



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-DULAH

Holzdurchlaufträger mit Verstärkungen

4H-DULAH

Holzdurchlaufträger mit Verstärkungen

Copyright 2005-2023

6. durchgesehene Auflage, Mai 2023

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 #DULAH, Holzdurchlaufträger mit Verstärkungen, dient zur Berechnung der Trag- und Gebrauchsfähigkeit von Durchlaufträgern entspr. der Holzbaunormen DIN EN 1995-1-1:2010-12, DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 und DIN 1052, Ausg. 12/2008, resp. Stahlbaunormen DIN EN 1993-1-1:2010-12 (EC 3 + NA) bzw. DIN 18800:1990-11 und besitzt folgende Leistungsmerkmale

- der Träger kann als reiner Holzquerschnitt oder mit ein-/beidseitigen Verstärkungen aus Holz/Stahl ausgeführt werden
- der Träger kann über ein oder mehrere Felder laufen
- Hauptträger aus Nadelvollholz, Laubholz oder Brettschichtholz
- Brettschichtholz nach DIN EN 14080:2013 oder DIN 1052:2008 mit Berücksichtigung von Flach- oder Hochkantbiegung
- beliebige Lagerungsbedingungen
- Momentengelenke oder Momentenfedern
- Linienlasten (Eigengewicht, Linienlast oder Temperatur als beliebige Lastfiguren)
- Punktlasten (Kraft, Moment, Verschiebung oder Verdrehung)
- ein- oder beidseitige Verstärkungen
- Verstärkungen können über den ganzen Träger oder bereichsweise angeordnet werden
- U-Stahl, L-Stahl, Flachstahl oder Holzprofile als Verstärkung
- Verstärkung aus Kerto®-Holz
- abschnittsweise Höhenschwächung oder Ausfall des Hauptträgers
- Lastangriff auf dem Hauptträger und/oder den Verstärkungen
- Lagerung des Hauptträgers und/oder der Verstärkungen
- Verbindungsmittel können bereichsweise variieren
- als Verbindungsmittel stehen zur Auswahl
 - glattschaftige Nägel Holz-Holz oder Stahl-Holz-Verbindung
 - Klammern
 - Schraube DIN 571
 - SPAX Senkkopf Teilgewinde (rostfreier und Kohlenstoffstahl)
 - SPAX Tellerkopf Teilgewinde (rostfreier und Kohlenstoffstahl)
 - SPAX Senkkopf Vollgewinde (rostfreier und Kohlenstoffstahl)
 - ASSY-plus VG Zylinderkopf (rostfreier und Kohlenstoffstahl)
 - ASSY-plus VG Senkfrästaschenkopf (rostfreier und Kohlenstoffstahl)
 - Sondernägel
 - Stabdübel Holz-Holz-Verbindung
 - Ringdübel A1
 - Scheibendübel B1 Stahl-Holz-Verbindung
 - Scheibendübel C1 Holz-Holz-Verbindung
 - Scheibendübel C2 Stahl-Holz-Verbindung
 - Scheibendübel C5 Holz-Holz-Verbindung
 - Scheibendübel C10
 - Scheibendübel C11 Stahl-Holz-Verbindung
 - Bolzen (optional als Passbolzen und/oder Gewindestange)
- Berechnung der Verbindungsmitteltragfähigkeit nach
 - DIN EN 1995-1-1, 8.2
 - DIN EN 1995-1-1, NA Deutschland
 - dem Bemessungswerteverfahren
- Berücksichtigung des "Einhängeeffekts"
- freie oder gruppierte Anordnung von Verbindungsmitteln
- es können mehrere Verbindungsmittel übereinander angeordnet werden
- Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit mit wahlweiser Berücksichtigung des Biegedrillknickens
- Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit
- Brandschutznachweis für den Hauptträger n. DIN EN 1995-1-2

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 *##-DULAH* 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 *##-DULAH*-Dokumentation gehören neben diesem Manual die Handbücher

das *pcae-Nachweiskonzept* und *DTE®-DeskTopEngineering*.

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

pcae GmbH

Hannover, im Mai 2023

Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende Abkürzungen benutzt:

Maustasten

RMT rechte Maustaste drücken
LMT linke Maustaste drücken
LF Lastfall (Teileinwirkung)
Nwtyp Nachweistyp



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

Fangerechteck

Ein Fangerechteck wird durch Drücken der LMT und Ziehen der Maus mit gedrückter LMT aufgespannt. Alle Elemente, die vollständig innerhalb des Rechteckes liegen, werden ausgewählt. Waren Elemente bereits vor dem Aufspannen des Rechteckes ausgewählt und befinden sie sich vollständig in seinem Innenraum, werden sie wieder deaktiviert.

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	Berechnungsverfahren	5
1.1	Allgemeines	5
1.2	das Rechenverfahren	6
2	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten	7
3	Bauteil erzeugen	9
4	Eingabeoberfläche	10
4.1	Allgemeines	11
4.1.1	Datensicherung	11
4.1.2	Ausgabeliste konfigurieren und drucken	11
4.1.3	Beenden der Bearbeitung	11
4.1.4	Ergebnisart auswählen	12
4.1.5	Bildschirmdarstellung konfigurieren	12
4.1.6	Eingabeassistent	13
4.1.7	Onlinehilfe	13
4.2	globale Einstellungen und Hauptträgerdaten	13
4.2.1	Register 1: Norm / Globale Werte	14
4.2.2	Register 2: Hauptträger	15
4.2.3	Register 3: Material / Nachweise	15
4.2.3.1	Materialkennwerte	15
4.2.3.2	Einwirkungen und Nachweise	15
4.2.3.3	Tragfähigkeitsnachweis	16
4.2.3.4	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	16
4.2.4	Register 4: Brandschutz	16
4.3	Stabeigenschaften und Verstärkungen	17
4.3.1	Register 1: Abschnitt teilen	17
4.3.2	Register 2: Verstärkung	18
4.3.3	Register 3: Verbindungsmittel	19
4.3.4	Register 4: Dübelabstände	20
4.3.4.1	äquidistant	20
4.3.4.2	gruppiert	21
4.3.4.3	frei	21
4.3.5	Register 5: Nachweise	22
4.4	Lager- und Gelenkbedingungen	22
4.4.1	Senkfeder	23
4.4.2	Drehfeder	23
4.4.3	gelagertes Bauteil	23
4.4.4	Gelenk	23
4.5	Verwaltung der Einwirkungen und der Nachweise	23
4.6	Objekte auswählen	24
4.7	Objekte bearbeiten	24
4.8	Verbindungsmittel	25
4.8.1	Ringdübel DIN EN 1995-1-1	25
4.8.2	Ringdübel DIN 1052	25
4.8.3	Scheibendübel DIN EN 1995-1-1	26
4.8.4	Scheibendübel DIN 1052	26
4.8.5	Stabdübel DIN EN 1995-1-1	27
4.8.6	Stabdübel DIN 1052 vereinfachtes Rechenverfahren	27
4.8.7	Schrauben DIN EN 1995-1-1 NAD	28
4.8.7.1	vereinfachtes Rechenverfahren	28
4.8.7.2	charakteristische Tragfähigkeit genaueres Verfahren	29
4.8.8	Schrauben DIN 1052	30
4.8.8.1	Bemessungswert der Tragkraft vereinfachtes Rechenverfahren	30
4.8.8.2	charakteristische Tragfähigkeit genaueres Verfahren	30
4.8.9	SPAX- und ASSY-Schrauben	31
4.8.10	Nachweis mit stiftförmigen Verbindungsmitteln DIN EN 1995-1-1	31

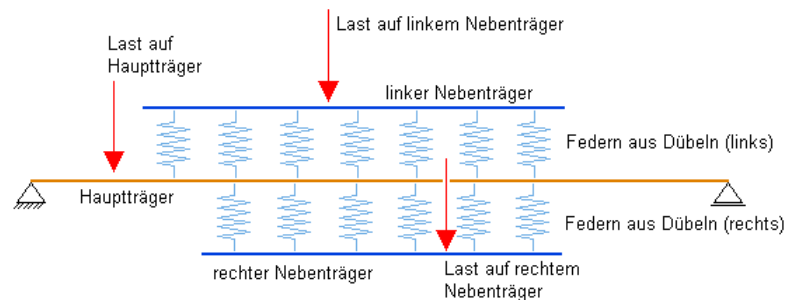
4.8.11	Bemessungsverf. für stiftförmige Verbindungsmittel DIN EN 1995-1-1	32
4.8.12	Nägels und stiftf. Verbindungsmittel vereinf. Rechenverf. DIN 1052 u. NAD	33
4.8.13	genauerer Verf. Nachweis stiftförmige Verbindungsmitteln DIN 1052	34
4.8.14	Bemessungsverfahren für stiftförmige Verbindungsmittel DIN 1052	35
4.8.15	Erhöhg. Tragfähigkeit durch Berücks. Auszieh Widerstand DIN EN 1995	36
4.8.15.1	Nägels	36
4.8.15.2	Klammern	36
4.8.15.3	Sondernägels	36
4.8.15.4	Schrauben	37
4.8.15.5	Passbolzen	37
4.8.15.6	Bolzen und Gewindestangen	37
4.8.15.7	Ring- und Scheibendübel	37
4.8.16	Erhöhg. Tragfähigkeit durch Berücks. Auszieh Widerstand DIN 1052	38
4.8.16.1	Nägels	38
4.8.16.2	Klammern	38
4.8.16.3	Sondernägels	38
4.8.16.4	Schrauben	39
4.8.16.5	Passbolzen	39
4.8.16.6	Bolzen und Gewindestangen	39
4.8.16.7	Ring- und Scheibendübel	39
4.9	Belastung	40
4.9.1	Begriffsdefinition Lastbild - Lastfall - Einwirkung	40
4.9.2	Eingabe der Belastung	41
4.9.2.1	Linienbelastung	41
4.9.2.2	Punktbelastung	42
4.10	Holzbaunachweise n. EC 5, DIN 1052:2008-12 und DIN 4102-22:2004	43
4.10.1	Allgemeines	43
4.10.2	Nutzungsklassen	43
4.10.3	Eurocode und die nationalen Anwendungsdokumente	43
4.10.4	Nachweise n. DIN 1052:2008-12	45
4.10.4.1	Tragfähigkeitsnachweis (Theorie I. Ordnung)	45
4.10.4.1.1	Sonderheiten bei Lastfallüberlagerung	45
4.10.4.1.2	Beispiel	46
4.10.4.2	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit in der seltenen Bemessungssituation	47
4.10.4.2.1	Sonderheiten der Lastfallüberlagerung	47
4.10.4.3	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit in der quasiständigen Bemessungssituation	48
4.10.4.3.1	Sonderheiten der Lastfallüberlagerung	48
4.10.4.4	Brandschutznachweis für Holzbauten	48
4.10.5	Nachweise n. Eurocode 5	51
4.10.5.1	Tragfähigkeitsnachweis (Theorie I. Ordnung)	51
4.10.5.2	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	51
4.10.5.3	Brandschutznachweis	52
4.11	Stahlbaunachweise n. EC 3 (DIN EN 1993) und DIN 18800	53
4.11.1	Nachweis DIN EN 1993	53
4.11.2	Nachweis DIN 18800	53
4.12	Berechnung durchführen	53
4.13	Druckausgabe	53
5	Eingabebeispiel	54
6	Modifikation des Eingabebeispiels	64
7	Literaturverzeichnis	66
8	Index	68

Allgemeines

Das Rechenverfahren zur Untersuchung des verstärkten Holzträgers simuliert den Träger und die Verstärkungen durch mehrere nebeneinander liegende Einzelträger, die durch Federelemente (Dübel) miteinander gekoppelt sind.

Bei einem beidseitig verstärkten Träger gibt es im Bereich der Verstärkung drei parallele Träger, die über die Dübel miteinander gekoppelt sind.

Für die Steifigkeit der Federelemente werden hier die entsprechenden Verschiebungsmoduln nach /16/, 7.1, eingesetzt.



Verstärkte Holzträger werden häufig nach einem vereinfachten Verfahren berechnet. Grundlage dieses Rechenverfahrens ist die Annahme, dass die Verformung des Holzbalkens gleich der Verformung der Verstärkung ist.

Mit Hilfe dieser Annahme können die vorhandene Belastung und die Schnittgrößen anteilig auf den Holzbalken und auf die Verstärkung aufgeteilt werden.

Bei einem beidseitig durch Stahlträger verstärkten und mit einer Streckenlast q belasteten Holzbalken z.B. kann dann der Lastanteil q_s , der auf die Stahlträger übertragen wird, mit der Gleichung

$$q_s = \frac{E_s \cdot I_s}{E_H \cdot I_H + E_s \cdot I_s} \cdot q$$

berechnet werden.

Mit Hilfe der Last- und Schnittgrößenanteile kann dann der Spannungsnachweis für das eingegebene Biegemoment und der Schubspannungsnachweis für die Querkraft geführt werden.

Schließlich ergibt sich die erforderliche Dübelanzahl aufgrund des Lastanteils q_s .

Bei dem beschriebenen Rechenverfahren wird vorausgesetzt, dass die Stahlträger über die gesamte Trägerlänge durchlaufen und an den Trägerenden aufgelagert werden. Weiterhin muss eine annähernd gleichmäßige Lastverteilung vorliegen, damit die vereinfachte Berechnung der Dübelkräfte korrekte Ergebnisse liefert.

Da diese Voraussetzungen in der Praxis i.d.R. nicht vorliegen, ist die Anwendbarkeit des vereinfachten Verfahrens stark eingeschränkt.

Im vorliegenden Programm *##DULAH*, Holzdurchlaufträger mit Verstärkungen, wird ein Rechenverfahren eingesetzt, das auf beliebige Träger und Verstärkungen anwendbar ist.

Die Verstärkungen können einseitig oder beidseitig angebracht werden. Als Verstärkung sind sowohl Holzbalken als auch Winkelprofile und U-Profile möglich. Weiterhin können Träger und Verstärkung getrennt voneinander gelagert und belastet werden.

Wenn die Last auf der Verstärkung eingetragen wird, entsteht ein zusätzliches Torsionsmoment, das vom Hauptträger aufgenommen werden muss. Die Lasten sollten also möglichst zentrisch in den Hauptträger eingeleitet werden.



Es ist zu beachten, dass der Nachweis der Schubspannungen infolge eines Torsionsmomentes vom Programm nicht durchgeführt wird und dass auch Horizontallasten nicht berücksichtigt werden können!

1.2

das Rechenverfahren

Das Rechenverfahren zur Untersuchung des verstärkten Holzträgers simuliert den Träger und die Verstärkungen durch mehrere nebeneinander liegende Einzelträger, die durch Federelemente (Dübel) miteinander gekoppelt sind.

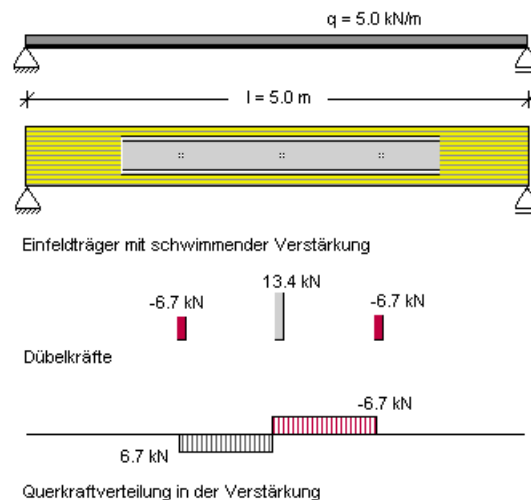
Z.B. gibt es dann bei einem beidseitig verstärkten Träger im Bereich der Verstärkung drei parallele Träger, die über die Dübel miteinander gekoppelt sind.

Für die Steifigkeit der Federelemente werden hier die entsprechenden Verschiebungsmoduln nach /16/, 7.1, eingesetzt.

Jeder dieser Träger kann in einzelnen Punkten getrennt gelagert oder belastet sein. Die Verstärkung kann von Lager zu Lager durchgehen oder auch im Feld enden. In diesem Fall spricht man von einer schwimmenden Verstärkung.

Die Kraft- und Verformungsgrößen werden nun für das gekoppelte System berechnet. Damit erhält der Anwender eine genaue Übersicht über den Verlauf der Durchbiegungen sowie der Biegemomente und der Querkkräfte im Hauptträger und in den Verstärkungen.

Weiterhin wird für jeden Dübel der auf ihn entfallende Kraftanteil ermittelt.



Die obige Abbildung zeigt neben der Systemdarstellung beispielhaft den Verlauf der Querkkräfte für die Verstärkung und die Größe der zugehörigen Dübelkräfte.

Auf diese Weise können alle Schnittgrößen und Verformungen für die einzelnen Trägeranteile dargestellt werden. Neben der grafischen Ausgabe ist auch eine tabellarische Ergebnisdarstellung verfügbar.

2 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

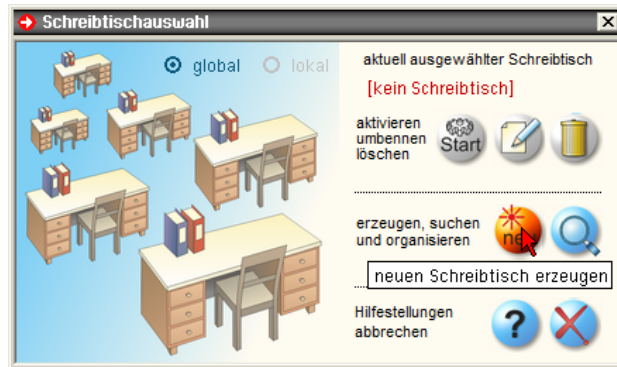
Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms *##DULAH* auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

Sofern Sie bereits im Besitz anderer *##*-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, lesen Sie bitte unter Abs. 3 auf S. 9 weiter.

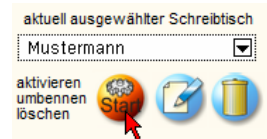
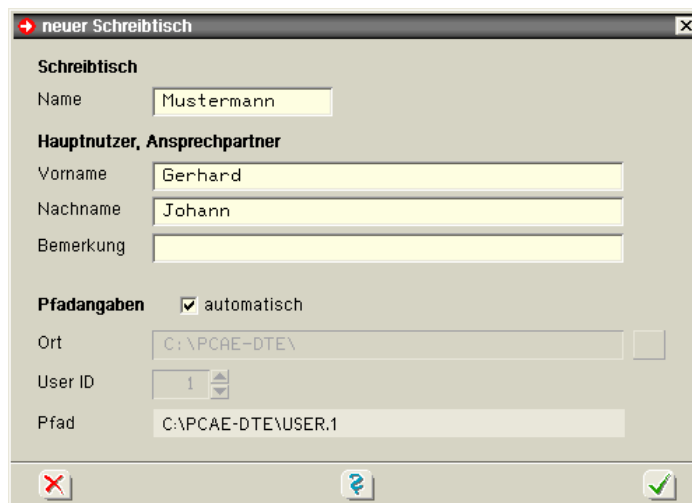


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelklick aus.

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.

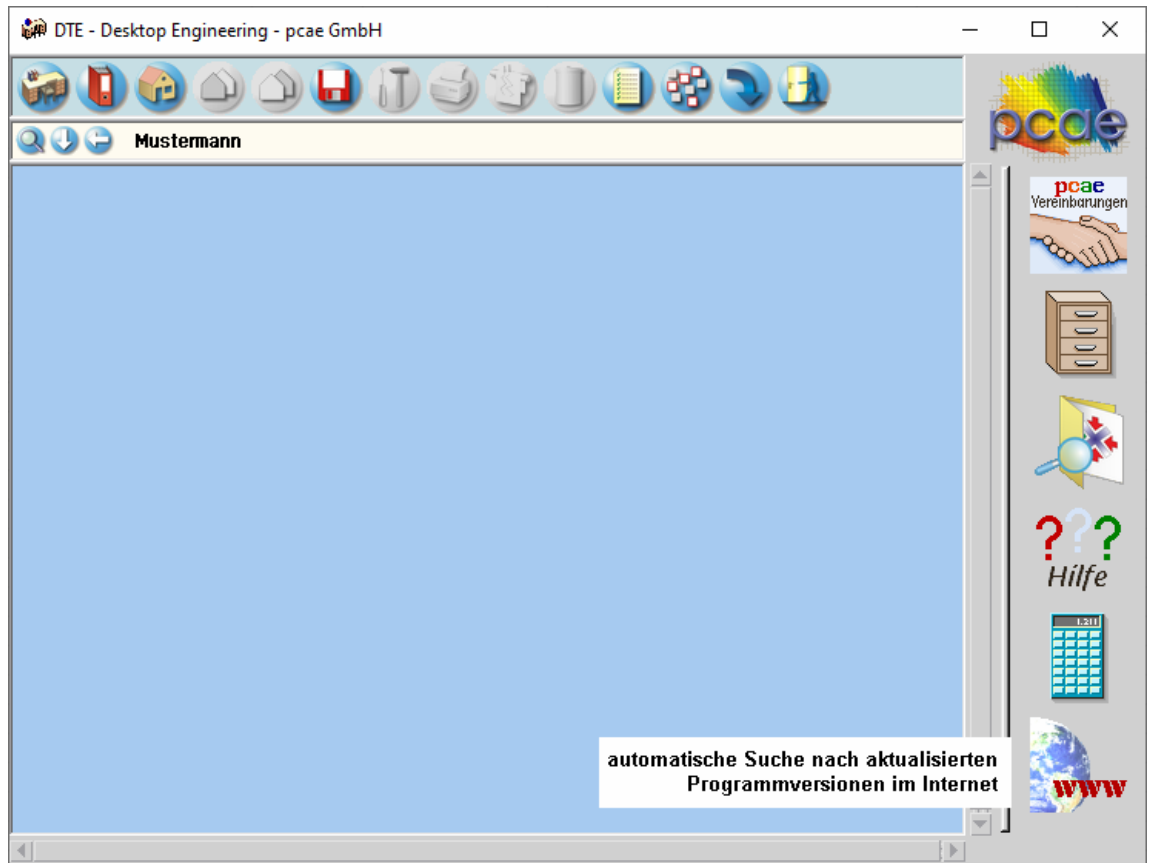


Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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.

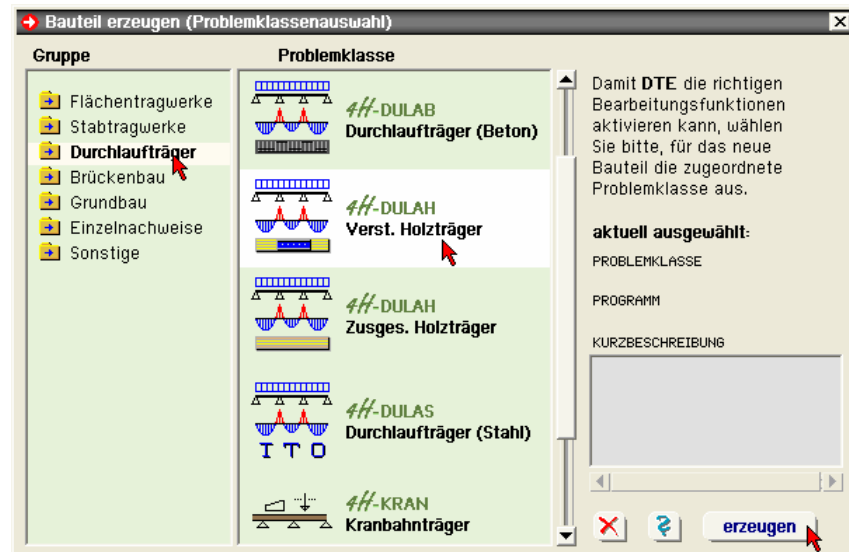
Die Buttons bewirken im Einzelnen

-  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

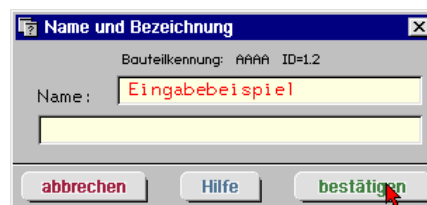
3 Bauteil erzeugen



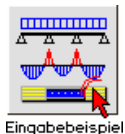
Zur Erzeugung eines neuen Bauteils vom Typ *Verstärkter Holzträger* wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtisches angeklickt. Klicken Sie bitte in dem folgenden Eigenschaftsblatt mit der LMT auf die Gruppe **Durchlaufträger**, dann auf die Problemklasse **Verstärkter Holzträger** 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, wo das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll. Das folgende Eigenschaftsblatt erscheint.



Überschreiben Sie die Bezeichnung *Verstärkter Holzträger* durch einen sinnvollen Text zur Identifikation. Nach **Bestätigen** ist das Bauteil mit dem neuen Namen eingerichtet.



