

7.3.2 Verbindungen mit Stahlblechformteilen

Nach DIN 4102-22 in Verbindung mit DIN 4102-4 können Holzbinder für eine Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten mit Stahlschuhen befestigt werden, wenn die Blechdicke mindestens 10 mm beträgt. Allerdings ist diese Verbindung ausschließlich an Stahlbetonstützen oder -wänden zulässig. Durch die Verbindung mit Stahlbeton stellt sich eine größere Wärmeableitung als bei Holzstützen ein. Des Weiteren bleibt das Stahlbetonbauteil formstabil. Der Verbinder erfährt keine Schrägstellung, die beim Anschluss an Holzbauteile durch ein Einbrennen auftritt. Daher können die Kräfte sicher abgeleitet werden und es findet kein Herausrutschen des Binders aus dem Stahlschuh statt. Die Auflagerung von Holzbindern mit Stahlschuhen an Stahlbetonstützen wird selten ausgeführt. In der Regel kommen Balkenschuhe mit Blechdicken unter 10 mm zur Anwendung. Die Blechdicke beträgt für übliche Balkenschuhe 2 bis 3 mm. Die Verwendbarkeit derartiger Verbinder wird in Deutschland über allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) oder Europäische Technische Zulassungen geregelt. In diesen Zulassungen werden keine Angaben zum Feuerwiderstand der Verbindungen getroffen. Es wird ausschließlich geregelt, dass, sobald Anforderungen an den Feuerwiderstand der Holzkonstruktionen gestellt werden, der Nachweis nach DIN 4102-2 zu erfolgen hat. Dieser Nachweis setzt eine Prüfung unter Normbrandbedingungen voraus, deren Ergebnisse in ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) einfließen können [3, 5]. Derartige Prüfzeugnisse liegen derzeit nicht in gültigen Fassungen vor.

Für Balkenschuh-Verbindungen mit innenliegenden Schenkeln wurde auf der Grundlage von Prüfungen an der MPA Braunschweig im September 1978 ein Prüfzeugnis ausgestellt [3]. Geprüft wurden jeweils vier gleiche BMF-Balkenschuh-Anschlüsse zur Verbindung von Vollholzbalken mit brett-schichtverleimten Holzträgern bei allseitiger Brandbeanspruchung. In den Versuchen wurden Feuerwiderstandsdauern zwischen 35 und 37 Minuten erreicht, so dass die Anschlüsse als Ergebnis dieser Untersuchungen in die Feuerwiderstandsklasse F 30 nach DIN 4102-2:1977-09 eingestuft werden konnten. Die Blechdicke wurde mit mindestens 2 mm vorgeschrieben. Die Gültigkeitsdauer des Prüfzeugnisses endete im September 1980. An der MPA Braunschweig wurden ebenfalls Feuerwiderstandsprüfungen an Balkenschuh-Verbindungen mit außenliegenden Laschen durchgeführt. Auf der Grundlage dieser Prüfungen konnte ein Prüfzeugnis ausgestellt werden, gemäß dessen die geprüften Verbindungen in die Feuerwiderstandsklasse F 30 einzustufen sind [5]. Die Gültigkeitsdauer dieses Prüfzeugnisses endete im Februar 1986. Eine Verlängerung beider Prüfzeugnisse wurde nicht beantragt.

Die F 30 Klassifizierung gilt jedoch sowohl für die Anschlüsse mit innenliegenden Schenkeln als auch für jene mit außenliegenden Laschen nur für Holz-Holz-Verbindungen sowie unter bestimmten Voraussetzungen im Hinblick auf die Geometrie und die Beanspruchung der Verbindung. Balkenschuh-Anschlüsse mit innenliegenden Schenkeln nach [1] müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Abstand des Balkenschuhs von den End- und Unterseiten des Hauptträgers ≥ 50 mm und zur Oberseite ≥ 20 mm,
- Stützen müssen beiderseits mindestens 50 mm breiter als der Balkenschuh sein,

- Balkenschuhbreite $80 \text{ mm} \leq b \leq 140 \text{ mm}$,
- Anschluss mit Sondernägeln von mindestens SNa 4,0/75 unter Ausnutzung aller vorhandenen Nagellöcher,
- die Beanspruchung muss in Richtung der Bodenplatte des Balkenschuhs erfolgen,
- die Beanspruchung darf maximal ein Drittel des Bemessungswertes der Tragfähigkeit des Balkenschuhs nach [1], Gleichung (6) betragen.

