



**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](http://www.pcae.de)

Mail [dte@pcae.de](mailto:dte@pcae.de)



**4H-DULAH**

zusammengesetzter Holzträger



# 4H-DULAH

## zusammengesetzter Holzträger

Copyright 2011-2025

5. durchgesehene Auflage, Juni 2025

pcae GmbH, Kopernikusstr. 4 A, 30167 Hannover

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

Änderungen an Programm und Beschreibung vorbehalten.

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

Ferner finden Sie **Verbesserungen und Tipps im Internet unter [www.pcae.de](http://www.pcae.de).**

Von dort können zudem aktualisierte Programmversionen herunter geladen werden. S. hierzu auch *automatische Patch-Kontrolle* im DTE<sup>®</sup>-System.



## Produktbeschreibung

Das Programm *##-DULAH*, Holzdurchlaufträger mit zusammengesetzten Querschnitten, dient zur Berechnung der Trag- und Gebrauchsfähigkeit entspr. der Holzbaunormen DIN EN 1995-1-1:2010-12 (EC 5), DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 und DIN 1052, Ausg. 12/2008, und besitzt folgende Leistungsmerkmale

- der Träger kann als zusammengesetzter Holzquerschnitt aus Holz oder Holzwerkstoffen ausgeführt werden
- folgende Querschnittstypen können berechnet werden:
  - Rechteck 1-fach
  - Rechteck 2-fach
  - Rechteck 3-fach
  - T-Querschnitt
  - I-Querschnitt
  - O-Querschnitt
- die Einzelquerschnitte können geklebt oder nachgiebig verbunden werden
- nachgiebig verbundene Querschnitte werden nach dem Verfahren gemäß DIN EN 1995-1-1, Anh. B, berechnet
- der Träger kann über ein oder mehrere Felder laufen
- Nadelvollholz, Laubholz oder Brettschichtholz, OSB, Gipskarton, Spanplatte, Sperrholz, Faserplatte
- Kerto®-Holz, sobald EC-Zulassung vorliegend
- beliebige Lagerungsbedingungen
- Momentengelenke oder Momentenfedern
- Linienlasten: Eigengewicht, Linienlast oder Temperatur als beliebige Lastfiguren
- Punktlasten: Kraft, Moment, Verschiebung oder Verdrehung (nicht bei nachgiebig verbundenen Querschnitten)
- Aufdoppelungen (Rechteckqu. 2-fach) können bereichsweise berücksichtigt werden
- als Verbindungsmittel stehen zur Auswahl
  - Klebeverbindung
  - Bolzen
  - Nägel
  - Klammern
  - Scheibendübel C1
  - ... C5
  - ... C10
  - Passbolzen
  - Gewindestangen
  - Ringdübel A1
  - SPAX Senkkopf Teil-/Vollgewinde, Tellerkopf Teilgewinde (rostfreier und Kohlenstoffstahl)
  - ASSY-plus VG Zylinderkopf, Senkfrästaschenkopf (rostfreier und Kohlenstoffstahl)
  - Stabdübel
  - Sondernägel
- Berechnung der Verbindungsmitteltragfähigkeit n. DIN EN 1995-1-1, 8.2
- ... n. DIN EN 1995-1-1, NA Deutschland
- ... nach dem Bemessungswerteverfahren
- Berücksichtigung des "Einhängeeffekts"
- mehrreihige Anordnung von Verbindungsmitteln
- Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit mit wahlweiser Berücksichtigung des Knickens des Druckgurtes
- ... der Gebrauchsfähigkeit
- Nachweis des Stegbeulens nach 1995-1-1, 9.1.1(7)
- ... der Klebefuge

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 Juni 2025

## Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende Abkürzungen benutzt:

<b>Maustasten</b>	RMT	rechte Maustaste drücken
	LMT	linke Maustaste drücken
	LF	Lastfall (Teileinwirkung)



signalisiert Anmerkungen

### Buttons

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



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

### Index

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

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

### Doppelklick

zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

### blank

Leerzeichen

### Cursor

Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

### icon

oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

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

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



bricht Eigenschaftsblätter ohne Änderung der Eingabewerte ab



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



ruft das Online-Hilfesystem



bestätigt die Eingaben und schließt das Eigenschaftsblatt



*Löschen*-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage.



