



4H- STATIKPROGRAMME
AUS HANNOVER

DTE Desktop®
Engineering



pcae GmbH

Kopernikusstr. 4A

30167 Hannover

Tel 0511/70083-0

Fax 0511/70083-99

Internet www.pcae.de

Mail dte@pcae.de



4H-HNHT

Holzträgeranschlüsse
EC 5 und DIN 1052

März 2025

4H-HNHT

Holzträgeranschlüsse EC 5 und DIN 1052

Copyright 2012-2025

2. überarbeitete Auflage, März 2025

pcae GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

pcae versichert, dass Handbuch und Programm nach bestem Wissen und Gewissen erstellt wurden. Für absolute Fehlerfreiheit kann jedoch infolge der komplexen Materie keine Gewähr übernommen werden.

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

Korrekturen und Ergänzungen zum vorliegenden Handbuch sind ggf. auf der aktuellen Installations-CD enthalten. Ergeben sich Abweichungen zur Online-Hilfe, ist diese aktualisiert.

Ferner finden Sie **Verbesserungen und Tipps im Internet unter www.pcae.de**.

Von dort können zudem aktualisierte Programmversionen herunter geladen werden.

S. hierzu auch *automatische Patch-Kontrolle* im DTE[®]-System.

Produktbeschreibung

Das Programm *##-HNHT*, Holzträgeranschlüsse, berechnet die Tragfähigkeit von Nebenträger-/Hauptträgeranschlüssen (NHT-Anschlüssen) im Holzbau.

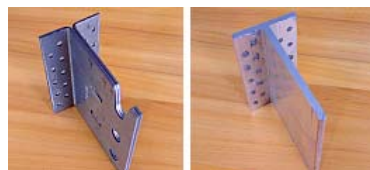
Diese Anschlüsse werden i.d.R. mit Hilfe von Blechformteilen hergestellt, die es in zahlreichen Ausführungen und Fabrikaten gibt. Das Programm stellt hiervon die nachfolgend dargestellten Balkenschuhe, Balkenträger und einen Passverbinder in Form unterschiedlicher Fabrikate bereit.

- Balkenschuhe



- ... mit Außenlaschen
- ... mit Innenlaschen
- ... als zweiteiliger Balkenschuh
- ... mit Außenlaschen, bandförmig
- ... mit Innenlaschen, bandförmig

- Balkenträger



- ... aus Stahlblech
- und Aluminium

- Passverbinder



Die Programmentwicklung erfolgt nahezu ausschließlich durch Bauingenieure.

Die interaktiven Steuermechanismen des Programms sind aus anderen Windows- Anwendungen bekannt. Wir haben darüber hinaus versucht, weitestgehend in der Terminologie des Bauingenieurs zu bleiben und *##-HNHT* von detailliertem Computerwissen unabhängig zu halten.



Das vorliegende Handbuch beschreibt die Handhabung des Programms. Informationen zu dem jeweiligen Eigenschaftsblatt finden Sie zusätzlich über den lokalen Hilfebutton.

Zur *##-HNHT*-Dokumentation gehört neben diesem Manual das Handbuch

DTE®-DeskTopEngineering.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit *##-HNHT*.

pcae GmbH

Hannover, im März 2025

Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende Abkürzungen benutzt:

RMT	rechte Maustaste drücken
LMT	linke Maustaste drücken
LF	Lastfall (Teileinwirkung)
Nwtyp	Nachweistyp
El.	Element
GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit
GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit



signalisiert Anmerkungen

Buttons

Das Betätigen von Buttons wird durch Setzen des Buttoninhalts in **blaue Farbe** und die Auswahl eines Begriffs in einer Listbox durch diese **Farbe** symbolisiert.



Rot markierte Buttons bzw. Mauszeiger kennzeichnen erforderliche Eingaben bzw. anzuklickende Buttons.

Index

Indexstichworte werden im Text zum schnelleren Auffinden **grün markiert**.

Beim Verweis auf Eigenschaftsblätter wird deren *Bezeichnung kursiv gedruckt*.

Doppelklick

zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

blank

Leerzeichen

Cursor

Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

icon

oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

Zur Definition der Begriffe **Lastbild**, **Lastfall**, **Einwirkung**, **Lastkollektiv** und **Extremalbildungsvorschrift** s. Handbuch das **pcae-Nachweiskonzept**, Theoretischer Teil.

Die in der Interaktion mit **pcae**-Programmen stehenden **Buttons** besitzen folgende Funktionen:



Bricht Eigenschaftsblätter ohne Änderung der Eingabewerte ab.



Lädt abgespeicherte Werte in das Eigenschaftsblatt bzw. speichert die aktuellen Werte zum späteren Abruf in anderen Eigenschaftsblättern.



Ruft das Online-Hilfesystem.



Bestätigt die Eingaben und schließt das Eigenschaftsblatt.



Löschen-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage.



Datenzustand
überprüfen

Wenn der Mauszeiger einen Moment auf einem Button verweilt, erscheint ein Fähnchen, das den zugehörigen Aufruf beschreibt.

Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten	5
2	Bauteil erzeugen.....	7
3	Eingabeoberfläche.....	9
3.1	Dateneingabe Balkenabmessungen und Material	9
3.2	Dateneingabe NHT-Verbinder.....	10
3.3	Dateneingabe für die Belastung des NHT-Verbinders	12
3.4	Darstellung der Ausnutzung des NHT-Anschlusses	13
3.4.1	Balkenschuhe	13
3.4.2	Balkenträger	13
3.4.3	Passverbinder	14
4	Nachweise	15
4.1	Berechnung der Tragfähigkeit von Sondernägeln.....	15
4.1.1	Tragfähigkeitsberechnung n. DIN EN 1995-1:2010-12 (EC 5)	15
4.1.2	Tragfähigkeitsberechnung n. DIN 1052:2008, Abs. 12.2.3	17
4.1.3	Tragfähigkeitsberechnung n. DIN 1052:2008, Abs. 12.5.4	17
4.1.4	Tragfähigkeitsberechnung n. DIN 1052:2008, Anhang G	18
4.1.5	Erhöhung der Nageltragfähigkeit durch Berücksichtigung des Einhängeeffektes	18
4.2	Berechnung der Tragfähigkeit von Balkenschuhanschlüssen	20
4.2.1	Allgemeines.....	20
4.2.1.1	Balkenschuh mit Außenlaschen.....	20
4.2.1.2	Balkenschuh mit Innenlaschen	20
4.2.1.3	zweiteiliger Balkenschuh.....	20
4.2.1.4	Balkenschuh mit Außenlaschen, bandförmig	21
4.2.1.5	Balkenschuh mit Innenlaschen, bandförmig	21
4.2.2	Tragfähigkeitsberechnung n. BAZ und EZA	22
4.2.3	Sonderbauweisen für Balkenschuhe	23
4.2.3.1	Teilausnagelung	23
4.2.3.2	wechselseitige Ausnagelung.....	24
4.2.3.3	Kupieren von Befestigungslaschen.....	24
4.3	Berechnung der Tragfähigkeit von Balkenträgeranschlüssen	25
4.3.1	Allgemeines.....	25
4.3.1.1	Balkenträger aus Stahl, vierreihig	25
4.3.1.2	Balkenträger aus Aluminium, vierreihig	25
4.3.2	Berechnung der Tragfähigkeit von Balkenträgeranschlüssen	26
4.4	Berechnung der Tragfähigkeit von Passverbindern	28
4.4.1	Allgemeines.....	28
4.4.2	Tragfähigkeitsberechnung für das Oberteil des Passverbinders	28
4.4.3	Tragfähigkeitsberechnung für das Unterteil des Passverbinders	29
4.5	Querzugnachweis bei Holzträgeranschlüssen n. EC 5 und DIN 1052:2008	30
4.6	Nachweis der Querzugtragfähigkeit für Balkenschuhanschlüsse	32
5	Literaturverzeichnis	33
6	Index	33

1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *##HNHT* auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *##*-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, lesen Sie bitte Abs. 2, Bauteil erzeugen, auf S. 7 weiter.

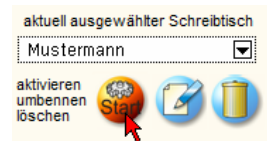


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelklick aus.

Daraufhin erscheint das Eigenschaftsblatt zur **Schreibtischauswahl**. Da noch kein Schreibtisch vorhanden ist, wollen wir einen neuen einrichten. Klicken Sie hierzu bitte auf den Button **neu**.



Schreibtischname Dem neuen Schreibtisch kann ein beliebiger Name zur Identifikation zugewiesen werden. Klicken Sie hierzu mit der LMT in das Eingabefeld. Hier ist *Mustermann* gewählt worden.



Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

DTE® steht für *DeskTopEngineering* und stellt das "Betriebssystem" für **pcae**-Programme und die Verwaltungsoberfläche für die mit **pcae**-Programmen berechneten Bauteile dar.



Zur Beschreibung des DTE®-Systems und der zugehörigen Funktionen s. Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*.


















Steuerbuttons

Im oberen Bereich des Schreibtisches sind Interaktionsbuttons lokalisiert.

Die Funktion eines Steuerbuttons ergibt sich aus dem Fähnchen, das sich öffnet, wenn sich der Mauscursor über dem Button befindet.

Auf Grund der **Kontextsensitivität** des DTE®-Systems sind manche Buttons solange abgedunkelt und nicht aktiv bis ein Bauteil aktiviert wird.

- | | |
|---|---|
|  | Die Buttons bewirken im Einzelnen |
|  | öffnet die Schreibtischauswahl |
|  | legt einen neuen Projektordner an |
|  | erzeugt ein neues Bauteil |
|  | kopiert das aktivierte Bauteil |
|  | fügt die Bauteilkopie ein |
|  | lädt/sichert Bauteile. Hier befindet sich auch der e-Mail-Dienst . |
|  | menügesteuerte Bearbeitung des aktivierten Bauteils |
|  | druckt die Datenkategorien des aktivierten Bauteils |
|  | ruft das Planerstellungsmodul des aktivierten Bauteils |
|  | löscht das aktivierte Bauteil/Ordner |
|  | öffnet die Bearbeitung der Auftragsliste |
|  | öffnet die Mehrfachauswahl zur gleichzeitigen Bearbeitung von Bauteilen |
|  | eröffnet Verwaltungsfunktionen |
|  | schließt den geöffneten Ordner/beendet die DTE®-Sitzung |

Bauteil erzeugen



Durch Erzeugung eines **Ordners** besteht die Möglichkeit, Bauteile einem bestimmten Projekt zuzuordnen. Ein Ordner wird durch Anklicken des nebenstehenden Symbols erzeugt. Der Ordner erscheint auf dem DTE®-Desktop und kann, nachdem ihm eine Bezeichnung und eine Farbe zugeordnet wurden, per Doppelklick aktiviert (geöffnet) werden.



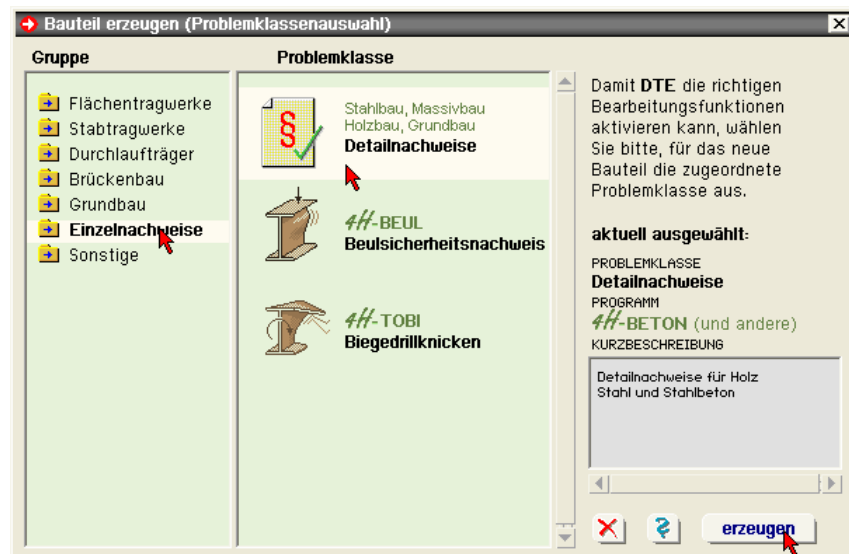
Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.