Balkenschuh-Anschlüsse mit außenliegenden Laschen nach [1] müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Abstand des Balkenschuhs von den End- und Unterseiten des Hauptträgers $\geq 100 \text{ mm}$ und zur Oberseite $\geq 30 \text{ mm}$,
- Anschlüsse an Stützen sind nicht zulässig,
- Balkenschuhbreite $\geq 120 \text{ mm}$,
- Anschluss mit Sondernägeln von mindestens SNa 4,0/75 unter Ausnutzung aller vorhandenen Nagellöcher,
- die Beanspruchung muss in Richtung der Bodenplatte des Balkenschuhs erfolgen,
- die Beanspruchung darf maximal 75% des Bemessungswertes der Tragfähigkeit des Balkenschuhs nach [1], Gleichung (6) betragen.

Grundsätzlich wird für Holzkonstruktionen mit Brandschutzanforderungen empfohlen, Haupt-Nebenträger-Anschlüsse mit Balkenschuhen nur in Ausnahmefällen für Gebäude auszuführen, die über kurze Rettungswege verfügen und eine gute Zugänglichkeit für die Feuerwehr bieten, wie beispielsweise bei Hallen mit großen Toröffnungen. Hier ist jeweils die Situation des Gebäudes insgesamt zu berücksichtigen.

Üblicherweise sollten Verbinder eingesetzt werden, die für den Brandfall zugelassen sind. Derzeit verfügt der Passverbinder ET der Firma Simpson Strong Tie über eine derartige Zulassung, die eine Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten ausweist [2]. Hierbei handelt es sich um einen Aluminium Verbinder, dessen Anschluss verdeckt erfolgt.

Eine Brandschutzbeschichtung der Verbinder ist in der Regel aufgrund der geringen Blechdicken nicht zulässig. Diesbezüglich sind die Vorgaben der Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des Beschichtungssystems zu beachten.

7.4 Zimmermannsmäßige Verbindungen

Derzeit sind zimmermannsmäßige Verbindungen für den Brandfall – mit Ausnahme des Stirnversatzes nach DIN 4102-22 – nicht geregelt. Die europäisch harmonisierte Norm DIN EN 1995-1-2 bietet keinerlei Nachweismöglichkeiten zur Beurteilung zimmermannsmäßiger Verbindungen an. Nach DIN 4102-22 lassen sich Stirnversätze für den Brandfall sowohl geschützt als auch ungeschützt in folgenden Ausführungen nachweisen:

- ungeschützter Stirnversatz (Bild 7.16),
- Stirnversatz mit oberer Decklasche (Bild 7.17),
- Stirnversatz mit allseitigen Decklaschen (Bild 7.18).

Um für die Ausführungen mit Deckklaschen über die angestrebte Feuerwiderstandsdauer einen ausreichenden Schutz zu gewährleisten, muss die Dicke der Deckklaschen der Abbrandtiefe entsprechen. Für eine Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten erfordert diese Bedingung Deckklaschen mit einer Mindestdicke von 24 mm und für 60 Minuten von 48 mm.