Datenzustand  
überprüfen

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

# Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten .....	5
2	Bauteil erzeugen.....	7
3	Eingabeoberfläche.....	8
3.1	Allgemeines.....	9
3.1.1	Berechnungsverfahren .....	9
3.1.2	Datensicherung .....	9
3.1.3	Ausgabeliste konfigurieren und drucken.....	9
3.1.4	Beenden der Bearbeitung .....	10
3.1.5	Ergebnisart auswählen.....	10
3.1.6	Monitordarstellung konfigurieren.....	10
3.1.7	Eingabeassistent.....	11
3.1.8	Hilfestellungen.....	11
3.2	Globale Einstellungen und Trägertyp.....	12
3.2.1	Register 1: Norm / Globale Werte .....	12
3.2.2	Register 2: Trägertyp / Maße .....	14
3.2.3	Register 3: Material / Nachweise .....	14
3.2.3.1	Materialkennwerte.....	15
3.2.3.2	Einwirkungen und Nachweise.....	15
3.2.3.3	Tragfähigkeitsnachweis .....	15
3.2.3.4	Gebrauchstauglichkeitsnachweis.....	15
3.3	Stabeigenschaften.....	16
3.3.1	Register 1: Abschnitt teilen .....	16
3.3.2	Register 2: Aufdoppelung.....	17
3.3.3	Register 3: Verbindungsmittel .....	17
3.3.4	Register 4: Abstände.....	18
3.3.5	Register 5: Nachweise .....	18
3.4	Lager- und Gelenkbedingungen.....	19
3.4.1	Senkfeder .....	19
3.4.2	Drehfeder .....	19
3.4.3	Gelenk .....	20
3.4.4	Lagerbreite .....	20
3.5	Verwaltung der Einwirkungen und der Nachweise.....	20
3.6	Objekte auswählen.....	20
3.7	Objekte bearbeiten .....	21
3.8	Verbindungsmittel.....	22
3.8.1	Ringdübel DIN EN 1995-1-1 .....	22
3.8.2	Ringdübel DIN 1052.....	22
3.8.3	Scheibendübel DIN EN 1995-1-1.....	23
3.8.4	Scheibendübel DIN 1052 .....	23
3.8.5	Stabdübel DIN EN 1995-1-1 .....	24
3.8.6	Stabdübel DIN 1052 vereinfachtes Rechenverfahren.....	24
3.8.7	Schrauben DIN EN 1995-1-1 NAD.....	25
3.8.7.1	vereinfachtes Rechenverfahren .....	25
3.8.7.2	charakteristische Tragfähigkeit genaueres Verfahren .....	26
3.8.8	Schrauben DIN 1052.....	27
3.8.8.1	Bemessungswert der Tragkraft vereinfachtes Rechenverfahren .....	27
3.8.8.2	charakteristische Tragfähigkeit genaueres Verfahren .....	27
3.8.9	SPAX- und ASSY-Schrauben .....	28
3.8.10	Nachweis mit stiftförmigen Verbindungsmitteln DIN EN 1995-1-1 .....	28
3.8.11	Bemessungsverf. für stiftförmige Verbindungsmittel DIN EN 1995-1-1.....	29
3.8.12	Nägel und stiftf. Verbindungsmittel vereinf. Rechenverf. DIN 1052 u. NAD .....	30
3.8.13	genauerer Verf. Nachweis stiftförmige Verbindungsmitteln DIN 1052 .....	31
3.8.14	Bemessungsverfahren für stiftförmige Verbindungsmittel DIN 1052 .....	32
3.8.15	Erhöhg. Tragfähigkeit durch Berücks. Auszieh Widerstand DIN EN 1995 .....	33
3.8.15.1	Nägel.....	33
3.8.15.2	Klammern.....	33
3.8.15.3	Sondernägel.....	33

3.8.15.4	Schrauben.....	34
3.8.15.5	Passbolzen.....	34
3.8.15.6	Bolzen und Gewindestangen .....	34
3.8.15.7	Ring- und Scheibendübel.....	34
3.8.16	Erhöhg. Tragfähigkeit durch Berücks. Auszieh Widerstand DIN 1052 .....	35
3.8.16.1	Nägeln.....	35
3.8.16.2	Klammern.....	35
3.8.16.3	Sondernägeln.....	35
3.8.16.4	Schrauben.....	36
3.8.16.5	Passbolzen.....	36
3.8.16.6	Bolzen und Gewindestangen .....	36
3.8.16.7	Ring- und Scheibendübel.....	36
3.9	Belastung.....	37
3.9.1	Begriffsdefinition Lastbild - Lastfall - Einwirkung.....	37
3.9.2	Eingabe der Belastung .....	38
3.9.3	Linienbelastung .....	38
3.9.4	Punktbelastung.....	39
4	Holzbaunachweise n. EC 5 und DIN 1052:2008-12.....	40
4.1	Allgemeines.....	40
4.1.1	Nutzungsklassen .....	40
4.1.2	Eurocode und die nationalen Anwendungsdokumente.....	40
4.2	Nachweise n. DIN 1052:2008-12 .....	42
4.2.1	Tragfähigkeitsnachweise (Theorie I. Ordnung).....	42
4.2.1.1	zusammengesetzte Querschnitte .....	42
4.2.1.2	Sonderheiten bei Lastfallüberlagerung .....	43
4.2.1.3	Beispiel.....	44
4.2.2	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit seltene Bemessungssituation.....	45
4.2.2.1	Sonderheiten der Lastfallüberlagerung.....	45
4.2.3	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit quasiständige Bemessungssituation .....	46
4.2.3.1	Sonderheiten der Lastfallüberlagerung.....	46
4.3	Nachweise n. Eurocode 5 .....	47
4.3.1	Tragfähigkeitsnachweis (Th. I. Ord.).....	47
4.3.2	Gebrauchstauglichkeitsnachweis.....	48
4.4	Berechnung durchführen.....	49
4.5	Druckausgabe .....	49
5	Eingabebeispiel .....	50
6	Literaturverzeichnis .....	58
7	Index .....	59



# 1 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. 2 auf S. 7 weiter.

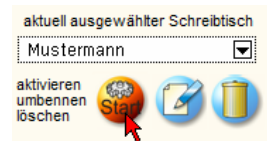


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-**Startsymbol** auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelclick aus.

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.

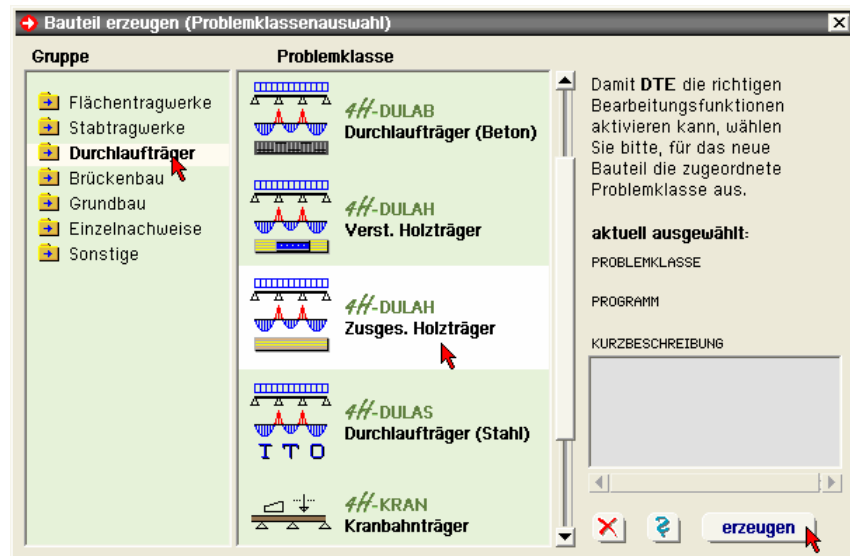
Auf Grund der **Kontextsensitivität** des DTE®-Systems sind manche Buttons solange abgedunkelt und nicht aktiv bis ein Bauteil aktiviert wird.