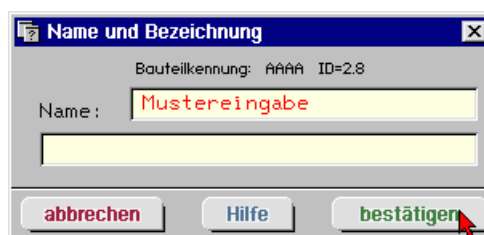
Der Ordner kann durch das **beenden**-Symbol wieder geschlossen werden.



Zur Erzeugung eines neuen Bauteils wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtisches angeklickt. Klicken Sie in dem folgenden Eigenschaftsblatt bitte mit der LMT auf die Gruppe **Einzelnachweise**, dann auf die Problemklasse **Detailnachweise** und abschließend auf den **erzeugen-Button**.



Der schwarze Rahmen der neuen Bauteilkone lässt sich mit der Maus über den Schreibtisch bewegen. Klicken Sie die LMT an der Stelle, an der das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll. Das Eigenschaftsblatt *Name und Bezeichnung* erscheint.

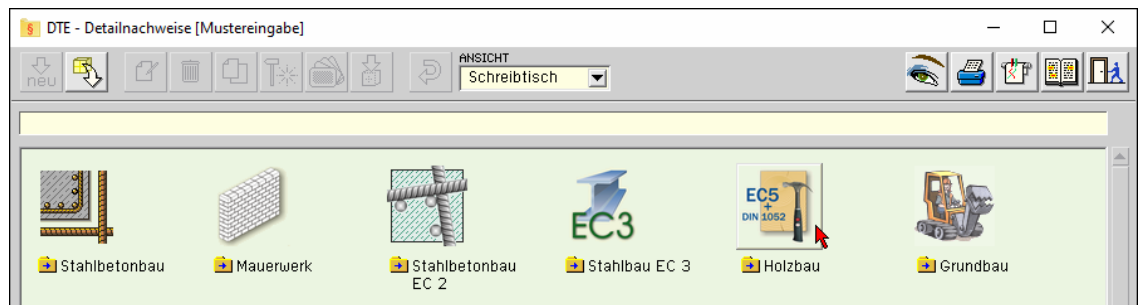


Nach Doppelklick auf das neue Bauteilicon erscheint die Übersicht der installierten Detailnachweisprogramme.

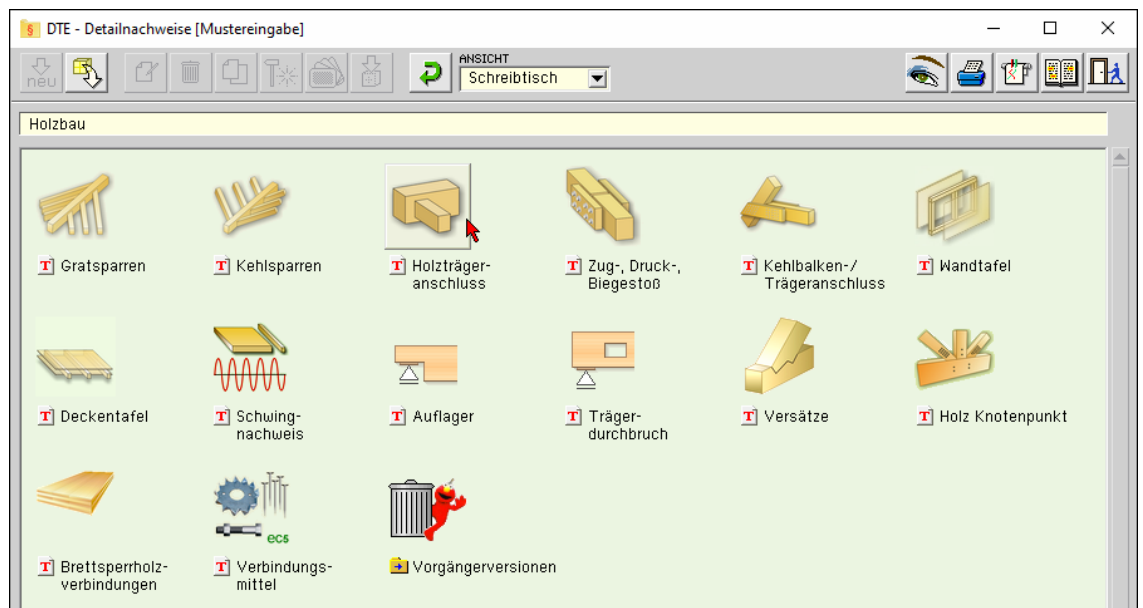


Überschreiben Sie den Begriff "Detailnachweise" zur Identifikation durch einen sinnvollen Text. Nach **Bestätigen** ist das Bauteil mit dem neuen Namen eingerichtet. Durch Doppelklick auf das neue Symbol wird die Verwaltung der DTE®-Detailnachweise geöffnet.

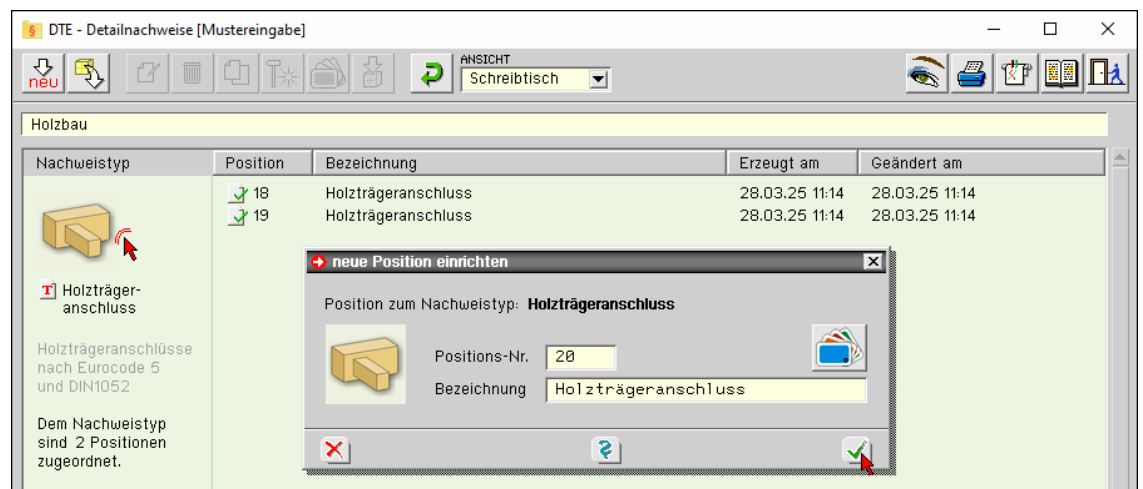
Übersicht Detailnachweise



Holzbaudetailprogramme



Holzträgeranschluss



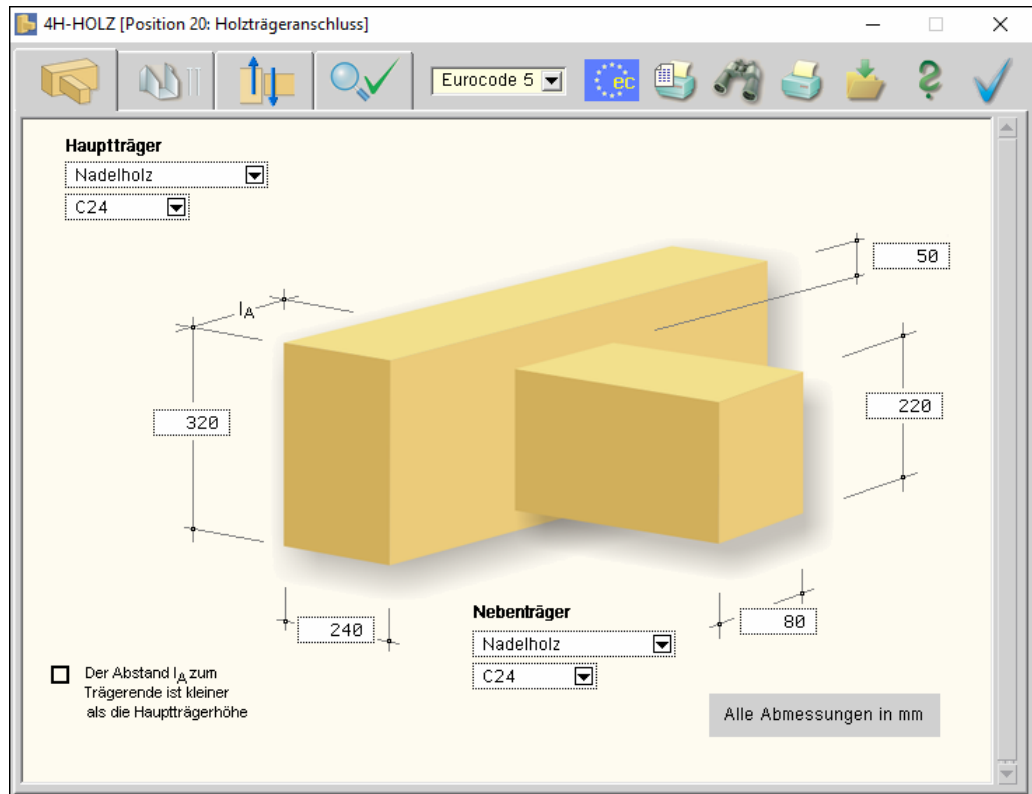
Nach Bestätigen des Eigenschaftsblatts *neue Position einrichten* erscheint die Eingabeoberfläche des Programms *Holzträgeranschlüsse*.

3 Eingabeoberfläche

3.1 Dateneingabe Balkenabmessungen und Material

Im ersten Register der Dateneingabe für die Holzträgeranschlüsse werden die Balkenabmessungen, die **Holzart** und die **Holzgüte** festgelegt.

Für Haupt- und Nebenträger können jeweils unterschiedliche Holzarten und Holzgüten eingestellt werden. In den zugehörigen Auswahllisten sind die in DIN 1052 und EC 5 bzw. den dort genannten Werkstoffnormen DIN EN 338 und DIN EN 1174 festgelegten Werte hinterlegt.



Weiterhin ist anzugeben, ob der Nebenträger in der Nähe des Hauptträgerendes angeschlossen werden soll.

Wenn der Abstand l_A kleiner als die Hauptträgerhöhe ist, muss dies dem Programm durch Aktivierung der zugehörigen Checkbox mitgeteilt werden. In solchen Fällen gilt der Hauptträger als **querzuggefährdet**.

3.2 Dateneingabe NHT-Verbinder

Im zweiten Register der Dateneingabe der Holzträgeranschlüsse werden die Verbinderdaten eingegeben.

Zuerst muss der Verbindertyp über die Auswahlliste *Anschlusselement* festgelegt werden. Hierfür stehen neben den Balkenschuhen auch Balkenträger und Passverbinder zur Verfügung.

Das nachfolgende Bild zeigt die Eingabemaske nach Auswahl des Anschlusselementes *Balkenschuh*.

Technische Daten BS-Simpson 80x120.0	
--- gemäß BAZ Z-9.1-225 ---	
Prinzipsskizze Balkenschuh	
Typ: Standardbalkenschuh mit Außenlaschen	
Balkenschuhbreite	80.0 mm
Balkenschuhhöhe	120.0 mm
Blechdicke	2.0 mm
Nageldurchmesser	4.0 mm
Nagellänge	38.5 mm
Nagelanzahl HT/NT (Vollausnag.)	20 / 10

Im nächsten Schritt muss der Balkenschuhtyp ausgewählt werden; dazu wird das Balkenschuhbild unter der Überschrift *Auswahl Balkenschuhtyp* angeklickt. Danach erscheint die im folgenden Bild dargestellte sechsteilige Auswahlfläche *Auswahl Balkenschuhtyp*. Hier kann einer der fünf dargestellten Balkenschuhtypen ausgewählt werden.