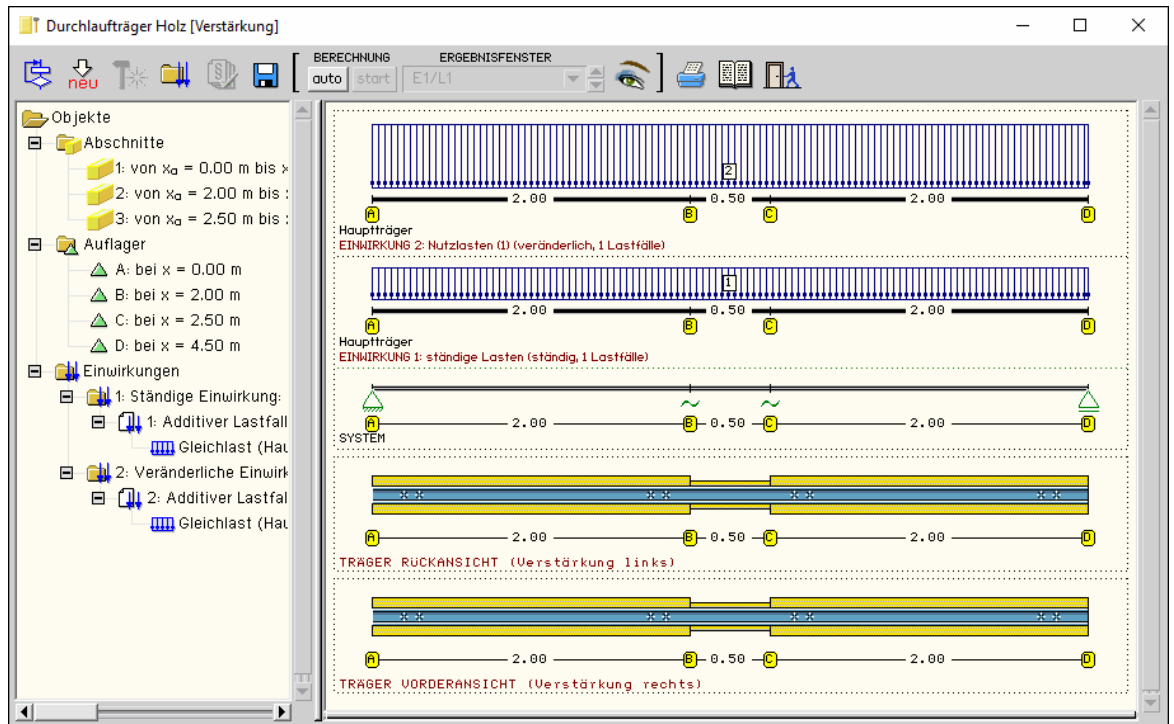
Eingabebeispiel

Klicken Sie das Bauteil nun mit der LMT doppelt an (Doppelklick).

Die 4H-DULAH-Eingabeoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

4 Eingabeoberfläche

In der nachfolgenden Abbildung ist die Eingabeoberfläche von *##-DULAH* dargestellt, wie sie sich in einem späteren Eingabezustand präsentieren kann.



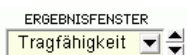
Das Haupteingabefenster ist in drei Bereiche gegliedert. Zwischen den Teilfenstern befinden sich "Greifer" durch die mit Hilfe der Maus die Fenstergrenzen verschoben werden können.

Objektbaum

Im linken Teilfenster befindet sich der Objektbaum mit den Stababschnitten, den Stabknoten/Auflagern und den Einwirkungen mit den zugehörigen Lastfällen. Ein einzelner Klick markiert einen Zweig oder einen Knoten im Objektbaum. Ein Doppelklick öffnet das entsprechende Bearbeitungsfenster.

Konstruktionsfenster Im Teilfenster oben rechts befinden sich das System und die Lasten. Ein Doppelklick auf ein Objekt öffnet auch hier das passende Eingabefenster.

Ergebnisfenster Im Teilfenster unten rechts werden die Ergebnisse dargestellt.



über die Listbox in der oberen Buttonleiste kann gewählt werden, welche Zwischen- oder End-ergebnisse im Ergebnisbereich dargestellt werden sollen.

Buttons

Am oberen Rand der Eingabeoberfläche sind die Hauptbedienelemente angeordnet.



globale Einstellungen und Hauptträgerdaten bearbeiten, s. Abs. 4.2, S. 13



neue Last erzeugen, s. Abs. 4.9, S. 40



Objekte bearbeiten, s. Abs. 4.7, S. 24



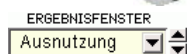
Bearbeitung der Einwirkungs- und Lastfallstruktur, s. Handbuch *das pcae-Nachweiskonzept*



Berechnung durchführen, s. Abs. 4.12, S. 53



Monitorliste konfigurieren, s. Abs. 4.1.5, S. 12



Ergebnisse abrufen, s. Abs. 4.1.4, S. 12



Ergebnisliste drucken



Hilfetexte abrufen



Datensicherung



Ende der Bearbeitung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Datensicherung



Über diesen Schalter können die bereits eingegebenen Daten während des Bearbeitungsvorgangs gesichert werden.

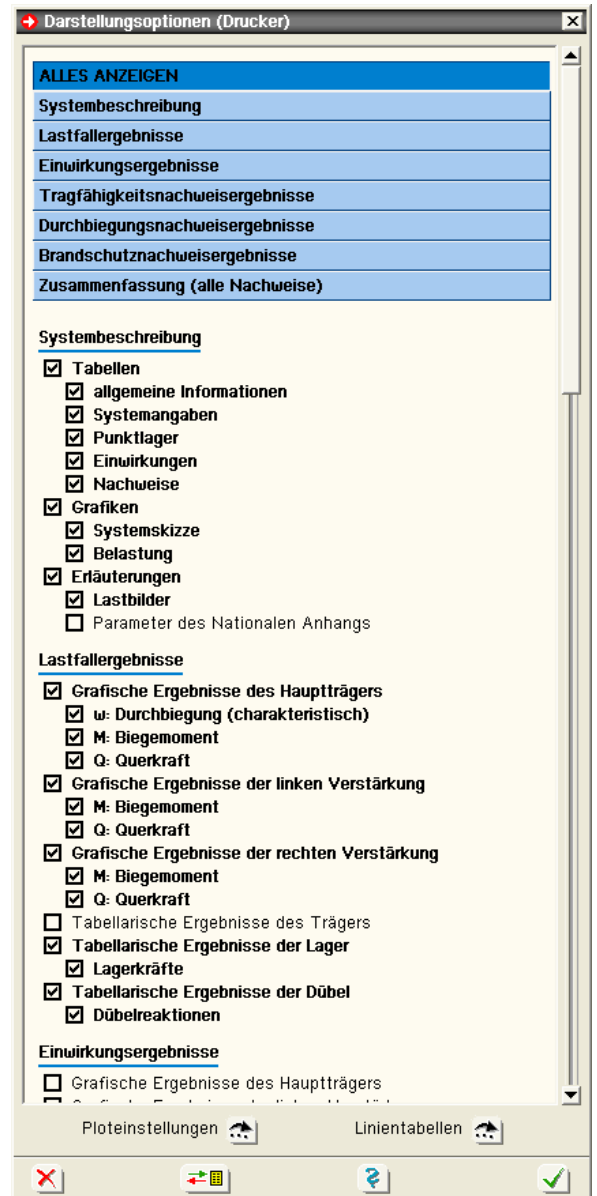
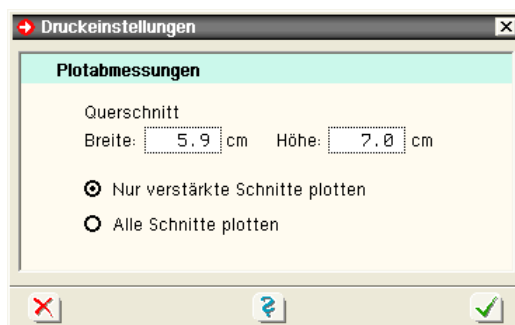
4.1.2 Ausgabeliste konfigurieren und drucken



Der Umfang der Ausgabeliste kann durch Aktivieren und Deaktivieren einzelner Schalter detailliert gesteuert werden.

Hierzu stehen die globalen Schalter **Tabelle** und **Grafiken** zur Verfügung.

Durch Setzen der Haken können die Tabellen und Ergebnisgrafiken getrennt ein- und ausgeschaltet werden. Somit hat der Programmierer die Möglichkeit, den Inhalt und Umfang der gedruckten Ergebnisliste genau seinen Vorstellungen anzupassen.



Über den Button **Ploteinstellungen** können zusätzliche Querschnittsdarstellungen für die Druckliste erzeugt werden.

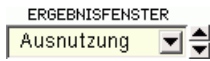
4.1.3 Beenden der Bearbeitung



Durch Anklicken dieses Schaltknopfes wird das Programm beendet.

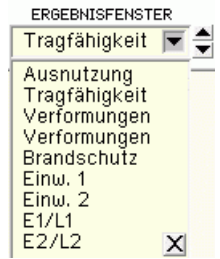
Vorher kann der Anwender durch Betätigen der Schaltfläche **Bearbeitungszustand speichern** festlegen, ob die eingegebenen Daten abgespeichert werden sollen oder nicht.

4.1.4 Ergebnisart auswählen



Hier kann der Anwender bestimmen, welche Ergebnisart auf dem Bildschirm dargestellt werden soll. In der Auswahlliste können z.B. die maximale Ausnutzung, die Nachweise, die maximale Durchbiegung oder die Ergebnisse für die einzelnen Einwirkungen und Lastfälle abgerufen werden.

Welche dieser Ergebnisse in der Liste abrufbar sind, hängt davon ab, welche Nachweise der Anwender im Menüpunkt *Objekte bearbeiten* (Nachweise) angefordert hat.

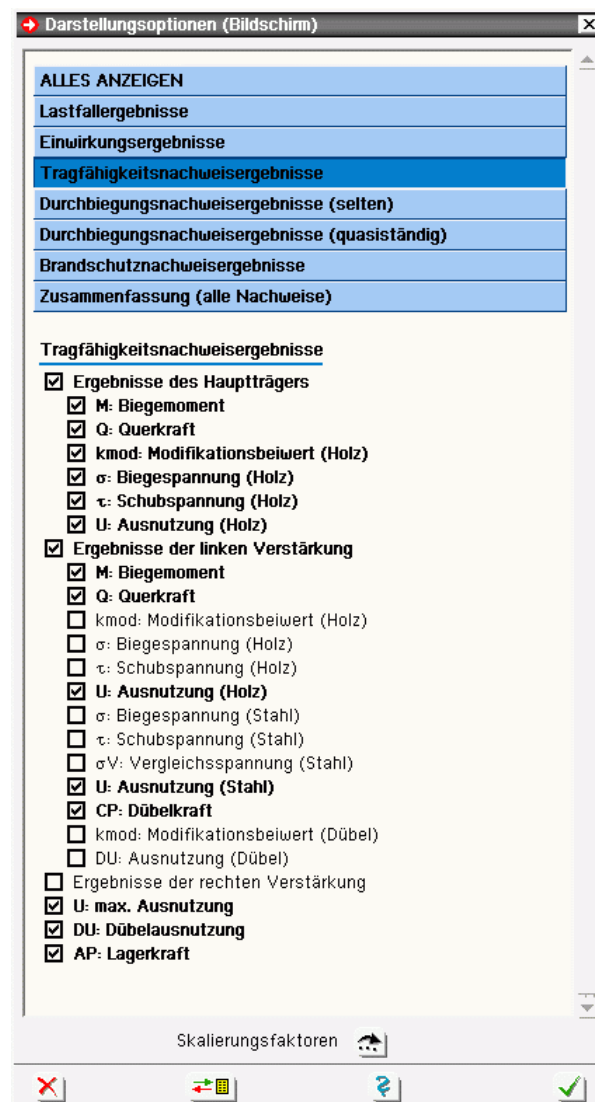


4.1.5 Bildschirmdarstellung konfigurieren



Hier kann für die einzelnen Nachweise gewählt werden, welche Ergebnisgrafiken auf dem Bildschirm dargestellt werden sollen. Die Einstellungen werden für jeden Nachweis separat abgespeichert.

In Abhängigkeit des über die Listbox gewählten Nachweises wird das Fenster zur Auswahl der darzustellenden Liniengrafiken geöffnet. Durch Aktivieren bzw. Abwählen kann der Anwender genau angeben, welche Ergebnisplots (z.B. Biegemomente, Querkräfte oder Dübelkräfte) auf dem Bildschirm dargestellt werden sollen.

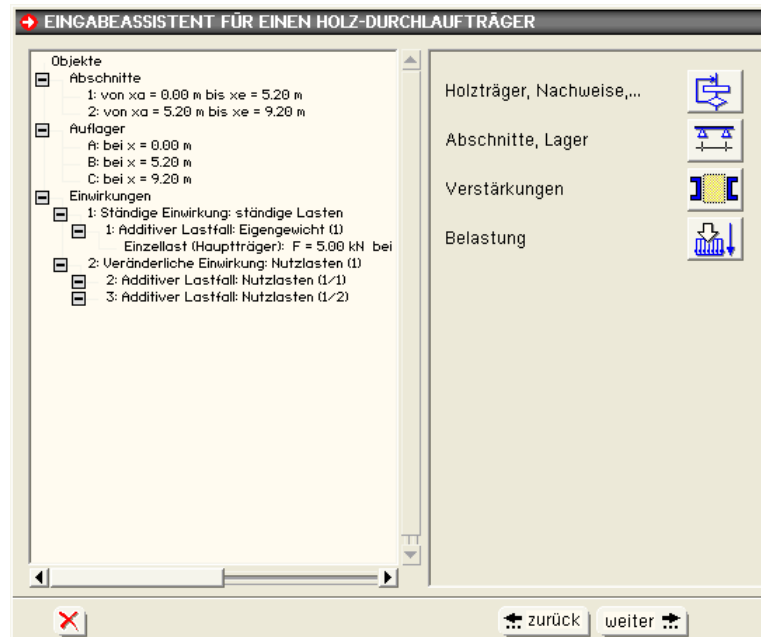


4.1.6

Eingabeassistent



Über die dargestellte Buttonkombination kann der Eingabeassistent, der bei erstmaligem Aufruf eines neu erzeugten Bauteils automatisch erscheint, neuerlich aufgerufen werden.



4.1.7

Onlinehilfe



Durch Anklicken dieses Symbols wird der Hilfemanager aktiviert, der Informationen über den jeweils aktuell bearbeiteten Programmteil gibt.

4.2

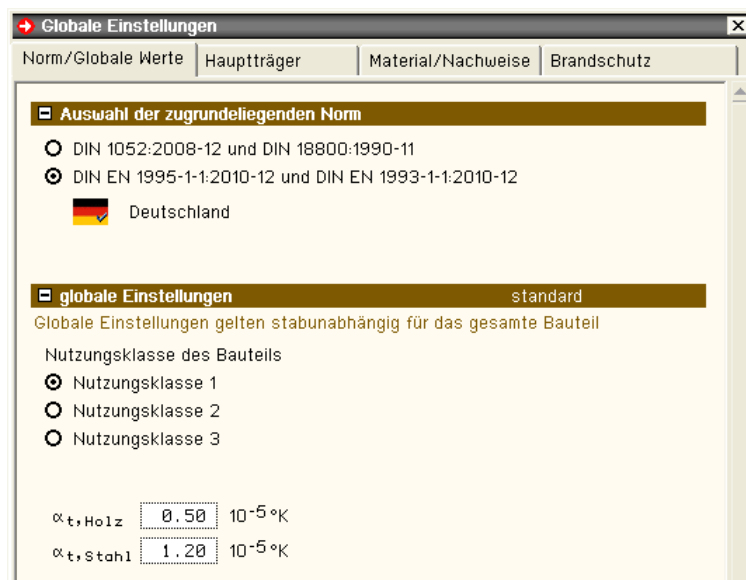
globale Einstellungen und Hauptträgerdaten

Für den Hauptträger müssen Geometrie- und Materialdaten eingegeben werden, die global für den gesamten Träger gelten; d.h., der Hauptträger besteht einheitlich aus einem Material.

Der Hauptträger kann bereichsweise in der Höhe geschwächt oder auch ganz ausgefallen (sofern seitliche Verstärkungen vorhanden sind) sein.

Neben der Vorgabe der Norm und der Hauptträgerparameter werden in diesem Fenster die Einstellungen für die zu führenden Nachweise vorgenommen.

Das Fenster enthält vier Register, in denen die entsprechenden Parameter gesetzt werden.



4.2.1

Register 1: Norm / Globale Werte

Über die Optionsknöpfe wird festgelegt, ob Berechnung und Bemessung nach Eurocode oder DIN 1052:2008 erfolgen (s.o.). Über das Flaggsymbol wird zum Eurocode zusätzlich das nationale Anwendungsdokument bestimmt. Zum Lieferumfang gehört das deutsche NAD; weitere Anwendungsdokumente können benutzerseits eingerichtet werden.

Gemäß /16/, 2.3.1.3, müssen Holzbauwerke wegen der physikalischen Eigenschaften der Holzbaustoffe bestimmten **Nutzungsklassen**, die die klimatischen Verhältnisse der Umgebung des Bauwerks während seiner Nutzungsdauer wiedergeben, zugewiesen werden.

Die Definition der Nutzungsklassen findet sich in /16/, 2.4.1(1).

globale Einstellungen
standard

Globale Einstellungen gelten stabunabhängig für das gesamte Bauteil

Nutzungsklasse des Bauteils

☒ Nutzungsklasse 1
 ☐ Nutzungsklasse 2
 ☐ Nutzungsklasse 3

Eurocode

Im Programm gelten die

- Materialsicherheitsbeiwerte gemäß /16/, 2.4.1(1)
- k_{mod} -Werte gemäß /16/, 3.1.3, und Verformungsbeiwert k_{def} gemäß /16/, 3.1.4
- empfohlenen Grenzwerte für Verformungen gemäß /16/, 7.2

DIN 1052:2008

Optional können durch Entfernen des Häkchens die Werte für die **Materialsicherheitsbeiwerte** verändert werden.

☐ Materialsicherheitsbeiwerte nach Norm

Bemessungssituation	γ_M
ständig u. vorübergehend	1.30
Erdbeben	1.30
außergewöhnlich	1.00

Durch Entfernen des Häkchens können die **Modifikationsbeiwerte** verändert werden.

☐ Modifikationsbeiwerte nach Norm

Lasteinwirkungsdauer	k_{mod}
ständig	0.60
lang	0.70
mittel	0.80
kurz	0.90
sehr kurz	1.10
Verform.-beiwert: $k_{def} =$ 0.60	

Gleiches gilt für die empfohlenen Grenzwerte für **Verformungen**.

☐ Grenzwerte für Verformungen nach Norm

für seltene Bemessungssituation:

$w_{0,inst} \leq l_v /$	300	Kragarm: $l_v /$	150
$w_{fin} - w_{0,inst} \leq l_v /$	200	Kragarm: $l_v /$	100

für quasiständige Bemessungssituation:

$w_{fin} - w_0 \leq l_v /$	200	Kragarm: $l_v /$	100
----------------------------	-----	------------------	-----

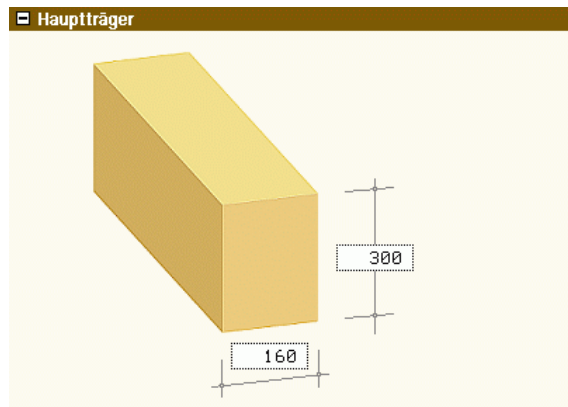
Die **Temperaturausdehnungskoeffizienten** für Holz und Stahl sind mit sinnvollen Werten vorgelegt, können aber bei Bedarf vom Nutzer verändert werden.

$\alpha_{t, Holz}$	0.50	10 ⁻⁵ °K
$\alpha_{t, Stahl}$	1.20	10 ⁻⁵ °K

4.2.2

Register 2: Hauptträger

Hauptträgerbreite und -höhe werden in mm eingegeben. Ist der Querschnitt bereichsweise geschwächt oder ausgefallen, können bei der stabbezogenen Eingabe (Abs. 4.3.2, S. 18) geringere Querschnittshöhen eingegeben werden.



4.2.3

Register 3: Material / Nachweise

Entsprechend der im Register 1 gewählten Norm variieren die im dritten Register 3 angebotenen Einstellungen geringfügig.



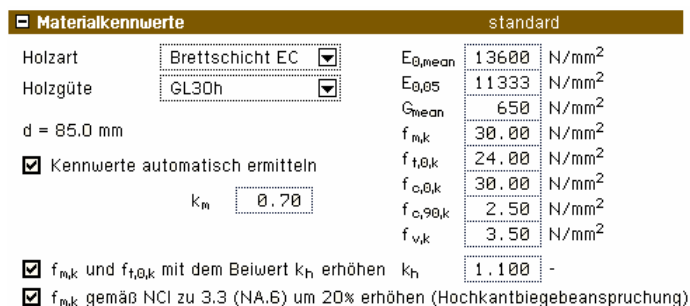
4.2.3.1

Materialkennwerte

In den Listboxen werden Holzart und -güte gewählt. Zur Auswahl stehen

- Nadelholz
- Laubholz
- Brettschichtholz (EC und DIN 1052)

Die Materialkennwerte werden nach Vorgabe automatisch gewählt. Durch Deaktivieren des Optionsschalters können die Werte verändert werden.



4.2.3.2

Einwirkungen und Nachweise

Der Einwirkungsbutton öffnet das Fenster zur Verwaltung der Einwirkungen und Lastfälle. Der Button zur Verwaltung der Nachweise ist standardmäßig deaktiviert, da die gewählten Nachweise mit den Standardextremierungsvorschriften vom Programm automatisch angelegt werden.



Bei Bedarf können die Extremierungen jedoch manuell verändert werden. Hierzu ist der Optionsschalter auf **benutzerdefiniert** zu stellen. Daraufhin wird der Button zum Öffnen der Nachweisverwaltung aktiviert.

4.2.3.3 Tragfähigkeitsnachweis

Durch Aktivieren des Optionsschalters wird der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit entsprechend /16/, 6.2, geführt.

Optional kann die Kippsicherheit durch Berücksichtigung des Kippbeiwertes k_m nach /16/, 6.3.3, nachgewiesen werden. Die Angaben zur Ermittlung des k_{crit} -Wertes sind bei den abschnittsbezogenen Eigenschaften zu machen.

Tragfähigkeitsnachweis		wird geführt
<input checked="" type="checkbox"/>	Tragfähigkeitsnachweis führen	
<input type="checkbox"/>	Kippsicherheit nachweisen	

4.2.3.4 Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Durch Aktivieren des entsprechenden Optionsschalters wird als Nachweis der Gebrauchstauglichkeit der Verformungsnachweis in der seltenen bzw. in der quasiständigen Bemessungssituation gemäß /16/, 7, geführt.

Gebrauchstauglichkeitsnachweise		wird geführt
<input checked="" type="checkbox"/>	Nachweis in der seltenen Bemessungssituation führen	
<input type="checkbox"/>	Nachweis in der quasiständigen Bemessungssituation führen	

4.2.4 Register 4: Brandschutz

Optional kann ein **Brandschutznachweis** nach DIN EN 1995 bzw. DIN 4102-22:2004 geführt werden.

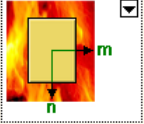


Der Brandschutznachweis kann nur für unverstärkte Träger geführt werden!

Als Eingabedaten sind die Feuerwiderstandsdauer t_f und die Abbrandtiefe d einzugeben.

Die Abbrandtiefe kann durch Setzen des Optionsschalters auch automatisch vom Programm ermittelt werden.

Über die Listbox wird gewählt, wie viele Seiten beflammt sind.

Brandschutznachweis	
<input checked="" type="checkbox"/> Nachweis führen	
Brandbeanspruchung	geforderte Feuerwiderstandsdauer
	$t_f = 60$ Minuten
	Abbrandtiefe <input checked="" type="checkbox"/> automatisch
	$d = \beta_n t_f = 4.20$ cm
Hinweis: Beim Brandschutznachweis werden die im Register "Material/Nachweise" festgelegten Materialkennwerte zugrunde gelegt.	
Der Brandschutznachweis kann nur für unverstärkte Träger geführt werden.	

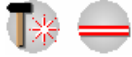
4.3

Stabeigenschaften und Verstärkungen

Verstärkungen werden abschnittsweise am Hauptträger angeordnet. Ein solcher Abschnitt kann z.B. ein Trägerfeld oder auch ein Teilbereich davon sein. Bei der Zuordnung der Verstärkung ist wie folgt vorzugehen:

1. Markieren des oder der zu verstärkenden Abschnitts/e mit dem Cursor.

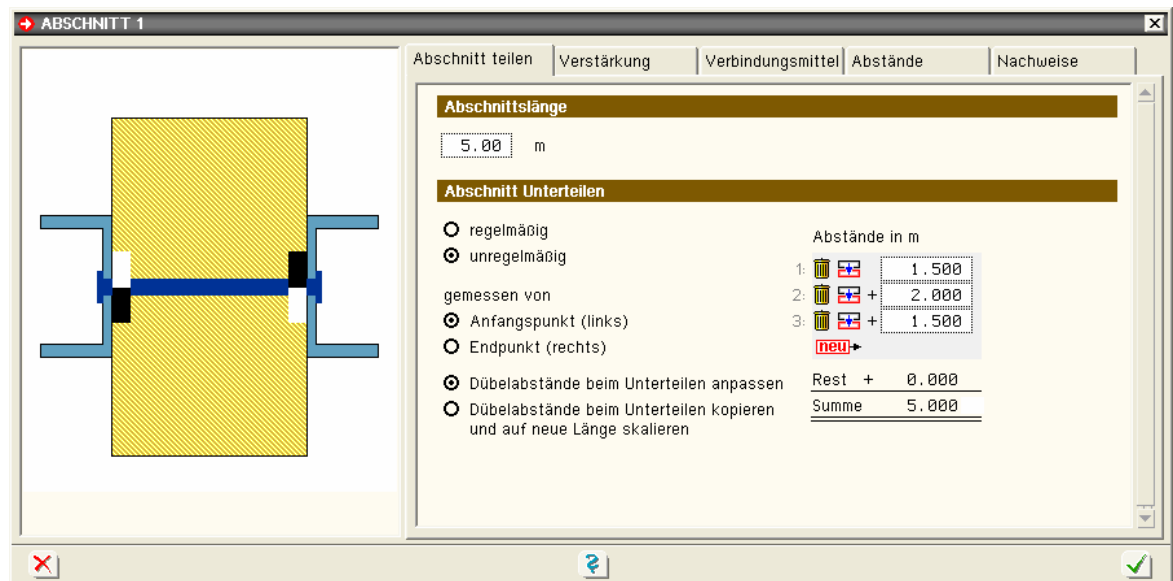
Das Markieren geschieht durch Anklicken des Stababschnitts im Eingabefenster oder durch Anklicken des Abschnitts im Objektbaum (linkes Teilfenster).