- |  |   |
|--|---|
|  | 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 <b>e-Mail-Dienst</b> . |
|  | menügesteuerte Bearbeitung des aktivierten Bauteils                       |
|  | druckt die Datenkategorien des aktivierten Bauteils                       |
|  | ruft das Planerstellungsmodule 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                   |

## 2 Bauteil erzeugen

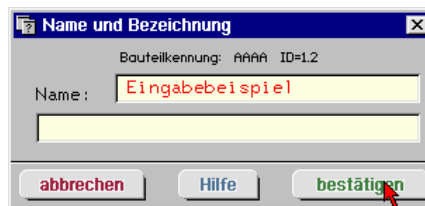


Zur Erzeugung eines neuen Bauteils *Zusammengesetzter Holzträger* wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtisches angeklickt. Klicken Sie bitte in dem folgenden Eigenschaftsblatt mit der LMT auf die Gruppe **Durchlaufträger**, dann auf die Problemklasse **Zusammengesetzter Holzträger**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

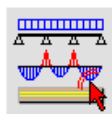


Der schwarze Rahmen der neuen Bauteilkone lässt sich mit der Maus über den Schreibtisch bewegen. Klicken Sie die LMT an der Stelle, wo das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll.

Das folgende Eigenschaftsblatt erscheint.



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

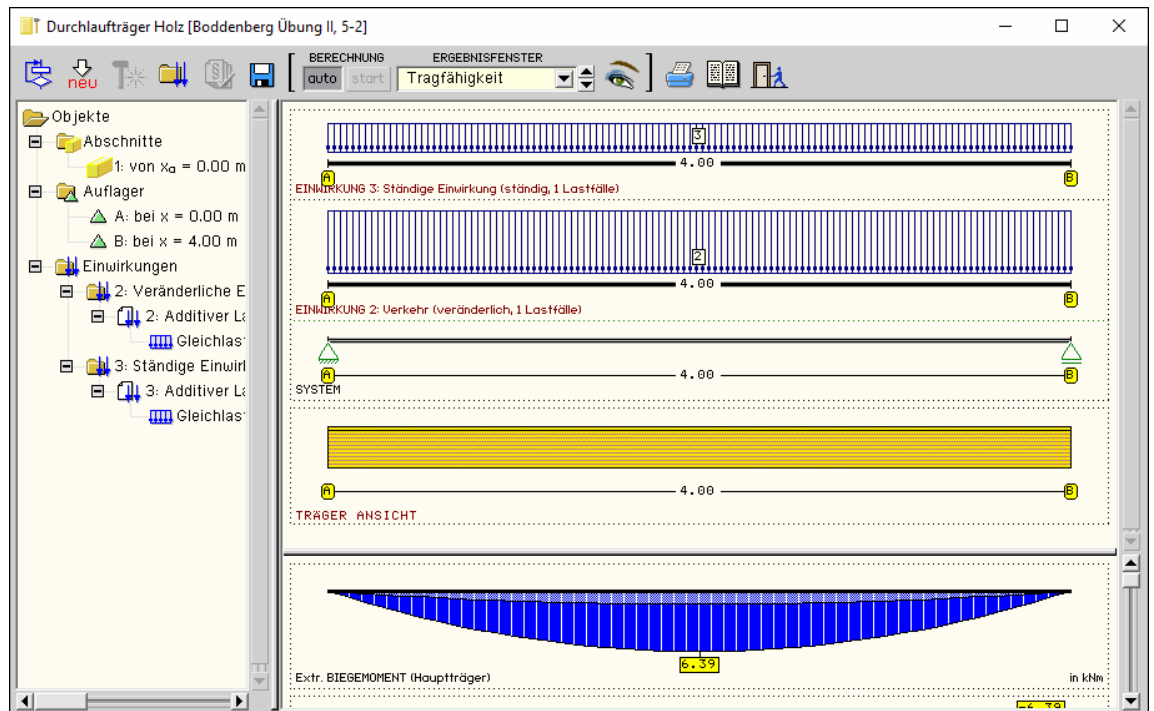


Klicken Sie das Bauteil nun mit der LMT doppelt an (Doppelklick).

Die *##-DULAH*-Eingabeoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

## Eingabeoberfläche

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



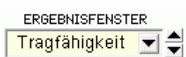
Das Haupteingabefenster ist in drei Bereiche gegliedert. Zwischen den Teilfenstern befinden sich "Greifer" durch die mit Hilfe der Maus die Fenstergrenzen verschoben werden können.

### 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 Endergebnisse im Ergebnisbereich dargestellt werden sollen.

### Buttons

Am oberen Rand der Eingabeoberfläche sind die Hauptbedienelemente angeordnet.



globale Einstellungen und Trägerdaten bearbeiten, s. Abs. 3.2, S. 12



neue Last erzeugen, s. Abs. 3.9.2, S. 38



Objekte bearbeiten, s. Abs. 3.7, S. 21



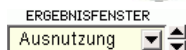
Bearbeitung der Einwirkungs- und Lastfallstruktur, s. Handbuch *das pcae-Nachweiskonzept*



Berechnung durchführen, s. Abs. 4.4, S. 4.4



Monitorliste konfigurieren, s. Abs. 3.1.6, S. 10



Ergebnisse abrufen, s. Abs. 3.1.5, S. 10



Ergebnisliste drucken



Hilfetexte abrufen



Datensicherung



Ende der Bearbeitung

## 3.1 Allgemeines

### 3.1.1 Berechnungsverfahren

Die Berechnung der zusammengesetzten Trägerquerschnitte erfolgt i.W. nach dem  $\gamma$ -Verfahren gemäß /16/, Anh. B. Die Spannungsnachweise der Querschnittsteile werden nach /16/, 6.1, geführt.



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

### 3.1.2 Datensicherung



Während des Bearbeitungsvorgangs können die bereits eingegebenen Daten über diesen Schalter gesichert werden.