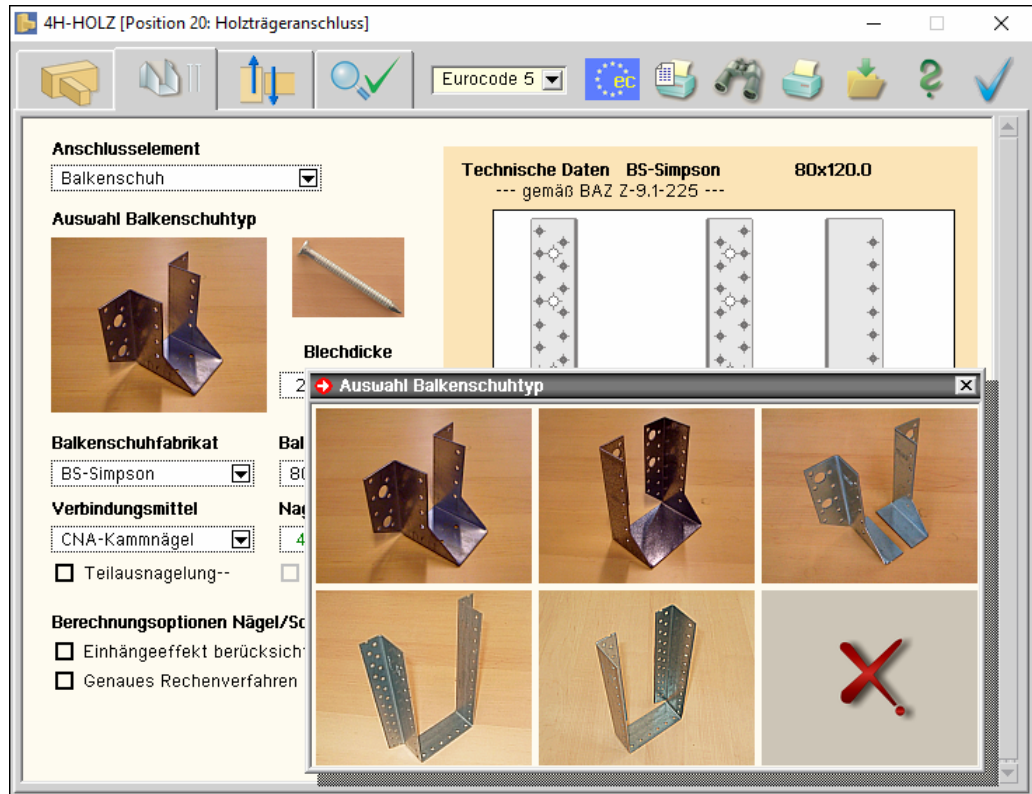
Bei Anwahl der Fläche mit dem roten X wird die Typauswahl abgebrochen.

Der Mauscursor hat auf Flächen, mit denen eine Auswahl vorgenommen werden kann, immer die Form einer Hand.

Im dritten Schritt werden das Balkenschuhfabrikat festgelegt und die Einstellungen von Balkenschuhgröße, Verbindungsmittel und Verbindungsmittelgröße vorgenommen. Während dieser Einstellungen wird die Liste der technischen Daten des Verbinders fortlaufend aktualisiert.

Weitere Einstellmöglichkeiten sind die Punkte *Teilausnagelung* und *wechselseitige Nagelung*. Diese Optionen sind nur dann anwählbar, wenn die Zulassung des Balkenschuhs dies erlaubt. Näheres hierzu kann dem Abschnitt *Balkenschuhberechnung* (s. Abs. 4.2, S. 20) entnommen werden.

Zur Durchführung der Tragfähigkeitsberechnung der Nägel stehen die Optionen **Genaues Rechenverfahren** und **Einhängeeffekt berücksichtigen** zur Verfügung. Einzelheiten hierzu können dem Abschnitt *Nagelberechnung* (s. Abs. 4.1, S. 15) entnommen werden.



Dateneingabe für die Belastung des NHT-Verbinders

In der dritten Eingabemaske sind die Daten für die Belastung des NHT-Verbinders einzugeben. Neben der Nutzungsklasse des Bauwerks ist dies die Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED) für die abzutragenden Lasten.

Für jede KLED ist der gemäß Norm zugehörige k_{mod} -Wert in der Eingabemaske hinterlegt. Wenn für k_{mod} ein Sonderwert eingegeben werden soll, kann durch Deaktivierung der Checkbox in der k_{mod} -Eingabe das entsprechende Eingabefeld freigeschaltet werden. Hier ist nun der nicht normgemäße k_{mod} -Wert einzutragen.

4H-HOLZ [Position 20: Holzträgeranschluss]

Eurocode 5

KLED = ständig $\Rightarrow k_{mod} = 0.60$

Kombination	A	V_d [kN]	H_d [kN]	N_d [kN]
mehr ...	1	3.50	0.55	--

Nutzungsklasse-- 2

KLED Klasse der Lasteinwirkungsdauer nach EN 1995-1-1:2010-12, Tab. 2.1

V_d Mit Sicherheitsfaktoren behaftete, kombinierte Design-Schnittgrößen

H_d

N_d

k_{mod} Modifikationsbeiwert nach EN 1995-1-1:2010-12, Tab. 3.1

KLED = lang $\Rightarrow k_{mod} = 0.70$

Kombination	A	V_d [kN]	H_d [kN]	N_d [kN]
mehr ...	1	1.10	0.00	--
	2	0.00	0.10	--

KLED = mittel $\Rightarrow k_{mod} = 0.80$

Kombination	A	V_d [kN]	H_d [kN]	N_d [kN]
mehr ...	1	0.70	0.00	--

KLED = kurz $\Rightarrow k_{mod} = 0.90$

Kombination	A	V_d [kN]	H_d [kN]	N_d [kN]
mehr ...	1	2.10	0.00	--

Vorzeichenregel für V_d :
Abhebende Kräfte sind negativ.

Die Belastung des NHT-Verbinders wird in Form der Lastkomponenten V_d , H_d und N_d eingegeben.

Wenn ein Verbinder nicht in der Lage ist, eine oder mehrere der genannten Lastkomponenten zu übertragen, wird das zugehörige Eingabefeld inaktiv dargestellt (s. in der oben abgebildeten Eingabemaske das Feld für die Normalkraft N_d).

Die Eingabe der Lastkomponenten erfolgt in Zeilen und Zeilengruppen einer Lasttabelle. Unter einer Zeilengruppe (KLED) können jeweils mehrere Zeilen (Lastkombinationen) vorhanden sein.

Durch Betätigen der Schaltfläche **mehr...** kann jeweils eine neue Tabellenzeile oder Zeilengruppe erzeugt werden. Wenn einzelne Tabellenelemente wieder gelöscht werden sollen, kann dies durch Anklicken des **Mülleimersymbols** bewerkstelligt werden.

3.4

Darstellung der Ausnutzung des NHT-Anschlusses

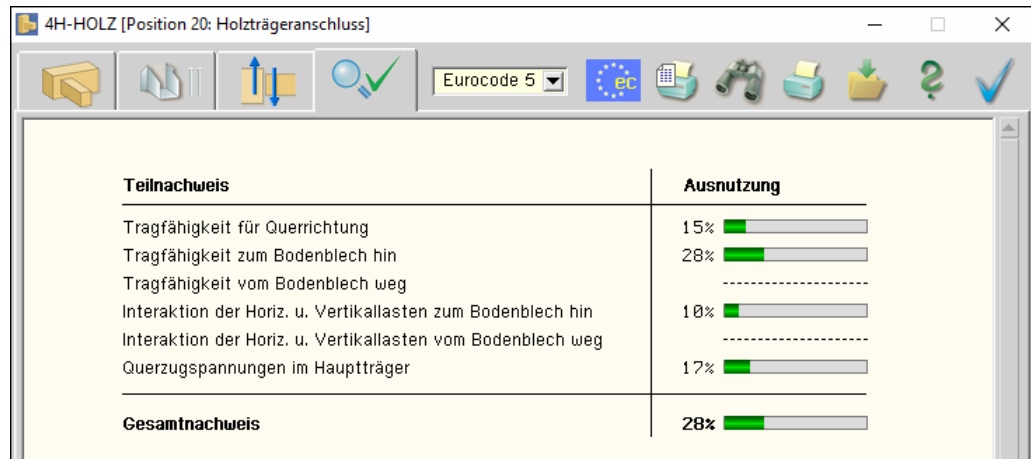
In der vierten Maske (Register mit Lupe und grünem Häkchen) werden die Ausnutzungen angezeigt. Hier werden alle für einen Verbinder zu führenden Teilnachweise und der sich jeweils ergebende Maximalwert (Gesamtnachweis) dargestellt. Damit kann sehr schnell überprüft werden, ob die gewählte Anschlusskonstruktion tragfähig ist oder nicht.

In Abhängigkeit vom gewählten Verbindertyp ist eine unterschiedliche Anzahl von Nachweisen zu führen.

3.4.1

Balkenschuhe

Für den Nachweis der Tragfähigkeit von Balkenschuhen können die zu führenden Teilnachweise der folgenden Abbildung entnommen werden.



Der wichtigste Tragfähigkeitswert ist die Tragfähigkeit zum Bodenblech hin.

Wenn abhebende Kräfte (z.B. Windlasten) auftreten, muss auch die Tragfähigkeit vom Bodenblech weg untersucht werden.

Viele Balkenschuhe sind auch zur Aufnahme von Querlasten geeignet, wobei dann der Teilnachweis *Tragfähigkeit für Querrichtung* zu führen.

Treten Lasten senkrecht zum Bodenblech und Querlasten gleichzeitig auf, muss der entsprechende Interaktionsnachweis geführt werden.

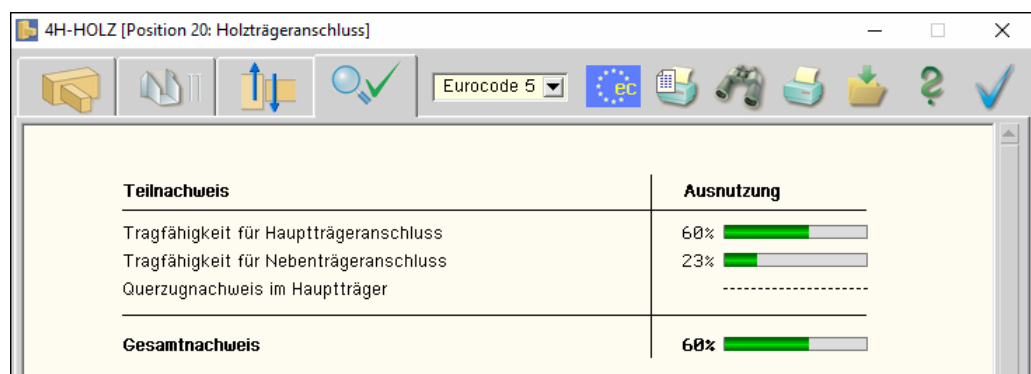
Für Balkenschuhe, die nicht am oberen Rand des Hauptträgers, sondern in einem tiefer gelegenen Bereich angeschlossen sind, muss ein Querzugnachweis geführt werden.

3.4.2

Balkenträger

Balkenträger können nur Lasten parallel zu ihrem Steg übertragen. Dementsprechend ist auch eine geringere Anzahl von Nachweisen zu führen. Die Darstellung der Ausnutzung für diese Nachweise erfolgt im nachfolgenden Bild.

Neben dem Tragfähigkeitsnachweis für den mit Sondernägeln ausgeführten Hauptträgeranschluss ist dies der Nachweis für den mit Stabdübeln erstellten Nebenträgeranschluss. Weiterhin muss für den Hauptträger ein **Querzugnachweis** geführt werden.