2. Aufruf der Abschnittseigenschaften durch Klicken des Werkzeug- und anschließend des Stababschnittsbuttons.

Ein Doppelklick auf den Stababschnitt oder den Eintrag im Objektbau öffnet ebenfalls das Eingabefenster zur Bearbeitung des Stabeigenschaften. Das Fenster enthält fünf Register zur Bearbeitung der stabbezogenen Parameter.

Im linken Teilfenster werden der Stabquerschnitt und die ggf. vorhandenen Verstärkungen dargestellt.

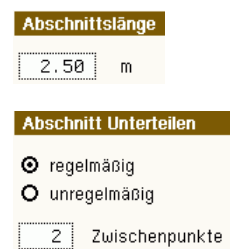


4.3.1

Register 1: Abschnitt teilen

Wurde nur ein einzelner Abschnitt markiert, so enthält das 1. Register (s.o.) Angaben, um den Abschnitt in weitere Teilabschnitte zu unterteilen bzw. um die Abschnittslänge zu editieren. Eingabe der Länge des markierten Abschnitts.

Bei Wahl der Option **regelmäßig** wird der Abschnitt in gleich lange Abschnitte unterteilt. Mit den hier dargestellten Eingaben, würden drei Abschnitte mit einer Länge von je 0.83 m entstehen. Soll der Abschnitt nicht unterteilt werden, ist bei **Zwischenpunkte** eine Null einzugeben.



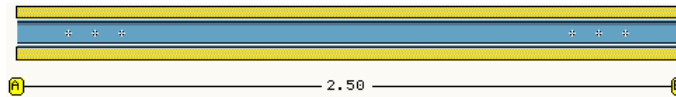
Bei Wahl der Option **unregelmäßig** wird der Abschnitt in ungleich lange Abschnitte unterteilt. Es erscheint eine Tabelle, in der die Abschnittslängen eingegeben werden können. Mit den hier dargestellten Eingaben, würden drei Abschnitte mit einer Länge von 1.5 m, 2.0 m und 1.5 m entstehen.

Mit der Option **gemessen von** kann angegeben werden, ob vom Anfangs- oder vom Endpunkt ausgehend gemessen wird.

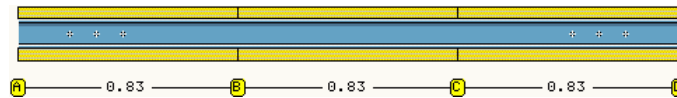
- ☒ Dübelabstände beim Unterteilen anpassen
- ☐ Dübelabstände beim Unterteilen kopieren und auf neue Länge skalieren

Enthält der Abschnitt bereits Verstärkungen, kann mit der folgenden Option angegeben werden, ob die Anzahl und Anordnung der bereits vorhandenen Verbindungsmittel erhalten bleibt und auf die neu entstehenden Abschnitte übertragen oder ob die bestehenden Verbindungsmittel auf jeden neu entstehenden Abschnitt kopiert und auf die neue Länge skaliert werden.

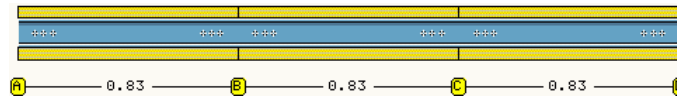
Beispiel: Ausgangsabschnitt



Option **Dübelabstände beim Unterteilen anpassen**:



Option **Dübelabstände beim Unterteilen kopieren und auf neue Länge skalieren**:



Wurden mehrere Abschnitte markiert, zeigt das 1. Register zur Information den Beginn und das Ende des gewählten Stabzuges. Eingaben können hier nicht vorgenommen werden.

Anker Anfang	Anker Ende
<input type="radio"/> B	<input type="radio"/> C

4.3.2

Register 2: Verstärkung

Im Normalfall läuft der Hauptträger über alle Abschnitte mit konstantem Querschnitt durch. Es besteht jedoch die Möglichkeit geschwächte oder ganz ausgefallene Bereiche zu definieren.

Wird die Option **geschwächt** gewählt, kann eine abweichende HT-Querschnittshöhe für den Abschnitt gesetzt werden. Die Schwächung ist symmetrisch, d.h. der Querschnitt wird am oberen und am unteren Rand um das gleiche Maß reduziert.

Hauptträger	
Höhe	300 mm
<input checked="" type="radio"/> ungeschwächt	
<input type="radio"/> geschwächt	
<input type="radio"/> ausgefallen	

Sind Verstärkungen vorhanden, kann auch die Option **ausgefallen** gewählt werden. In diesem Falle werden die Schnittgrößen einzig über die Verstärkungen geleitet.

Links- und rechtsseitig des Hauptträgers können unterschiedliche Verstärkungen gewählt werden. Die Verstärkungen werden in den jeweiligen Schwerpunkten mittig an den Hauptträger angeschlossen.

Es stehen standardisierte U- und L-Profile aus Stahl sowie Stahlbleche und Holzrechteckquerschnitte zur Auswahl.

Links	Rechts
<input type="radio"/> Keine	<input type="radio"/> Keine
<input type="radio"/> U-Profil	<input checked="" type="radio"/> U-Profil
<input type="radio"/> L-Profil	<input type="radio"/> L-Profil
<input type="radio"/> Blech	<input type="radio"/> Blech
<input checked="" type="radio"/> Holz	<input type="radio"/> Holz
b_1 80 x h_1 180 mm	<input checked="" type="radio"/> Stahlblech S235 (St37)
<input type="radio"/> Nadelvollholz	<input type="radio"/> Stahlblech S355 (St52)
<input type="radio"/> Laubholz	U180
<input checked="" type="radio"/> Brettschichtholz EC	
<input type="radio"/> Brettschichtholz DIN	
<input type="radio"/> Kerto-S	
<input type="radio"/> Kerto-Q	
GL30h	
<input checked="" type="checkbox"/> $f_{m,k}$ und $f_{t,0,k}$ mit dem Beiw. k_h erhöhen	
$k_h = 1.100$	
<input checked="" type="checkbox"/> $f_{m,k}$ gemäß NCI zu 3.3 (NA.6) um 20% erhöhen (Hochkantbiegung)	


Register 3: Verbindungsmittel

Im 3. Register wird das für den aktuellen Abschnitt zu verwendende Verbindungsmittel für die Verstärkung ausgewählt. Zur Verfügung stehen:

- Ringdübel A1, s. Abs. 4.8.1, S. 25
- Scheibendübel B1, C1, C2, C5, C10 und C11, s. Abs. 4.8.3, S. 26
- Bolzen (optional als Passbolzen und/oder Gewindestange), s. Abs. 4.8.10, S. 31
- Nägel, s. Abs. 4.8.10, S. 31
- Klammern, s. Abs. s. Abs. 4.8.10, S. 31
- SPAX Senkkopf Teilgewinde
- SPAX Tellerkopf Teilgewinde
- SPAX Senkkopf Vollgewinde
- ASSY-plus VG Zylinderkopf
- ASSY-plus VG Senkfrästaschenkopf, s. Abs. 4.8.9, S. 31
- Stabdübel, s. Abs. 4.8.5, S. 27
- glattschaftige Nägel
- Sondernägel, s. Abs. s. Abs. 4.8.10, S. 31

Wird auf der einen Trägerseite ein Stahl- und auf der anderen ein Holzprofil gewählt, wählt das Programm automatisch für die entsprechende Seite den passenden Dübeltyp (z.B. Scheibendübel B1 für die Stahl- und Ringdübel A1 für die Holzverstärkung).

Verbindungsmittel		Optionen	
Scheibendübel C2/C1		<input type="radio"/> FK 3.6 <input checked="" type="radio"/> FK 4.6 <input type="radio"/> FK 4.8 <input type="radio"/> FK 5.6 <input type="radio"/> FK 5.8 <input type="radio"/> FK 8.8	
Durchmesser	50.00 mm	<input type="checkbox"/> als Gewindestange <input type="checkbox"/> als Passbolzen	
Bolzendurchmesser	6.00 mm	<input type="checkbox"/> Fv,Rk gemäß 8.2.2 erhöhen Bei Verbindungen mit Bolzen darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit Fv,Rk infolge der Seilwirkung um einen Anteil $\Delta Fv,Rk$ erhöht werden	
<input type="radio"/> 1-Reihig <input type="radio"/> 2-Reihig <input type="radio"/> 3-Reihig <input type="radio"/> 4-Reihig	<input type="radio"/> 5-Reihig <input type="radio"/> 6-Reihig <input type="radio"/> 7-Reihig <input checked="" type="radio"/> 8-Reihig	<input type="checkbox"/> - Unterlegscheibe ($\geq 3 d$) du <input type="text" value="0.0"/> mm <input type="checkbox"/> automatisch	
Abstand a ₂ <input checked="" type="checkbox"/> minimal mm		<input checked="" type="radio"/> Vereinfachter Nachweis nach NAD <input type="radio"/> Genauer Nachweis nach DIN EN 1995, 8.2.2 <input type="radio"/> Bemessungswerte-Verfahren (mit f _{hd} und My _d rechnen)	



Die Bolzentragkraft kann gemäß /16/, 8.2.2, durch Berücksichtigung des "Einhängeeffekts" erhöht werden.

Ist eine der Verstärkungen aus Holz, wird i.d.R. die Querdruk-
 pression unter der Unterlegscheibe maßgebend. Daher ist der
 Unterlegscheibendurchmesser anzugeben. Die Option **automa-
 tisch** wählt einen zum Bolzendurchmesser passenden Schei-
 bendurchmesser.

☒ - Unterlegscheibe ($\geq 3 d$)
 du mm ☒ automatisch

Es ist möglich, mehrere Verbindungsmittel übereinander anzuord-
 nen. Die Anzahl wird mit den Optionsknöpfen **1-Reihig** bis **8-
 Reihig** gewählt.

<input type="radio"/> 1-Reihig	<input type="radio"/> 5-Reihig
<input checked="" type="radio"/> 2-Reihig	<input type="radio"/> 6-Reihig
<input type="radio"/> 3-Reihig	<input type="radio"/> 7-Reihig
<input type="radio"/> 4-Reihig	<input type="radio"/> 8-Reihig

Abstand a₂ ☒ minimal mm

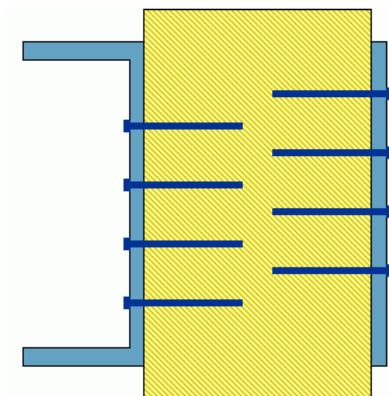
Der Abstand a₂ in vertikaler Richtung kann vorgegeben oder der
 zulässige Minimalwert über den Optionsknopf neben dem Eingabe-
 feld gewählt werden.

Bei Verwendung von Nägeln oder Schrauben kann bei beidseitigen
 Verstärkungen zudem gewählt werden, ob die Verbindungsmittel
 von beiden Seiten oder wechselseitig angeordnet werden.

☒ wechselseitig ☐ beidseitig

Im Kontrollfenster links neben den Registern erscheint der Stabquerschnitt mit den Verstärkungen und den Verbindungsmitteln.

In der Tabelle darunter werden die charakteristische Dübeltragfähigkeit R_k sowie die einzuhaltenden Mindestabständen a_1 (Dübelabstand in Faserrichtung) und $a_{4,t}$ (Dübelabstand senkrecht zur Faser vom beanspruchten Rand) ausgegeben. Diese Daten dienen als Anhaltswerte zur Konstruktion.



		links	rechts
R_k	[N]	1342	1342
min a_1	[mm]	19	19
min $a_{4,t}$	[mm]	27	27

4.3.4

Register 4: Dübelabstände

Im Register *Dübelabstände* wird die Anordnung der Dübel definiert. Grundsätzlich sind drei unterschiedliche Muster möglich

- äquidistant
- gruppiert
- frei

Unter den Optionsbuttons wird der Träger mit der gewählten Dübelanordnung dargestellt.

4.3.4.1

äquidistant

Bei Wahl der Option **Äquidistant verteilen** werden der Abstand des ersten oder letzten Dübels vom Trägeranfang bzw. -ende sowie die Anzahl der Dübel und der Abstand untereinander gewählt. Ist die gewählte Anzahl zu groß, werden die Dübel, die nicht mehr Platz finden, "abgeschnitten".

Die und Buttons funktionieren als Wechselschalter, so dass wahlweise der Abstand des ersten oder letzten Dübels vom Abschnittsanfang oder -ende eingegeben werden kann.

Verbindungsmittelabstände

☒ Äquidistant verteilen ☐ Gruppirt ☐ Frei

TRÄGER RÜCKANSICHT (Verstärkung links)

TRÄGER (Verstärkung rechts)

Abstand vom Abschnittsanfang zum ersten Dübel 200 mm

Abstand vom Abschnittsende zum letzten Dübel autom. mm

Abstand a_1 der Dübel in Faserrichtung 240 mm

Anzahl 8 -

4.3.4.2

gruppiert

Bei Wahl der Option **Gruppiert** werden Verbindungsmittelgruppen an den Rändern des Abschnitts gebildet. Es werden der Abstand der Dübel von den Abschnittsenden, der Abstand untereinander und die Anzahl der Dübel eingegeben.

Verbindungsmittelabstände

☐ Äquidistant verteilen
☒ **Gruppiert**
☐ Frei

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

TRÄGER RÜCKANSICHT (Verstärkung links)

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

TRÄGER (Verstärkung rechts)

Abstand vom Abschnittsanfang zum ersten Dübel mm

Abstand vom Abschnittsende zum letzten Dübel mm

Abstand a₁ der Dübel in Faserrichtung mm

Anzahl -

4.3.4.3

frei

Bei Wahl der Option **Frei** kann die Anordnung der Dübel beliebig gewählt werden. Es erscheint eine Tabelle mit den Abständen.

Verbindungsmittelabstände

☐ Äquidistant verteilen
☐ Gruppiert
☒ **Frei**

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

TRÄGER RÜCKANSICHT (Verstärkung links)

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

○

TRÄGER (Verstärkung rechts)

Abstände a_{1,i}[mm] vom Abschnittsanfang

1:			200
2:			240
3:			240
4:			690
5:			240
6:			240

neu →

4.3.5

Register 5: Nachweise

Die Aktivierung der zu führenden Nachweise erfolgt unter den globalen Einstellungen (Abs. 4.2, S. 13). Alle Nachweisparameter, die nur für bestimmte Stababschnitte gelten, werden hier eingestellt.

Der **Kippbeiwert** k_m nach /16/, 1 Gl. 6.30 u. 6.34, kann nach Vorgabe der Ersatzstablänge l_{ef} vom Programm ermittelt werden. Alternativ kann der Wert durch Deaktivieren der Option direkt vorgegeben werden.

Kippsicherheitsnachweis	
<input checked="" type="checkbox"/> k_{crit} nach DIN EN 1995-1-1 Gl.(6.30,6.34)	
$l_{ef} =$ <input type="text" value="4,00"/> m	$\Rightarrow k_{crit} = 1.00000$

Die Vergleichslänge zur Berechnung der zulässigen Durchbiegung kann direkt eingegeben oder automatisch vom Programm ermittelt werden. Bei automatischer Ermittlung wird als Vergleichslänge der Abstand der Vertikallager des betreffenden Abschnitts eingesetzt. Dies entspricht i.A. der Feldlänge.

Bei aktivierter **Kragarmoption** wird die zulässige Verformung entspr. /16/, 7.2 (2), für Kragarme erhöht.

Verformungsnachweis	
für Verformungen:	<input checked="" type="checkbox"/> Vergleichslänge automatisch
Vergleichslänge des Stabes: l_v	<input type="text" value="autom."/> m <input type="checkbox"/> Kragarm

4.4

Lager- und Gelenkbedingungen

Beim Durchlaufträger stehen zwei Freiheitsgrade zur Verfügung, die unabhängig voneinander gelagert werden können. Es handelt sich dabei um die Verschiebung in z-Richtung und die Verdrehung um die y-Achse.

Ist der Träger verstärkt, können Lager unter dem Träger und/oder unter den Verstärkungen angeordnet werden.



Das Fenster zur Eingabe der Lagerbedingungen wird durch einen Doppelklick auf den betreffenden Knoten im Haupteingabefenster geöffnet.

LAGER/GELENKE			
VERSCHIEBUNG C_f in kN/m <input type="text" value="0.00"/>		<input checked="" type="checkbox"/> Verstärkung links <input checked="" type="checkbox"/> Hauptträger <input checked="" type="checkbox"/> Verstärkung rechts	
VERDREHUNG C_m in kNm/- <input type="text" value="0.00"/>		<input checked="" type="checkbox"/> Verstärkung links <input checked="" type="checkbox"/> Hauptträger <input checked="" type="checkbox"/> Verstärkung rechts	
GELENK <input type="checkbox"/> <input type="text" value="100"/> %		nur am Hauptträger	
<input type="button" value="X"/> <input type="button" value="Löschen"/> <input type="button" value="Hilfe"/> <input type="button" value="OK"/>			

Die Wahl der Lagerbedingung für Verschiebung und Verdrehung erfolgt über die Optionsschalter. Bei elastischer Lagerung wird das entsprechende Eingabefeld für die Federsteifigkeit freigeschaltet.



Bei elastischer Lagerung muss die entsprechende Federsteifigkeit ermittelt und eingegeben werden.

4.4.1

Senkfeder

Cf in kN/m
1000.00

Bei Senkfedern kann die Federsteifigkeit aus der Dehnsteifigkeit der Lagerkonstruktion bzw. der Stütze unterhalb des Lagers berechnet werden. Es gilt

$E \cdot A / h$... mit ...

- E Elastizitätsmodul der Stütze
- A Stützenquerschnitt
- h Stützenhöhe
- I Biegeträgheitsmoment

4.4.2

Drehfeder

Die Steifigkeit von Drehfedern ist von der Biegesteifigkeit der entsprechenden Stütze abhängig.

Bei der Steifigkeitsberechnung muss zwischen Stützen mit Fuß einspannung und solchen mit gelenkigem Anschluss unterschieden werden.

Bei einer Stütze mit Fuß einspannung errechnet sich die Federsteifigkeit zu

$$E \cdot I / (4 \cdot h)$$

und bei gelenkiger Lagerung zu

$$E \cdot I / (3 \cdot h)$$

4.4.3

gelagertes Bauteil

Mit den Optionsschaltern wird festgelegt, welche Trägereile gelagert werden.

Wenn z.B. ein Träger im Bereich des Stützmomentes verstärkt wird, kann die Verstärkung durchaus eine geringere Höhe aufweisen als der Hauptträger und damit nicht aufgelagert sein. In einem solchen Fall ist die entsprechende Lagerbedingung für die Verstärkungen ggf. zu lösen.

- ☐ Verstärkung links
- ☒ Hauptträger
- ☒ Verstärkung rechts

4.4.4

Gelenk

Gelenke werden durch Setzen des Häkchens aktiviert. Gelenkbedingungen sind nur im Hauptträger möglich. Über die %-Angabe kann eine Gelenkfeder gesetzt werden. 100% entspricht einem Vollgelenk.

GELENK ☒ 50 %



Das Löschen des gesamten Lagers erfolgt durch einen Klick auf den [Mülleimerbutton](#).

4.5

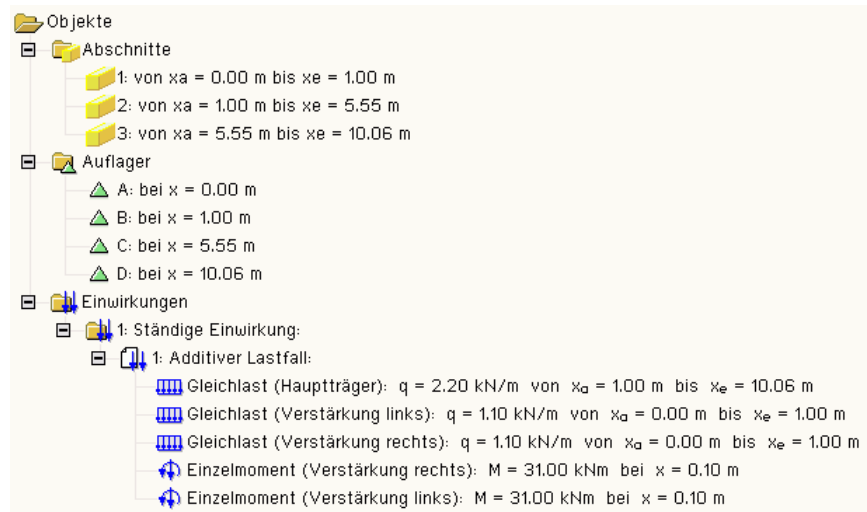
Verwaltung der Einwirkungen und der Nachweise

Zu den Verwaltungen der Einwirkungen und der Nachweise s. Handbuch *das pcae- Nachweis-konzept*.

4.6

Objekte auswählen

In der Eingabeoberfläche wird im linken Teilfenster eine Liste der eingegebenen Objekte (Stababschnitte, Lager und Lasten) mittels einer Baumstruktur dargestellt.



Es ist möglich, einerseits sowohl das einzelne Objekt, als auch die gesamte Gruppe mit der Maus zu aktivieren und über das **Bearbeiten-Symbol** zu bearbeiten, andererseits mittels Doppelklick das entsprechende Eigenschaftsblatt direkt zu laden.

Aktivierte Objekte bleiben auch nach Verlassen dieses Fensters im Systemfenster aktiviert.

4.7

Objekte bearbeiten



Durch Betätigen dieser Schaltfläche wird die Bearbeitung von aktivierten Objekten eingeleitet.

Aktivierte Objekte werden in der Systemdarstellung rot dargestellt. Die Schaltfläche selbst wiederum ist nur dann aktiv, wenn ein Objekt aktiviert ist.



Als Objekte werden hier Balkenabschnitte, Lager, Linien- und Einzellasten bezeichnet. Die aktivierten Objekte können nun durch Anklicken des entsprechenden Symbols (Balkenabschnitt Lager oder Belastung) bearbeitet werden. Dazu wird jeweils sofort das zugehörige Eingabemenü geöffnet.

Der Aufruf dieser Eingabe kann auch direkt durch Doppelklick auf die Objekte im Systemfenster erfolgen.