### 3.1.3 Ausgabeliste konfigurieren und drucken



Der Umfang der Ausgabeliste kann durch Aktivieren und Deaktivieren einzelner Schalter detailliert gesteuert werden. Hierzu stehen die globalen Schalter **Tabellenumfang** und **Grafiken** zur Verfügung.

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

Das Programm setzt an den maßgebenden Stellen im System automatisch Detailnachweispunkte. An diesen Orten werden detaillierte Nachweisergebnisse mit den entsprechenden Zwischenresultaten ausgegeben, so dass die Ergebnisse nachvollziehbar protokolliert werden.



Zusätzlich zu den automatisch generierten Detailnachweispunkten können vom Nutzer weitere Punkte durch Anklicken des entsprechenden Buttons gesetzt werden. In der Eingabetabelle können Detailnachweispunkte an beliebigen Stellen auf den Stäben gesetzt werden.

StabNr.	Abstand m	gemessen vom
2	3.000	Anfangsknoten

### 3.1.4 Beenden der Bearbeitung



Durch Anklicken dieses Schaltknopfes wird das Programm beendet. Vorher kann durch Betätigen der Schaltfläche **Bearbeitungszustand speichern** festgelegt werden, ob die eingegebenen Daten abgespeichert werden sollen oder nicht.

### 3.1.5 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 unter *Globale Einstellungen* (Abs. 3.2, S. 12) angefordert hat.

### 3.1.6 Monitordarstellung 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.

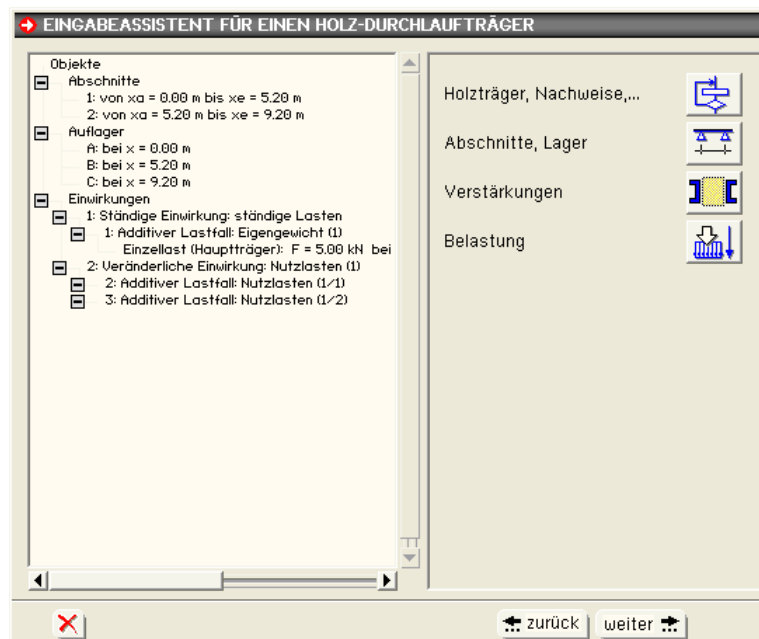
In Abhängigkeit des über die Listbox gewählten Nachweises wird das Fenster zur Auswahl der darzustellenden Liniengrafiken geöffnet. Durch Aktivieren bzw. Abwählen kann der Anwender genau angeben, welche Ergebnisplots (z.B. Biegemomente, Querkräfte oder Ausnutzungen) am Bildschirm dargestellt werden sollen.

### 3.1.7

## Eingabeassistent



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



### 3.1.8

## Hilfestellungen



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

## 3.2

### Globale Einstellungen und Trägertyp



Für den Träger müssen der Querschnittstyp sowie die Geometrie- und **Materialdaten** eingegeben werden, die global für den gesamten Träger gelten. Neben der Vorgabe der Trägerparameter werden in diesem Fenster die Einstellungen für die zu führenden Nachweise vorgenommen.

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

### 3.2.1

#### Register 1: Norm / Globale Werte

Über die Optionsknöpfe wird festgelegt, ob Berechnung und Bemessung nach Eurocode oder DIN 1052:2008 erfolgen. Über das Flaggensymbol wird 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** zugewiesen werden, die die klimatischen Verhältnisse der Umgebung des Bauwerks während seiner Nutzungsdauer wiedergeben. Die Definition der Nutzungsklassen findet sich in /16/, 2.4.1(1).

#### 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



Bei zusammengesetzten Querschnitten mit unterschiedlichen Materialien wird die Verteilung der Schnittgrößen durch die Steifigkeitsverhältnisse im Tragwerk beeinflusst. Gemäß /16/, 2.3.2.2(2), ist dies bei der Berechnung der Steifigkeitsparameter im Endzustand zu berücksichtigen.

In die Gleichungen (2.10), (2.11) und (2.12), geht daher der Beiwert für den quasi-ständigen Anteil der Einwirkung, die die größte Spannung im Verhältnis zur Festigkeit hervorruft, ein (wenn diese Einwirkung eine ständige Einwirkung ist, sollte  $\psi_2$  durch 1 ersetzt werden).

$\psi_2$	<input type="text" value="0.60"/>	- Beiwert gemäß DIN EN 1995-1-1 2.3.2.2 (2), für den quasi-ständigen Anteil der Einwirkung, die die größte Spannung im Verhältnis zur Festigkeit hervorruft (wenn diese Einwirkung eine ständige Einwirkung ist, sollte dieser durch 1 ersetzt werden)
----------	-----------------------------------	--

## DIN 1052:2008

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

<input type="checkbox"/> Materialsicherheitsbeiwerte nach Norm	
Bemessungssituation	$\gamma_M$
ständig u. vorübergehend	<input type="text" value="1.30"/>
Erdbeben	<input type="text" value="1.30"/>
außergewöhnlich	<input type="text" value="1.00"/>

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

<input type="checkbox"/> Modifikationsbeiwerte nach Norm	
Lasteinwirkungsdauer	$k_{mod}$
ständig	<input type="text" value="0.60"/>
lang	<input type="text" value="0.70"/>
mittel	<input type="text" value="0.80"/>
kurz	<input type="text" value="0.90"/>
sehr kurz	<input type="text" value="1.10"/>
Verform.-beiwert: $k_{def}$	<input type="text" value="0.60"/>