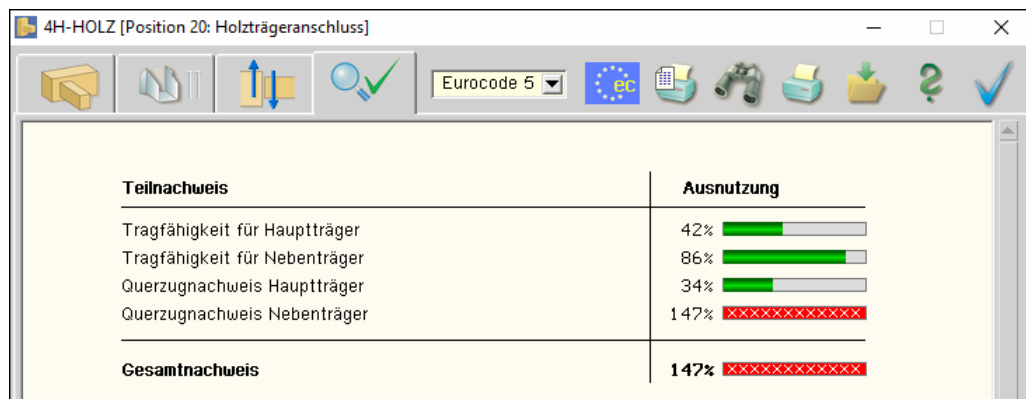


3.4.3

Passverbinder

Im nachfolgenden Bild sind die für Passverbinder erforderlichen Nachweise aufgeführt, wobei hier Überschreitungen der zulässigen Ausnutzungen auftreten.

Passverbinder können nur Lasten in der Einschubrichtung ihres Oberteils aufnehmen. Nachzuweisen ist die Tragfähigkeit des mit Sondernägeln ausgeführten Hauptträgeranschlusses sowie des mit SPAX-Schrauben ausgeführten Nebenträgeranschlusses. Außerdem ist für den Haupt- und Nebenträger ein Querkzugnachweis zu führen.



4 Nachweise

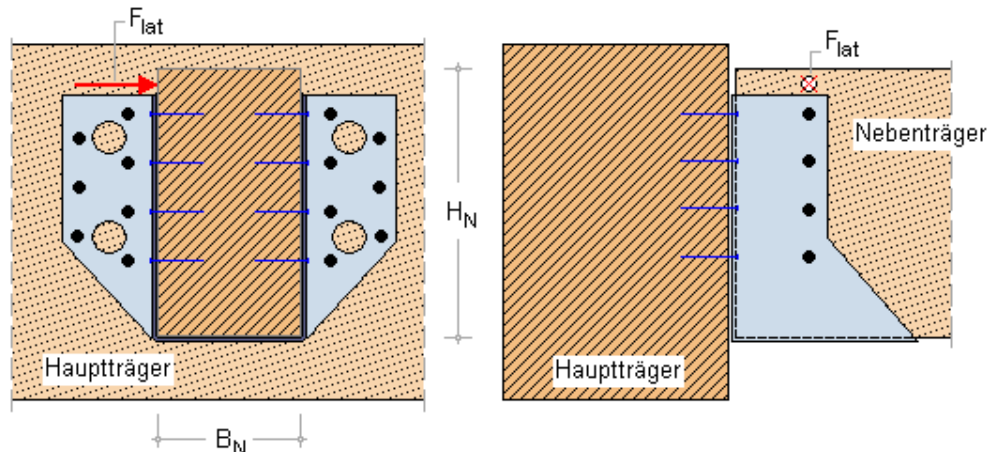
4.1 Berechnung der Tragfähigkeit von Sondernägeln



Die Befestigung von Balkenschuhen und anderen Blechformteilen an Holzbalken und Stützen erfolgt mit Hilfe von Sondernägeln. Dies sind Nägel, die einen profilierten Schaft und einen kegelförmig geformten Kopf-/Halsbereich besitzen und unter den Namen Ankernägel, Kammnägel oder Rillennägel im Handel sind.

Der profilierte Schaft verleiht den Nägeln einen **Auszieh Widerstand** R_{ax} , der im Rahmen der Tragfähigkeitsberechnung angesetzt werden darf. R_{ax} kann bei einigen Balkenschuhmodellen direkt zur Aufnahme von Zugkräften im Balkenschuhanschluss genutzt werden.

Weiterhin darf der Auszieh Widerstand des Sondernagels bei der Berechnung des **Abscherwiderstandes** R_{la} erhöhend angesetzt werden.



4.1.1 Tragfähigkeitsberechnung n. DIN EN 1995-1:2010-12 (EC 5)

Die Tragfähigkeitsberechnung von Sondernägeln in Blechformteilen wie Balkenschuhen, Passverbindern und Balkenträgern erfolgt nach Absatz 8.2.3, Stahl-Holz-Verbindungen.

Die drei hier unter Nummer 8.10 aufgeführten Gleichungen ermitteln die Nageltragfähigkeit für die Versagenszustände *Holzversagen*, *Versagen von Holz und Verbindungsmittel* und *Versagen des Verbindungsmittels*.

Die Gleichungen gelten für einen einschnittigen Stahlblech/Holzanschluss mit dickem Stahlblech und beruhen auf dem Rechenverfahren von **Johansen**. Diese Vorgehensweise entspricht dem in Anhang G von DIN 1052:2008 aufgeführten *Genauen Rechenverfahren*.

Es ist jedoch zu beachten, dass der EC 5 den Tragfähigkeitsanteil aus dem Einhängeeffekt etwas anders berücksichtigt! Außerdem hat die Gleichung für die Berechnung der Tragfähigkeit für das Versagen des Verbindungsmittels den Vorfaktor 2.3 statt 2.

Die Bleche von Balkenschuhen haben Dicken von 1.5 bis 3.0 mm. Da die Dicke kleiner ist als der Durchmesser der verwendeten Nägel, muss das Blech nach EC5 8.2.3 (1) als dünnes Blech eingestuft werden.

Gemäß der Einstufung dünnes Blech/dickes Blech muss die Auswahl der Gleichungen für die Berechnung der Nageltragfähigkeit erfolgen.

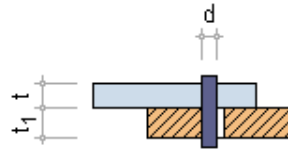
Die Einstufung als dünnes Blech liefert geringere Tragfähigkeiten für die Nägel als bei der Einstufung als dickes Blech. Hier kommt nun der nationale Anhang (NA) für Deutschland mit dem NCI Zu 8.3.1.4 (NA.6) zur Anwendung. Dort wird festgelegt, dass mindestens 2 mm dicke Stahlbleche, die mit profilierten Nägeln (Sondernägeln) der Tragfähigkeitsklasse 3 und mit einem Durchmesser von höchstens dem Doppelten der Stahlblechdicke angeschlossen sind, als dicke Stahlbleche eingestuft werden dürfen.

Da die zur Befestigung von Balkenschuhen eingesetzten Nägel einen Durchmesser von 4 mm haben, trifft diese Ausnahmeregelung für die Berechnung der Tragfähigkeit von Balkenschuhen zu.

Für die Tragfähigkeitsberechnung der Verbindung mit dicken Stahlblechen gelten die Gleichungen gemäß EC 5 (8.10).

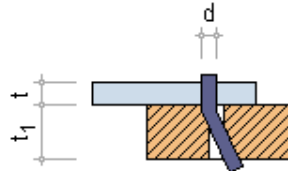
Die erste der dort aufgeführten Gleichungen beschreibt das **Versagen** des Holzes.

$$F_{v,Rk} = f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d$$



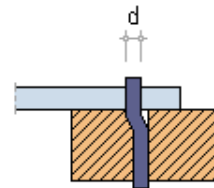
Das gleichzeitige Versagen von Holz und Verbindungsmittel wird durch die zweite Gleichung beschrieben.

$$F_{v,Rk} = f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$



Das Versagen des Nagels schließlich wird mit der dritten dortigen Gleichung beschrieben.

$$F_{v,Rk} = 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$



Der Wert $F_{v,Rk}$ setzt sich aus zwei Anteilen zusammen.

Der erste Summand stammt aus der Johansen-Theorie und der zweite Summand mit $F_{ax,Rk}$ enthält den Anteil aus dem **Einhängeeffekt** (Seiltheorie).

Für die vorstehend aufgeführten Gleichungen für $F_{v,Rk}$ wird nun unter Berücksichtigung von k_{mod} und γ_M der Rechenwert der Nageltragfähigkeit ermittelt.

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

Der kleinste der drei ermittelten $F_{v,Rd}$ Werte ist für die Nageltragfähigkeit maßgebend.

Die in den obigen Gleichungen auftretenden Größen haben folgende Bedeutungen:

- d Nageldurchmesser
- $f_{h,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit des Holzes
- $f_{h,1,k}$ - " - - " - - " - - " - " - Bauteil 1
- $f_{h,2,k}$ - " - - " - - " - - " - " - Bauteil 2
- $f_{t,k}$ charakteristischer Wert des Ausziehparameters
- γ_M Material Sicherheitsbeiwert
- k_{mod} Modifikationsbeiwert
- $F_{ax,Rk}$ Tragfähigkeit eines Nagels auf Herausziehen
- $F_{v,Rk}$ charakteristischer Wert der Nageltragfähigkeit
- R_d Rechenwert der Nageltragfähigkeit
- $M_{y,Rk}$ Fließmoment des Nagels
- t_1 Bauteildicke, Bauteil 1
- t Blechdicke

Der **Auszieh Widerstand** $F_{ax,Rk}$ wird nach EC5 mit Hilfe der Gleichung 8.23a ermittelt.

$$F_{ax,Rk} = f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen}$$

- d Nageldurchmesser
- $F_{ax,Rk}$ charakteristischer Auszieh Widerstand des Nagels
- $f_{ax,k}$ charakteristischer Wert der Ausziehfestigkeit auf Seite der Nagelspitze
- t_{pen} Eindringtiefe auf Seite der Nagelspitze oder Länge des profilierten Schaftteils im Bauteil mit Nagelspitze

4.1.2

Tragfähigkeitsberechnung n. DIN 1052:2008, Abs. 12.2.3

Die Berechnung der Tragfähigkeit eines Sondernagels in einem Balkenschuhblech kann nach DIN 1052:2008, Abschnitt 12.2.3, erfolgen. Dieser Abschnitt behandelt die Stahlblech-Holz-Verbindungen für stiftförmige Verbindungsmittel. Bei diesen Verbindungen wird im Berechnungsverfahren nach dünnen und dicken Stahlblechen unterschieden.

Die Bleche von Balkenschuhen sind von den Abmessungen her zwar dünn (1.5 - 3.0 mm), da der kegelförmige Kopf der Sondernägel aber eine Einspannung des Nagels in das Blech gewährleistet, werden die Bleche nach DIN 1052 als dicke Bleche qualifiziert.

Die Tragfähigkeit eines Sondernagels kann nach DIN 1052, Gl 197, wie folgt berechnet werden:

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d}$$

Die zugehörige Mindestholzdicke t_{req} beträgt

$$t_{\text{req}} = 1.15 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}}$$

4.1.3

Tragfähigkeitsberechnung n. DIN 1052:2008, Abs. 12.5.4

Alternativ zu Abs. 12.2.3 kann die Nageltragfähigkeit auch nach DIN 1052:2008, Abs. 12.5.4 Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen, mit Hilfe der Gleichung 228 berechnet werden.

$$R_k = A \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d}$$

Die zugehörige **Mindestholzdicke** t_{req} beträgt dann

$$t_{\text{req}} = 10 \cdot d$$

4.1.4

Tragfähigkeitsberechnung n. DIN 1052:2008, Anhang G

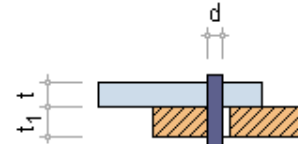
Eine weitere Möglichkeit zur Berechnung der Tragfähigkeit von Stahlblech-Holz-Verbindungen bieten die Tabellen G.5 und G.8 im Anhang zur DIN 1052:2008.

Die hier aufgeführten Gleichungen beschreiben Versagenszustände für die Verbindung. D.h., es wird untersucht, ob Holzleibung, Verbindungsmittel oder beide versagen. Dieses Verfahren wird in der Literatur als *Genaues Rechenverfahren* oder *Verfahren nach Johansen* bezeichnet.

