragfähigkeit für Holzdicken kleiner als die erforderliche Holzdicke darf mit dem Verhältnis der beiden Holzdicken multipliziert werden, siehe Gleichung 6.

$$F_{D,k} = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2 M_{y,k} f_{h,1,k} d} \min \left\{ \begin{array}{l} t_{h,1}/t_{h,1,req} \\ t_{h,2}/t_{h,2,req} \\ 1 \end{array} \right. \quad (6)$$

mit:

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} \quad (7)$$

- $f_{h,1,k}$, $f_{h,2,k}$ charakteristische Lochleibungsfestigkeit von Bauteil 1 und Bauteil 2
- $t_{h,1}$, $t_{h,2}$ Einbindetiefe im Bauteil 1 und Bauteil 2
- $t_{h,1,req}$, $t_{h,2,req}$ Einbindetiefe im Bauteil 1 und Bauteil 2 zur Bildung von 2 Fließgelenken im Verbindungsmittel
- $M_{y,k}$ charakteristische Fließmoment
- d Durchmesser des Verbindungsmittels

4. Verbindungsmittelabstände

In Vorarbeiten kristallisierte sich heraus, dass es bei den winkelabhängigen Rand- und Seitenabständen zu Verwirrungen und Missverständnissen in der Anwendung kommt. Daher hat man sich entschieden die Verbindungsmittelabstände ohne einen Bezug zum Kraft-Faser Winkel zu definieren. Die einzelnen Mindestabstände sind tabellarisch für die jeweiligen Verbindungsmittel angegeben.

Bei dem Entwurf eines Anschlusses sind die Mindestabstände des verwendeten Verbindungsmittels oft für die Abmessungen eines Querschnittes maßgebend. Um hier dem Planer mehr Spielraum beim Anschlussentwurf zu ermöglichen, wurden Regelungen zum versetzten Anordnen von diversen Verbindungsmitteln aufgenommen [24], [25]. Dadurch ist es möglich die Abstände in Faserrichtung und rechtwinklig zur Faserrichtung in gegenseitiger Abhängigkeit zu variieren, siehe Gleichung 8.

$$\frac{a_{2s}}{a_2} \geq 1 - \left(\frac{a_{1s}}{a_1}\right)^2 \quad (8)$$

mit:

$$a_{1s}/a_1 \leq 1 \quad (9)$$

$a_{1,s}$	Mindestabstand in Faserrichtung bei versetzter Anordnung
$a_{2,s}$	Mindestabstand rechtwinklig zur Faserrichtung bei versetzter Anordnung
a_1	Mindestabstand in Faserrichtung
a_2	Mindestabstand rechtwinklig zur Faserrichtung

Abbildung 8 zeigt die graphische Auswertung von Gleichung 8 für Stabdübel- (E) und Bolzenverbindungen (F).