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

<input type="checkbox"/> Grenzwerte für Verformungen nach Norm	
für seltene Bemessungssituation:	
$w_{0,inst} \leq l_v /$	<input type="text" value="300"/> Kragarm: $l_v /$ <input type="text" value="150"/>
$w_{fin} - w_{0,inst} \leq l_v /$	<input type="text" value="200"/> Kragarm: $l_v /$ <input type="text" value="100"/>
für quasiständige Bemessungssituation:	
$w_{fin} - w_0 \leq l_v /$	<input type="text" value="200"/> Kragarm: $l_v /$ <input type="text" value="100"/>

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

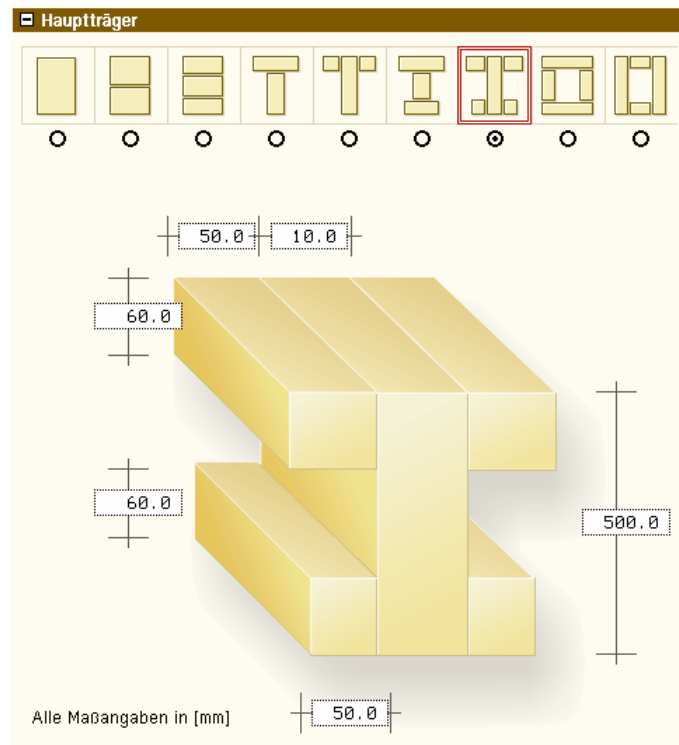
$\alpha_{t, Holz}$	<input type="text" value="0.50"/>	$10^{-5} \text{ } ^\circ\text{K}$
$\alpha_{t, Stahl}$	<input type="text" value="1.20"/>	$10^{-5} \text{ } ^\circ\text{K}$

### 3.2.2

#### Register 2: Trägertyp / Maße

In der Auswahlleiste in der oberen Fensterhälfte wird der Querschnittstyp gewählt. Folgende Typen stehen zur Auswahl

- Rechteck
- Rechteck mit Aufdoppelung
- 3-fach Rechteck
- T-Querschnitt
- T-Querschnitt mit durchgehendem Steg
- I-Querschnitt
- I-Querschnitt mit durchgehendem Steg
- O-Querschnitt
- O-Querschnitt mit durchgehenden Stegen



Entsprechend dem gewählten Querschnittstyp werden in der darunter abgebildeten Querschnittsskizze die Maße der Teilquerschnitte in mm eingegeben. Bei den Gurtquerschnitten kann eine mitwirkende Breite  $b_{ef}$  gemäß /16/, 8.6.2, eingegeben werden.

### 3.2.3

#### Register 3: Material / Nachweise

Die im dritten Register angebotenen Einstellungen variieren geringfügig entsprechend der im ersten Register gewählten Norm.



### 3.2.3.1

#### Materialkennwerte

In den Listboxen werden Holzart und -güte für jeden Teilquerschnitt gewählt. Zur Auswahl stehen:

- Nadelholz
- Laubholz
- Brettschichtholz (EC u. DIN 1052)
- OSB (Oriented Strand Fibre Board)  
engl. für Grobspanplatte
- Gipskarton
- Sperrholz
- Spanplatte
- Faserplatte
- (Kerto®-Holz)

Materialkennwerte		standard	
Holzart	Nadelholz	$E_{0,mean}$	11000 N/mm <sup>2</sup>
Holzgüte	C24 (S10)	$E_{0,05}$	7333 N/mm <sup>2</sup>
d = 300,0 mm		$G_{mean}$	690 N/mm <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Kennwerte automatisch ermitteln		$f_{m,k}$	24,00 N/mm <sup>2</sup>
$k_m$	0,70	$f_{t,0,k}$	14,00 N/mm <sup>2</sup>
		$f_{c,0,k}$	21,00 N/mm <sup>2</sup>
		$f_{c,90,k}$	2,50 N/mm <sup>2</sup>
		$f_{v,k}$	4,00 N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> $f_{m,k}$ und $f_{t,0,k}$ mit dem Beiwert $k_H$ erhöhen			

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

### 3.2.3.2

#### 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.

Einwirkungen und Nachweise		standard
	<input checked="" type="radio"/> standard	
	<input type="radio"/> benutzerdefiniert	

### 3.2.3.3

#### Tragfähigkeitsnachweis

Durch Aktivieren des Optionsschalters wird der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit entsprechend /16/, 6.2, geführt. Optional kann der Knicknachweis für das Versagen des Druckgurtes durch Berücksichtigung des Knickbeiwertes  $k_c$  nach /16/, 6.3.2, nachgewiesen werden.

Der **Beulnachweis** für den Steg kann optional nach /16/, 9.1.1(7), geführt werden.

Die Angaben zur Ermittlung des  $k_c$ -Wertes sind bei den abschnittsbezogenen Eigenschaften vorzunehmen, s. Abs. 3.3.5, S. 18.

Der Nachweis der **Auflagerpressung** kann optional geführt werden. Hierzu sind die zugehörigen Lagerbreiten (Abs. 3.4, S. 19) einzugeben.