Die Befestigungslaschen des Balkenschuhs bilden zusammen mit dem Hauptträger eine einschnittige Stahlblech-Holz-Verbindung. Für die Tragfähigkeitsberechnung einer solchen Verbindung gelten die Gleichungen gemäß Tab. G.5.

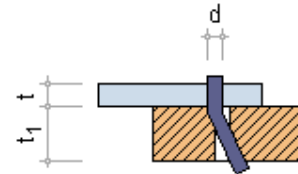
Die in DIN 1052:2008 unter Nummer G.13 geführte Gleichung beschreibt das **Versagen** des Holzes.

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad \dots \text{mit} \dots \gamma_M = 1.3$$



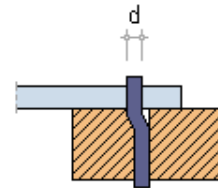
Das gleichzeitige Versagen von Holz und Verbindungsmittel wird durch die Gleichung G.14 beschrieben.

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \quad \dots \text{mit} \dots \gamma_M = 1.2$$



Das Versagen des Nagels schließlich wird mit Hilfe der Gleichung G.15 beschrieben.

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \dots \text{mit} \dots \gamma_M = 1.1$$



Der Anschluss eines Balkenschuhs an den Nebenträger eines Holzträgeranschlusses erfolgt über den U-förmigen Körper des Balkenschuhs, der zusammen mit dem Holzbalken zwei einschnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen bildet. Die zugehörigen Berechnungsgleichungen sind in Tab. G.5 unter den Nummern G.13, G.14 und G.15 dargestellt.

Für die vorstehend aufgeführten Gleichungen für R_k wird nun unter Berücksichtigung von k_{mod} und γ_M der Rechenwert der Nageltragfähigkeit ermittelt.

$$R_d = \frac{k_{mod} \cdot R_k}{\gamma_M}$$

Der kleinste Wert für R_d ist für die Nageltragfähigkeit maßgebend.

4.1.5

Erhöhung der Nageltragfähigkeit durch Berücksichtigung des Einhängeeffektes

Die mit den oben beschriebenen Verfahren berechneten Tragfähigkeiten von Nägeln auf Abscheren dürfen wegen des bei der Lastabtragung auftretenden Einhängeeffektes um den Tragfähigkeitsanteil ΔR_k vergrößert werden.

Nach DIN 1052, Gl. 229, wird der Wert ΔR_k wie folgt berechnet:

$$\Delta R_k = \min \{ 0.5 \cdot R_k; 0.25 \cdot R_{ax,k} \}$$

Die Tragfähigkeit auf Herausziehen $R_{ax,k}$ darf also mit 25% ihres Wertes für die Berechnung der Tragfähigkeit des Nagels auf Abscheren angesetzt werden. Dieser Wert darf aber maximal so groß werden wie der halbe Wert der Tragfähigkeit auf Abscheren selbst.

Der Einhängeeffekt darf nur dann berücksichtigt werden, wenn die Zulassung für das zu befestigende Blechformteil (Balkenschuh, Balkenträger oder Passverbinder) dies erlaubt.

Die Tragfähigkeit auf Herausziehen $R_{ax,k}$ kann nach Gleichung 233 berechnet werden

$$R_{ax,k} = f_{1,k} \cdot d \cdot l_{ef}$$

Die in den obigen Gleichungen auftretenden Größen haben folgende Bedeutungen

- A Faktor n. Tab. 12, $A = 1.4$
- d Nageldurchmesser
- $f_{h,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit des Holzes
- $f_{h,1,k}$ -||- -||- -||- -||- Bauteil 1
- $f_{h,2,k}$ -||- -||- -||- -||- Bauteil 2
- $f_{1,k}$ charakteristischer Wert des Ausziehparameters
- γ_M Materialsicherheitsbeiwert
- l_{ef} wirksame Einschlagtiefe, also Länge auf der Kraftübertragung möglich ist
- $R_{ax,k}$ Tragfähigkeit eines Nagels auf Herausziehen
- R_k charakteristischer Wert der Nageltragfähigkeit
- R_d Rechenwert der Nageltragfähigkeit
- ΔR_k Tragfähigkeitsanteil aus Einhängeeffekt, charakteristisch
- $M_{y,Rk}$ Fließmoment des Nagels
- t_{req} Mindestdicke des Holzes
- t_1 Bauteildicke, Bauteil 1
- t_2 Bauteildicke, Bauteil 2

4.2 Berechnung der Tragfähigkeit von Balkenschuhanschlüssen

4.2.1 Allgemeines

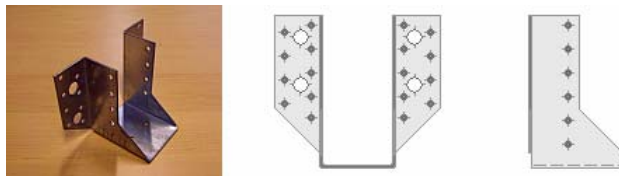
Balkenschuhe sind Blechformteile, die aus 1.5 - 3.0 mm dickem Stahlblech bestehen und für die Erstellung von Holzträgeranschlüssen eingesetzt werden.

Am häufigsten kommen Balkenschuhe für den Anschluss von Holzträgern an andere Holzträger oder an Holzstützen zum Einsatz. Sie können aber auch für den Anschluss von Holzbalken an Beton- oder Mauerwerkswände oder an Stahlteile genutzt werden.

Neben der klassischen Bauform mit nach außen gebogenen Befestigungslaschen gibt es zahlreiche Sonderbauformen. So z.B. Fabrikate mit nach innen gebogenen Laschen oder zweiteilige Balkenschuhe. Im Programm Holzträgeranschlüsse stehen die nachfolgend abgebildeten fünf Bauformen zur Verfügung.

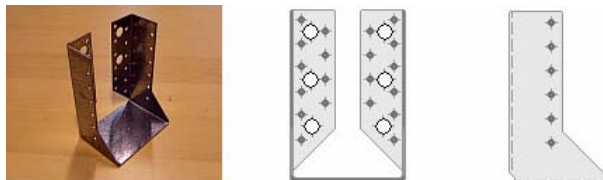
Die in den abgebildeten Balkenschuhen zu sehenden kleinen Löcher mit einem Durchmesser von 5 mm dienen zur Befestigung mit Hilfe von Sondernägeln und Sonderschrauben. Wenn die Balkenschuhe an Beton- oder Mauerwerkswänden befestigt werden sollen, kann dies mit Hilfe von Bolzen bewerkstelligt werden. Hierzu dienen die großen Löcher in den Befestigungslaschen der Balkenschuhe.

4.2.1.1 Balkenschuh mit Außenlaschen



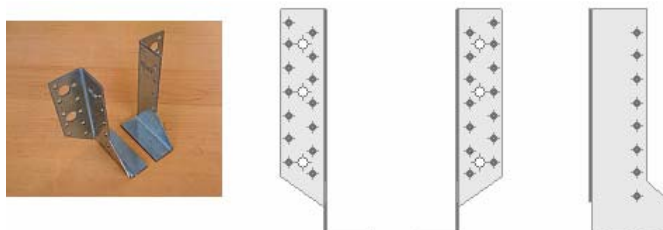
4.2.1.2 Balkenschuh mit Innenlaschen

Balkenschuhe mit Innenlaschen benötigen nur einen schmalen Anschlussbereich und sind somit besonders für Träger-Stützen-Anschlüsse geeignet.



4.2.1.3 zweiteiliger Balkenschuh

Zweiteilige Balkenschuhe können für den Anschluss von Balken mit nahezu beliebiger Breite eingesetzt werden. Der Balken muss lediglich eine Mindestbreite vom doppelten Wert der Breite der Bodenbleche des Balkenschuhs haben.

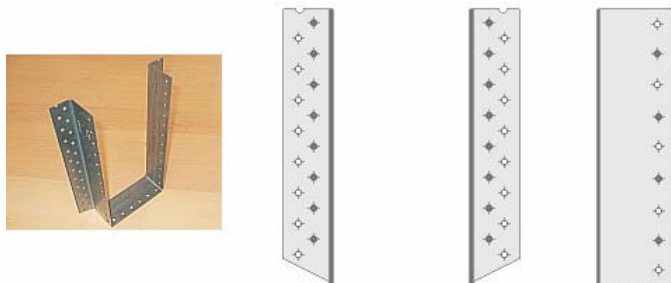


4.2.1.4

Balkenschuh mit Außenlaschen, bandförmig

Die abgebildete Balkenschuhform wird aus durchgehend gelochten Stahlbändern hergestellt. Hierdurch wird es möglich, Balkenschuhe für einen großen Balkenabmessungsbereich zu fertigen.

In den Zulassungen findet man hierfür Tafeln, in denen für ein Höhenintervall in Schrittweiten von z.B. 2-5 mm die Zahl der unterzubringenden Nägel angegeben ist. Weiterhin sind in diesen Tafeln die Formbeiwerte k_{H1} und k_{H2} angegeben, die für die Berechnung der Tragfähigkeit der Balkenschuhe benötigt werden.



4.2.1.5

Balkenschuh mit Innenlaschen, bandförmig

Für den Einsatz im bauaufsichtlichen Bereich müssen Balkenschuhe eine Zulassung besitzen. Diese Zulassung kann in Form einer vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) ausgestellten deutschen Zulassung (BAZ-Dokument) oder einer europäischen Zulassung (ETA-Dokument, European Technical Approval) vorliegen.

ETAs können nicht nur vom DIBT, sondern auch von anderen europäischen Instituten ausgestellt werden, was im Zuge der Eurocode-Einführung immer häufiger der Fall ist.

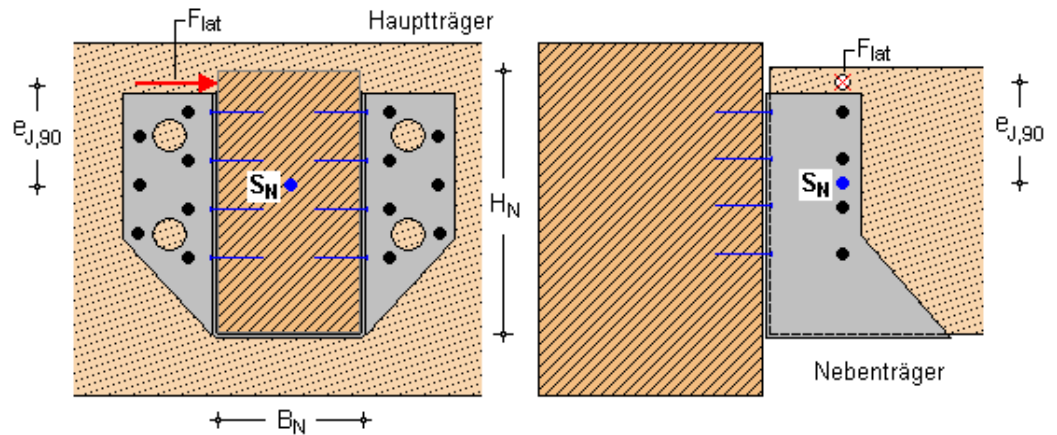
Die Zulassungsnummer muss auf jedem Balkenschuh eingeprägt sein.



4.2.2

Tragfähigkeitsberechnung n. BAZ und EZA

Die Berechnung der Tragfähigkeit von Balkenschuhanschlüssen erfolgt mit Hilfe von in der zugehörigen Zulassung angegebenen Gleichungen. Hierbei wird nach Lasten zur Bodenplatte hin, von der Bodenplatte weg (abhebende Kräfte) und Lasten quer zum Körper des Balkenschuhs unterschieden.



Für **zum Bodenblech gerichtete Lasten** lauten die Gleichungen für die Berechnung der Tragfähigkeit eines Balkenschuhanschlusses für den Nebenträgeranschluss

$$F_{Z,Rk} = (n_j + 2) \cdot F_{v,j,Rk}$$

und für den Hauptträgeranschluss

$$F_{Z,Rk} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_H \cdot F_{v,H,Rk}}\right)^2 + \left(\frac{1}{k_{H,1} \cdot F_{ax,H,Rk}}\right)^2}}$$

Maßgebend für die Tragfähigkeit des Anschlusses ist der kleinere der beiden $F_{Z,Rk}$ -Werte.