Weiterhin können folgende Aktionen durchgeführt werden:



aktivierte Objekte abwählen



aktivierte Objekte löschen

4.8 Verbindungsmittel

4.8.1 Ringdübel DIN EN 1995-1-1

Der **Bemessungswert der Tragkraft** berechnet sich zu

$$X_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad \text{..... EC 5, Gl. (2.14)}$$

$$F_{v,0,Rk} = \min \begin{cases} k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot (35 \cdot d_c^{1.5}) & \text{..... (a)} \\ k_1 \cdot k_3 \cdot h_e \cdot (31.5 \cdot d_c) & \text{..... (b)} \end{cases} \quad \text{EC 5, Gl. (8.61)}$$

$$k_1 = \min \left\{ 1, \frac{t_1}{3 \cdot h_e}, \frac{t_2}{5 \cdot h_e} \right\} \quad \text{..... EC 5, Gl. (8.62)}$$

$$k_2 = \min \left\{ k_a, \frac{a_{3,t}}{2 \cdot d_c} \right\} \quad \text{..... EC 5, Gl. (8.63)}$$

$$k_3 = \min \left\{ 1.75, \frac{\rho_k}{350} \right\} \quad \text{..... EC 5, Gl. (8.65)}$$

$$k_4 = \begin{cases} 1.0 & \text{..... für Holz-Holz-Verbindungen} \\ 1.1 & \text{..... für Stahlblech-Holz-Verb.} \end{cases} \quad \text{EC 5, Gl. (8.66)}$$

$$F_{v,\alpha,Rk} = \frac{F_{v,0,Rk}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad \text{..... EC 5, Gl. (8.67)}$$

$$k_{90} = 1.3 + 0.001 \cdot d_c \quad \text{..... EC 5, Gl. (8.68)}$$

Die **wirksame Anzahl** der in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmittel ($n > 2$) errechnet sich zu

$$n_{\text{ef}} = 2 + \left(1 - \frac{n}{20}\right) \cdot (n - 2) \quad \text{..... EC 5, Gl. (8.71)}$$

4.8.2 Ringdübel DIN 1052

Bemessungswert der Tragkraft

$$R_{c,0(\alpha),d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_{c,0(\alpha),k}}{\gamma_M} \quad \text{..... /1/, Gl. (263)}$$

$$R_{c,\alpha,k} = k_\alpha \cdot R_{c,0,k} \quad \text{..... /1/, Gl. (258)}$$

$$R_{c,0,k} = \min \{ 35 \cdot d_c^{1.5}; 35 \cdot d_c \cdot h_e \} \quad \text{..... /1/, Gl. (257)}$$

$$k_\alpha = \frac{1}{(1.3 + 0.001 \cdot d_c) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad \text{..... /1/, Gl. (259)}$$

ist die Rohdichte $\rho_k < 350 \text{ kg/m}^3$ wird $R_{c,0,k}$ um den Faktor $\rho_k / 350$ abgemindert
..... $\rho_k > 350 \text{ kg/m}^3$ wird $R_{c,0,k}$ um den Faktor k_p vergrößert

$$k_p = \min \left\{ 1.75, \frac{\rho_k}{350} \right\} \quad \text{..... /1/, Gl. (260)}$$

weichen die Holzdicken t_1 des Seitenholzes oder t_2 des Mittelholzes von den Bedingungen n. DIN 1052:2008-12, 13.3.3.2 (1) ab, wird $R_{c,0,k}$ um den Faktor k_t abgemindert

$$k_t = \min \left\{ 1, \frac{t_1}{3 \cdot h_e}, \frac{t_2}{5 \cdot h_e} \right\} \quad \text{..... /1/, Gl. (262)}$$

wirksame Anzahl der hintereinander liegenden Verbindungsmittel

Die wirksame Anzahl der in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmittel ($n > 2$) errechnet sich zu

$$n_{\text{ef}} = \left[2 + \left(1 - \frac{n}{20}\right) \cdot (n - 2) \right] \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + n \cdot \frac{\alpha}{90} \quad \text{..... /1/, Gl. (265)}$$

α Winkel zwischen Kraft und Faser

4.8.3

Scheibendübel DIN EN 1995-1-1

Der **Bemessungswert der Tragkraft** berechnet sich zu

$$X_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad \text{EC 5, Gl. (2.14)}$$

$$F_{v,Rk} = \begin{cases} 18 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot d_c^{1.5} & \text{für Typen C1 bis C9} \\ 25 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot d_c^{1.5} & \text{C10 bis C11} \end{cases} \quad \text{EC 5, Gl. (8.72)}$$

$$k_1 = \min \left(1, \frac{t_1}{3 \cdot h_e}, \frac{t_2}{5 \cdot h_e} \right) \quad \text{EC 5, Gl. (8.73)}$$

für Typen C1 bis C9

$$k_2 = \min \left(1, \frac{a_{3,t}}{1.5 \cdot d_c} \right) \quad \text{EC 5, Gl. (8.74)}$$

$$a_{3,t} = \max (1.1 \cdot d_c, 7 \cdot d, 80 \text{ mm}) \quad \text{EC 5, Gl. (8.75)}$$

für Typen C10 bis C11

$$k_2 = \min \left(1, \frac{a_{3,t}}{2.0 \cdot d_c} \right) \quad \text{EC 5, Gl. (8.76)}$$

$$a_{3,t} = \max (1.5 \cdot d_c, 7 \cdot d, 80 \text{ mm}) \quad \text{EC 5, Gl. (8.77)}$$

$$k_3 = \min \left(1.5, \frac{\rho_k}{350} \right) \quad \text{EC 5, Gl. (8.78)}$$

Die **wirksame Anzahl** der in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmittel ($n > 2$) errechnet sich zu

$$n_{\text{ef}} = 2 + \left(1 - \frac{n}{20} \right) \cdot (n - 2) \quad \text{EC 5, Gl. (8.71)}$$

4.8.4

Scheibendübel DIN 1052

Bemessungswert der Tragkraft

$$R_{j,\alpha,d} = R_{c,d} + R_{b,\alpha,d} \quad /1/, \text{ Gl. (270)}$$

$$R_{c,0(\alpha),d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_{c,0(\alpha),k}}{\gamma_M} \quad /1/, \text{ Gl. (263)}$$

$$R_{c,k} = \begin{cases} 18 \cdot d_c^{1.5} & \text{in N für Dübeltypen C1 bis C5} \\ 25 \cdot d_c^{1.5} & \text{C10 bis C11} \end{cases} \quad /1/, \text{ Gl. (267)}$$

ist die Rohdichte $\rho_k < 350 \text{ kg/m}^3$ wird $R_{c,k}$ um den Faktor $\rho_k/350$ abgemindert

..... $\rho_k > 350 \text{ kg/m}^3$ wird $R_{c,k}$ um den Faktor k_p vergrößert

$$k_p = \frac{\rho_k}{350} \quad /1/, \text{ Gl. (271)}$$

weichen die Holzdicken t_1 des Seitenholzes oder t_2 des Mittelholzes von den Bedingungen n. DIN 1052:2008-12, 13.3.3.2 (1) ab, wird $R_{c,k}$ um den Faktor k_t abgemindert

$$k_t = \min \left(1, \frac{t_1}{3 \cdot h_e}, \frac{t_2}{5 \cdot h_e} \right) \quad /1/, \text{ Gl. (262)}$$

wirksame Anzahl der hintereinander liegenden Verbindungsmittel

Die wirksame Anzahl der in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmittel ($n > 2$) errechnet sich zu

$$n_{\text{ef}} = \left[2 + \left(1 - \frac{n}{20} \right) \cdot (n - 2) \right] \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + n \cdot \frac{\alpha}{90} \quad /1/, \text{ Gl. (265)}$$

α Winkel zwischen Kraft und Faser

4.8.5

Stabdübel DIN EN 1995-1-1

Bei Wahl des vereinfachten Rechenverfahrens nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, 8.6, errechnet sich der **Bemessungswert der Tragkraft** zu

$$X_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad \text{EC 5, Gl. (2.14)}$$

$$F_{v,Rk} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \text{EC 5 NAD, Gl. (NA.109), für Verbindungen aus Holz}$$

$$F_{v,Rk} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad \text{EC 5 NAD, Gl. (NA.115), für Verbindungen mit Stahlblechen}$$

$$t_{1,\text{req}} = 1.15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d}} \quad \text{EC 5 NAD, Gl. (NA.110), Mindestdicke für das Seitenholz}$$

$$t_{2,\text{req}} = 1.15 \cdot \left(\frac{4}{\sqrt{1 + \beta}} \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad \text{EC 5 NAD, Gl. (NA.112), Mindestdicke für das Mittenholz}$$

$$M_{y,Rk} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2.6} \quad \text{EC 5, Gl. (8.30), im Schaftbereich}$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad \text{EC 5, Gl. (8.31)}$$

$$f_{h,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot p_k \quad \text{EC 5, Gl. (8.32)}$$

$$k_{90} = \begin{cases} 1.35 + 0.015 \cdot d & \text{Nadelhölzer} \\ 1.30 + 0.015 \cdot d & \text{Furnierschnittholz LVL} \\ 0.90 + 0.015 \cdot d & \text{Laubhölzer} \end{cases} \quad \text{EC 5, Gl. (8.33)}$$

Die **wirksame Anzahl** der in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmittel ($n > 2$) errechnet sich zu

$$n_{\text{ef}} = \min \left(n, n^{0.9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right) \quad \text{EC 5, Gl. (8.34)}$$

a_1 Abstand der Stabdübel untereinander in Faserrichtung

d Dübeldurchmesser in mm

4.8.6

Stabdübel DIN 1052 vereinfachtes Rechenverfahren

Bei Wahl des vereinfachten Rechenverfahrens n. DIN 1052, 12.2.3, errechnet sich der **Bemessungswert der Tragkraft** zu

$$R_{c,0(\alpha),d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_{c,0(\alpha),k}}{\gamma_M} \quad \text{/1/, Gl. (263)}$$

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \text{/1/, Gl. (191), für Verbindungen aus Holz}$$

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad \text{/1/, Gl. (197), für Verbindungen mit Stahlblechen}$$

$$t_{1,\text{req}} = 1.15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d}} \quad \text{/1/, Gl. (192), Mindestdicke Seitenholz}$$

$$t_{2,\text{req}} = 1.15 \cdot \left(\frac{4}{\sqrt{1 + \beta}} \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad \text{/1/, Gl. (194), Mindestdicke Mittenholz}$$

$$M_{y,k} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2.6} \quad \text{/1/, Gl. (208)}$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad \text{/1/, Gl. (202)}$$

$$f_{h,0,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot p_k \quad \text{/1/, Gl. (203)}$$

$$k_{90} = 1.35 + 0.015 \cdot d \quad \text{/1/, Gl. (204), für Nadelhölzer}$$

$$k_{90} = 0.90 + 0.015 \cdot d \quad \text{/1/, Gl. (205), für Laubhölzer}$$

wirksame Anzahl der hintereinander liegenden Verbindungsmittel

Die wirksame Anzahl der in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmittel ($n > 2$) errechnet sich zu

$$n_{ef} = \left[\min \left\{ n; n^{0.9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{10 \cdot d}} \right\} \right] \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + n \cdot \frac{\alpha}{90} \quad \text{..... /1/, Gl. (210)}$$

α Winkel zwischen Kraft und Faser

a_1 Abstand der Stabdübel untereinander in Faserrichtung

Alternativ kann mit dem genaueren Verfahren nach Anh. G.2 (s. Abs. 4.8.13, S. 34) gerechnet werden.

4.8.7 Schrauben DIN EN 1995-1-1 NAD

4.8.7.1 vereinfachtes Rechenverfahren

Bei Wahl des vereinfachten Rechenverfahrens nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, 8.2, errechnet sich der **Bemessungswert der Tragkraft** zu

$$X_d = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_M} \quad \text{..... EC 5, Gl. (2.14)}$$

$$F_{v,Rk} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \text{..... EC 5 NAD, Gl. (NA.109), für Verbindungen aus Holz}$$

$$F_{v,Rk} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad \text{..... EC 5 NAD, Gl. (NA.115), für Verbindungen mit Stahlblechen}$$

$$t_{1,req} = 1.15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d}} \quad \text{EC 5 NAD, Gl. (NA.110), Mindestdicke für das Seitenholz}$$

$$t_{2,req} = 1.15 \cdot \left(\frac{4}{\sqrt{1 + \beta}} \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad \text{..... EC 5 NAD, Gl. (NA.112), Mindestdicke für das Mittenholz}$$

$$M_{y,Rk} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2.6} \quad \text{..... EC 5, Gl. (8.30), im Schaftbereich}$$

$$f_{h,a,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad \text{..... EC 5, Gl. (8.31)}$$

$$f_{h,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad \text{..... EC 5, Gl. (8.32)}$$

$$k_{90} = \begin{cases} 1.35 + 0.015 \cdot d & \text{... Nadelhölzer} \\ 1.30 + 0.015 \cdot d & \text{... Furnierschnittholz LVL} \\ 0.90 + 0.015 \cdot d & \text{... Laubhölzer} \end{cases} \quad \text{..... EC 5, Gl. (8.33)}$$

Die **wirksame Anzahl** der in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmittel ($n > 2$) errechnet sich zu

$$n_{ef} = n^{k_{ef}} \quad \text{..... EC 5, Gl. (8.17)}$$

k_{ef} nach EC 5, Tab. 8.1

Bei Wahl des genaueren Verfahren nach /16/, 8.2.2, (s. auch /2/, E 12.6) berechnet sich die charakteristische Tragfähigkeit nach folgenden Gleichungen, von denen der kleinste Wert maßgebend ist.

▪ **einschnittige Verbindungen**

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (a)}$$

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (b)}$$

$$F_{v,Rk} = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 + \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (c)}$$

$$F_{v,Rk} = 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \dots\dots\dots \text{analog Erl. DIN 1052, E12.6 (5)-(7)}$$

$$F_{v,Rk} = 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] \dots\dots\dots \text{analog Erl. DIN 1052, E12.6 (5)-(7)}$$

$$F_{v,Rk} = 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \dots\dots\dots \text{analog Erl. DIN 1052, E12.6 (5)-(7)}$$

▪ **zweischmittige Verbindungen**

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (g)}$$

$$F_{v,Rk} = 0.5 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (h)}$$

$$F_{v,Rk} = 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \dots\dots\dots \text{analog Erl. DIN 1052, E12.6 (5)-(7)}$$

$$F_{v,Rk} = 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \dots\dots\dots \text{analog Erl. DIN 1052, E12.6 (5)-(7)}$$

4.8.8

Schrauben DIN 1052

4.8.8.1

Bemessungswert der Tragkraft vereinfachtes Rechenverfahren

Bei Wahl des vereinfachten Rechenverfahrens n. DIN 1052, 12.2.3, errechnet sich der Bemessungswert der Tragkraft zu

$$R_{c,0(\alpha),d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{c,0(\alpha),k}}{\gamma_M} \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (263)}$$

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (191)}, \text{ für Verbindungen aus Holz}$$

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (197)}, \text{ für Verbindungen mit Stahlblechen}$$

$$t_{1,req} = 1.15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d}} \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (192)}, \text{ Mindestdicke Seitenholz}$$

$$t_{2,req} = 1.15 \cdot \left(\frac{4}{\sqrt{1 + \beta}} \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (194)}, \text{ Mindestdicke Mittenholz}$$

$$M_{y,k} = 0.15 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2.6} \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (230)}$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (202)}$$

$$f_{h,0,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (203)}$$

$$k_{90} = 1.35 + 0.015 \cdot d \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (204)}, \text{ für Nadelhölzer}$$

$$k_{90} = 0.90 + 0.015 \cdot d \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (205)}, \text{ für Laubhölzer}$$

wirksame Anzahl der hintereinander liegenden Verbindungsmittel

Die wirksame Anzahl der in Faserrichtung hintereinander liegenden Verbindungsmittel ($n > 2$) errechnet sich zu

$$n_{ef} = \left[\min \left\{ n, n^{0.9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{10 \cdot d}} \right\} \right] \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + n \cdot \frac{\alpha}{90} \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (210)}$$

α Winkel zwischen Kraft und Faser

a_1 Abstand der Stabdübel untereinander in Faserrichtung

Alternativ kann mit dem genaueren Verfahren nach Anh. G.2 (s. Abs. 4.8.8.2) gerechnet werden.

4.8.8.2

charakteristische Tragfähigkeit genaueres Verfahren

Bei Wahl des genaueren Verfahren nach /1/, Anh. G.2, (s. auch /2/, E12.6) berechnet sich die charakteristische Tragfähigkeit nach folgenden Gleichungen, von denen der kleinste Wert maßgebend ist.

■ einschnittige Verbindungen

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \dots\dots \text{mit } \gamma_M = 1.3 \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.1)}$$

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \dots\dots \text{mit } \gamma_M = 1.3 \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.2)}$$

$$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 + \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] \cdot \beta^3} \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \dots\dots \text{mit } \gamma_M = 1.3 \dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.3)}$$

$$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{2 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \dots\dots \text{mit } \gamma_M = 1.2 \dots\dots \text{analog /2/, E12.6 (5)-(7)}$$

$$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{2 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] \dots\dots \text{mit } \gamma_M = 1.2 \dots\dots \text{analog /2/, E12.6 (5)-(7)}$$

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \dots\dots \text{mit } \gamma_M = 1.1 \dots\dots \text{analog /2/, E12.6 (5)-(7)}$$

▪ zweischnittige Verbindungen

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad \text{mit } \gamma_M = 1.3 \quad \text{1/, Gl. (G.7)}$$

$$R_k = 0.5 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \quad \text{mit } \gamma_M = 1.3 \quad \text{1/, Gl. (G.8)}$$

$$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{2 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \quad \text{mit } \gamma_M = 1.2 \quad \text{analog 2/, E12.6 (5)-(7)}$$

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \text{mit } \gamma_M = 1.1 \quad \text{analog 2/, E12.6 (5)-(7)}$$

4.8.9

SPAX- und ASSY-Schrauben

Die Berechnung von SPAX-Schrauben mit Teil- oder Vollgewinde erfolgt gemäß /9/, /10/, /11/ und /13/; Würth ASSY Vollgewindeschrauben und Selbstbohrende Schrauben entspr. /14/ und /15/.

4.8.10

Nachweis mit stiftförmigen Verbindungsmitteln DIN EN 1995-1-1

Für Verbindungen aus Holz berechnet sich die charakteristische Tragfähigkeit nach folgenden Gleichungen. Die Terme zur Berücksichtigung der Seilwirkung wurden weggelassen, da sie separat behandelt werden. Der kleinste Wert ist maßgebend.

▪ einschnittige Verbindungen

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad \text{EC 5, 8.2.2 (a)}$$

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \quad \text{EC 5, 8.2.2 (b)}$$

$$F_{v,Rk} = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 + \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \quad \text{EC 5, 8.2.2 (c)}$$

$$F_{v,Rk} = 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \quad \text{EC 5, 8.2.2 (d)}$$

$$F_{v,Rk} = 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] \quad \text{EC 5, 8.2.2 (e)}$$

$$F_{v,Rk} = 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \text{EC 5, 8.2.2 (f)}$$

▪ zweischnittige Verbindungen

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad \text{EC 5, 8.2.2 (g)}$$

$$F_{v,Rk} = 0.5 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \quad \text{EC 5, 8.2.2 (h)}$$

$$F_{v,Rk} = 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \quad \text{EC 5, 8.2.2 (j)}$$

$$F_{v,Rk} = 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \text{EC 5, 8.2.2 (k)}$$

Für zweischnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen berechnet sich die charakteristische Tragfähigkeit nach folgenden Gleichungen; der kleinste Wert ist maßgebend.

▪ dünne Bleche

$$F_{v,Rk} = 0.4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \quad \text{EC 5, 8.2.3 (a)}$$

$$F_{v,Rk} = 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad \text{EC 5, 8.2.3 (b)}$$

- **dicke Bleche**

$$F_{v,Rk} = f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.3 (c)}$$

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.3 (d)}$$

$$F_{v,Rk} = 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.3 (e)}$$

4.8.11

Bemessungsverf. für stiftförmige Verbindungsmittel DIN EN 1995-1-1

Für Verbindungen aus Holz gemäß /2/, E 12.2.2(3) kann der Bemessungswert der Tragfähigkeit nach den Gleichungen /16/, 8.2.2, durch Einsetzen der Bemessungswerte $M_{y,d}$ und $f_{h,d}$ direkt berechnet werden. Die Terme zur Berücksichtigung der Seilwirkung wurden weggelassen, da sie separat behandelt werden. Der kleinste Wert ist maßgebend.

- **einschnittige Verbindungen**

$$F_{v,Rd} = f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (a)}$$

$$F_{v,Rd} = f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (b)}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 + \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (c)}$$

$$F_{v,Rd} = 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (d)}$$

$$F_{v,Rd} = 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (e)}$$

$$F_{v,Rd} = 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,d} \cdot f_{h,1,d} \cdot d} \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (f)}$$

- **zweischchnittige Verbindungen**

$$F_{v,Rd} = f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (g)}$$

$$F_{v,Rd} = 0.5 \cdot f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (h)}$$

$$F_{v,Rd} = 1.05 \cdot \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (i)}$$

$$F_{v,Rd} = 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,d} \cdot f_{h,1,d} \cdot d} \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.2 (k)}$$

- **dünne Bleche**

$$F_{v,Rd} = 0.4 \cdot f_{h,d} \cdot t_1 \cdot d \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.3 (a)}$$

$$F_{v,Rd} = 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rd} \cdot f_{h,d} \cdot d} \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.3 (b)}$$

- **dicke Bleche**

$$F_{v,Rd} = f_{h,d} \cdot t_1 \cdot d \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.3 (c)}$$

$$F_{v,Rd} = f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.3 (d)}$$

$$F_{v,Rd} = 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rd} \cdot f_{h,d} \cdot d} \dots\dots\dots \text{EC 5, 8.2.3 (e)}$$

Bei Verbindungen von Bauteilen aus **Holz- und Holzwerkstoffen** unter Verwendung stiftförmiger Verbindungsmittel gilt

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (191)}, /41/, (\text{NA109})$$

Die Mindestdicke für das Seitenholz 1 beträgt

$$t_{1,\text{req}} = 1.15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d}} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (192)}, /41/, (\text{NA110})$$

Die Mindestdicke für das Seitenholz 2 bei einer einschnittigen Verbindung beträgt

$$t_{2,\text{req}} = 1.15 \cdot \left(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (193)}, /41/, (\text{NA111})$$

Die Mindestdicke für das Mittenholz einer zweischnittigen Verbindung beträgt

$$t_{2,\text{req}} = 1.15 \cdot \left(\frac{4}{\sqrt{1 + \beta}} \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (194)}, /41/, (\text{NA112})$$

Bei **Stahlblech-Holz-Verbindungen** gilt

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (197)}, /41/, (\text{NA115})$$

Die Mindestholzdicke beträgt

$$t_{1,\text{req}} = 1.15 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (198)}, /41/, (\text{NA116})$$

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (199)}, /41/, (\text{NA120})$$

Die Mindestdicke für das Mittenholz einer zweischnittigen Verbindung beträgt

$$t_{1,\text{req}} = 1.15 \cdot (2 \cdot \sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (200)}, /41/, (\text{NA118})$$

für alle anderen Fälle gilt

$$t_{1,\text{req}} = 1.15 \cdot (2 + \sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (201)}, /41/, (\text{NA119})$$

Für **Holz-Holz-Nagelverbindungen** gilt

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (216)}, /41/, (\text{NA123})$$

$$f_{h,k} = 0.082 \cdot d^{-0.3} \cdot p_k \quad \dots /1/, \text{ Gl. (212)}, /16/, (\text{8.15})$$

$$f_{h,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot p_k \quad \dots /1/, \text{ Gl. (213)}, /16/, (\text{8.16}), \text{ für vorgebohrte Hölzer}$$

$$M_{y,k} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2.6} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (208)}, /16/, (\text{8.14})$$

$$t = \max \left\{ 14 \cdot d_j (13 \cdot d - 30) \cdot \frac{p_k}{200} \right\} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (218)}, /16/, (\text{8.19}), \text{ für Schnittholz}$$

d Nageldurchmesser in mm

Alternativ kann mit dem genaueren Verfahren nach Anh. G.2 (s. Abs. 4.8.13) gerechnet werden.

Für Verbindungen aus Holz berechnet sich die charakteristische Tragfähigkeit nach folgenden Gleichungen. Der kleinste Wert ist maßgebend.

▪ **einschnittige Verbindungen**

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.3 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G.1)}$$

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.3 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G.2)}$$

$$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 + \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.3 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G.3)}$$

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

$$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.2 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G.5)}$$

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.1 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G.6)}$$

▪ **zweischchnittige Verbindungen**

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.3 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G.7)}$$

$$R_k = 0.5 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.3 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G.8)}$$

$$R_k = \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.2 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G.9)}$$

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.1 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G.10)}$$

Für **zweischchnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen** berechnet sich die charakteristische Tragfähigkeit nach folgenden Gleichungen, von denen der kleinste Wert maßgebend ist.

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.3 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G. 16)}$$

$$R_k = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.2 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G. 17)}$$

$$R_k = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \quad \dots \text{mit } \gamma_M = 1.1 \quad \dots /1/, \text{ Gl. (G. 18)}$$

Für Verbindungen aus Holz gemäß /2/, E 12.2.2(3) kann der Bemessungswert der Tragfähigkeit nach den Gleichungen /1/, Anhang G.2, durch Einsetzen der Bemessungswerte $M_{y,d}$ und $f_{h,d}$ direkt berechnet werden. Der kleinste Wert ist maßgebend.

▪ **einschnittige Verbindungen**

$$R_d = f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.1b)}$$

$$R_d = f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.2b)}$$

$$R_d = \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 + \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.3b)}$$

$$R_d = \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.4b)}$$

$$R_d = \frac{f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2 \cdot \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (1 + 2 \cdot \beta) \cdot M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.5b)}$$

$$R_d = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,d} \cdot f_{h,1,d} \cdot d} \dots \text{ mit } \gamma_M = 1.1 \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.6b)}$$

▪ **zweischchnittige Verbindungen**

$$R_d = f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.7b)}$$

$$R_d = 0.5 \cdot f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.8b)}$$

$$R_d = \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.9b)}$$

$$R_d = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,d} \cdot f_{h,1,d} \cdot d} \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.10b)}$$

Für **zweischchnittige Stahlblech-Holz-Verbindungen** berechnet sich die charakteristische Tragfähigkeit nach folgenden Gleichungen, von denen der kleinste Wert maßgebend ist.

$$R_d = f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.16b)}$$

$$R_d = f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.17b)}$$

$$R_d = \sqrt{2} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,d} \cdot f_{h,d} \cdot d} \dots\dots\dots /1/, \text{ Gl. (G.18b)}$$

4.8.15

Erhöhg. Tragfähigkeit durch Berücks. Auszieh Widerstand DIN EN 1995

In bestimmten Fällen darf die Tragfähigkeit $F_{v,Rk}$ (R_k) um einen Anteil $\Delta F_{v,Rk}$ (ΔR_k) erhöht werden. Dieser Anteil resultiert aus dem Auszieh Widerstand des Verbindungsmittels. Der Anteil $\Delta F_{v,Rk}$ ergibt sich aus dem Term

$$\frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

der Gleichungen /16/, (8.6) und 8.7.

4.8.15.1

Nägeln

Nach /16/, 8.2.2 (2), darf bei Verwendung metallischer, stiftförmiger Verbindungsmittel der Einfluss der Seilwirkung berücksichtigt werden. Bei runden Nägeln ist er auf 15% vom Scherwiderstand begrenzt. Die Einschlagtiefe sollte dabei mindestens 8-d betragen.

$$F_{ax,Rk} = \begin{cases} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} & \dots (a) \\ f_{ax,k} \cdot d \cdot t + f_{head,k} \cdot d_h^2 & \dots (b) \end{cases} \dots \dots \dots \text{EC 5, Gl. (8.24)}$$

$f_{ax,k}$ charakteristischer Wert der Ausziehfestigkeit auf Seite der Nagelspitze

$f_{head,k}$ charakteristischer Wert der Kopfdurchziehfestigkeit

d Nageldurchmesser n. 8.3.1.1

t_{pen} Eindringtiefe auf Seite der Nagelspitze oder Länge des profilierten Schaftteils im Bauteil mit Nagelspitze

t Dicke des Bauteils auf der Seite des Nagelkopfes

d_h Kopfdurchmesser des Verbindungsmittels

Bei Verwendung von Fermacellplatten ist gemäß /4/ jedoch eine Erhöhung möglich. Es gilt:

"Bei einschnittigen Verbindungen mit überwiegend kurzzeitiger Beanspruchung darf die ermittelte charakteristische Tragfähigkeit R_k für eine Beanspruchung parallel zum Rand der Gipsfaserplatte um einen Anteil ΔR_k wie folgt erhöht werden."