Tragfähigkeitsnachweis		wird geführt
<input checked="" type="checkbox"/>	Tragfähigkeitsnachweis führen	
<input checked="" type="checkbox"/>	Beulnachweis nach DIN EN 1995, 9.1.1(7) führen	
<input checked="" type="checkbox"/>	Knicknachweis des Druckgurtes nach DIN EN 1995, 6.3.2 führen	
<input checked="" type="checkbox"/>	Nachweis der Auflagerpressung führen	

### 3.2.3.4

#### 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.

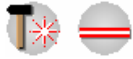
Gebrauchstauglichkeitsnachweise		wird geführt
<input checked="" type="checkbox"/>	Nachweis $w_{inst}$ führen	
<input type="checkbox"/>	Nachweis $w_{fin}$ führen	
<input type="checkbox"/>	Nachweis $w_{net,fin}$ führen	

### 3.3

## Stabeigenschaften

Der Träger kann in mehrere Abschnitte unterteilt werden. Abschnittsweise können unterschiedliche Verbindungsmittel oder Nachweisparameter eingestellt werden. Der Aufruf der Stabeigenschaften funktioniert wie folgt:

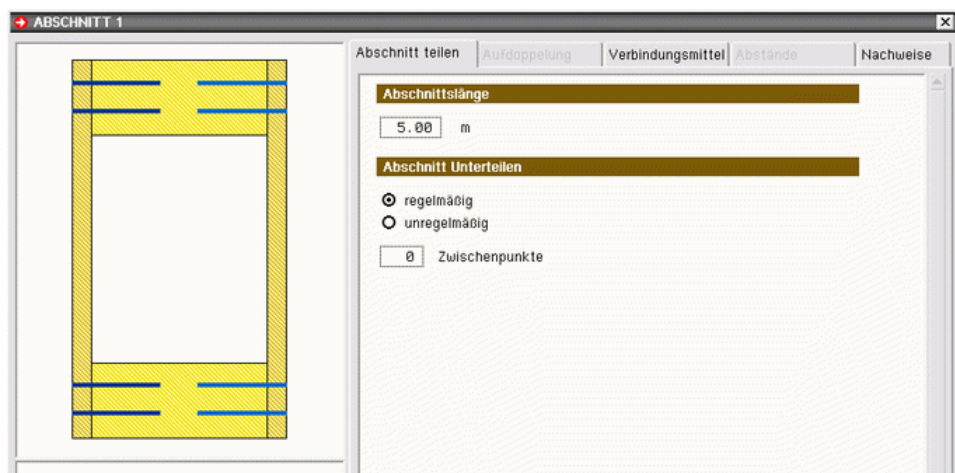
1. Markieren des oder der Abschnitts/e mit dem Cursor. Das Markieren geschieht durch Anklicken des Stababschnitts im Eingabefenster oder durch Anklicken des Abschnitts im Objektbaum (linkes Teilfenster).



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

Ein Doppelklick auf den Stababschnitt oder den Eintrag im Objektbaum öffnet ebenfalls das Eingabefenster zur Bearbeitung der Stabeigenschaften.

Das Fenster enthält fünf Register zur Bearbeitung der stabbezogenen Parameter (u.U. sind nicht alle Register aktiv). Im linken Teilfenster wird der Stabquerschnitt dargestellt.



#### 3.3.1

### Register 1: Abschnitt teilen

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

Abschnittslänge	
2,50	m

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.

Abschnitt Unterteilen	
<input checked="" type="radio"/> regelmäßig	
<input type="radio"/> unregelmäßig	
2	Zwischenpunkte

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 1.0 m, 0.5 m und 1.0 m entstehen.

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


Abschnitt Unterteilen	
<input type="radio"/> regelmäßig	
<input checked="" type="radio"/> unregelmäßig	
gemessen von	
<input checked="" type="radio"/> Anfangspunkt (links)	
<input type="radio"/> Endpunkt (rechts)	
Abstände in m	
1:	1,000
2:	0,500
Rest + 1,000	
Summe 2,500	

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**  
☐ B


**Anker Ende**  
☐ C

### 3.3.2 Register 2: Aufdoppelung



Bei Wahl des Querschnittstyps 2 (Rechteck mit Aufdoppelung) besteht die Möglichkeit, die Aufdoppelung abschnittsweise zu definieren. Daher wird das Registerblatt nur bei diesem Querschnittstyp aktiv. Über die Optionsknöpfe kann der obere Rechteckquerschnitt aktiviert oder deaktiviert werden.

☒ Aufdoppelung vorhanden
 

☐ Aufdoppelung nicht vorhanden
 

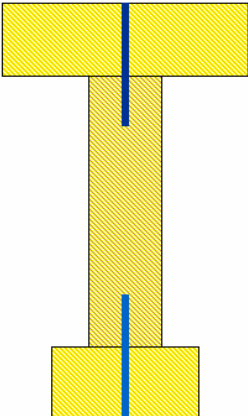
Wird die Option **geschwächt** gewählt, kann eine abweichende Querschnittshöhe für den Abschnitt gesetzt werden.

### 3.3.3 Register 3: Verbindungsmittel

Im dritten Register wird das Verbindungsmittel für die Teilquerschnitte ausgewählt. Zur Verfügung stehen

- Klebeverbindung, s. Abs. 4.2.1.1, S. 42
- Ringdübel A1, s. Abs. 3.8.1, S. 22
- Scheibendübel C1, C5, C10, s. Abs. 3.8.3, S. 23
- Bolzen (optional als Passbolzen und/oder Gewindestange)
- Nägel, s. Abs. 3.8.10, S. 28
- Klammern
- SPAX Senkkopf Teil-/Vollgewinde, Tellerkopf Teilgewinde (rostfreier u. Kohlenstoffstahl), s. Abs. 3.8.9, S. 28
- ASSY-plus VG Zylinderkopf, Senkfrästaschenkopf (rostfreier u. Kohlenstoffstahl), s. Abs. 3.8.9, S. 28
- Stabdübel, s. Abs. 3.8.5, S. 24
- Sondernägel, s. Abs. 3.8.10, S. 28