Für Lasten, die **vom Bodenblech weg gerichtet** sind, wird die Tragfähigkeit mit den nachfolgend angegebenen Gleichungen ermittelt. Für den Nachweis am Nebenträger gilt die Gleichung

$$F_{Z,Rk} = n_j \cdot F_{v,j,Rk}$$

und für den Nachweis am Hauptträger

$$F_{Z,Rk} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_H \cdot F_{v,H,Rk}}\right)^2 + \left(\frac{1}{k_{H,2} \cdot F_{ax,H,Rk}}\right)^2}}$$

Auch hier ist der kleinere der beiden $F_{Z,Rk}$ -Werte für die Tragfähigkeit maßgebend.

Die Tragfähigkeit des Balkenschuhs **in Querrichtung** kann für den Nebenträger über die Gleichung

$$F_{Y,Rk} = \frac{n_j \cdot F_{v,j,Rk}}{\sqrt{\left(\frac{2 \cdot \sqrt{e_{J,0}^2 + e_{J,90}^2}}{B}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,j,Rk}}{F_{ax,j,Rk}}\right)^2}}$$

ermittelt werden. Für den Hauptträger ergibt sich die Balkenschuhtragfähigkeit über die Gleichung

$$F_{Y,Rk} = \frac{F_{v,H,Rk}}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_H} + \frac{e_H}{e_1}\right)^2 + \left(\frac{e_H}{e_2}\right)^2}}$$

Die in obigen Gleichungen benutzten Größen haben folgende Bedeutungen

B, b_j	Balkenschuhbreite
$e_{J,90}$	Abstand der Querbelastung des Balkenschuhs zum Schwerpunkt der Nagelgruppe im Nebenträger des Trägeranschlusses. Als Wert sollte hier mindestens die 0.2-fache Balkenschuhhöhe angesetzt werden
$e_{J,0}$	Hilfsmaß
e_1	Hilfsmaß
e_2	Hilfsmaß
$F_{v,H,Rk}$	charakteristische Tragfähigkeit eines Nagels im Hauptträger (Abscheren)
$F_{v,J,Rk}$ im Nebenträger (Abscheren)
$F_{ax,H,Rk}$	charakteristische Tragfähigkeit eines Nagels im Hauptträger (Herausziehen)
$F_{ax,J,Rk}$ im Nebenträger (Herausziehen)
$F_{Y,Rk}$	charakteristische Balkenschuhtragfähigkeit, quer zum Balkenschuhkörper
$F_{Z,Rk}$ senkrecht zum Bodenblech
n_H	Anzahl Nägel im Hauptträger
n_J im Nebenträger
$k_{H,1}$	Formbeiwert für Balkenschuh, Lastrichtung zum Bodenblech
$k_{H,2}$ Lastrichtung vom Bodenblech weg

Die Formbeiwerte $k_{H,1}$ und $k_{H,2}$ sind in der Zulassung tabelliert und dürfen nur für die zugeordneten Balkenschuhfabrikate benutzt werden.

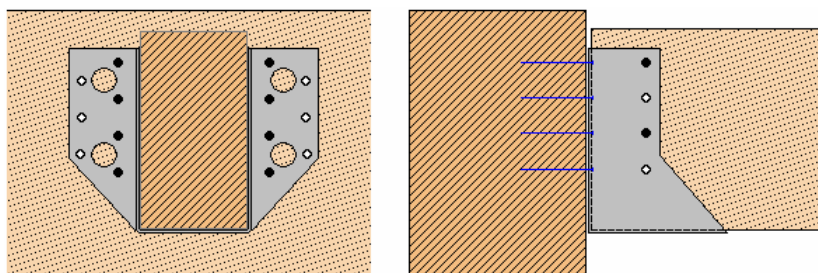
4.2.3 Sonderbauweisen für Balkenschuhe

4.2.3.1 Teilausnagelung

Bei der Teilausnagelung von Balkenschuhen wird nur ein Teil der im Balkenschuh vorhandenen Bohrungen ausgenagelt. Die Ausnagelung muss nach dem in der Zulassung vorgegebenen Nagelschema erfolgen.

In den Befestigungsflaschen am Hauptträger wird immer die der angeschlossenen Seitenfläche des Balkenschuhs am nächsten liegende Lochreihe ausgenagelt. Am Nebenträger erfolgt die Ausnagelung beidseitig für jedes zweite Loch.

I.d.R. beginnt man auf beiden Seiten des Balkenschuhs beim obersten Loch mit der Ausnagelung. In Einzelfällen kann auch eine wechselseitige Ausnagelung am Nebenträger erforderlich sein. Da die Nägel hierbei nicht mehr paarweise angeordnet sind, ergibt sich ein unsymmetrisches Nagelbild, das unterschiedlich viele Nägel an den beiden Nebenträgerseiten aufweisen kann.



Durch Nutzung der Teilausnagelung kann die Zahl der einzuschlagenden Nägel an die zu übertragende Last angepasst werden. Weiterhin kann bei schmalen Nebenträgern eine Teilausnagelung (wechselseitig) erforderlich werden, um die Ausführbarkeit des Anschlusses sicherzustellen.

4.2.3.2

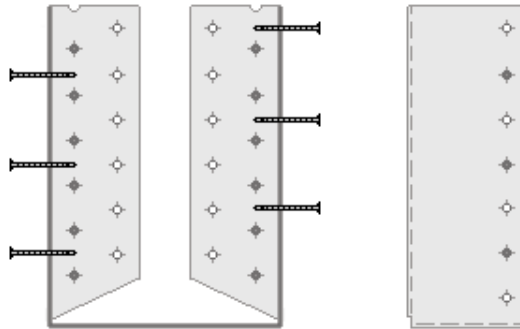
wechselseitige Ausnagelung

Die Befestigung von Balkenschuhen am Nebenträger (anzuschließender Träger) erfolgt über Nägel oder Schrauben in den Seitenblechen des Balkenschuhkörpers.

Wenn der Nebenträger eine geringere Breite als die doppelte Nagellänge hat, treffen sich die Nägel in Balkenmitte und überlappen sich teilweise. Ist dies nicht erlaubt oder erwünscht, muss der Balkenschuh wechselseitig ausgenagelt werden.

Hierbei wird auf der einen Seite beginnend mit Loch 1 jedes zweite Loch ausgenagelt; auf der gegenüberliegenden Balkenschuhseite wird beginnend mit Loch 2 genauso verfahren.

Bei der wechselseitigen Ausnagelung handelt es sich also immer um eine Teilausnagelung.



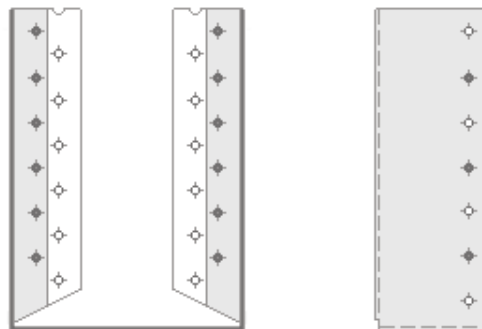
Balkenschuh mit wechselseitiger Ausnagelung

Durch Nutzung der wechselseitigen Ausnagelung kann die erforderliche Mindestbreite eines Balkens bei Balkenschuhanschlüssen gesenkt werden. Somit steht den Balkenschuhen ein größerer Anwendungsbereich zur Verfügung.

4.2.3.3

Kupieren von Befestigungslaschen

Bei einigen Balkenschuhfabrikaten mit innen liegenden Befestigungslaschen dürfen diese kupiert werden. D.h., die Laschen werden auf die halbe ursprüngliche Breite zurückgeschnitten. Hierdurch wird es möglich, Balkenschuhe mit sehr geringer Breite zu erzeugen.



Balkenschuh mit kupierten Innenlaschen

Wie aus obigem Bild ersichtlich, müssen Balkenschuhe mit Innenlaschen mindestens so breit wie die doppelte Laschenbreite sein, damit sich die Laschen nicht überlappen. D.h., durch das Kupieren der Laschen gewinnt man einen zusätzlichen Breitspielraum von einer Laschenbreite. Damit kann mit diesem Balkenschuh ein Balken mit entsprechend geringerer Breite angeschlossen werden.

4.3

Berechnung der Tragfähigkeit von Balkenträgeranschlüssen

4.3.1

Allgemeines

Balkenträger sind T-förmige Blechformteile, die zur Erstellung von Balkenanschlüssen an Holzträger oder Holzstützen eingesetzt werden. Sie bestehen aus 3 mm dickem, gekanteten Stahlblech oder 6 mm dicken stranggepressten Aluminiumprofilen. In beiden Fällen besteht der Balkenträger aus einer Rückenplatte und einem Steg.

Die Rückenplatte weist zwei oder vier Reihen 5 mm großer Bohrungen auf, die zur Befestigung des Balkenträgers mittels Sondernägeln oder Sonderschrauben an der Seitenfläche einer Holzstütze oder einen Balkens dienen.

Der Steg des Stahlblech-Balkenträgers hat Bohrungen mit 8.5 bzw. 13 mm Durchmesser, die zur Befestigung am Nebenträger mittels Stabdübeln dienen. Die oberste Bohrung im Steg ist trichterförmig nach außen geöffnet und kann somit als Montagehilfe genutzt werden.

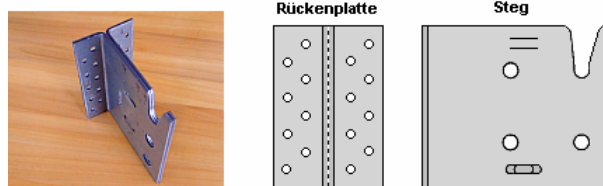
Bei Aluminium-Balkenträgern sind im Steg keine Bohrungen vorhanden. Sie werden nachträglich durch die bereits im Holz vorhandenen Löcher gebohrt. Dadurch ist eine besonders hohe Passgenauigkeit der Bohrungen im Holz und Aluminium gewährleistet.

Für den Einsatz im bauaufsichtlichen Bereich müssen Balkenträger eine Zulassung haben, die in Form einer vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) ausgestellten deutschen Zulassung (BAZ-Dokument) oder einer europäischen Zulassung (ETA-Dokument, European Technical Approval) vorliegen kann.

ETAs können nicht nur vom DIBt, sondern auch von anderen europäischen Instituten ausgestellt werden. Dies ist im Zuge der Eurocode-Einführung immer häufiger der Fall. Die Zulassungsnummer muss auf jedem Balkenträger eingeprägt sein.

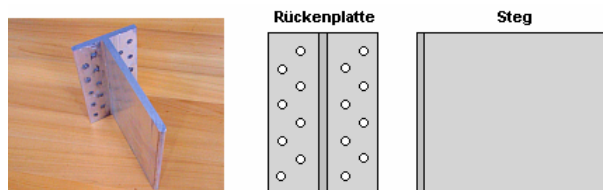
4.3.1.1

Balkenträger aus Stahl, vierreihig



4.3.1.2

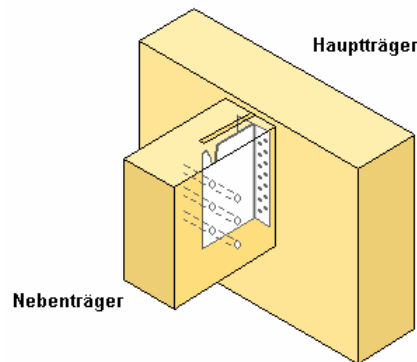
Balkenträger aus Aluminium, vierreihig



4.3.2

Berechnung der Tragfähigkeit von Balkenträgeranschlüssen

Für die Berechnung der Tragfähigkeit von Balkenträgeranschlüssen müssen zwei Anschlusskomponenten untersucht werden. Dies sind der Anschluss des Balkenträgerstegs im Nebenträger und der Anschluss der Rückenplatte des Balkenträgers am Hauptträger. Die nachfolgende Abbildung zeigt diese Anschlusskomponenten.