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

$$R_{ax,k} = \min \{ f_{1,k} \cdot d \cdot l_{ef}; f_{2,k} \cdot d^2 \} \dots \text{nicht für Platten mit TB-Kanten mit Dicken } t \leq 12.5 \text{ mm}$$

Der Ausziehparameter $f_{ax,k}$ und die Kopfdurchziehfestigkeit $f_{head,k}$ werden nach /16/, 8.3.2 Gl.(8.25), bzw. nach /41/, NCI Zu 8.3.2, Tab. NA.16, bestimmt.

Für die Ermittlung des Auszieh Widerstandes $F_{ax,Rk}$ darf für alle zulässigen Verbindungsmittel der charakteristische Wert des Kopfziehparameters $f_{head,k} = 15 \text{ N/mm}^2$ angenommen werden.

4.8.15.2

Klammern

Für Klammern gilt das Gleiche wie für Verbindungen mit Nägeln. Nach /41/, NCI zu 8.4 (NA.13), können beharte Klammern wie 2 glattschaftige Nägel behandelt werden.

Bei Verwendung von Fermacellplatten gilt entspr. /28/ für den Auszieh Widerstand $R_{ax,k}$

$$R_{ax,k} = \min \{ 2 \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef}; f_{head,k} \cdot d \cdot b_r \}$$

b_r Klammerrückenbreite

4.8.15.3

Sondernägeln

Nach /16/, 8.3.2 (4), darf der Auszieh Widerstand für Nägel mit anderem als glattem Schaft, wie in EN 14592 definiert, wie folgt berechnet werden:

$$F_{ax,Rk} = \begin{cases} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} & \dots (a) \\ f_{head,k} \cdot d_h^2 & \dots (b) \end{cases} \dots \dots \dots \text{EC 5, Gl. (8.23)}$$

Nach /41/, NCI Zu 8.3.1.3 (NA.9), darf bei einschnittigen Holzwerkstoff-Holz-Nagelverbindungen mit profilierten Nägeln (Sondernägeln) - außer bei Gipsplatten-Holz-Verbindungen - der charakteristische Wert der Tragfähigkeit $F_{v,Rk}$ um einen Anteil $\Delta F_{v,Rk}$ erhöht werden.

$$\Delta F_{v,Rk} = \min \{ 0.5 \cdot F_{v,Rk}; 0.25 \cdot F_{ax,Rk} \} \quad \dots \text{EC 5 NAD, Gl. (NA.125)}$$

Nach /41/, NCI Zu 8.3.1.4 (NA.4), darf bei einschnittigen Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen mit profilierten Nägeln die charakteristische Tragfähigkeit $F_{v,Rk}$ nach Gleichung (NA.121) um einen Anteil $\Delta F_{v,Rk}$ erhöht werden.

$$\Delta F_{v,Rk} = \min \{ 0.5 \cdot F_{v,Rk}; 0.25 \cdot F_{ax,Rk} \} \quad \dots \text{EC 5 NAD, Gl. (NA.129)}$$

Nach /41/, NCI Zu 8.3.2 (NA.12), dürfen für Nägel, die nach /16/ einer Tragfähigkeitsklasse zugeordnet wurden, die charakteristischen Werte für die Ausziehparameter und die Kopfdurchziehparameter n. Tab. NA. 15 bestimmt werden.

4.8.15.4 Schrauben

Nach /16/, 8.7.2 (4) darf für Verbindungen mit Schrauben n. /26/ mit

$$6 \text{ mm} \leq d \leq 12 \text{ mm}$$

$$0.6 \leq d_1/d \leq 0.75$$

d Außendurchmesser des Gewindes

d_1 Innendurchmesser des Gew.

der charakteristische Auszieh Widerstand berechnet werden zu

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1.2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$$

$$f_{ax,k} = 0.52 \cdot d^{-0.5} \cdot l_{ef}^{0.1} \cdot \rho_k^{0.8} \quad \text{EC 5, Gl. (8.39)}$$

$$k_d = \min \left\{ \frac{d}{8}, 1 \right\} \quad \dots \text{EC 5, Gl. (8.40)}$$

$F_{ax,\alpha,Rk}$ charakteristischer Wert des Auszieh Widerstands der Verbindung unter einem Winkel α zur Faserrichtung in N

$f_{ax,k}$ charakteristischer Wert der Ausziehfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung in N/mm²

n_{ef} wirksame Anzahl von Schrauben, s. 8.7.2 (8)

l_{ef} Eindringtiefe des Gewindeteils in mm

ρ_k charakteristischer Wert der Rohdichte in kg/m³

α Winkel zwischen der Schraubenachse und der Faserrichtung mit $\alpha \geq 30^\circ$

4.8.15.5 Passbolzen

Bei Verbindungen mit Bolzen oder Passbolzen darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit $F_{v,Rk}$ n. /16/ 8.2.2 um einen Anteil $\Delta F_{v,Rk}$ erhöht werden. Gemäß /16/ 8.2.2 (2) ist $\Delta F_{v,Rk}$ auf 25% von $F_{v,Rk}$ zu begrenzen. Maßgebend für $\Delta F_{v,Rk}$ ist die Querdruckspannung unter der Unterlegscheibe. Die wirksame Fläche unter der Scheibe kann nach /16/, 8.5.2(2), zu $A \cdot 3.0 \cdot f_{c,90,k}$ berechnet werden.

4.8.15.6 Bolzen und Gewindestangen

Sofern nichts anderes festgelegt ist, gelten die Bestimmungen für Verbindungen mit Stabdübeln und Passbolzen sinngemäß.

4.8.15.7 Ring- und Scheibendübel

Ring- oder Scheibendübel bieten keinen Widerstand gegen Herausziehen. Da Ring- oder Scheibendübel jedoch immer in Verbindung mit Bolzen ausgeführt werden müssen, wird vom Programm der Herauszieh Widerstand des verwendeten Bolzens ermittelt. Dieser Herauszieh Widerstand kann auch gemäß /16/, 8.2.2, oder /1/, 12.3 (8), zur Erhöhung der Schertragfähigkeit herangezogen werden.

4.8.16

Erhöhg. Tragfähigkeit durch Berücks. Auszieh Widerstand DIN 1052

In bestimmten Fällen darf die Tragfähigkeit R_k um einen Anteil ΔR_k erhöht werden. Dieser Anteil resultiert aus dem Auszieh Widerstand des Verbindungsmittels.

4.8.16.1

Nägeln

Bei Verbindung mit glattschaftigen Nägeln sieht DIN 1052 unter Verwendung üblicher Materialien keine Möglichkeit der Erhöhung der Tragfähigkeit vor.

Bei Verwendung von Fermacellplatten ist gemäß /4/ jedoch eine Erhöhung möglich. Es gilt:

"Bei einschnittigen Verbindungen mit überwiegend kurzzeitiger Beanspruchung darf die ermittelte charakteristische Tragfähigkeit R_k für eine Beanspruchung parallel zum Rand der Gipsfaserplatte um einen Anteil ΔR_k wie folgt erhöht werden."

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

$$R_{ax,k} = \min \{ f_{1,k} \cdot d \cdot l_{ef}; f_{2,k} \cdot d^2 \} \quad \dots \text{nicht für Platten mit TB-Kanten mit Dicken } t \leq 12.5 \text{ mm}$$

Für die Ermittlung des Auszieh Widerstandes $R_{ax,k}$ darf für alle zulässigen Verbindungsmittel der charakteristische Wert des Kopfziehparameters $f_{2,k} = 15 \text{ N/mm}^2$ angenommen werden.

4.8.16.2

Klammern

Für Klammern gilt das Gleiche wie für Verbindungen mit Nägeln.

Bei Verwendung von Fermacellplatten gilt entsprechend /4/ für den Auszieh Widerstand $R_{ax,k}$:

$$R_{ax,k} = \min \{ 2 \cdot f_{1,k} \cdot d \cdot l_{ef}; f_{2,k} \cdot d \cdot b_r \}$$

b_r Klammerrückenbreite

4.8.16.3

Sondernägel

Bei einschnittigen Holzwerkstoff-Holz-Nagelverbindungen mit Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 3 - nicht jedoch bei Gipskarton-Holz-Verbindungen - darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k nach /1/, Gl. (226), um einen Anteil ΔR_k erhöht werden:

$$\Delta R_k = \min \{ 0.5 \cdot R_k; 0.25 \cdot R_{ax,k} \} \quad \dots \text{DIN 1052, Gl. (227)}$$

$$R_{ax,k} = \min \{ f_{1,k} \cdot d \cdot l_{ef}; f_{2,k} \cdot d_k^2 \} \quad \dots \text{DIN 1052, Gl. (233)}$$

$f_{1,k}$ charakteristischer Wert des Ausziehparameters

$f_{2,k}$... des Kopfdurchziehparameters

d Nenndurchmesser des Nagels

d_k Außendurchmesser des Nagelkopfs

l_{ef} wirksame Nageleinschlagtiefe

Beim Anschluss von Brettsperrholz, Sperrholz, OSB-Platten, kunstharzgebundenen Spanplatten oder zementgebundenen Spanplatten dürfen die charakteristischen Werte des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$ nach Tab. 14 nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn diese Platten mindestens 20 mm dick sind.

Die charakteristische Rohdichte ρ_k ist dabei mit 380 kg/m^3 in Rechnung zu stellen.

Für Platten mit einer Dicke zwischen 12 mm und 20 mm darf in allen Fällen nur mit $f_{2,k} = 8 \text{ N/mm}^2$, bei geringeren Plattendicken als 12 mm darf mit $R_{ax,k} = 400 \text{ N}$ gerechnet werden.

Bei einschnittigen Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen mit Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 3 darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k nach Gleichung (228) um einen Anteil ΔR_k erhöht werden:

$$\Delta R_k = \min \{ 0.5 \cdot R_k; 0.25 \cdot R_{ax,k} \} \quad \dots \text{DIN 1052, Gl. (229)}$$

$$R_{ax,k} = \min \{ f_{1,k} \cdot d \cdot l_{ef}; f_{2,k} \cdot d_k^2 \} \quad \dots \text{DIN 1052, Gl. (233)}$$

4.8.16.4

Schrauben

Bei einschnittigen Verbindungen mit Holzschrauben darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k um einen Anteil ΔR_k erhöht werden:

$$\Delta R_k = \min \{ R_k; 0.25 \cdot R_{ax,k} \} \dots \dots \text{DIN 1052, Gl. (231)}$$

Der charakteristische Wert des Auszieh Widerstandes von Holzschrauben, die unter einem Winkel $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ zur Faserrichtung in das Holz eingeschraubt sind, darf wie folgt berechnet werden.

$$R_{ax,k} = \min \left\{ \frac{f_{1,k} \cdot d \cdot l_{ef}}{\sin^2 \alpha + \frac{4}{3} \cos^2 \alpha}; f_{2,k} \cdot d_k^2 \right\} \dots \text{DIN 1052, Gl. (235)}$$

Für $f_{1,k}$ und $f_{2,k}$ dürfen die in /1/, Tab. 15, angegebenen Werte in Rechnung gestellt werden.

Holzschrauben mit einem Gewinde nach DIN 7998 dürfen ohne Nachweis in die Tragfähigkeitsklasse 2A eingestuft werden.

Für den Nachweis der Tragfähigkeit einer Holzschraube mit einem Gewinde nach DIN 7998 auf Zug in Schafrichtung darf die charakteristische Tragfähigkeit der Schraube angenommen werden zu:

$$R_{ax,k} = 300 \cdot \pi \cdot \frac{d_{Kern}^2}{4} \dots \dots \text{DIN 1052, Gl. (236)}$$

d_{Kern} Kerndurchmesser der Schrauben in mm

Beim Anschluss von Brettsperrholz, Sperrholz, OSB-Platten, kunstharzgebundenen Spanplatten oder zementgebundenen Spanplatten dürfen die charakteristischen Werte des Kopfdurchziehparameters $f_{2,k}$ nach Tab. 14 nur dann in Rechnung gestellt werden, wenn diese Platten mindestens 20 mm dick sind.

Die charakteristische Rohdichte ρ_k ist dabei mit 380 kg/m^3 in Rechnung zu stellen.

Für Platten mit einer Dicke zwischen 12 mm und 20 mm darf in allen Fällen nur mit $f_{2,k} = 8 \text{ N/mm}^2$ gerechnet werden.

Bei geringeren Plattendicken als 12 mm darf mit $R_{ax,k} = 400 \text{ N}$ gerechnet werden.

4.8.16.5

Passbolzen

Bei Verbindungen mit Passbolzen darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit R_k nach 12.2 um einen Anteil ΔR_k erhöht werden:

$$\Delta R_k = \min \{ 0.25 \cdot R_k; 0.25 \cdot R_{ax,k} \} \dots \dots \text{DIN 1052, Gl. (209)}$$

Für die Berechnung von R_{ax} wird i.d.R. die Querdrukpressung der Unterlegscheibe auf das Holz maßgebend.

Die effektive Querdrukfläche ist abhängig vom Unterlegscheiben- und vom Bolzendurchmesser. Sie berechnet sich gemäß /8/, 8.3, zu

$$A_{ef} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} + d_2 \cdot (a_1 - d_2) - \frac{\pi \cdot d_2^2}{4}$$

4.8.16.6

Bolzen und Gewindestangen

Sofern nichts anderes festgelegt ist, gelten die Bestimmungen für Verbindungen mit Stabdübeln und Passbolzen sinngemäß.

4.8.16.7

Ring- und Scheibendübel

Ring- oder Scheibendübel bieten keinen Widerstand gegen Herausziehen. Da Ring- oder Scheibendübel jedoch immer in Verbindung mit Bolzen ausgeführt werden müssen, wird vom Programm der Herauszieh Widerstand des verwendeten Bolzens ermittelt. Dieser Herauszieh Widerstand kann auch gemäß /1/, 12.3(8) zur Erhöhung der Schertragfähigkeit herangezogen werden.



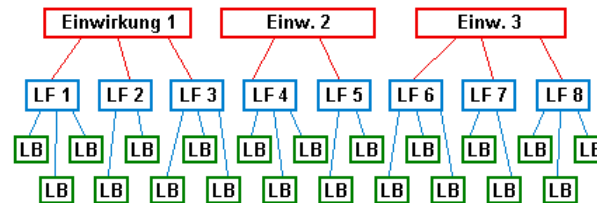
Informationen zu den Verwaltungen der Einwirkungen und Nachweise s. Handbuch *das pcae-Nachweiskonzept*.

4.9.1

Begriffsdefinition Lastbild - Lastfall - Einwirkung

Lastbild

Ein Lastbild (LB) ist entweder eine Linienlast oder eine Einzellast. Die Eigenschaften eines Lastbildes sind durch seine geometrische Lage, seine Lastordinaten und seine Zuordnung zu Lastfall und Einwirkung gegeben. Ein Lastbild ist ein auswählbares Objekt im Konstruktionsfenster.



Lastfall

Ein Lastfall (LF) ist immer eindeutig einer Einwirkung zugeordnet. Er kann beliebig viele Lastbilder aufnehmen. Die Lastbilder eines Lastfalles wirken immer gemeinsam. Ein Lastfall ist daher die kleinste auswählbare Einheit bei der Ergebnisdarstellung.

Die Rechenergebnisse (Verformungen und Schnittgrößen) eines einzelnen Lastbildes können folglich nur dann betrachtet werden, wenn dem Lastfall keine weiteren Lastbilder zugeordnet sind. Eine Differenzierung zwischen den Ergebnisanteilen unterschiedlicher Lastbilder innerhalb eines Lastfalles kann auch bei der Extremwertbildung nicht mehr vorgenommen werden.

Neben der Lastfallnummer und der Lastfallbezeichnung ist der Lastfalltyp die wesentliche Eigenschaft eines Lastfalls. Der Lastfalltyp legt fest, ob die Schnittgrößen und Verformungen des Lastfalls additiv oder gruppenweise alternativ zu überlagern sind.

Eine additive Überlagerung besagt, dass die Verformungen und Schnittgrößen eines Lastfalls bei der Extremwertbildung dann berücksichtigt werden, wenn sie ungünstig wirken.

Weist der Lastfalltyp die Zuordnung zu einer alternativen Gruppe aus, so wird bei der Extremwertbildung nur der Lastfall berücksichtigt, der sich am betrachteten Punkt am ungünstigsten von allen Lastfällen dieser Gruppe herausstellt.

Speziell bei den **pcae**-Durchlaufträgern gibt es zusätzlich den Lastfalltyp **aufteilen**. Dieser nur für Verkehrslasten relevante Typ versteht sich als Eingabehilfe. Ein über den gesamten Träger definiertes Streckenlastbild kann hierdurch mehreren Lastfällen gleichzeitig zugeordnet werden; und zwar für jeden Trägerabschnitt jeweils einem (Unter)-Lastfall.

Was zunächst wie ein Widerspruch zum Vorangesagten aussieht, erweist sich hier als bequeme Eingabe. Würde diese Möglichkeit nicht bestehen, müssten (bei einem n-Feldträger) n Streckenlasten definiert und n verschiedenen Lastfällen zugeordnet werden, um sicherzustellen, dass eine feldweise korrekte Überlagerung durchgeführt wird.

Lastfälle vom Typ *aufteilen* werden im Konstruktionsfenster mit einem # gekennzeichnet und tun damit kund, dass es sich im Grunde genommen um eine Gruppe additiver Lastfälle handelt.

Einwirkung

Eine Einwirkung kann beliebig viele Lastfälle enthalten. Neben der Einwirkungsnummer und der Einwirkungsbezeichnung ist der Einwirkungstyp die wesentliche Eigenschaft einer Einwirkung. Er legt fest, ob die der Einwirkung zugeordneten Lastfälle ständige Lasten (wie etwa Eigengewicht) oder veränderliche Lasten (Verkehrslasten) enthalten.

Die Ergebnisse einer Einwirkung (die extremalen Schnittgrößen und Verformungen der zur Einwirkung gehörenden Lastfälle) können im Ergebnisfenster eingesehen werden. Die Lastbilder derselben Einwirkung werden im Konstruktionsfenster in einem eigenen Rahmen dargestellt.

Weitere Informationen zum Thema finden Sie im Handbuch *das pcae-Nachweiskonzept*.

4.9.2

Eingabe der Belastung



Hinter dem dargestellten Button verbirgt sich die Eingabe der Punkt- und Linienlasten bzw. der Eingabeassistent, der sonst bei neuen, leeren Bauteilen automatisch gestartet wird.



Die zugehörigen Eingabemasken werden durch die Schaltflächen **Linienlasten**, **Punktlasten** und **Eingabeassistent** aufgerufen.



Es ist zu beachten, dass es sich bei den eingegebenen Lasten immer um Vertikallasten handelt; Horizontallasten können nicht verarbeitet werden.

4.9.2.1

Linienbelastung

An dieser Stelle können streckenweise Belastungen in Form von Linienlasten verschiedener Lastgeometrien, Eigengewichts- oder Temperaturlasten erzeugt werden. Die Lasten können an beliebiger Stelle auf dem Durchlaufträger angeordnet sein und werden bezüglich zweier Ankerpunkte definiert und verwaltet. Weiterhin kann angegeben werden, ob die Last auf dem Hauptträger oder der Verstärkung angreift.

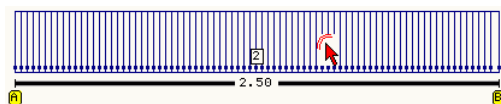
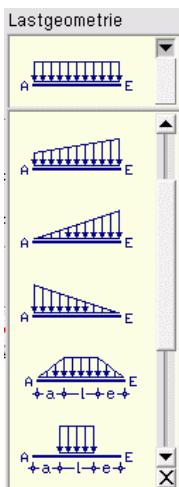
Das Fenster zur Eingabe der Linienlasten wird wie folgt geöffnet:



Stab oder Stabzug markieren, **neu-Button** und **Linienlast-Button** klicken.

Ist bereits eine Linienlast vorhanden, kann das Eingabefenster auch durch einen Doppelklick auf die Last im Haupteingabefenster geöffnet werden.

Eingabefenster Linienbelastung

Als Lastart kann eine Temperatur-, Eigengewichts- oder Linienlast gewählt werden.

Über die Lastgeometrie-Listbox können verschiedene Lastfiguren gewählt werden.

Die Anker legen Anfangs- und Endpunkt der Lastausdehnung fest.

Bei trapezförmigen Lasten müssen die Lastordinaten am Anfang und am Ende eingegeben werden.

Bei linearen Lastverläufen wird nur eine Ordinate eingegeben.

Im Falle einer Eigengewichtslast wird hier die Materialwichte γ und im Falle einer Temperaturlast die Temperatur in $^{\circ}\text{K}$ eingegeben.

Die Zuordnung zum Lastfall erfolgt über eine Listbox. Ein Klick auf den **Einwirkungsbutton** öffnet die Einwirkungs- und Lastfallverwaltung.

Die Last kann auf dem Hauptträger oder auf einer der Verstärkungen angreifen. Die Auswahl des Lastorts erfolgt über die Listbox.

 Eine Linienlast kann durch einen Klick auf den **Mülleimer** gelöscht werden.

4.9.2.2

Punktbelastung

Es kann entweder eine punktförmige Einzellast (Kraft oder Biegemoment) oder eine Lagerzwangsverformung erzeugt werden.

Die Einzellast kann an beliebiger Stelle auf dem Durchlaufträger angeordnet sein. Die Zwangsverformung ist stets einem Lager zuzuordnen.

Weiterhin kann angegeben werden, ob die Last auf dem Hauptträger oder der Verstärkung angreift.



Es ist zu beachten, dass es sich bei den eingegebenen Lasten immer um Vertikallasten handelt; Horizontallasten können nicht verarbeitet werden!

Das Fenster zur Eingabe der Punktlasten wird wie folgt geöffnet:



Stabpunkt markieren, **neu-Button** und **Punktlast-Button** klicken.

Eingabefenster Punktbelastung

Als Lastart kann eine Einzellast- oder Lagerzwangsverformung (Drehung oder Verschiebung) gewählt werden.

Der Anker und der Abstand a vom Anker legen den Lastangriffspunkt fest.

Als Last kann eine Vertikallast F und/oder ein Moment M eingegeben werden. Im Falle einer Zwangsverformung werden Verschiebung Δw in z-Richtung und/oder eine Verdrehung $\Delta \varphi$ eingegeben.

Die Zuordnung zum Lastfall erfolgt über eine Listbox. Ein Klick auf den **Einwirkungsbutton** öffnet die Einwirkungs- und Lastfallverwaltung.

Die Last kann auf dem Hauptträger oder auf einer der Verstärkungen angreifen. Die Auswahl des Lastorts erfolgt über die Listbox.

 Eine Punktlast kann durch einen Klick auf den **Mülleimer** gelöscht werden.

4.10 Holzbaunachweise n. EC 5, DIN 1052:2008-12 und DIN 4102-22:2004

4.10.1 Allgemeines

Im Folgenden werden die Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise für Holztragwerke n. EC 5 DIN 1052:2008-12 sowie der Brandschutznachweis für Holzbauten nach DIN 4102-22:2004 und ihre Implementierung in *#DULAH* beschrieben.

Mit den neuen Normen wurden auch neue Materialbezeichnungen eingeführt. In den *pcae*-Programmen wird unterschieden zwischen

- Nadelholz C14, C16 (S7), C18, C20, C22, C24 (S10), C27, C30 (S13), C35, C40, C45, C50
- Laubholz D30, D35, D40, D50, D60, D70 und nur für EC 5 D18 und D24
- Brettschichtholz GL24h (BS11), GL28h (BS14), GL32h (BS16), GL36h (BS18), (homogen)
GL24c (BS11), GL28c (BS14), GL32c (BS16), GL36c (BS18), (kombiniert)

Um einen der nachfolgend beschriebenen Nachweise führen zu können, muss dem Hauptträger eines der o. a. Materialien zugeordnet werden.

DIN 1052:2008-12 setzt grundsätzlich eine Schnittgrößenermittlung nach DIN 1055-100 voraus.

Beim Tragfähigkeitsnachweis in der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation sowie bei den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen ergeben sich zusätzliche Eigenarten, die zu berücksichtigen sind. Hierauf wird bei der Beschreibung der einzelnen Nachweise eingegangen.

In Eurocode 5 wurden mit D18 und D24 zwei weitere Laubholzklassen eingeführt.

4.10.2 Nutzungsklassen

Bauwerke müssen einer Nutzungsklasse zugeordnet werden

- Nutzungsklasse 1 ist gekennzeichnet durch eine Holzfeuchte, die einer Temperatur von 20° C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 65% übersteigt, z.B. in allseitig geschlossenen und beheizten Bauwerken.
- Nutzungsklasse 2 ist gekennzeichnet durch eine Holzfeuchte, die einer Temperatur von 20° C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 85% übersteigt, z.B. bei überdachten offenen Bauwerken.
- Nutzungsklasse 3 erfasst Klimabedingungen, die zu höheren Holzfeuchten führen als in Nutzungsklasse 2 angegeben, z.B. für Konstruktionen, die der Witterung ausgesetzt sind.

Die Nutzungsklasse des Bauteils wird im Eigenschaftsblatt *Globale Einstellungen*, Register *Norm/Globale Werte* festgelegt (s. Abs. 4.2.1, S. 14).

Die Festlegungen bzgl. der Nutzungsklasse eines Bauwerks gelten auch für die Nachweise nach EC 5.

4.10.3 Eurocode und die nationalen Anwendungsdokumente

Eurocode ist eine europäische Norm, die in den Mitgliedsländern der EU durch ein jeweiliges nationales Anwendungsdokument (NAD) verbindlich eingeführt wird.