→ ABSCHNITT 1
Abschnitt teilen
Aufdoppelung
Verbindungsmittel
Abstände
Nachweise




		oben	unten
$R_k$	[N]	1300	1300
$\min a_1$	[mm]	42	42
$\min a_2$	[mm]	21	21
$\min a_{2,c}$	[mm]	21	21

**Verbindungsmittel**

- glattschaftiger Nagel
- Klebeverbindung
- glattschaftiger Nagel
- Klammer
- Schraube DIN 571
- SPAX Senkkopf Teilgewinde
- SPAX Tellerkopf Teilgewinde
- SPAX Senkkopf Vollgewinde
- ASSY-plus VG Zylinderkopf
- ASSY-plus VG Senkfräst.kopf
- Sondernagel
- Stabdübel
- Bolzen
- Ringdübel A1/B1
- Scheibendübel C1/C2
- Scheibendübel C5
- Scheibendübel C10/C11

Abstand  $a_1$   73.75 mm

☐ wechselseitig ☒ beidseitig



**Optionen**

- ☐ vorgebohrt
- ☐ Bauholz mit Fasersättigung (8.3.2(8))
- ☐ Mindestdicke  $t$  nach Gleichung (8.18)  
Die Mindestdicke  $t$  darf bei Nadelhölzern auch nach Gleichung (8.18) berechnet werden, sofern die Randabstände senkrecht zur Faser erhöht werden
- ☐  $F_v, R_k$  gemäß 8.2.2(2) erhöhen  
Bei einschnittigen Holzwerkstoff- Holz- Nagelverbindungen mit Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 3, nicht jedoch bei Gipskarton- Holz- Verbindungen, darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit  $F_v, R_k$  nach NAD 8.3.1.3 (NA.9) um einen Anteil  $\Delta F_v, R_k$  erhöht werden
- ☐ Vereinfachter Nachweis nach NAD
- ☒ Genauer Nachweis nach DIN EN 1995, 8.2.2
- ☐ Bemessungswerte-Verfahren (mit  $f_{hd}$  und  $My_d$  rechnen)

Die Bolzentragkraft kann gemäß /16/, 8.2.3, durch Berücksichtigung des "Einhängeeffektes" erhöht werden.

I.d.R. wird die Querdruckpressung unter der Unterlegscheibe maßgebend. Daher ist der Unterlegscheibendurchmesser anzugeben.

Die Option **automatisch** wählt einen zum Bolzendurchmesser passenden Scheibendurchmesser.

Das Maß  $a_1$  ist der Abstand der Verbindungsmittel in Trägerlängsrichtung. Falls die Verbindungsmittel mehrreihig angeordnet sind, kann der Abstand  $a_2$  in vertikaler Richtung eingegeben werden.

Durch Aktivierung des kleinen roten Optionsknopfs neben dem Eingabefeld wird automatisch der minimal zulässige Abstand vom Programm gewählt.

☐  $F_v, R_k$  gemäß 8.2.3 erhöhen  
Bei einschnittigen Verbindungen mit Holzschrauben darf der charakteristische Wert der Tragfähigkeit  $F_v, R_k$  infolge der Seilwirkung um einen Anteil  $\Delta R_k$  erhöht werden

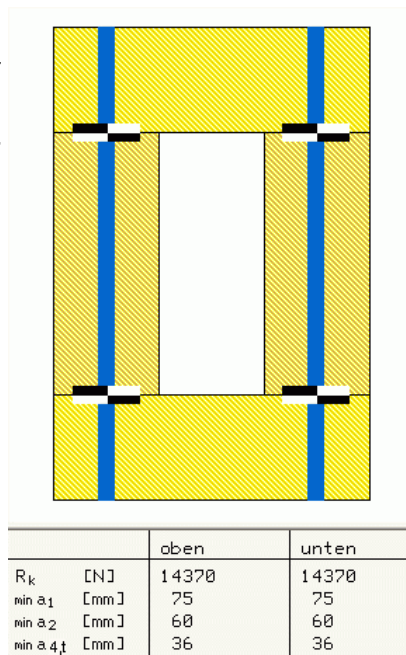
☒ Unterlegscheibe ( $\geq 3 d$ )  
 $\varnothing$   mm ☐ automatisch

Abstand  $a_2$  ☒  mm  
Abstand  $a_1$  ☒  mm

Im Kontrollfenster links neben den Registern erscheint der Trägerquerschnitt mit den Verbindungsmitteln.

In der Tabelle darunter werden die charakteristische Dübeltragfähigkeit  $R_k$  sowie die einzuhaltenden Verbindungsmittelmindestabstände  $a_1$  (... in Faserrichtung untereinander),  $a_2$  (... senkrecht zur Faserrichtung untereinander) und  $a_{4,c}$  (... senkrecht zur Faser vom unbeanspruchten Rand) ausgegeben.

Diese Daten dienen als Anhaltswerte zur Konstruktion.



### 3.3.4

#### Register 4: Abstände

... ist im Programm *##-DULAH*, Zusammengesetzte Querschnitte, irrelevant.

### 3.3.5

#### Register 5: Nachweise

Die Aktivierung der zu führenden Nachweise erfolgt unter den globalen Einstellungen, s. Abs. 3.2.3, S. 14. Alle Nachweisparameter, die nur für bestimmte Stababschnitte gelten, werden hier eingestellt.

Der Knickbeiwert  $k_c$  für den Druckgurt nach /16/, Gl. (6.25), kann nach Vorgabe der Ersatzstablänge  $l_{ef}$  vom Programm ermittelt werden. Vom Anwender wird festgelegt, ob der Ober- oder Untergurt der Druckgurt ist.

Alternativ kann der Wert durch Deaktivieren der Option direkt vorgegeben werden.

**Knicksicherheitsnachweis des Druckgurt**

☒  $k_c$  nach DIN EN 1995-1-1 Gl.(6.25)

☒ Druckgurt oben  
☐ Druckgurt unten

$l_{ef} =$   m  $\Rightarrow k_c = 0,78826$

Die Vergleichslänge zur Berechnung der zulässigen Durchbiegung kann direkt eingegeben oder vom Programm automatisch ermittelt werden.