Für den Anschluss des Balkenträgerstegs wird der Nebenträger geschlitzt und mit Hilfe von Stabdübeln befestigt. Im Sinne von EC 5 und DIN 1052 ist dies eine zweischnittige Verbindung mit innen liegendem Blech.

Die Berechnung solcher Verbindungen erfolgt auf der Grundlage der Johansen-Theorie mit Hilfe von einzelnen Versagenszuständen; d.h., es wird untersucht, ob das Verbindungsmittel oder das Holz zuerst versagt. Dieses Verfahren wird als **genaues Berechnungsverfahren** bezeichnet. Für das mittig eingeschlitzte Blech sind drei Versagenszustände möglich.

Für den Fall **Versagen der Holzleibung** kann die zugehörige charakteristische Tragfähigkeit mit Hilfe folgender Gleichungen n. EC 5 und DIN 1052 bestimmt werden.

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad \dots \text{ und } \dots \gamma_M = 1.3 \quad \dots \text{ bzw. } \dots R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad \dots \text{ und } \dots \gamma_M = 1.3$$

Wenn **Holzleibung und Stabdübel** gleichzeitig versagen, ergibt sich die Tragfähigkeit der Verbindung n. EC 5 bzw. DIN 1052 zu

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad \dots \text{ und } \dots \gamma_M = 1.3$$

... bzw. ...

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right] \quad \dots \text{ und } \dots \gamma_M = 1.2$$

Der dritte mögliche Versagenszustand ist das **Versagen des Stabdübels**. Die Tragfähigkeit kann dann gemäß EC 5 und DIN 1052 mit Hilfe der Gleichungen

$$F_{v,Rk} = 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad \dots \text{ und } \dots \gamma_M = 1.3$$

... bzw. ...

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \dots \text{ und } \dots \gamma_M = 1.1$$

berechnet werden.

Aus den $F_{v,Rk}$ - bzw. R_k -Werten muss nun mit Hilfe des zugehörigen Materialsicherheitsbeiwerts γ_M und des Modifikationsbeiwerts k_{mod} der Bemessungswert der Tragfähigkeit $F_{v,Rd}$ bzw. R_d berechnet werden. Der kleinste sich hierbei ergebende Wert ist die Tragfähigkeit der Stabdübelverbindung.

Neben der beschriebenen Tragfähigkeitsberechnung mit Hilfe von Versagenszuständen bieten die Normen eine weitere Möglichkeit für die Berechnung der Tragfähigkeit von Verbindungen an. Bei diesem sogenannten **vereinfachten Berechnungsverfahren** wird angenommen, dass das Verbindungsmittel zuerst versagt.

Die zugehörige Tragfähigkeit kann mit Hilfe der folgenden Gleichungen nach NA EC 5 und DIN 1052 berechnet werden.

$$F_{v,Rk} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad \dots \text{ und } \dots \gamma_M = 1.1$$

... bzw. ...

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad \dots \text{ und } \dots \gamma_M = 1.1$$

Zusätzlich muss für das Holz eine Mindestdicke t_{req} berechnet werden, die vorhanden sein muss, damit das angenommene Stabdübelversagen auch zuerst auftritt.

$$t_{req} = 1.15 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad \dots \text{ bzw. } \dots \quad t_{req} = 1.15 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}}$$

Wenn der Wert t_{req} kleiner als die vorhandene Balkenbreite t_1 ist, muss die Tragfähigkeit mit dem Verhältnis t_1/t_{req} abgemindert werden.

Im weiteren Verlauf der Tragfähigkeitsberechnung des Balkenträgeranschlusses muss der Anschluss der Rückenplatte des Balkenträgers an den Hauptträger untersucht werden. Der Anschluss erfolgt mit Hilfe von Sondernägeln. Im Sinne von EC 5 und DIN 1052 handelt es sich bei der Verbindung um eine einschnittige Blech-Holz-Verbindung.

Die Tragfähigkeitsberechnung erfolgt auch hier auf der Grundlage des Verfahrens von Johansen. Der Ablauf der Berechnung erfolgt analog der Berechnung von Balkenschuhanschlüssen. Die Beschreibung der Vorgehensweise und die Tragfähigkeitsgleichungen können dem Abschnitt *Nagelberechnung* (s. Abs. 4.1, S. 15) entnommen werden.

Die in den obigen Gleichungen auftretenden Größen haben folgende Bedeutungen

d Stabdübeldurchmesser

$F_{ax,Rk}$ charakteristischer Wert der Ausziehfestigkeit eines Verbindungsmittels (EC5)
(bei Stabdübeln = 0)

$F_{v,Rk}$ charakteristischer Wert der Stabdübeltragfähigkeit (EC5)

$F_{v,Rd}$ Rechenwert der Stabdübeltragfähigkeit (EC5)

$f_{h,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit des Holzes

$f_{h,1,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit des Holzes, Bauteil 1

γ_M Material Sicherheitsbeiwert

k_{mod} Modifikationsbeiwert

$M_{y,k}$ Fließmoment des Stabdübels (DIN 1052)

$M_{y,Rk}$ Fließmoment des Stabdübels (EC5)

R_k charakteristischer Wert der Stabdübeltragfähigkeit (DIN 1052)

R_d Rechenwert der Stabdübeltragfähigkeit (DIN 1052)

t_1 Bauteildicke, Bauteil 1

t_{req} Mindestbauteildicke

4.4

Berechnung der Tragfähigkeit von Passverbindern

4.4.1

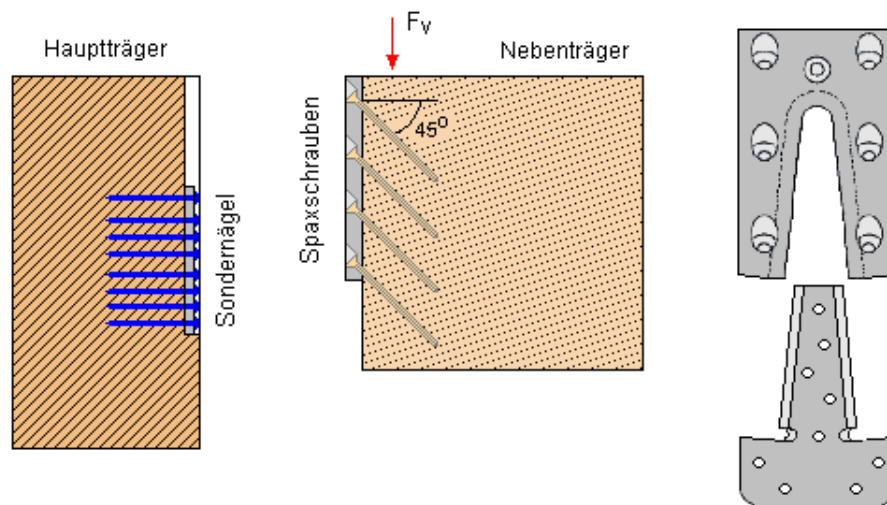
Allgemeines

Passverbinder bestehen aus zwei Aluminium-Formteilen mit Bohrungen. P. können in Einschubrichtung Kräfte vom U-förmigen Oberteil in das T-förmige, am Querträger befestigte Unterteil übertragen. Ein wichtiger Vorteil gegenüber anderen Verbindern ist, dass die Verbindung zerstörungsfrei gelöst werden kann.

Das Unterteil kann in die Querträgerseite eingelassen werden. Dadurch wird ein komplett unsichtbarer Anschluss erreicht. Weiterhin haben Passverbinder gegenüber z.B. Balkenschuhen den Vorteil, dass sie auch an geneigten Trägern angebaut werden können.

Die Befestigung des Oberteils erfolgt mit Hilfe von SPAX-S-Vollgewindeschrauben. Das Unterteil des Verbinders wird mit Hilfe von Sondernägeln oder Sonderschrauben an der Seitenfläche des Hauptträgers oder an der Seitenfläche einer Stütze befestigt.

Beide Formteile sind an ihren Kontaktflächen in Dickenrichtung schwalbenschwanzförmig abgeschrägt.



4.4.2

Tragfähigkeitsberechnung für das Oberteil des Passverbinders

Das Oberteil des Passverbinders besteht aus einer Aluminiumplatte mit schrägen, kegelförmig aufgeweiteten Bohrungen. Die Befestigung erfolgt mit SPAX-S-Vollgewindeschrauben, die durch die Bohrungen unter einem Winkel von 45° in das Hirnholz des Nebenträgers eingedreht werden.

Der Lastabtrag aus dem Nebenträger erfolgt über Zugkräfte in den SPAX-Schrauben in das Oberteil des Passverbinders. Die auftretenden Zugkräfte müssen über die Tragfähigkeit auf Herausziehen der SPAX-Schraube $R_{ax,k}$ aufgenommen werden können. Diese Größe kann mit Hilfe folgender Gleichung berechnet werden.

$$R_{ax,k} = \frac{f_{1,k} \cdot d_1 \cdot l_{ef}}{\sin^2 \alpha + \frac{4}{3} \cos^2 \alpha} \quad \dots \text{ in N}$$

Der charakteristische Wert der Ausziehfestigkeit $f_{1,k}$ darf hierbei mit

$$f_{1,k} = 80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \quad \dots \text{ in N/mm}^2$$

in Rechnung gestellt werden. Die Tragfähigkeit des Oberteils des Anschlusses ergibt sich unter Berücksichtigung der Anzahl der vorhandenen Schrauben zu

$$R_{1,k} = \frac{n_N \cdot R_{ax,k}}{\sqrt{2}}$$

4.4.3

Tragfähigkeitsberechnung für das Unterteil des Passverbinders

Das Unterteil eines Passverbinders wird mit Hilfe von Sondernägeln oder Sonderschrauben an der Seitenfläche des Querträgers befestigt. Diese Verbindungsmittel sind für die Befestigung von Blechen an Holz besonders geeignet, da sie einen kegelförmig geformten Kopf-/Halsbereich besitzen. Dadurch werden sie passgenau in die Bohrungen im Blech eingetrieben und erhalten eine gewisse Einspannung im Blech.

Im Sinne von EC 5 und DIN 1052:2008 handelt es sich bei dem Anschluss um eine einschnittige Stahlblech-Holz-Verbindung mit dickem Stahlblech.

Die Berechnung der Tragfähigkeit eines einzelnen Sondernagels erfolgt wie im Kapitel Tragfähigkeitsberechnung für Sondernägel und Sonderschrauben bei Balkenschuhen beschrieben (s. Abs. 4.1, S. 15).

Die Tragfähigkeit des Unterteils des Verbinders ergibt sich unter Berücksichtigung der Anzahl der vorhandenen Nägel zu

$$R_{1,k} = n_H \cdot R_{la,k}$$

Die Tragfähigkeit des Passverbinders ist der kleinste der für Oberteil und Unterteil errechneten Einzeltragfähigkeiten $R_{1,d}$.