Eurocode erlaubt den Mitgliedsländern in den NADs bestimmte Parameter, die in den Eurocodes als Empfehlungen ausgewiesen sind, verbindlich zu überschreiben (NDP: national determined parameters, national festzulegende Parameter). Darüber hinaus kann ein NAD ergänzende, nicht widersprechende Angaben zur Anwendung der Eurocodes enthalten (NCI: noncontradictory complementary information).

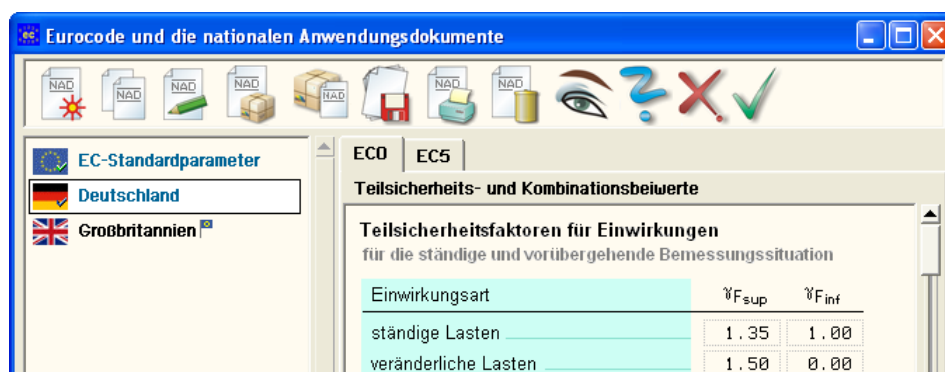
pcae ermöglicht, statische Berechnungen für Bauwerke in allen Mitgliedsländern Europas zu erstellen. Die vollständige Einführung von Eurocode bietet hierzu eine hervorragende Chance. Allein die nationalen Anwendungsdokumente der teilnehmenden Staaten müssen in die Software eingepflegt werden.

pcae bietet hierzu ein Werkzeug an, dass von allen Programmen, die Eurocodenachweise anbieten, aufgerufen werden kann und die NADs unterschiedlicher europäischer Mitgliedsländer verwaltet.

Das Modul wird durch Anklicken des **Flaggensymbols** im Register *Norm/Globale Werte* und im Eigenschaftsblatt zur Auswahl der *Nationalen Anwendungsdokumente* gestartet.



Das nachfolgend dargestellte Fenster zur Bearbeitung der nationalen Anwendungsdokumente erscheint.



Im linken Fenster sind die einzelnen definierten NADs aufgelistet. Hier befinden sich mindestens zwei Objekte:

Zum einen die EC-Standardparameter, die die Eurocode-Empfehlungen enthalten, sowie das nationale Anwendungsdokument Deutschland. Diese beiden Objekte werden von **pcae** mitgeliefert und sind nicht editierbar.

Über die Schalttafeln im Kopf des Eigenschaftsblatts können neue NADs erzeugt sowie ausgewählte NADs kopiert, umbenannt oder gelöscht werden.

Auf der rechten Seite werden in dem registergesteuerten Fenster die Parameter des aktuell ausgewählten NADs zur Einsicht bzw. zur Bearbeitung angeboten. Sind hier Änderungen vorgenommen worden, sollten diese ggf. schreibtsich global durch Anklicken des **Diskettensymbols** gesichert werden.

Das Eigenschaftsblatt hat für das Eingabemodul auch einen reinen Auswahlcharakter: nach Verlassen des Eigenschaftsblatts über den **grünen Haken** wird das aktuell ausgewählte NAD dem zu berechnenden Bauteil zugeordnet.

Nachfolgend geführte Nachweise werden dann mit den hierdurch festgelegten Parametern geführt. Da dies von Relevanz für Ergebnisse des Rechenlaufs sein kann, erscheint eine entsprechende Meldung auf dem Sichtgerät.

Das Eigenschaftsblatt weist i.d.R. nur eine für das Programm relevante Untermenge der möglichen Parameter aus. Ihre Bedeutungen werden, so sie nicht selbsterklärend sind, in der Beschreibung des Nachweises erklärt, bei dem sie zur Anwendung kommen.

4.10.4

Nachweise n. DIN 1052:2008-12

4.10.4.1

Tragfähigkeitsnachweis (Theorie I. Ordnung)

Bei diesem Nachweis werden die vorhandenen Spannungen den zulässigen Größen gegenübergestellt. Der Ausnutzungsgrad, der überall ≤ 1.0 sein muss, um den Nachweis als erbracht anzusehen, ergibt sich direkt.

Nachweis für Stäbe mit Biegung entspr. DIN 1052:2008-12, Abs. 10.2.6

$$k_{\text{red}} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Nachweis für Stäbe mit Biegung n. DIN 1052:2008-12, Abs. 10.3.3 (Ersatzstabverfahren)

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

Nachweis für Stäbe mit Querkraft n. DIN 1052:2008-12, Abs. 10.2.9

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\sigma_{m,y,d}$ Normalspannung aus Moment um y-Achse

$\tau_{z,d}$ Schubspannung aus Querkraft in z-Richtung

berechnet aus den nach DIN 1055-100 faktorisierten Bemessungsschnittgrößen.

$f_{m,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{m,k}$ Festigkeitskennwert für Biegebeanspruchung (Bemessungswert)

$f_{c,0,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{c,0,k}$... Druck parallel zur Faser (Bemessungswert)

$f_{t,0,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{t,0,k}$... Zug parallel zur Faser (Bemessungswert)

$f_{v,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{v,k}$... Schubbeanspruchung (Bemessungswert)

k_{mod} Modifikationsbeiwert

γ_M Materialsicherheitsbeiwert

= 1.0 für außergewöhnliche Bemessungssituationen

= 1.3 sonst

$f_{m,k}, f_{c,0,k}, f_{t,0,k}, f_{v,k}$ Festigkeitskennwerte auf charakteristischem Niveau gem. Tab. DIN 1052:2008-12 F.5, F.7, F.9

k_m Kippbeiwert (Ersatzstabverfahren)

k_{red} Reduktionsfaktor

4.10.4.1.1

Sonderheiten bei Lastfallüberlagerung

Der Modifikationsbeiwert k_{mod} ist abhängig von der Nutzungsklasse des Bauwerks und der Art der beteiligten Einwirkungen, die zu den extremalen Schnittgrößen führen. Hierbei ist die Zuordnung der Einwirkung zur Klasse der Lasteinwirkungsdauer maßgebend.

Modifikationsbeiwerte in Abhängigkeit der Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED):

Klasse der Lasteinwirkungsdauer		Nutzungsklasse		
		1	2	3
ständig	länger als 10 Jahre	0.60	0.60	0.50
lang	6 Monate bis 10 Jahre	0.70	0.70	0.55
mittel	1 Woche bis 6 Monate	0.80	0.80	0.65
kurz	kürzer als eine Woche	0.90	0.90	0.70
sehr kurz	kürzer als 1 Minute	1.10	1.00	0.90

Die hier angegebenen Werte gelten für die in **pcae**-Programmen vorhandenen Vollholz- und Brettschichtholzgütern.

DIN 1055:2008-12:

"Der Einfluss der Nutzungsklasse und der Klasse der Lasteinwirkungsdauer auf die Festigkeitseigenschaften werden" ... "durch den Modifikationsbeiwert berücksichtigt. Bei Lastkombinationen aus Einwirkungen, die zu verschiedenen Klassen der Lasteinwirkungsdauer gehören, gilt die Einwirkung mit der kürzesten Dauer als maßgebend." ... "dabei sind sämtliche Lastfallkombinationen zu überprüfen" ... "Der Einfluss des Modifikationsbeiwertes auf den Bemessungswert der Festigkeitseigenschaft kann bewirken, dass eine Einwirkungskombination maßgebend ist, die nicht den maximalen Bemessungswert der zugehörigen Beanspruchung liefert."

Es kann (und wird) folglich durchaus passieren, dass allein das Eigengewicht (ständige Lasten) den maßgeblichen Bemessungsfall darstellt, da diesem der kleinste k_{mod} -Wert zugeordnet ist.

4.10.4.1.2

Beispiel

Die Lastfallüberlagerung ist am besten an einem Beispiel zu erläutern:

Gegeben sei ein Bauwerk der Nutzungsklasse 1 mit den Einwirkungen

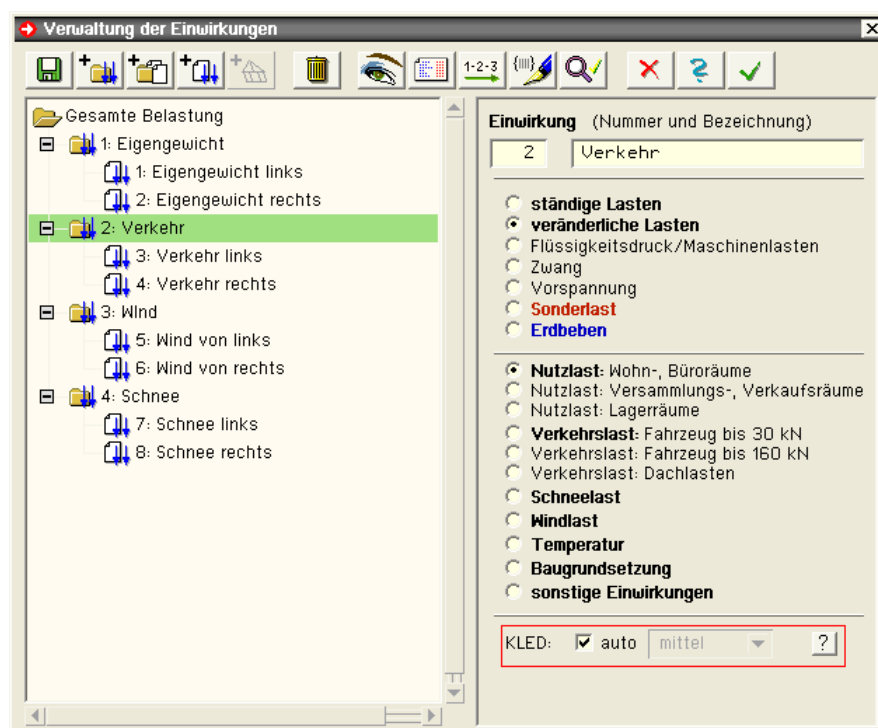
1: Eigengewicht	Typ = ständige Lasten	KLED = ständig	$k_{\text{mod}} = 0.60$
2: Verkehr	Typ = veränderliche Lasten	KLED = mittel	$k_{\text{mod}} = 0.80$
3: Wind	Typ = veränderliche Lasten	KLED = kurz	$k_{\text{mod}} = 0.90$
4: Schnee	Typ = veränderliche Lasten	KLED = kurz	$k_{\text{mod}} = 0.90$

Bei Einrichten des hier zu beschreibenden Tragfähigkeitsnachweises wird automatisch eine Extremalbildungsvorschrift vom Typ *standard* erzeugt, die den Normalfall der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation berücksichtigt.

Die Extremalbildungsvorschrift sortiert zunächst die ihr zugeordneten Einwirkungen in Abhängigkeit der Größenordnung ihrer k_{mod} -Werte. Nun werden Gruppen gebildet:

- die erste Gruppe besteht allein aus der Einwirkung *Eigengewicht*, da dieser Einwirkung der kleinste k_{mod} -Wert (0.60) zugeordnet ist
- die zweite Gruppe wird von den Einwirkungen *Eigengewicht* und *Verkehr* gebildet
- die Extremalen dieser beiden Einwirkungen sind mit $k_{\text{mod}} = 0.80$ nachzuweisen
- in der dritten Gruppe kommen die Einwirkungen *Wind* und *Schnee* hinzu. Dieser Gruppe ist der k_{mod} -Wert 0.90 zugeordnet.

In den ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen wird jede Gruppe für sich extremiert und mit dem ihr zugeordneten k_{mod} -Wert nachgewiesen.



Die Festlegung, welche Klasse der Lasteinwirkungsdauer einer Einwirkung zuzuordnen ist, legt der Benutzer im Eigenschaftsblatt zur *Verwaltung der Einwirkungen* fest. Entscheidungshilfen bietet die Norm in DIN 1052:2008-12 Tab. 4.

4.10.4.2

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit in der seltenen Bemessungssituation

Der Nachweis beschränkt sich auf Eingrenzung der Verformungen im Vergleich zu den empfohlenen Grenzwerten. Mit diesem Nachweis sollen Schäden an Trennwänden, Installationen, Bekleidungen oder dergleichen vermieden werden. Aus diesem Grunde spielen die Verformungen aus veränderlichen Lasten eine übergeordnete Rolle.

Es sind die beiden nachfolgend dargestellten Teilnachweise zu erbringen:

$$\text{Teilnachweis A} \quad w_{Q,inst} \leq \frac{l_v}{300} \quad \text{Kragträger} \quad \frac{l_v}{150}$$

$$\text{Teilnachweis B} \quad w_{fin} - w_{G,inst} \leq \frac{l_v}{200} \quad \text{Kragträger} \quad \frac{l_v}{100}$$

$w_{G,inst}$ maximale Durchbiegung der ständigen Lasten ohne Kriecheinfluss

$w_{Q,inst}$... der veränderlichen Einwirkungen ohne Kriecheinfluss

$w_{G,fin}$... der ständigen Lasten mit Kriecheinfluss

$w_{Q,fin}$... der veränderlichen Einwirkungen mit Kriecheinfluss

$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,fin}$ maximale Durchbiegung aller Einwirkungen mit Kriecheinfluss

l_v Vergleichslänge als Länge zwischen zwei Lagerpunkten bzw. Kragarmlänge

Der Kriecheinfluss ist n. DIN 1052:2008-12, Abs. 8.3, (zeitabhängige Verformungen) wie folgt zu berücksichtigen:

$$\text{ständige Einwirkungen} \quad w_{G,fin} = w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def})$$

$$\text{führende veränderliche Einwirkung} \quad w_{Q,1,fin} = w_{Q,1,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def})$$

$$\text{nicht führende veränd. Einwirkung} \quad w_{Q,i,fin} = w_{Q,i,inst} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{def})$$

k_{def} Verformungsbeiwert entsprechend DIN 1052:2008-12, Tab. F.2

Nutzungsklasse 1: $k_{def} = 0.60$

Nutzungsklasse 2: $k_{def} = 0.80$

Nutzungsklasse 3: $k_{def} = 2.00$

ψ_0, ψ_2 Kombinationsbeiwerte gemäß DIN 1055-100

4.10.4.2.1

Sonderheiten der Lastfallüberlagerung

Der Wert für Teilnachweis A kann direkt mit der Extremalbildungsvorschrift für Gebrauchstauglichkeitsnachweise in der seltenen Kombination gewonnen werden, wenn die Faktoren der ständigen Einwirkungen zu 0 gesetzt werden.

Es gilt

	ψ_{dom}	ψ_{sub}	γ_{sup}	γ_{inf}
ständige Lasten	0	0	0	0
veränderliche Lasten	1	ψ_0	1	0

Für Teilnachweis B erfolgt zunächst eine Umformung:

$$\begin{aligned} w_{fin} - w_{G,inst} &= w_{G,fin} + w_{Q,fin} - w_{G,inst} \\ &= (1 + k_{def}) \cdot w_{G,inst} + w_{Q,fin} - w_{G,inst} \\ &= k_{def} \cdot w_{G,inst} + w_{Q,fin} \end{aligned}$$

Die ständigen Lasten können folglich direkt mit k_{def} multipliziert werden.

Bei den veränderlichen Lasten wird wie oben beschrieben zwischen führenden und nicht führenden Einwirkungen unterschieden.

Es ergibt sich

	Ψ_{dom}	Ψ_{sub}	γ_{sup}	γ_{inf}
ständige Lasten	k_{def}	k_{def}	1	1
veränderliche Lasten	$(1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}})$	$(\psi_0 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}})$	1	0

4.10.4.3

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit in der quasiständigen Bemessungssituation

Der Nachweis beschränkt sich auf Eingrenzung der Verformungen im Vergleich zu den empfohlenen Grenzwerten. Mit diesem Nachweis sollen die allgemeine Benutzbarkeit und das Erscheinungsbild gewährleistet werden.

Nachweis	$w_{\text{fin}} - w_0 \leq \frac{l_v}{200}$	Kragträger	$\frac{l_v}{100}$
w_{fin}	maximale Durchbiegung aller Einwirkungen mit Kriecheinfluss		
w_0	Überhöhung im lastfreien Zustand (falls vorhanden)		
l_v	Vergleichslänge als Länge zwischen zwei Lagerpunkten bzw. Kragarmlänge		

In der quasiständigen Bemessungssituation gilt

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{G,fin}} + w_{\text{Q,fin}}$$

$$w_{\text{G,fin}} = w_{\text{G,inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) \quad \text{maximale Durchbiegung aus ständigen Lasten mit Kriecheinfluss}$$

$$w_{\text{Q,i,fin}} = w_{\text{Q,i,inst}} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} \cdot k_{\text{def}}) \quad \dots \text{ aus veränderlichen Lasten mit Kriecheinfluss}$$

k_{def}	Verformungsbeiwert entsprechend DIN 1052:2008-12, Tab. F.2		
	Nutzungsklasse 1:	$k_{\text{def}} = 0.60$	
	Nutzungsklasse 2:	$k_{\text{def}} = 0.80$	
	Nutzungsklasse 3:	$k_{\text{def}} = 2.00$	
ψ_2	Kombinationsbeiwert gemäß DIN 1055-100		

4.10.4.3.1

Sonderheiten der Lastfallüberlagerung

Um den Kriecheinfluss bei der quasiständigen Bemessungssituation zu berücksichtigen, müssen die Teilsicherheitsbeiwerte nur mit dem Wert $(1 + k_{\text{def}})$ multipliziert werden.

	Ψ_{dom}	Ψ_{sub}	γ_{sup}	γ_{inf}
ständige Lasten	1	1	$1 + k_{\text{def}}$	$1 + k_{\text{def}}$
veränderliche Lasten	ψ_2	ψ_2	$1 + k_{\text{def}}$	$1 + k_{\text{def}}$

4.10.4.4

Brandschutznachweis für Holzbauten

Mit dem Brandschutznachweis soll sichergestellt werden, dass das Tragwerk auch im Brandfalle eine gewisse vorgebbare Zeit tragfähig bleibt, um Personen im Gebäude eine geregelte Räumung zu ermöglichen.



der Brandschutznachweis wird nur für den Hauptträger geführt.

DIN 4102-22:2004-11 stellt zwei unterschiedliche Verfahren vor.

Beim genaueren Verfahren nach DIN 4102-22:2004-11, 5.5.2.1b, wird der (nach Abbrand) verbleibende Restquerschnitt mit reduzierten Festigkeitswerten auf Grund der erhöhten Temperatureinwirkung nachgewiesen.

- genaueres Verfahren n. DIN 4102-22:2004-11, 5.5.2.1b

Nachgewiesen wird hierbei der (nach Abbrand) verbleibende Restquerschnitt mit reduzierten Festigkeitswerten auf Grund der erhöhten Temperatureinwirkung.

- vereinfachtes Verfahren n. DIN 4102-22:2004-11, 5.5.2.1a

Auf die Reduzierung der Festigkeitswerte wird verzichtet. Dafür wird der ideelle Restquerschnitt nachgewiesen, der an den beflamten Seiten um 7 mm kleiner ist, als der verbleibende Restquerschnitt.

Beide Verfahren sind in ~~///~~DULAH enthalten und können alternativ ausgewählt werden. ~~///~~DULAH unterstützt standardmäßig das genauere Verfahren.

Verfahren

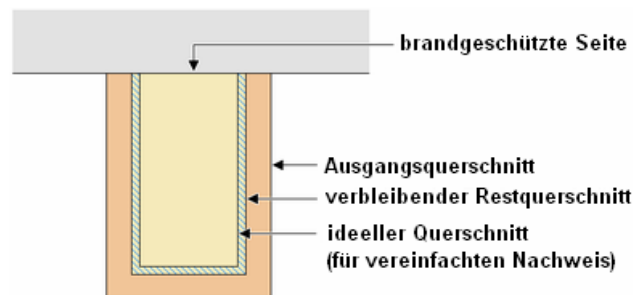
Beim Brandschutznachweis wird zwischen 3- und 4-seitiger Brandbeanspruchung unterschieden. Es wird davon ausgegangen, dass nach einer gewissen Branddauer ein tragfähiger Restquerschnitt verbleibt, der im Rahmen einer außergewöhnlichen Bemessungssituation nachgewiesen werden kann.

Die Reduzierung des Ausgangsquerschnitts berechnet sich zu

$$d(t_f) = \beta_n \cdot t_f \quad \text{mit der Abbrandrate } \beta_n \text{ in mm/min nach DIN 4102-22:2004-11, Tab.74,}$$

und der geforderten Feuerwiderstandsdauer t_f in min

Nach dieser Reduzierung ergibt sich der verbleibende Restquerschnitt wie nachfolgend am Beispiel eines dreiseitig brandbeanspruchten Rechteckquerschnitts dargestellt.



Während beim genaueren Verfahren der verbleibende Restquerschnitt nachgewiesen wird, ist beim vereinfachten Verfahren der ideelle Querschnitt, der sich durch eine weitere Reduzierung um 7 mm ergibt, zu Grunde zu legen.

Die für den Normalspannungsnachweis benötigten Festigkeitskennwerte auf Designebene (Bemessungswerte) ergeben sich beim Brandschutznachweis zu

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_k}{\gamma_{M,fi}}$$

f_k Festigkeitskennwerte auf charakteristischem Niveau gemäß Tab. DIN 1052:2008-12 F.5, F.7, F.9

k_{fi} Faktor zur Ermittlung des 20%-Fraktilwertes der Festigkeit (DIN 4102-22 – Tab. 75)

$\gamma_{M,fi}$ Materialsicherheitsbeiwert (= 1.0)

Beim genaueren Verfahren gilt für die

Biegesteifigkeit $k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{225} \cdot \frac{u_r}{A_r} \rightarrow f_{m,d,fi}$

Druckfestigkeit parallel zur Faser $k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{125} \cdot \frac{u_r}{A_r} \rightarrow f_{c,0,d,fi}$

Zugfestigkeit $k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{333} \cdot \frac{u_r}{A_r} \rightarrow f_{t,0,d,fi}$

Hierin ist u_r der Restquerschnittsumfang der beflamten Seiten in m und A_r die Fläche des verbleibenden Restquerschnitts in m^2 .

Der formale Nachweis entspricht unter Anwendung dieser Eingangswerte dem allgemeinen Tragfähigkeitsnachweis für Normalspannungen.



Im Folgenden werden die Formeln in vollständiger Form für Normalbeanspruchung und zweiachsige Biegung gezeigt; *##DULAH* führt den einachsigen Nachweis ohne Normalbeanspruchung, so dass nur die mit Index y behafteten Terme angesetzt werden.

Nachweis für Stäbe mit Biegung und Druck nach DIN 1052:2008-12, Abs. 10.3.3

$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{k_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{k_{m,fi} \cdot f_{m,d,fi}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,d,fi}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{k_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{k_{m,fi} \cdot f_{m,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,d,fi}} \leq 1$$

Nachweis für Stäbe mit Biegung und Zug nach DIN 1052:2008-12, Abs. 10.3.4

$$\frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{k_{m,fi} \cdot f_{m,d,fi}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,d,fi}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{k_{m,fi} \cdot f_{m,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,d,fi}} \leq 1$$

Die Normalspannungen $\sigma_{c,0,d,fi}$, $\sigma_{m,y,d,fi}$, $\sigma_{m,z,d,fi}$ und $\sigma_{t,0,d,fi}$ sind beim genaueren Verfahren am verbleibenden Restquerschnitt zu ermitteln.

Beim Stabilitätsnachweis mit Hilfe des Ersatzstabverfahrens sind die Knickbeiwerte $k_{c,y,fi}$ und $k_{c,z,fi}$ sowie der Kippbeiwert $k_{m,fi}$ grundsätzlich unter Verwendung des verbleibenden Restquerschnitts und einer Reduzierung der Festigkeits- und Steifigkeitsparameter zu ermitteln.

Die Steifigkeitsparameter sind hierbei wie folgt zu reduzieren

$$E_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{E_{0,05}}{Y_{M,fi}}$$

$$G_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{2/3 \cdot G_{05}}{Y_{M,fi}} \quad \text{für Vollholz}$$

$$G_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{G_{05}}{Y_{M,fi}} \quad \text{für Brettschichtholz}$$

Der Modifikationsbeiwert ist hierin wie folgt anzunehmen

$$k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{333} \cdot \frac{u_r}{A_r}$$

Der Brandschutznachweis arbeitet nach dem hier beschriebenen Verfahren mit den „kalt“ berechneten Schnittgrößen. Umlagerungseffekte wegen unterschiedlicher Abbrandraten können hierdurch nicht berücksichtigt werden.

4.10.5

Nachweise n. Eurocode 5

Die Holzbaunachweise n. Eurocode 5 entsprechen denen der DIN 1052:2008-12 in hohem Maße. Aus diesem Grunde werden hier nur die Unterschiede beschrieben.

4.10.5.1

Tragfähigkeitsnachweis (Theorie I. Ordnung)

Der Nachweis entspricht bis auf die folgenden Anmerkungen dem Tragfähigkeitsnachweis n. DIN 1052:2008-12 (Abs. 4.10.4.1, S. 45).