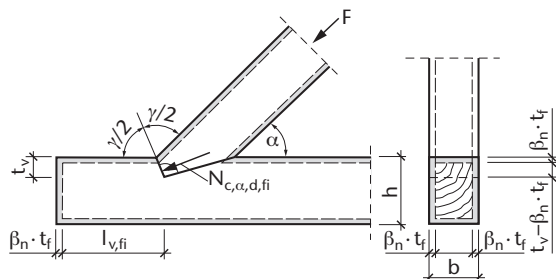


Bild 7.16 Ungeschützter Stirnversatz

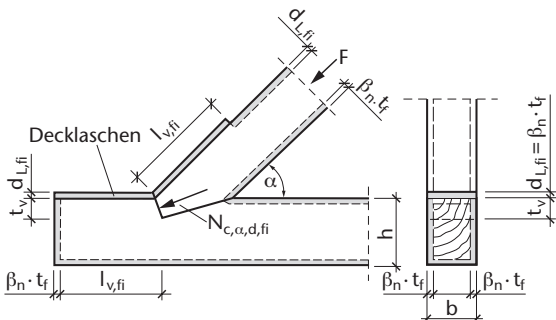


Bild 7.17 Stirnversatz mit oberen Deckklaschen

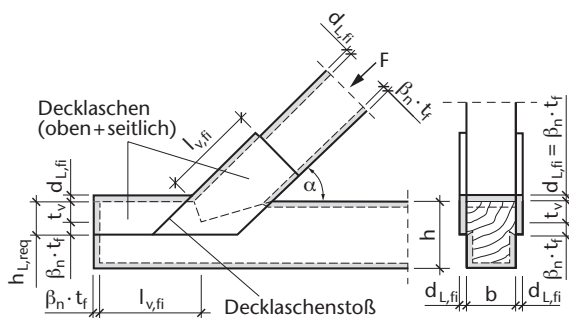


Bild 7.18 Stirnversatz mit allseitigen Deckklaschen

Der ungeschützte Stirnversatz (Bild 7.16) ist für den Brandfall zur Lagesicherung mit mindestens drei Befestigungsmitteln (z.B. Nägeln) am Schwellenholz anzuschließen. Bei einer Ausführung mit Deckklaschen (Bild 7.17 und 7.18) sind diese ebenfalls mit mindestens drei Befestigungsmitteln an der Strebe sowie der Schwelle zu befestigen.

Die Tragfähigkeit für den Brandfall kann nach DIN 4102-22, Abschnitt 5.8.9 für Feuerwiderstandsdauern von 30 und 60 Minuten beurteilt werden. Es ist nachzuweisen, dass:

$$F \leq \alpha_4 \cdot F_{c,\alpha,d,fi} = \alpha_4 \cdot 0,8 \cdot F_{c,\alpha,d} \quad (7.51)$$

- F Bemessungswert der Beanspruchung im Brandfall
 α_4 Beiwert zur Berücksichtigung der veränderten Kontaktfläche durch den Abbrand
 $F_{c,\alpha,d}$ Bemessungswert der Beanspruchbarkeit des Versatzes senkrecht zur Kontaktfläche nach DIN 1052:2004-08, $\alpha = \gamma/2$
 $F_{c,\alpha,d,fi}$ Bemessungswert der Beanspruchbarkeit des Versatzes im Brandfall senkrecht zur Kontaktfläche

Der Faktor α_4 berücksichtigt die Veränderung der Kontaktflächen über die Größe des Abbrandes. Er gibt das Verhältnis der Restquerschnittsfläche nach Abschluss der Brandbeanspruchung zur Kontaktfläche unter Normaltemperaturen an.

$$\alpha_4 = \begin{cases} \frac{(t_v - \beta_n \cdot t_f) \cdot (b - 2 \cdot \beta_n \cdot t_f)}{t_v \cdot b} & \text{für ungeschützte Versätze nach Bild 7.16;} \\ & t_v \text{ entspricht der statisch erforderlichen} \\ & \text{Versatztiefe} \\ \frac{(b - 2 \cdot \beta_n \cdot t_f)}{b} & \text{Versätze mit oberen Decklaschen} \\ & \text{nach Bild 7.17} \\ 1,0 & \text{Versätze mit allseitigen Decklaschen} \\ & \text{nach Bild 7.18} \end{cases} \quad (7.52)$$

Die Ausgangsfestigkeit für den Brandfall entspricht nach DIN 4102-22 dem 20%-Quantilwert der jeweiligen Festigkeitseigenschaft unter Normaltemperaturen. Die Abnahme der Festigkeit im Brandfall infolge der Erwärmung wird über einen um 7 mm erhöhten Abbrand oder alternativ durch die Abminderung der Festigkeit mit dem Modifikationsbeiwert $k_{mod,fi}$ berücksichtigt. Eine Anwendung der vereinfachten Methode mit ideellen Restquerschnitten würde aufgrund des geringen Ausgangsquerschnitts der Kontaktfläche unter Normaltemperaturen zu sehr großen Versatztiefen und somit zu unwirtschaftlichen Ergebnissen führen. Ein Nachweis nach der genaueren Methode mit reduzierten Eigenschaften ist nicht möglich, da zur Abnahme der Druckfestigkeit unter einem Winkel zur Faserrichtung mit steigenden Temperaturen bislang keine gesicherten, allgemeingültigen Erkenntnisse vorliegen, so dass bislang kein Modifikationsbeiwert $k_{mod,fi}$ für diese Festigkeitseigenschaft in Abhängigkeit des verbleibenden Restquerschnittes abgeleitet werden konnte.