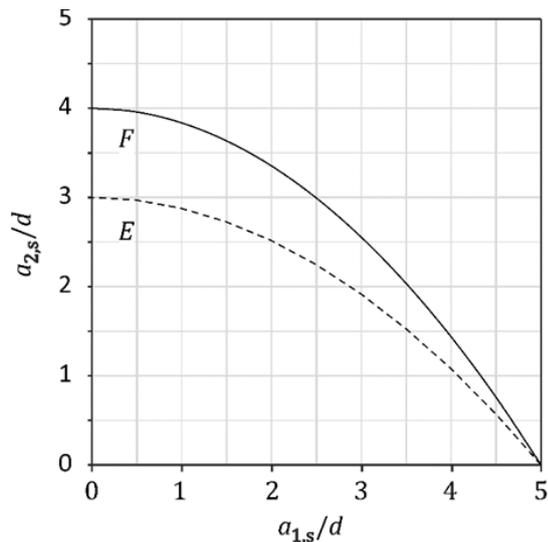
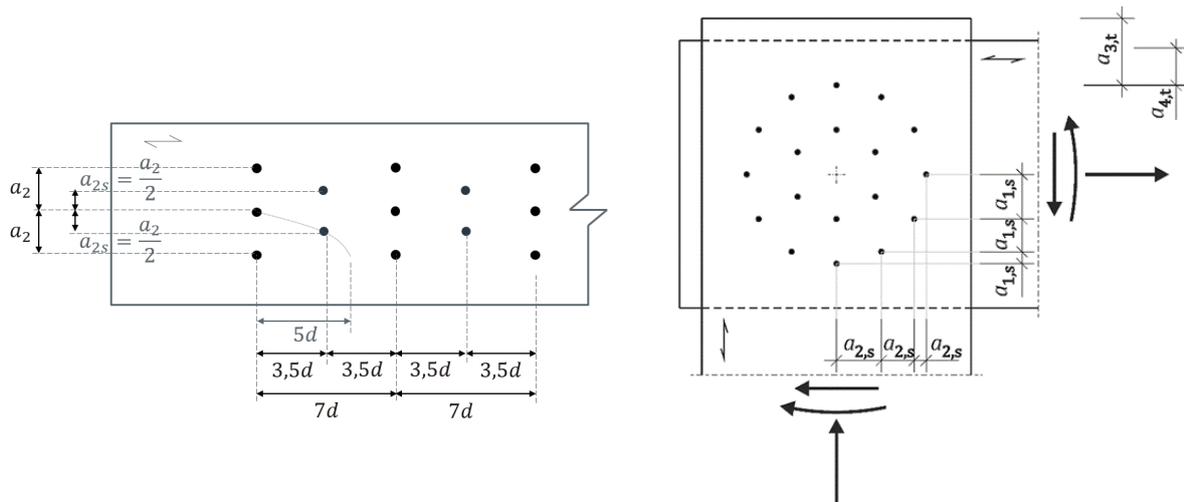


Abbildung 8: Mindestabstände für versetzt angeordnete Verbindungsmittel, (E) Stabdübel und (F) Bolzen [20]

Konfigurationen der Abstände in Faserrichtung ($a_{1,s}$) und rechtwinklig zur Faserrichtung ($a_{2,s}$), die oberhalb des jeweiligen Graphen zum Liegen kommen, sind grundsätzlich ausführbar.

Abbildung 9a zeigt eine mögliche versetzte Anordnung am Beispiel einer Stabdübelverbindung. Durch das Anordnen einer versetzten Stabdübelreihe im Mittelpunkt der Abstände rechtwinklig zur Faser, müssen die Abstände in Faserrichtung von $5d$ auf $7d$ erhöht werden. Der versetzt angeordnete Stabdübel muss mindestens einen Abstand von $3,5d$ zum ursprünglichen Stabdübel aufweisen, siehe Abb.8.



(a) Anschlussgeometrie einer Stabdübelverbindung

(b) Stabdübelkreis [20]

Abbildung 9: Anwendungsbeispiel für eine versetzte Verbindungsmittelanordnung

Bei der Ausführung eines Stabdübelkreises können die Abstände der Verbindungsmittel nicht direkt den Abständen parallel (a_1) und rechtwinklig (a_2) zur Faserrichtung zugeordnet werden. Durch die Definition einer versetzten Anordnung können die einzelnen Abstände der Verbindungsmittel klar definiert werden, siehe Abb. 9b.

5. Zusammenfassung

Der Entwurf des Kapitels «Connections» wurde in enger Zusammenarbeit zwischen Ad Leijten, Ulrich Hübner, Jørgen Munch-Anderson, Robert Jockwer, José Manuel Cabrero, Keerthi Ranasinghe, dem Autor, sowie João Negrão, Maurizio Piazza und Julian Marcroft erarbeitet. Für die vielen wertvollen und fruchtbaren Diskussionen auch in Zeiten der Pandemie möchte sich der Autor herzlich bedanken.

Die Überarbeitung des European Yield Model öffnet die Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln für unterschiedlichste Kombinationen der zu verbindenden Bauteile. Die Unterscheidung zwischen dicken und dünnen außenliegenden Blechen kann durch die Überarbeitung entfallen, da die Ausbildung des plastischen Gelenkes im Verbindungsmittel im Zuge der Nachweisführung direkt bewertet wird. Der Einfluss einer Teileinspannung des Verbindungsmittels bei dünnen Blechen bedarf weiterer Untersuchungen.