- Umbenennungen: k_{red} (DIN 1052) heißt im EC 5 k_m ; k_m (DIN 1052) heißt im EC 5 k_{crit}
 - die charakteristischen Festigkeitswerte für Biegung und Zug dürfen u.U. mit dem Faktor k_h erhöht werden
 - für Rechteckquerschnitte aus Vollholz ist $k_h = (150/h)^{0.2}$, jedoch nicht größer als 1.3
 - ... aus Brettschichtholz ist $k_h = (600/h)^{0.1}$, jedoch nicht größer als 1.1vgl. EN 1995-1-1, (3.1) und (3.2)
 - es gelten die in EC 5 angegebenen k_{mod} -Werte, die mit denen der DIN 1052 zunächst identisch sind

Das deutsche Anwendungsdokument legt zusätzlich fest, dass der k_{mod} -Wert bei Einwirkungen vom Typ *Wind* aus dem Mittelwert der Lasteinwirkungsdauern *kurz* und *sehr kurz* berechnet werden darf. Dies macht faktisch (programmintern) die Einrichtung einer neuen Klasse der Lasteinwirkungsdauer erforderlich.

vgl. EN 1995-1-1, Tab. 3.1, sowie DIN EN 1995-1-1/NA, Tab. NA.1, Fußnote b
 - es gelten die in EC 5 angegebenen Festigkeitswerte, die mit den Festigkeitswerten von DIN 1052 im Großen und Ganzen übereinstimmen. Augenfällig ist jedoch eine durchgängig höhere Schubfestigkeit.

Dafür wird in EC 5 der Rissfaktor k_{cr} für die Beanspruchbarkeit auf Schub eingeführt. Für Voll- und Brettschichtholz ist $k_{cr} = 0.67$. k_{cr} dient der Festlegung der effektiven (wirksamen) Breite bei der Berechnung der Schubspannungen nach der Formel $b_{ef} = k_{cr} \cdot b$ mit b = tatsächliche Breite.

Da bei der Ermittlung der Spannungen b linear eingeht (Dübelformel), entspricht dies einer künstlichen Erhöhung der gegebenen Bemessungswerte, die dann den erhöhten Schubfestigkeitswerten gegenübergestellt werden.

vgl. EN 1995-1-1, (6.13a)
 - Das deutsche nationale Anwendungsdokument widerspricht dieser Vorgehensweise für Nadel- und Brettschichtholz. Hierin wird der Parameter k_{cr} so festgelegt, dass die Festigkeitswerte für Nadel- und Brettschichtholz durch k_{cr} geteilt gerade die Festigkeitswerte der DIN 1052:2008-12 widerspiegeln.
 - der im EC 5 empfohlene Materialsicherheitsbeiwert für Vollholz beträgt 1.3 - der für Brettschichtholz 1.25
- vgl. EN 1995-1-1, Tab. 2.3
- Das deutsche nationale Anwendungsdokument legt den Materialsicherheitsbeiwert für Vollholz wie auch für Brettschichtholz mit 1.3 fest.
- vgl. DIN EN 1995-1-1/NA, Tab. Na. 2

4.10.5.2

Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Der Nachweis besteht aus drei Einzelnachweisen, die jeder für sich optional (de)aktiviert werden können. Allen Nachweisen gemeinsam ist, dass nachgewiesen werden muss, dass die unter bestimmten Lastkombinationen berechneten Verformungen bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten.

- 1. Nachweis: w_{inst}

w_{inst} ist die Verformung in der charakteristischen (in DIN 1055 *selten* genannten) Kombination ohne Kriecheinfluss

▪2. Nachweis: $w_{fin} = w_{inst} + w_{creep}$

mit w_{inst} s.o.

w_{creep} ist die Kriechverformung, die sich zusätzlich zur elastischen Anfangsverformung im Laufe der Zeit einstellt. Die Kriechverformung ist die mit k_{def} multiplizierte, in der quasiständigen Kombination ermittelte Verformung.

Die Werte werden vom Programm durch Setzen von $\psi_{dom} = 1 + \psi_2 \cdot k_{def}$ und

$\psi_{sub} = \psi_0 + \psi_2 \cdot k_{def}$ ermittelt.

▪3. Nachweis: $w_{net,fin}$

Lt. EN 1995-1-1 ist hier die im 2. Nachweis ermittelte Verformung w_{fin} unter Berücksichtigung einer evtl. vorgegebenen Vorverformung nachzuweisen.

Das deutsche NAD widerspricht dem in der 1. Änderung DIN EN 1995-1-1/NA/A1 (vom Febr. 2012). Demnach gilt: $w_{net,fin}$ ist die Endverformung in der quasiständigen Kombination abzgl. einer evtl. vorgegebenen Vorverformung.

Die Endverformung ermittelt sich aus der Anfangsverformung durch Multiplikation mit dem Faktor $(1 + k_{def})$.

Die den einzelnen Nachweisen zugeordneten Grenzwerte sind in EN 1995-1-1 als Empfehlungen angegeben und vom NAD Deutschland als Empfehlung bestätigt. Sie können vom Benutzer jedoch (ggf. nach Absprache mit dem Bauherrn) geändert werden.

4.10.5.3

Brandschutznachweis

An dieser Stelle werden nur die minimalen Unterschiede zum Nachweis n. DIN 4102-22:2004-11 herausgestellt.

▪die Nachweismethode *mit reduziertem Querschnitt* entspricht i.W. dem vereinfachten Nachweis n. DIN 4102-22, Abs.5.5.2 a)

Die Nachweismethode *mit reduzierten Eigenschaften* entspricht i.W. dem genaueren Nachweis n. DIN 4102-22, Abs.5.5.2 b).

▪bei der Nachweismethode *mit reduziertem Querschnitt* darf die Querschnittsreduzierung (bei DIN 4102-22: $d_0 = 7 \text{ mm} = \text{const.}$) bei kurzer Branddauer ($< 20 \text{ min}$) zwischen 0 und 7 mm interpoliert werden

vgl. EN 1995-1-2, Abs. 4.2.2, Tab. 4.1

▪bei der Methode *mit reduzierten Eigenschaften* sind die Formeln zur Ermittlung der Modifikationsbeiwerte im Brandfall geringfügig geändert worden. Für die

$$\text{Biegesteifigkeit} \dots\dots\dots k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{200} \cdot \frac{\rho}{A_r}$$

$$\text{Druckfestigkeit} \dots\dots\dots k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{125} \cdot \frac{\rho}{A_r}$$

$$\text{Zugfestigkeit und E-Modul} \dots\dots\dots k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{330} \cdot \frac{\rho}{A_r}$$

ρ Umfang des dem Feuer ausgesetzten Restquerschnitts

A_r Fläche des Restquerschnitts

vgl. EN 1995-1-2, Abs. 4.2.3, (4.2) - (4.4)

▪die o.a. $k_{mod,fi}$ -Werte gelten für eine Branddauer $t \geq 20 \text{ min}$

für $t = 0$ gilt: $k_{mod,fi} = 1.0$.

für $0 < t < 20 \text{ min}$ darf linear interpoliert werden.

vgl. EN 1995-1-2, Abs. 4.2.3, Anwendungsregel (4)

▪bei der Bestimmung des Bemessungswertes für den Schubmodul im Brandfall $G_{d,fi}$ für Vollholz entfällt der Faktor 2/3

4.11 Stahlbaunachweise n. EC 3 (DIN EN 1993) und DIN 18800

4.11.1 Nachweis DIN EN 1993

Der Tragsicherheitsnachweis der Stahlverstärkungen erfolgt nach dem Nachweisverfahren

- Elastisch-Elastisch (E-E) (DIN EN 1993-1-1, Abschnitt 6.2.1(5))
Die Schnittgrößen (Beanspruchungen) werden hierbei auf Grundlage der Elastizitätstheorie bestimmt.

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1$$

$\sigma_{x,Ed}$ Bemessungswert der Normalspannung in Längsrichtung am betrachteten Punkt

$\sigma_{z,Ed}$ Bemessungswert der Normalspannung in Querrichtung am betrachteten Punkt

τ_{Ed} ... der Schubspannung am betrachteten Punkt

4.11.2 Nachweis DIN 18800

Der Tragsicherheitsnachweis der Stahlverstärkungen erfolgt nach dem Nachweisverfahren

- Elastisch-Elastisch (E-E) (DIN 18800, EI. 747)
Die Schnittgrößen (Beanspruchungen) werden hierbei auf Grundlage der Elastizitätstheorie bestimmt.

$$\frac{\sigma}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \quad \text{für die Normalspannungen } \sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$$

$$\frac{\tau}{\tau_{R,d}} \leq 1 \quad \dots \text{ Schubspannungen } \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$$

$$\frac{\sigma_v}{\sigma_{R,d}} \leq 1 \quad \dots \text{ gleichzeitige Wirkung mehrerer Spannungen}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y - \sigma_x \cdot \sigma_z - \sigma_y \cdot \sigma_z + 3 \cdot \tau_{xy}^2 + 3 \cdot \tau_{xz}^2 + 3 \cdot \tau_{yz}^2}$$

4.12 Berechnung durchführen



Für die Durchführung der Berechnung gibt es zwei Betriebsmodi.

Wenn der Knopf **auto** gedrückt ist, wird sofort nach jeder neuen Eingabe eine weitere Berechnung durchgeführt.

Ist die automatische Berechnung nicht aktiv, muss der Anwender bei Bedarf eine neue Berechnung durch Betätigen des Knopfes **start** in Gang setzen.

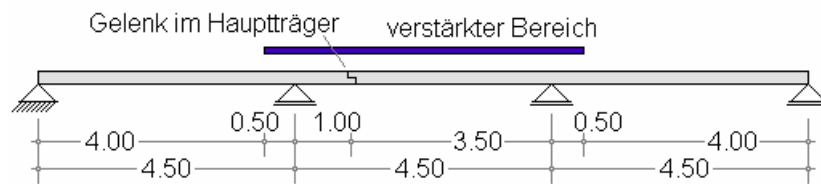
4.13 Druckausgabe



Zum Druckmanager und den dortigen Interaktionsmöglichkeiten sowie zu der zum Lieferumfang gehörenden **englischsprachigen** Druckdokumentenausgabe s. DTE®-Handbuch.

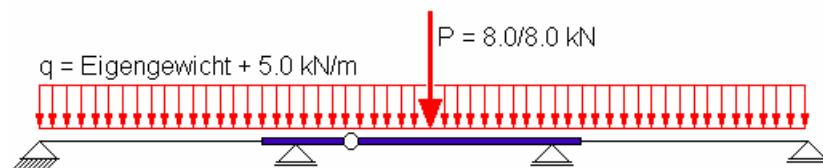
5 Eingabebeispiel

Das dargestellte Dreifeldträgersystem soll berechnet werden.

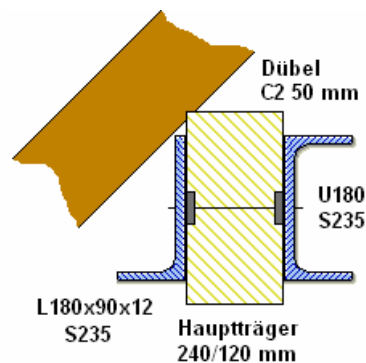


Die Belastung des Trägers besteht aus einer Gleichstreckenlast und einer Einzellast. Die Gleichstreckenlast teilt sich in das Eigengewicht der Konstruktion sowie eine feldweise zu untersuchende Verkehrslast von 5 kN/m auf.

Die Einzellast wirkt in der Mitte des mittleren Feldes. Ihr Eigengewichtsanteil beträgt wie ihr Anteil an der Verkehrslast 8.0 kN. Es ergibt sich das nachfolgend dargestellte statische System:



Konstruktionsbedingt muss die Verstärkung unsymmetrisch ausgebildet werden. Gewählt wird auf der rechten Seite ein U 180 und auf der linken Seite ein Winkel L180x90x12. Der rechteckige Hauptträger hat die Maße $h/b = 240/120$ mm. Als Dübel werden Scheibendübel C2 Durchmesser 50 mm gewählt, die im Abstand von 50 cm zum Einsatz kommen.



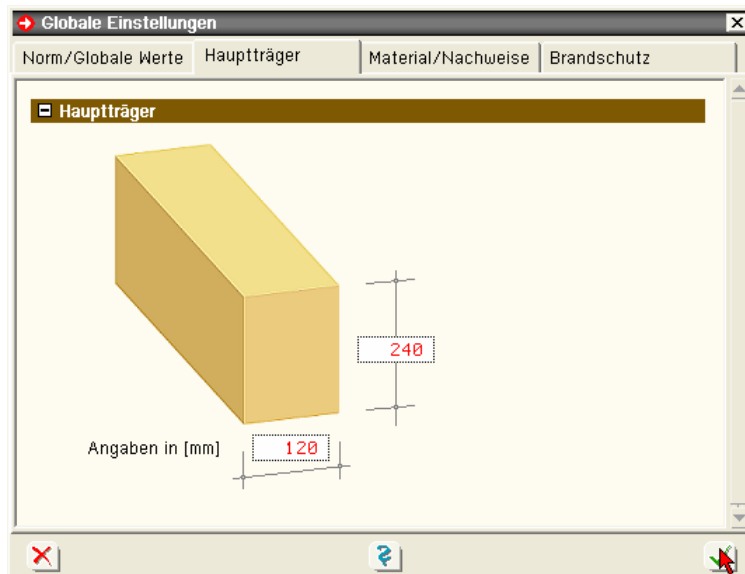
Es wird empfohlen, die nachfolgend skizzierten Aktionen am Rechner nachzuvollziehen.

Starten Sie das DTE®-System und erzeugen Sie ein neues DTE®-Bauteil der Problemklasse *verstärkter Holzträger* wie unter Abs. 3, S. 9, beschrieben.

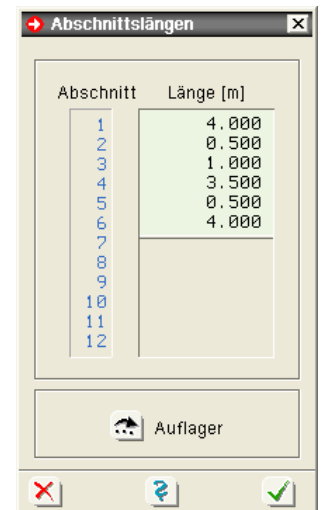
Starten Sie dann bitte *##DULAH*, indem Sie den Doppelklick auf dem soeben erzeugten Bauteilsymbol ausführen. Es erscheint der auf S. 13 dargestellte Eingabeassistent.



Klicken Sie bitte auf den Button zur Festlegung der Globalen Einstellungen. Die Einstellungen bzgl. Norm und Nutzungsklasse sollen hier nicht interessieren. Tragen Sie bitte im Register 2 die Abmessungen des Hauptträgers ein.



Nach **Bestätigen** klicken Sie bitte den Button zur Eingabe der Abschnittslängen an und tragen die im folgenden Bild angegebenen Zahlenwerte ein.



Bestätigen Sie dann das Eigenschaftsblatt durch Anklicken des **grünen Hakens**.

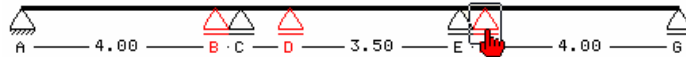
In der Baumansicht auf der linken Seite der Eingabehilfe sind die neu erzeugten Systemdaten bereits eingetragen.



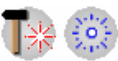
Obwohl die Eingabe weiterhin mit der Eingabehilfe erfolgen kann, beenden Sie bitte auch diese.

Im Konstruktionsfenster sind die eingegebenen Abschnitte bereits dargestellt. Das System muss nun an die Gegebenheiten der Aufgabenstellung angepasst werden. Ziehen Sie den Fensterseparator (s. S. 10) nach ganz unten. So bekommen Sie eine optimale Ansicht der zum Konstruktionsfenster gehörenden Teilansichten.

Wie die Systemskizze im Konstruktionsfenster zeigt, sind durch die Eingabe alle Abschnittsenden gelagert worden. In unserem Beispiel werden jedoch drei Abschnittsgrenzen lediglich als Anfang und Ende des Verstärkungsbereiches und zur Angabe der gewünschten Gelenkbedingung benötigt. Hier ist die **Lagerung** wieder zu entfernen. Markieren Sie daher bitte die Anker B, D und F durch Anklicken mit der LMT.

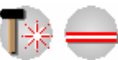
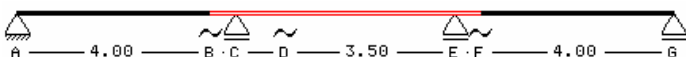


Klicken Sie nun bitte die beiden nebenstehenden Buttons an. Entfernen Sie im nachfolgenden Eigenschaftsblatt die Lagerungsbedingungen der markierten Knoten durch Anklicken des **Tilde**-Symbols und **bestätigen** anschließend.



Nach Beenden der Aktion bleiben die drei Punkte markiert. Durch Anklicken der beiden nebenstehenden Buttons werden alle aktivierten Objekte abgewählt.

Wählen Sie nun die Abschnitte zwischen den Punkten B und F aus. Dies kann durch Umfahren mittels Fangrechteck oder einzelnes Anklicken geschehen. Die ausgewählten Trägerabschnitte erscheinen rot während die Abschnitte außerhalb des Verstärkungsbereiches schwarz dargestellt sind.



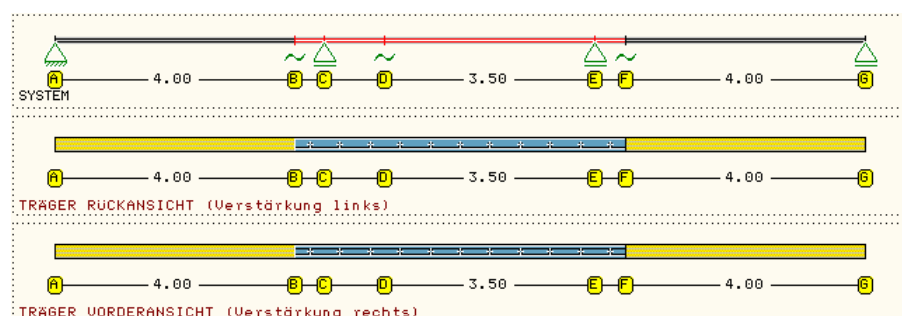
Klicken Sie bitte die nebenstehend dargestellten Symbole zur Bearbeitung der Trägerabschnitte an. Es erscheint das Eigenschaftsblatt zur Definition der **Verstärkungen**. Wechseln Sie dort in das Register **Verstärkung**.

Klicken Sie auf der linken Seite des Eigenschaftsblatts den Winkel und auf der rechten Seite das U-Profil an. Wählen Sie korrespondierend hierzu den Winkel L180x90x12 und das Profil U180 aus. Wählen Sie weiterhin im Register *Verbindungsmittel* den Dübeltyp C2 mit Durchmesser und zugehörigem Bolzendurchmesser.

Abschnitte	Verstärkung	Verbindungsmittel	Abstände	Nachweise
Verbindungsmittel Scheibendübel C2/C1 Durchmesser: 50.00 mm Bolzendurchmesser: 12.00 mm 1-Reihig 2-Reihig 3-Reihig 4-Reihig 5-Reihig 6-Reihig 7-Reihig 8-Reihig Abstand a ₂ : 7875.0 mm				
Optionen <input type="radio"/> FK 3.6 <input checked="" type="radio"/> FK 4.6 <input type="radio"/> FK 4.8 <input type="radio"/> FK 5.6 <input type="radio"/> FK 5.8 <input type="radio"/> FK 8.8 <input type="checkbox"/> als Gewindestange <input type="checkbox"/> als Passbolzen <input type="checkbox"/> Fv,Rk gemäß 8.2.2 erhöhen Bei Verbindungen mit Bolzen darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit Fv,Rk infolge der Seilwirkung um einen Anteil ΔFv,Rk erhöht werden ∅ - Unterlegscheibe (≥ 3 d) du: 0.0 mm <input type="checkbox"/> automatisch <input checked="" type="radio"/> Vereinfachter Nachweis nach NAD <input type="radio"/> Genauer Nachweis nach DIN EN 1995, 8.2.2 <input type="radio"/> Bemessungswerte-Verfahren (mit f _{hd} und m _{yd} rechnen)				

Geben Sie anschließend im Register *Abstände* als Dübelabstände bei äquidistanter Verteilung die u.a. Werte ein. **Bestätigen** Sie dann das Eigenschaftsblatt.

Abschnitte	Verstärkung	Verbindungsmittel	Abstände	Nachweise
Verbindungsmittelabstände <input checked="" type="radio"/> Äquidistant verteilen <input type="radio"/> Gruppirt <input type="radio"/> Frei  TRÄGER RÜCKANSICHT (Verstärkung links)  TRÄGER (Verstärkung rechts) Abstand vom Abschnittsanfang zum ersten Dübel: 250 mm Abstand vom Abschnittsende zum letzten Dübel: <input checked="" type="checkbox"/> autom. mm Abstand a ₁ der Dübel in Faserrichtung: 500 mm Anzahl: 11 <input type="radio"/> Dübelabstände gelten für jeden einzelnen der markierten Stäbe <input checked="" type="radio"/> Dübelabstände auf den gesamten markierten Stabzug beziehen				





Die Begriffe links/rechts bzw. Rück-/Vorderansicht werden anschaulich, wenn man bedenkt, dass das System von Anker A beginnend beschrieben wird. Wenn der Betrachter auf den Monitor schaut, betrachtet er die Vorderseite; schaut er von Anker A in Richtung Anker B, entspricht seine rechte Seite der Vorderseite des Systems.



Zum Abschluss der Systembeschreibung fehlt noch die Definition des **Gelenks**. Klicken Sie hierzu doppelt auf den nicht gelagerten Knotenpunkt D. Drücken Sie den **Gelenkbutton** ein und bestätigen Sie das Eigenschaftsblatt.

GELENK	<input checked="" type="checkbox"/>	100 %	nur am Hauptträger

Der lastunabhängige Teil des Systems ist somit festgelegt. Wir kommen nun zur Beschreibung der **Belastung**.

Die Belastung soll aus zwei **Einwirkungen** bestehen: Eigengewicht und Verkehrslast.



Klicken Sie bitte auf den Button **Einwirkungen bearbeiten** und bestätigen den Assistenten zur Laststrukturierung mit Lastschema DIN 1055-100/Eurocode. In Einwirkung 1 sollen ein Lastfall und in Einwirkung 2 zwei Lastfälle vorgehalten werden.

Assistent zur Laststrukturierung

Bitte geben Sie die **Anzahl der Lastfälle** für die unterschiedlichen Einwirkungstypen ein.

1

ständige Lasten

veränderliche Nutzlasten

2

Wohn-, Büroräume

0

Versamlungs-, Verkaufsräume

0

Lagerräume

veränderliche Verkehrslasten

Fahrzeuge bis 30 kN

0

Spuren

Fahrzeuge bis 160 kN

0

Spuren

0

Dachlasten

☒

alternativ

0

Schneelasten

☒

alternativ

0

Windlasten

☒

alternativ

0

Temperaturlasten

0

Baugrundsetzungen

abbrechen

zurück

fertig

Nach **Bestätigen** der Eingaben sind Einwirkungen und Lastfälle eingerichtet.

Verwaltung der Einwirkungen

Gesamte Belastung

- 1: ständige Lasten
 - 1: Eigengewicht (1)
- 2: Nutzlasten (1)
 - 2: Nutzlasten (1/1)
 - 3: Nutzlasten (1/2)

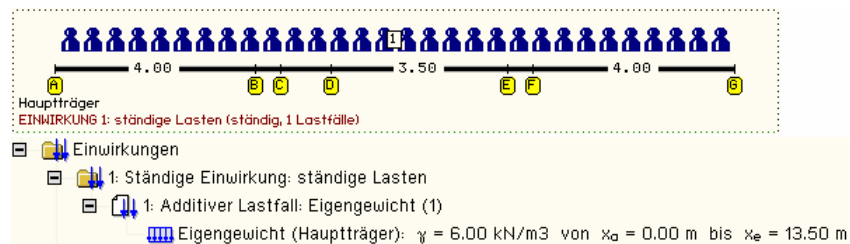
Klicken Sie auf den nebenstehend dargestellten Button, um eine neue Einwirkung zu erzeugen.

Lastfall 1 der ständigen Einwirkung soll drei Lastbilder umfassen. Zunächst wird das **Eigengewicht** des Hauptträgers mit $\gamma = 6.0 \text{ kN/m}^3$ festgelegt. Das Eigengewicht der Verstärkung soll durch eine Gleichstreckenlast berücksichtigt werden. Als Letztes wird der ständige Anteil der Einzellast berücksichtigt.



Klicken Sie bitte die beiden dargestellten Buttons an. Ändern Sie im Eigenschaftsblatt *Linienbelastung* nach Öffnen der Auswahlliste durch Anklicken des **Pfeilsymbols** die Art der Belastung auf **Eigengewicht**. Bestimmen Sie dann die Anfangs- und Endanker und geben den Lastwert ein. Das Programm multipliziert das vorgegebene **Raumgewicht** mit der örtlichen Querschnittsdicke.

Nach **Bestätigen** erscheint die neue Belastung einerseits als grafische Darstellung im Konstruktionsfenster und ist zweitens auch in den **Objektbaum** aufgenommen worden.



Das Eigengewicht der Verstärkungen wird durch eine Gleichstreckenlast erfasst. Klicken Sie bitte wieder die nebenstehend dargestellten Symbole an.

In dem daraufhin erscheinenden Eigenschaftsblatt wählen Sie **Linienlast** und als Anker A den Punkt B und als Anker E den Punkt F. Tragen Sie bei q_a den Wert 0.245 kN/m ein und wählen dann als Lastangriffsort die linke Verstärkung aus.

Wiederholen Sie bitte den Vorgang zur Eingabe der auf die rechte Verstärkung entfallenden Linienlast.



Klicken Sie nun die nebenstehend dargestellten Symbole zur Erzeugung einer Einzellast an. Wählen Sie im folgenden Eigenschaftsblatt Punkt C mit einem Abstand $a = 2.25 \text{ m}$ als Anker. Tragen Sie bei F den Wert 8.00 kN ein. Auch dieses Lastbild wird der Einwirkung *Eigengewicht* und dem Lastfall 1 zugeordnet. **Bestätigen** Sie das Eigenschaftsblatt.