Anhand von Brandversuchen an ungeschützten Stirnversätzen [4] konnte festgestellt werden, dass die Druckfestigkeit unter einem Winkel α im Brandfall ca. 80% des Bemessungswertes der Druckfestigkeit unter Normaltemperaturen beträgt. Somit lässt sich die

Tragfähigkeit eines ungeschützten Stirnversatzes für den Brandfall nach DIN 4102-22, Gleichung (13.13) auch wie folgt ausdrücken:

$$F_{c,\alpha,d,fi} = 0,8 \cdot f_{c,\alpha,d} \cdot A_r \quad (7.53)$$

$f_{c,\alpha,d}$ Bemessungswert der Festigkeit nach DIN 1052:2004-08, Gleichung (284)
 A_r Kontaktfläche des Stirnversatzes im Brandfall

$$A_r = \frac{(t_v - \beta_n \cdot t_f)}{\cos(\gamma/2)} \cdot (b - 2 \cdot \beta_n \cdot t_f) \quad \gamma \text{ Neigung der Strebe (Bild 7.16)}$$

Für den Nachweis ist die Beanspruchung des Stirnversatzes im Brandfall der Tragfähigkeit $F_{c,\alpha,d,fi}$ nach Gleichung (7.53) gegenüber zu stellen. Folgende Bedingung muss erfüllt sein:

$$N_{c,\alpha,d,fi} \leq \alpha_4 \cdot 0,8 \cdot f_{c,\alpha,d} \cdot A_r \quad (7.54)$$

$N_{c,\alpha,d,fi}$ Beanspruchung des Stirnversatzes im Brandfall

Für die Vorholzlänge ist folgende Bedingung einzuhalten:

$$l_{v,fi} = \frac{S_{d,fi} \cdot \cos \alpha}{(b - 2 \cdot \beta_n \cdot t_f) \cdot 0,8 \cdot f_{c,\alpha,d}} + \beta_n \cdot t_f \quad (7.55)$$

Die Tragfähigkeit eines Fersenversatzes wird ähnlich wie die eines Stirnversatzes durch die kraftübertragende Fläche sowie die Vorholzlänge bestimmt. Im Gegensatz zum Stirnversatz kann die Kraft bei einem brandbeanspruchten, ungeschützten Fersenversatz nur noch im oberen Teil der Versatztiefe übertragen werden. Damit verschiebt sich die Scherfuge in die nicht tragfähige Verkohlungszone. Um eine Scherkraft übertragen zu können, muss bei einem Fersenversatz grundsätzlich eine obere Decklasche angeordnet werden. Die Dicke der Decklasche muss der Abbrandtiefe entsprechen:

$$d_{L,fi} = \beta_n \cdot t_f \quad (7.56)$$

β_n Abbrandgeschwindigkeit für die vorgegebene Feuerwiderstandsdauer in mm/min nach DIN 4102-22, Tabelle 74
 t_f Feuerwiderstandsdauer in min

Ein nur mit einer oberen Decklasche geschützter Fersenversatz ist im Brandfall für eine reduzierte Versatztiefe und dem Faktor α_4 zu bemessen.

$$t_{v,fi} = t_v - \beta_n \cdot t_f \cdot \cos \alpha \quad (7.57)$$

$$\alpha_4 = \frac{(t_v - \beta_n \cdot t_f \cdot \cos \alpha) \cdot (b - 2 \cdot \beta_n \cdot t_f)}{t_v \cdot b} \quad (7.58)$$

- t_v erforderliche Versatztiefe unter Normaltemperatur in mm
 b Breite der Strebe unter Normaltemperatur in mm
 α Neigung der Strebe in °

Für den Nachweis ist in Analogie zu Gleichung (7.54) ein auf 80% reduzierter Bemessungswert der Beanspruchbarkeit unter Normaltemperaturen anzusetzen.