Die Einführung von versetzt angeordneten Verbindungsmitteln ermöglicht dem Planer eine höhere Variation in der Anordnung der Verbindungsmittel innerhalb eines Anschlusses. Dadurch muss die Breite des Querschnittes nicht zwangsläufig durch die Anschlussgeometrie bestimmt werden. Darüber hinaus sind die Abstände bei der Ausführung eines Stabdübelkreises klar definiert.

6. Literatur

- [1] Krauth, T.; Meyer, F. (1895): Die Bau- und Kunstzimmerei mit besonderer Berücksichtigung der äußeren Form, 13. Nachdruckauflage, Edition «libri rari» Th. Schäfer, Hannover, (Nachdruck 1994).
- [2] Sandhaas, C.; Munch-Andersen, J.; Dietsch P. (2018): Design of Connections in Timber Structures, A state-of-the-art report by COST Action FP1402/WG3. Shaker Verlag GmbH, Aachen, Deutschland.
- [3] Brunauer, A. (2017): The practical design of dowel-type connections in timber Engineering structures according to EC5. COST Action FP1402, International Conference on Connections in Timber Engineering – From Research to Standards. Graz, Österreich, S. 6-14.

- [4] Rug, W. (2016): Holzbau im Bestand – Ausgewählte historische Bemessungs- und Konstruktionsnormen von 1917 bis 2007, 1. Auflage, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, Deutschland.
- [5] DIN 104:1920-03: Holzbalken für Kleinhäuser. Deutsche Industrie Normen, Verlag unbekannt
- [6] Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft (1926-12): Vorläufige Bestimmungen für Holztragwerke, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- [7] DIN 1074:1930-08: Berechnungs- und Entwurfsgrundlagen für Hölzerne Brücken. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- [8] DIN 1052:1933-07: Bestimmung für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- [9] DIN 1052:1938-05: Bestimmung für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- [10] DIN 1052:1940-12: Holzbauwerke – Berechnung und Ausführung. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- [11] DIN 1052:1947-10: Holzbauwerke – Berechnung und Ausführung. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- [12] DIN 1052:1969-10: Holzbauwerke – Berechnung und Ausführung. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- [13] DIN 1052-2:1988-04: Holzbauwerke – Mechanische Verbindungen. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- [14] TGL 112-0730:1963-02: Tragwerke aus Holz – Projektierung. FSB, Berlin.
- [15] TGL 33135/01:1984-01: Holzbau – Tragwerke- Berechnung, Bauliche Durchbildung. VEB Kombinat Bauelemente und Faserbaustoffe, Leipzig.
- [16] DIN 1052:2004-08: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- [17] Johansen K.W. (1949): Theory of timber connections. IABSE-International Association for Bridge and Structural Engineering 9, Zürich, Schweiz, S. 249-262.
- [18] Meyer, A. (1957): Die Tragfähigkeit von Nagelverbindungen bei statischer Belastung. Holz als Roh- und Werkstoff 15 Heft 2, S. 96-109.
- [19] EN 1995-1-1:2004; Eurocode 5: Design of Timber Structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings, + AC (2006) + A1 (2008) + A2 (2014). CEN European committee for standardization, Brussels, Belgium.
- [20] prEN 1995-1-1:20XX; Eurocode 5: Design of Timber Structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings. CEN European committee for standardization, Brussels, Belgium. (working draft CEN/TC 250/SC 5/WG 5 N386, 03.10.2022)
- [21] Jockwer, R.; Brühl, F.; Cabrero J.M.; Hübner, U.; Leijten A.; Anderson J.M.; Ranasinghe, K.: Modern Connections in the future Eurocode 5 – overview of current developments. World Conference on Timber Engineering, Santiago, Chile
- [22] DIN EN 1995-1-1/NA:2013; Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Holzbau. DIN, Berlin.
- [23] ÖNORM B 1995-1-1:2015-06; Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau – Nationale Festlegungen zur Umsetzung der ÖNORM EN 1995-1-1, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen. ASI Austrian Standards International.
- [24] Kuipers, J. (1957): Onderzoek naar het draagvermogen van houtverbindingmiddelen, De bepaling van de basissterkte van rechte ringdeuvelverbindingen, Stevin Report 4-58-1/HV12, Technische Hogeschool Delft, Nederland.
- [25] Vermeyden, P. (1963): Het beproeven van boutverbindingen, Stevin Report 4-63-6/B-2, Technische Hogeschool Delft, Nederland