Lastfall 2 in der Einwirkung *Verkehr* soll den Typus **aufteilen** (s. Abs. 4.9.1, S. 40) und die Bezeichnung *Dachlasten* erhalten. Klicken Sie hierzu bitte den Button **Einwirkungen bearbeiten** an, markieren Lastfall 2 und ändern wie dargestellt.



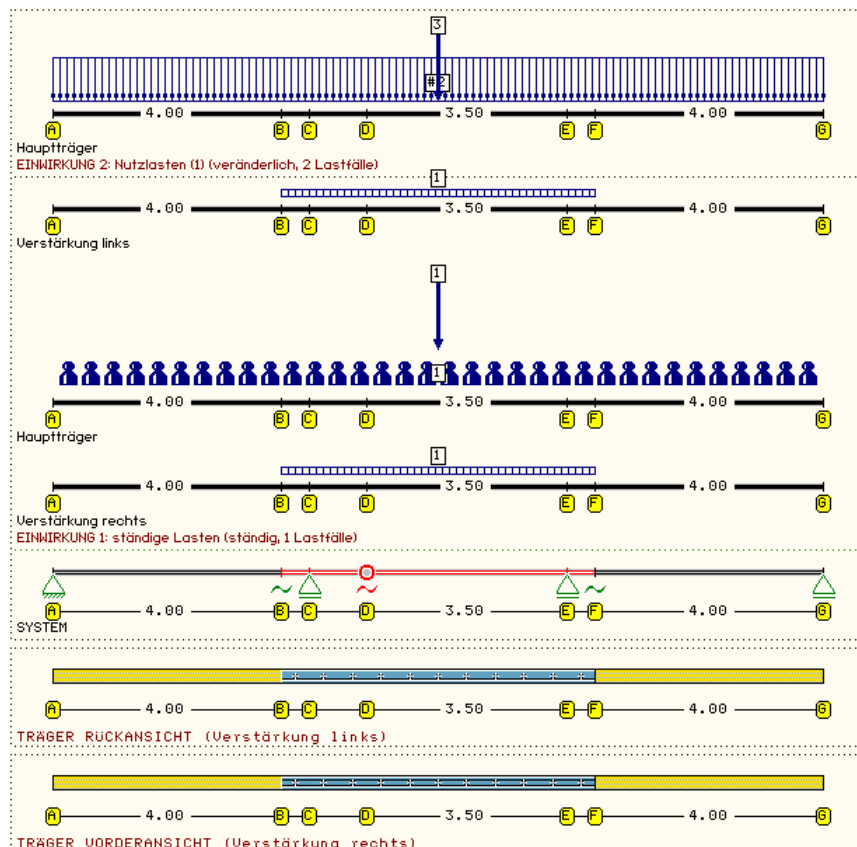
Rufen Sie nun wieder die Erzeugung von Linienlasten auf und tragen wie unten gezeigt ein.



Abschließend fehlt noch der Verkehrslastanteil der **Einzellast**.

Konstruktionsfenster

Das Konstruktionsfenster sieht nun wie folgt aus. System und Belastung sind definiert.



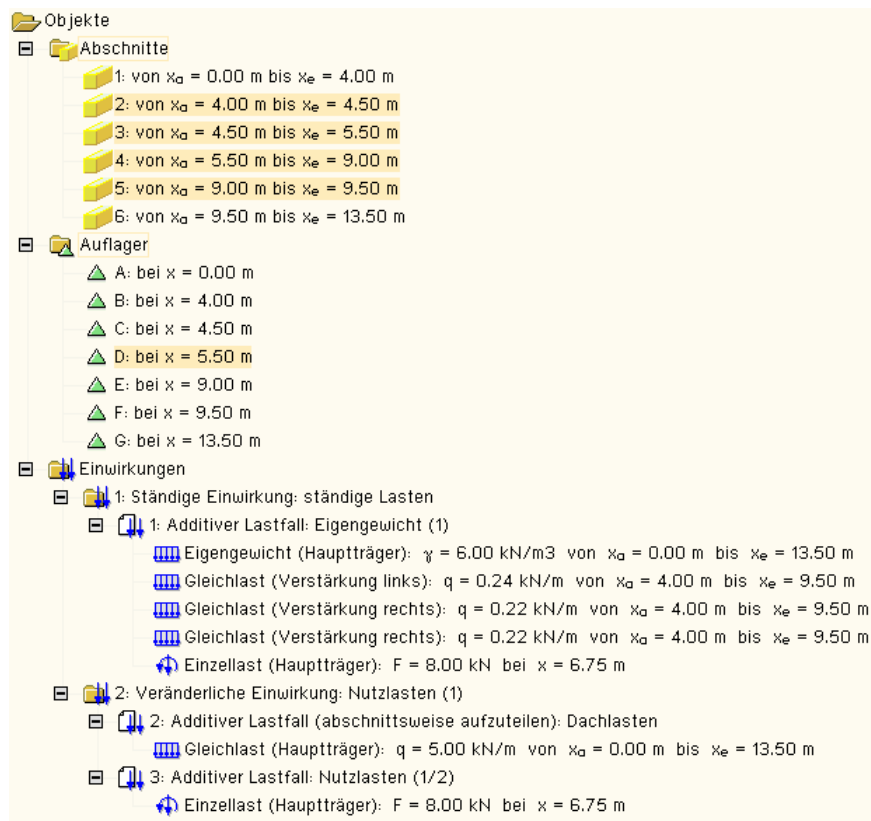
Alle Eingaben hinsichtlich System und Belastung werden im Konstruktionsfenster grafisch protokolliert. Oberhalb des statischen Systems und der Anordnung von Hauptträger und Verstärkungen sind die Lasten dargestellt.

Einwirkung 1 vom Typ *ständig* beinhaltet einen Lastfall und dieser wiederum vier Lastbilder. Neben dem Hauptträgereigengewicht sind dies die beiden jeweils auf die Verstärkungen entfallenden Streckenlasten und die Einzellast in Systemmitte.

Einwirkung 2 vom Typ *veränderlich* fasst zwei Lastfälle zusammen. Lastfall 2 ist vom Typ **aufteilen**, was durch das #-Zeichen vor der Lastfallnummer verdeutlicht wird, und zerfällt dadurch in sechs Unterlastfälle, die jeweils einen Abschnitt des Trägers belasten. Der Verkehrslastanteil der Einzellast bildet den Lastfall 3.

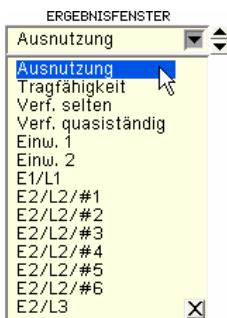
Objektbaum

Im Objektbaum sind alle definierten Objekte in einer Verzeichnisstruktur aufgeführt.



BERECHNUNG
auto start

Nun kann die Berechnung gestartet werden. Durch Betätigen des Schalters **auto** wird sofort nach jeder Änderung eine Berechnung des Tragwerkes durchgeführt.



Als Lohn der Arbeit können nun die Ergebnisse betrachtet werden. Hierzu sollte der Fensterseparator (S. 10) möglichst weit nach oben gezogen werden. Die Auswahlliste **Ergebnisfenster** weist folgende anwählbaren Elemente aus:

Ausnutzung Ausnutzungsgrade als Resümee aller geführten Nachweise. Werden hier keine Zahlenwerte > 1.0 ausgewiesen, konnten die Berechnung erfolgreich abgeschlossen und alle Nachweise erbracht werden.

Tragfähigkeit alle zum Nachweis der Tragfähigkeit gehörenden Ergebnisse. Beachten Sie, dass die Ergebnisauswahl mit den Festlegungen zur Bildschirmausgabe (s. nebenstehender Button) festgelegt wird!

Verformungen alle zum Nachweis der Verformung gehörenden Ergebnisse

Einw. 1 Extremwerte aus Einwirkung 1

Einw. 2 Extremwerte aus Einwirkung 2

E1/L1 Schnittgrößen, Verformungen und Dübelkräfte aus Lastfall 1

E2/L2/#1

E2/L2/#2 Schnittgrößen, Verformungen

E2/L2/#3 und Dübelkräfte aus Lastfall 2

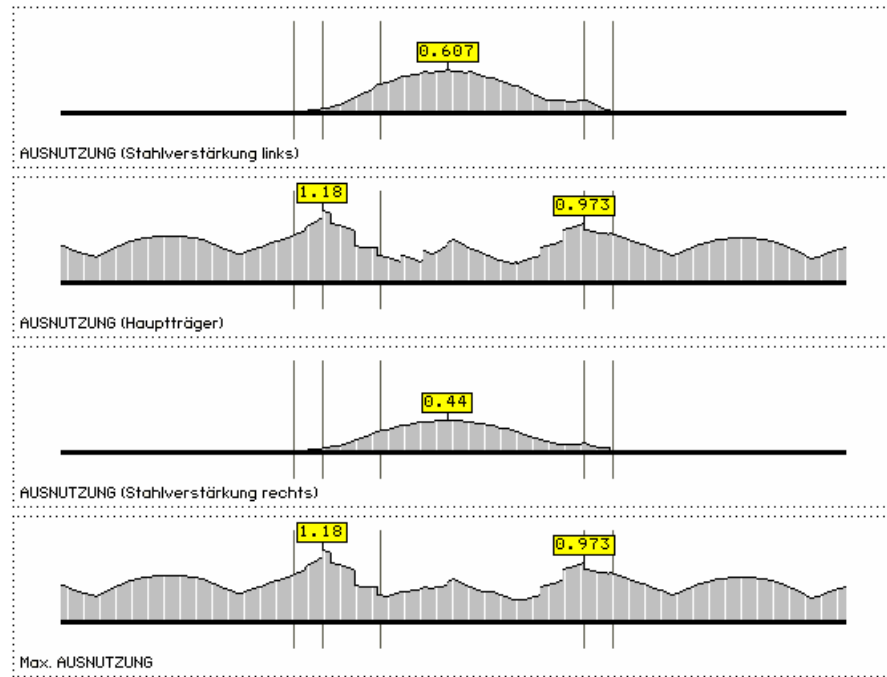
E2/L2/#4 (Auswirkungen der

E2/L2/#5 einzelnen Teilbelastungen)

E2/L2/#6

E2/L3 Schnittgrößen, Verformungen und Dübelkräfte aus Lastfall 3

Ergebnisfenster Das folgende Bild zeigt einen Ausschnitt des Ergebnisfensters mit Darstellung der Ausnutzungen der einzelnen Bauteile unter der Auswahl *Tragfähigkeit*.



Sanierung

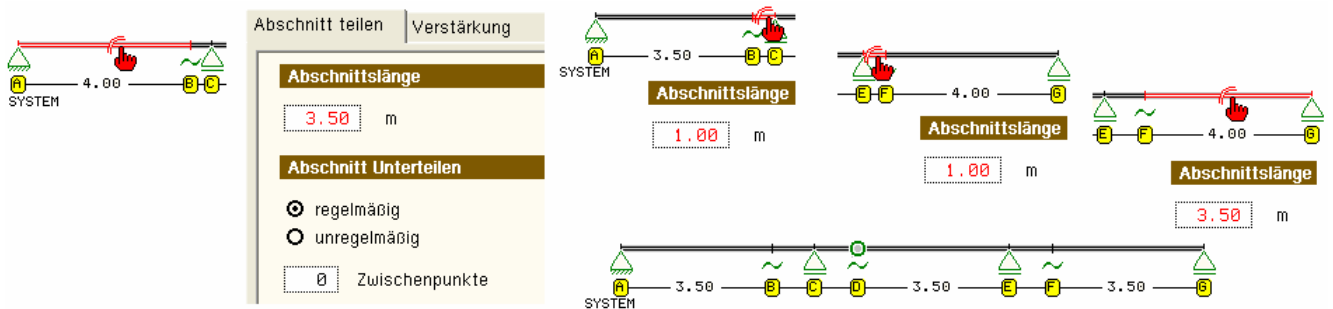
Da die Ausnutzung des Hauptträgers im Bereich des inneren Auflagers überschritten ist, muss im weiteren Konstruktionsprozess eine gezielte Veränderung der Verstärkungen vorgenommen werden. Als Maßnahmen stehen hierfür die Wahl steiferer Verstärkungsprofile, größerer Dübel-durchmesser, kleinerer Dübelabstände und die Verlängerung der Verstärkungen zur Verfügung.

Im vorliegenden Fall sind die Verstärkungen wesentlich geringer ausgenutzt als der Hauptträger. Durch Veränderung der Verstärkungen muss also ein stärkeres Mitwirken der Stahlprofile am Lastabtrag erreicht werden. Dies kann man durch Versteifung der Kopplung zwischen Holzträger und Stahlprofilen erreichen. Da die höchste Ausnutzung im Bereich der Auflager auftritt, muss hier eine Vergrößerung der Dübelsteifigkeit bzw. eine Veränderung der Dübelanordnung vorgenommen werden. Hierzu führt man die Stahlprofile weiter über die Auflager hinaus fort. In jedem Fall sollten die Enden der Stahlprofile mit mindestens 3-4 Dübeln neben den Lagern verankert werden. Dadurch erzwingt man ein stärkeres Mitwirken der Stahlprofile bei der Abdeckung der Stützmomente; außerdem verringern sich die auftretenden Dübelkräfte.

Die Verstärkungen sind nun so lange zu modifizieren bis alle Ausnutzungen im zulässigen Bereich liegen.

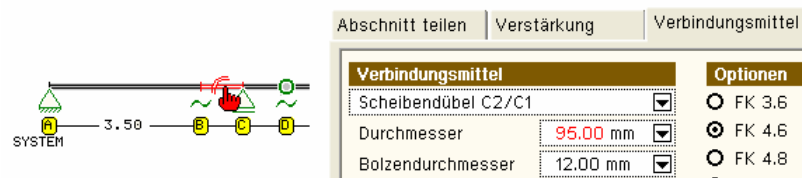
6 Modifikation des Eingabebeispiels

Im ersten Schritt werden beide Enden der Verstärkungen durch Änderungen der Abschnittslängen um 50 cm verlängert. Klicken Sie hierzu die im Folgenden markierten Abschnitte im Konstruktionsfenster nach und nach doppelt an und ändern die zugehörigen Längen. Die Reihenfolge der Bearbeitung ist hierbei beliebig.

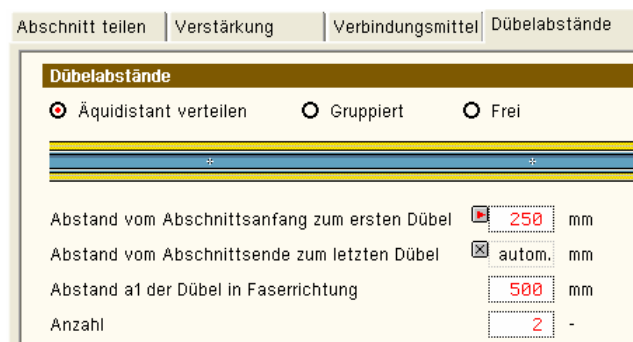


Da bei schwimmenden Verstärkungen der Dübel am Ende der Verstärkung immer sehr stark belastet wird, sollen im zweiten Schritt die Dübel Durchmesser in den beiden Endabschnitten der Verstärkungen auf Durchmesser 95 mm hoch gesetzt werden.

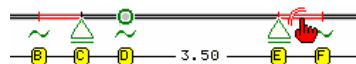
Klicken Sie dazu bitte den ersten Abschnitt der Verstärkungen doppelt an und ändern dann im Register *Verbindungsmittel* den Durchmesser.



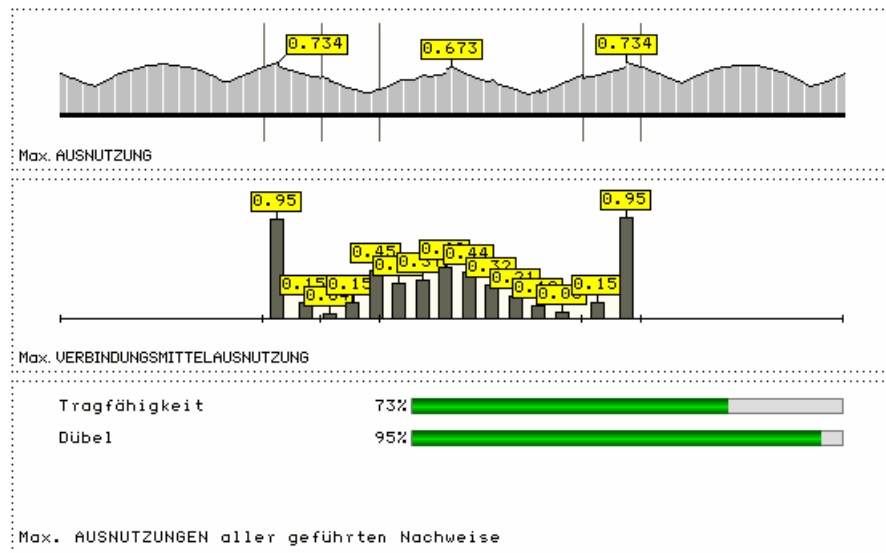
Tragen Sie dann im Register *Dübelabstände* die im folgenden Bild markierten Parameter ein.



Verfahren Sie dann mit dem Endabschnitt in gleicher Weise.



Nach **Bestätigen** dieser Eingaben stellen sich die Ausnutzungen der Längstragelemente und der Dübel wie folgt dar.



Durch die Verlängerung der Verstärkungen beteiligen sich diese im Bereich der Auflager wesentlich stärker am Lastabtrag. Die Ausnutzung hat sich in diesen Bereichen stark reduziert. Die Ausnutzungen der Dübel zeigen noch sehr starke Schwankungen und können durch weitere Anpassungen optimiert werden. Im Rahmen dieses Beispiels wird hierauf verzichtet.



Die Ergebnisse können nun ausgedruckt und die Sitzung beendet werden.

Zur Funktionalität des Druckmanagers s. Handbuch *DTE®-DeskTopEngineering*.

7 Literaturverzeichnis

- /1/ DIN 1052 (12.08)
- /2/ Erläuterungen zu DIN 1052: 2004-08, Deutsche Gesellschaft für Holzforschung Bruderverlag
- /3/ DIN 1052, Praxishandbuch Holzbau, 1. Auflage, Beuth Verlag
- /4/ Fermacell, Zulassung Z-9.1-434
- /5/ Steck: 100 Holzbau-Beispiele nach DIN 1052:2004, Werner Verlag
- /6/ Tino Schatz: Diagramme zur Auswertung der Johansen-Formeln für einschnittige Holz- bzw. Holzwerkstoff-Verbindungen, Bautechnik 86 (2009), Heft 4
- /7/ Karin Lißner, Wolfgang Rug, Dieter Steinmetz: DIN 1052:2004 - Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Bautechnik 85 (2008), Heft 11
- /8/ Schneider Bautabellen, 20. Auflage, Werner Verlag, 2012
- /9/ Hans Joachim Blaß, Karlsruhe, Ireneusz Bejtka, Karlsruhe: Selbstbohrende Holzschrauben und ihre Anwendungsmöglichkeiten, Homepage Fa. Spax International GmbH & Co. KG
- /10/ SPAX S-Schrauben mit Vollgewinde, Zulassung Z-9.1-519
- /11/ SPAX Schrauben als Verbindungsmittel, Zulassung Z-9.1-235
- /12/ SPAX Schrauben als Verbindungsmittel, Zulassung Z-9.1-449
- /13/ SPAX Kurzübersicht "Holzbau", Homepage Fa. Spax International GmbH & Co. KG
- /14/ Würth ASSY VG plus Vollgewindeschrauben als Holzverbindungsmittel, Zul. Z-9.1-614
- /15/ Würth: Selbstbohrende Schrauben als Holzverbindungsmittel ETA-11/0190
- /16/ DIN EN 1995-1-1:2010-12, Bemessung und Konstruktion von Holzbauten, Teil 1-1: Allgemeines
- /17/ DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang
- /18/ DIN 1052-10, Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 10: Herstellung und Ausführung
- /19/ DIN EN 14545, Holzbauwerke, Nicht stiftförmige Verbindungselemente, Anforderungen
- /20/ DIN EN 1194, Brettschichtholz
- /21/ DIN EN 13271, Holzverbindungsmittel, Charakteristische Tragfähigkeiten und Verschiebungsmoduln für Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart
- /22/ DIN EN 300, Platten aus langen, schlanken, ausgerichteten Spänen (OSB)
- /23/ DIN EN 13986:2002, Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen
- /24/ DIN EN 912, Holzverbindungsmittel, Spezifikationen für Dübel besonderer Bauart für Holz
- /25/ DIN EN 338, Bauholz für tragende Zwecke, Festigkeitsklassen
- /26/ DIN EN 14592, Holzbauwerke, Stiftförmige Verbindungsmittel, Anforderungen
- /27/ Europäische Technische Zulassung ETA-03/0050, Fermacell - Gipsfaserplatte
- /28/ Fermacell, Europäische Technische Zulassung ETA-03/0050
- /29/ Volker Krämer: Für den Holzbau, Aufgaben und Lösungen nach DIN 1052, Bruderverlag
- /30/ Otto W. Wetzell: Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln, 32. Auflage, Beuth-Verlag
- /31/ Holschemacher: Entwurfs- und Berechnungstafeln, 2. Auflage, Bauwerk-Verlag
- /32/ DIN 18800-1 (11.90)
- /33/ Thiele/Lohse: Stahlbau Teil 1, B.G. Teubner Stuttgart
- /34/ DIN EN 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1
- /35/ DIN EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1
- /36/ SPAX International GmbH & Co. KG: Hinweise zur Bemessung von tragenden SPAX-Verbindungen
- /37/ SPAX International GmbH & Co. KG: Europäische Technische Zulassung ETA-12/0114

- /38/ Finnforest Oyi: DIBt, Zulassung Z-9.1-100
- /39/ DIBt Letter 10.10.2013, METSÄ WOOD
- /40/ DIN EN 14080:2013-09, Holzbauwerke - Brettschichtholz und Balkenschichtholz - Anforderungen
- /41/ DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, Nationaler Anhang
- /42/ Francois Colling: Aussteifung von Gebäuden in Holztafelbauart, Ingenieurbüro Holzbau
- /43/ Becker, Rautenstrauch: Ingenieurholzbau nach Eurocode 5, Ernst & Sohn
- /44/ M. Göggel: Bemessung im Holzbau, Band 2
- /45/ Prof. Ralf-W. Boddenberg, Vorlesung Holzbau, Uni Wismar
- /46/ Prof. C. Scheer, Dr. M. Peter, S. Stöhr: Holzbau Taschenbuch, 10. Aufl., Ernst & Sohn

8 Index

- Abkürzungen 2
- Anwendungsdokument nationales 43
- aufteilen 40, 61
- Ausgabeliste 11
- Ausnutzung 62
- Auszieh Widerstand 36, 38
- Auszieh Widerstand Bolzen 37
- Auszieh Widerstand Gewindestange 37
- Auszieh Widerstand Klammer 36, 38
- Auszieh Widerstand Nagel 36, 38
- Auszieh Widerstand Passbolzen 37, 39
- Auszieh Widerstand Ringdübel 37, 39
- Auszieh Widerstand Scheibendübel 37, 39
- Auszieh Widerstand Schraube 37, 39
- Auszieh Widerstand Sondernagel 36, 38
- Bauteil erzeugen 9
- Belastung 58
- Bemessungssituation quasiständige 48
- Bemessungsverfahren stiftförmige Verb. 35
- Berechnungsverfahren 5
- Bildschirmdarstellung 12
- blank 2
- Brandschutznachweis 16, 48
- Buttons 2
- Cursor 2
- DIN 18800 53
- DIN EN 1993 53
- Drehfeder 23
- Dübelabstände 20
- EC 3 53
- Eigengewicht 58
- Eingabeassistent 13
- Eingabebeispiel 54
- Eingabeoberfläche 10
- Einwirkung 2, 40
- Einwirkung erzeugen 58
- Einwirkungen 15
- Einzellast 42, 61
- e-Mail 8
- Englisch 53
- Ergebnisart 12
- Eurocode 43
- Extremalbildungsvorschrift 2
- Fangrechteck 2
- Fremdsprache 53
- Gebrauchstauglichkeit 16
- Gebrauchstauglichkeitsnachweis 47
- Gelenk 23, 58
- Hauptträger 13
- Installation 7
- Kippbeiwert 22
- Kontextsensitivität 8
- Lager 22, 56
- Lastbild 2, 40
- Lastfall 2, 40
- Lastkollektiv 2
- Linienlast 41
- Material 43
- Materialkennwerte 15
- Materialsicherheitsbeiwert 14
- Modifikationsbeiwert 14
- Nachweis Nagel 33
- Nachweis Ringdübel 25
- Nachweis Scheibendübel 26
- Nachweis Schraube 28, 30
- Nachweis Stabdübel 27
- Nachweis stiftförmige Verb. 33
- Nachweise 15, 22
- nationales Anwendungsdokument 43
- NCI 43
- NDP 43
- Nutzungsklasse 14, 43
- Objektauswahl 24
- Objektbaum 59
- Objektbearbeitung 24
- quasiständige Bemessungssituation 48
- Raumgewicht 59
- Rechenverfahren genaueres 30, 34
- Rechenverfahren vereinfachtes 27, 30, 33
- Sanierung 63
- Schreibtisch 8
- Schreibtischauswahl 7
- Senkfeder 23
- Stahlbaunachweise 53
- Stahlblech-Holz-Verb. 33
- Startsymbol 7
- Steuerbutton 8
- teilen 17
- Temperaturausdehnungskoeffizient 14
- Torsion 5
- Tragfähigkeit 16
- Tragfähigkeitsnachweis 45
- Verbindungsmittel 19
- Verformung 14
- Verstärkung 18, 56