Für die Vorholzlänge ist folgende Bedingung einzuhalten:

$$l_{v,fi} = \frac{S_{d,fi} \cdot \cos \alpha}{(b - 2 \cdot \beta_n \cdot t_f) \cdot 0,8 \cdot f_{c,\alpha,d}} + \beta_n \cdot t_f (1 + \sin \alpha) \quad (7.59)$$

$S_{d,fi}$ Beanspruchung der Strebe im Brandfall
 $S_{d,fi} = N_{c,\alpha,d,fi}$ (Bild 7.16 und 7.17)

Für einen Fersenversatz mit einem zusätzlichen Deckkeil (Bild 7.19), der die Bedingung der Gleichung (7.60) erfüllt, kann für den Nachweis im Brandfall die volle Versatztiefe angesetzt werden.

$$l_{k,req} = \frac{S_{d,fi} \cdot \beta_n \cdot t_f \cdot \cos \alpha}{t_v \cdot (b - 2 \cdot \beta_n \cdot t_f) \cdot 0,8 \cdot f_{c,\alpha,d}} \quad (7.60)$$

Für den Nachweis im Brandfall ist die erforderliche Vorholzlänge unter Normaltemperaturen um die Tiefe des Abbrandes am Hirnholz des Balkens zu vergrößern. Folgende Bedingung ist einzuhalten:

$$l_{v,fi} = \frac{S_{d,fi} \cdot \cos \alpha}{(b - 2 \cdot \beta_n \cdot t_f) \cdot 0,8 \cdot f_{c,\alpha,d}} + \beta_n \cdot t_f \quad (7.61)$$

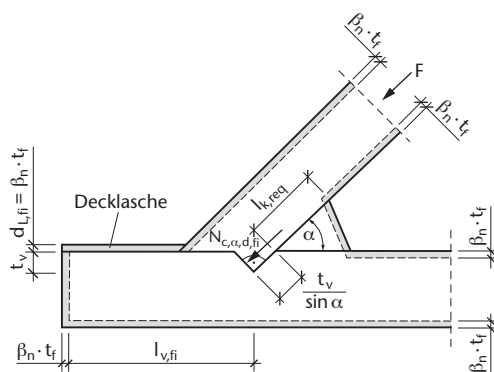


Bild 7.19 Rückseitig geschützter Fersenversatz mit Deckkeil

Durch die zusätzliche Anordnung von Deckklaschen, die die geometrischen Bedingungen nach Bild 7.20 erfüllen, gilt der Fersenversatz als allseitig geschützt. Für die Abmessung h_L der Deckklaschen muss gelten:

$$h_{L,\text{req}} = t_v + \beta_n \cdot t_f \quad (7.62)$$

t_v erforderliche Versatztiefe unter Normaltemperatur in mm

Ein brandschutztechnischer Nachweis für die Versatztiefe ist in diesem Fall nicht erforderlich. Dagegen muss die im Brandfall erforderliche Vorholzlänge gegenüber der unter Normaltemperaturen statisch erforderlichen um die Abbrandtiefe vergrößert werden. Folgender Nachweis ist zu erfüllen:

$$l_{v,\text{fi}} = \frac{S_{d,\text{fi}} \cdot \cos \alpha}{b \cdot f_{c,\alpha,d}} + \beta_n \cdot t_f \quad (7.63)$$

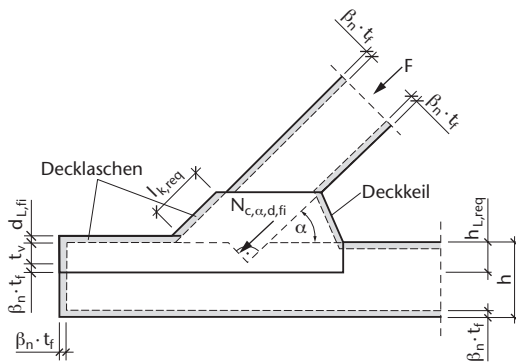


Bild 7.20 Allseitig geschützter Fersenversatz mit seitlichen Deckklaschen und rückseitigem Deckkeil

Nähere Informationen zum Tragverhalten von Versätzen im Brandfall können [8] entnommen werden.