Die in den vorstehend aufgeführten Gleichungen auftretenden Größen haben folgende Bedeutungen

- α Winkel zwischen Schraubenachse und Holzfaserrichtung
- d_1 Gewindeaußendurchmesser der Schraube
- $f_{1,k}$ charakteristischer Wert der Ausziehfestigkeit
- l_{ef} Gewindelänge im Holzteil
- n_H Anzahl Schrauben im Hauptträger
- n_N Anzahl Schrauben im Nebenträger
- $R_{1,k}$ Tragfähigkeit Passverbinder
- $R_{ax,k}$ Tragfähigkeit einer Spaxschraube auf Herausziehen
- $R_{la,k}$ Widerstand der Schraube gg. Abscheren
- ρ_k charakteristische Rohdichte

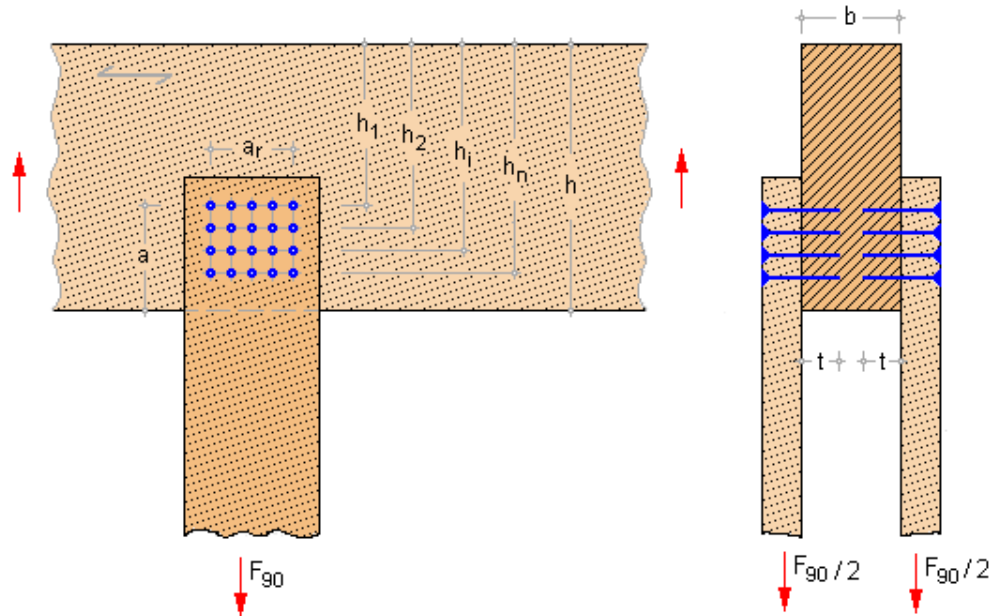
4.5

Querzugnachweis bei Holzträgeranschlüssen n. EC 5 und DIN 1052:2008

Beim Anschluss von Holzträgern mit Hilfe von Blechformteilen (Balkenschuhe, Balkenträger, Passverbinder) wird die Lagerkraft des Nebenträgers quer zur Faserrichtung des Hauptträgers eingeleitet. Dadurch wird im Hauptträger eine Querzugspannung erzeugt.

Für Anschlüsse mit $a/h > 0.7$ kann der Nachweis der Querzugspannungen entfallen. D.h., wenn die Last aus dem Nebenträger im oberen Bereich des Hauptträgers eingetragen wird, ist der Hauptträger nicht querzuggefährdet.

Für Anschlüsse mit $a/h \leq 0.7$ ist der Querzugnachweis nach DIN 1052 :2008, Abs. 11.1.5, Gln. (139-142) zu führen.



Bei der Durchführung des Querzugnachweises ist gemäß Gleichung (139) folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{F_{90,d}}{R_{90,d}} \leq 1$$

Der Bauteilwiderstand $R_{90,d}$ wird dabei mit Hilfe von Gleichung (140) ermittelt.

$$R_{90,d} = k_s \cdot k_r \cdot \left(6.5 + \frac{18 \cdot a^2}{h^2} \right) \cdot (t_{ef} \cdot h)^{0.8} \cdot f_{t,90,d}$$

Der Beiwert k_s dient zur Berücksichtigung mehrerer nebeneinander angeordneter Verbindungsmittelreihen und wird nach Gleichung (141) berechnet.

$$k_s = \max \left\{ 1, 0.7 + \frac{1.4 \cdot a_r}{h} \right\}$$

Der Beiwert k_r dient zur Berücksichtigung mehrerer übereinander angeordneter Verbindungsmittel und wird nach Gleichung (142) ermittelt.

$$k_r = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{h_1}{h_i} \right)^2}$$

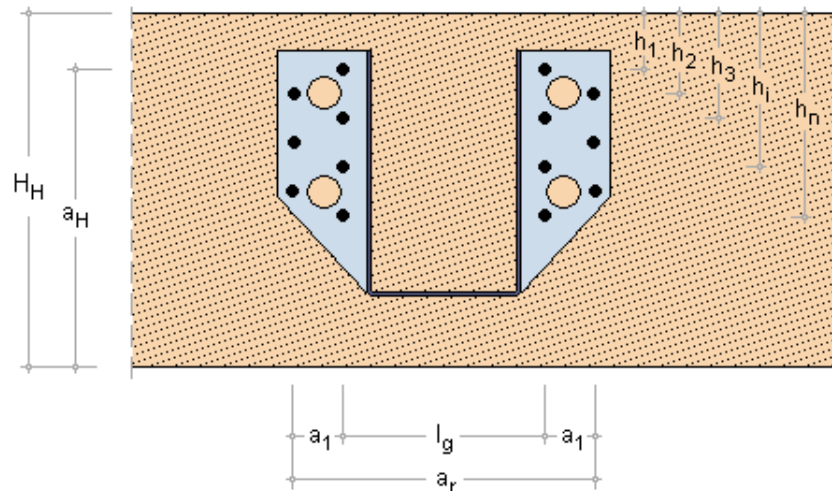
Die in den obigen Gleichungen auftretenden Größen haben folgende Bedeutungen

$F_{90,d}$	Bemessungswert der Kraftkomponente rechtwinklig zur Faserrichtung in [N]
$R_{90,d}$	Bemessungswert der Querkzugtragfähigkeit des Bauteils in [N]
k_s	Beiwert zur Berücksichtigung mehrerer nebeneinander angeordneter Verbindungsmittel
k_r	Beiwert zur Berücksichtigung mehrerer übereinander angeordneter Verbindungsmittel
a	Abstand des obersten Verbindungsmittels von beanspruchten Rand in [mm]
a_r	Abstand der beiden äußersten Verbindungsmittel, der Abstand der Verbindungsmittel untereinander in Faserrichtung des querkzuggefährdeten Holzes darf $0,5 \cdot h$ nicht überschreiten
h	Höhe des zu untersuchenden Hauptträgers in [mm]
t_{ef}	wirksame Anschlusstiefe in [mm]
n	Anzahl der horizontalen Verbindungsmittelreihen
h_i	Abstand der jeweiligen Verbindungsmittelreihe vom unbeanspruchten Trägerrand

4.6

Nachweis der Querkzugtragfähigkeit für Balkenschuhanschlüsse

Für Balkenschuhanschlüsse muss ein Querkzugnachweis geführt werden, wenn das Verhältnis $a_H/h \leq 0.7$ ist. Die Nachweisführung erfolgt gemäß dem unter Absatz 11.1.5 DIN 1052 für Querschlüsse angegebenen Berechnungsverfahren.



Zusätzlich zu dem unter *Allgemeiner Querkzugnachweis* (Abs. 4.5, S. 30) aufgeführten Rechenablauf ist hier noch zu untersuchen, ob die Nagelgruppen in den Befestigungslaschen des Balkenschuhs so weit voneinander entfernt sind, dass jede Befestigungslasche als eine Verbindungsmittelgruppe zu sehen ist.

DIN 1052:2008, 11.1.5 (6) legt hierzu fest:

Beträgt der lichte Abstand l_g in Faserrichtung zwischen mehreren nebeneinander angeordneten Verbindungsmittelgruppen nicht mehr als $0.5 \cdot h$, sind die Verbindungsmittel dieser Gruppen als eine Verbindungsmittelgruppe zu betrachten.

Für die Berechnung der Querkzugtragfähigkeit des Balkenschuhanschlusses hat dies den Vorteil, dass für die Breite des Nagelbildes der Wert a_r angesetzt werden kann.

Wenn der Abstand l_g größer als $2 \cdot h$ ist, muss der Querkzugnachweis mit zwei Verbindungsmittelgruppen geführt werden. Dann steht als Nagelbildbreite nur der Wert a_1 zur Verfügung. Dies führt zu einer Verringerung der Querkzugtragfähigkeit.

Wenn der lichte Abstand in Faserrichtung größer als $0.5 \cdot h$ und kleiner als $2 \cdot h$ ist, muss der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{90,d}$ mit dem Beiwert k_g reduziert werden. Für die Klassifizierung des Abstands der Verbindungsmittelgruppen gibt es also drei Bereiche:

- | | | |
|-----------|---------------------------------|---|
| Bereich 1 | $l_g < 0.5 \cdot h$ | die Verbindungsmittel in den beiden Laschen des Balkenschuhs können als eine Verbindungsmittelgruppe betrachtet werden |
| Bereich 2 | $0.5 \cdot h < l_g < 2 \cdot h$ | Übergangsbereich, in dem die Querkzugtragfähigkeit mit dem Faktor k_g reduziert werden muss |
| Bereich 3 | $l_g > 2 \cdot h$ | die Laschen des Balkenschuhs sind so weit voneinander entfernt, dass die Verbindungsmittel als zwei Verbindungsmittelgruppen betrachtet werden müssen |

Gemäß Gleichung (143), DIN 1052:2008 berechnet sich der Faktor k_g zu

$$k_g = \frac{l_g}{4 \cdot h} + 0.5$$

Damit ergibt sich die Querkzugtragfähigkeit für einen Balkenschuhanschluss im Bereich 3 zu

$$\bar{R}_{90,d} = k_g \cdot R_{90,d}$$

Balkenschuhanschlüsse, deren Querkzugausnutzung > 0.5 ist und deren lichter Abstand l_A von einem Kragarmende weniger als die Trägerhöhe h beträgt, müssen verstärkt werden. Dies kann z.B. durch das Einschrauben von SPAX-Schrauben erfolgen.

- /1/ DIN 1052 : 2008-12, Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken - Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau
- /2/ Erläuterungen zu DIN 1052:2004-08, Informationsdienst Holz, Deutsche Gesellschaft für Holzforschung
- /3/ DIN 1052, Praxishandbuch Holzbau, 1. Aufl., Beuth Verlag
- /4/ Schneider Bautabellen, 17. Auflage, Werner Verlag
- /5/ SPAX Schrauben als Holzverbindungsmittel, Zulassung Z-9.1-235 ABC Verbindungstechnik GmbH
- /6/ DIN EN 1995-1-1:2010-12, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- /7/ DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang EC5
- /8/ DIN 1052-10, Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 10: Herstellung und Ausführung
- /9/ DIN EN 338, Bauholz für tragende Zwecke, Festigkeitsklassen
- /10/ DIN EN 14592, Holzbauwerke, Stiffförmige Verbindungsmittel - Anforderungen
- /11/ European Technical Approval ETA-08/0079, EUP-Balkenschuhe Eisen- und Plastikverarbeitung GmbH
- /12/ Europäische Technische Zulassung ETA-06/0270, Simpson-Balkenschuhe Simpson-Strong-Tie GmbH
- /13/ Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-225, BS-Balkenschuhe Simpson-Strong-Tie GmbH
- /14/ Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-468, BSI-Balkenschuhe Simpson-Strong-Tie GmbH
- /15/ Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-550, ET- Passverbinder Simpson-Strong-Tie GmbH
- /16/ Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-290, BT- Balkenverbinder Simpson-Strong-Tie GmbH

Abkürzungen.....	2	Installation.....	5
Abscherwiderstand	15	Johansen	15
Ausnagelung wechselseitige	24	Kontextsensitivität.....	6
Ausnutzung	13	Kupieren.....	24
Auszieh Widerstand.....	15, 16	Lastbild.....	2
Balkenschuhtragfähigkeit.....	22	Lastfall.....	2
Balkenträger.....	13, 25	Lastkollektiv	2
Balkenträgertragfähigkeit.....	26	Mindestholzdicke	17
Bauteil erzeugen	7	Nageltragfähigkeit.....	15
Belastung	12	Ordner.....	7
blank	2	Passverbinder	14, 28
Blechdicke.....	15	Passverbindertragfähigkeit	28
Buttons.....	2	Querzug	9, 13, 30, 32
Cursor	2	Schreibtisch	6
Einhängeneffekt.....	16, 18	Schreibtischauswahl	5
Einwirkung	2	Sondernägeln.....	15
e-Mail	6	Startsymbol	5
Extremalbildungsvorschrift.....	2	Steuerbutton	6
Holzart.....	9	Teilausnagelung.....	23
Holzgüte.....	9	Versagensmechanismus	16, 18