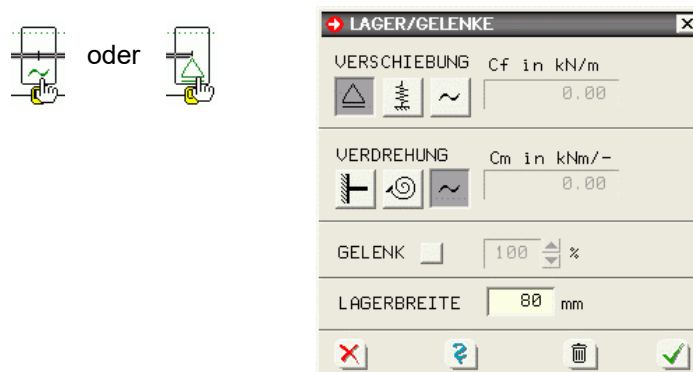
Bei automatischer Ermittlung der Vergleichslänge wird der Abstand der Vertikallager des betreffenden Abschnitts eingesetzt. Dies entspricht i.A. der Feldlänge. Bei aktivierter **Kragarmoption** wird die zulässige Verformung entspr. /16/, 7.2 (2), für Kragarme erhöht.

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

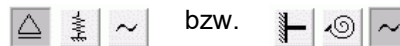
### 3.4 Lager- und Gelenkbedingungen

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.

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



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.



#### 3.4.1 Senkfeder

$C_f$ 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

#### 3.4.2 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

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



### 3.4.3

## Gelenk

Gelenke werden durch Setzen des Häkchens aktiviert. Über die %-Angabe kann eine Gelenkfeder gesetzt werden. 100% entspricht einem Vollgelenk.

GELENK ☒ 50 %

### 3.4.4

## Lagerbreite

Die Auflagerbreite ist für den Nachweis der Lagerpressung (optional) erforderlich. Für eine Breite = 0 wird der Nachweis für dieses Lager nicht geführt.

Die Auflagertiefe wird vom Programm automatisch ermittelt.

LAGERBREITE 80 mm

Bei Trägertypen, bei denen mehrere Querschnittsteile Kontakt zum Auflager haben (z.B. I-Querschnitt mit seitlich am Steg befestigten Gurten), wird lediglich der Steg zur Übertragung der Kräfte herangezogen.



Das Löschen des gesamten Lagers erfolgt durch einen Klick auf den **Mülleimerbutton**.

## 3.5

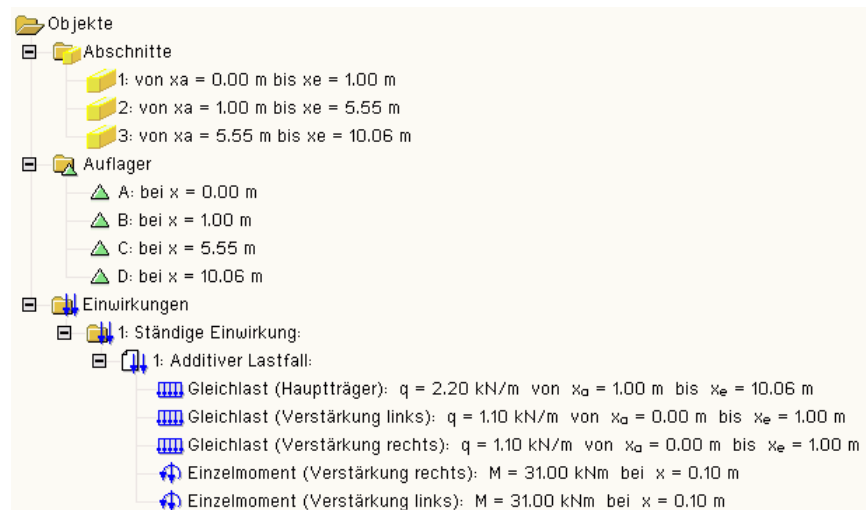
## Verwaltung der Einwirkungen und der Nachweise

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

## 3.6

## Objekte auswählen

In der Eingabeoberfläche wird im linken Teilfenster eine Liste der eingegebenen Objekte (Stabsabschnitte, 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 modifizieren, andererseits mittels Doppelklick das entsprechende Eigenschaftsblatt direkt zu laden.

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



### 3.7

#### 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

## 3.8 Verbindungsmittel

### 3.8.1 Ringdübel DIN EN 1995-1-1

Der **Bemessungswert der Tragkraft** berechnet sich zu

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3.8.2 Ringdübel DIN 1052

**Bemessungswert der Tragkraft**

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

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

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

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

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

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

$\alpha$  Winkel zwischen Kraft und Faser

### 3.8.3

#### 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

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

### 3.8.4

#### 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

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

$\alpha$  Winkel zwischen Kraft und Faser

### 3.8.5

#### 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$a_1$  Abstand der Stabdübel untereinander in Faserrichtung

$d$  Dübeldurchmesser in mm

### 3.8.6

#### Stabdübel DIN 1052 vereinfachtes Rechenverfahren

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### wirksame Anzahl der hintereinander liegenden Verbindungsmittel

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

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

$\alpha$  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. 3.8.13, S. 31) gerechnet werden.

## 3.8.7 Schrauben DIN EN 1995-1-1 NAD

### 3.8.7.1 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$k_{ef}$  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**

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

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

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

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

### 3.8.8

### Schrauben DIN 1052

#### 3.8.8.1

#### 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

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

$\alpha$  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. 3.8.8.2) gerechnet werden.

#### 3.8.8.2

#### 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

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

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

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

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

## 3.8.9

### SPAX- und ASSY-Schrauben

Die Berechnung von SPAX-Schrauben mit Teil- oder Vollgewinde erfolgt gemäß /9/, /10/, /11/, /12/ und /13/; Würth ASSY Vollgewindeschrauben und Selbstbohrende Schrauben entspr. /14/ und /15/.

## 3.8.10

### 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**

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

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

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

### 3.8.11

### 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**

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

$$f_{h,k} = 0.082 \cdot d^{-0.3} \cdot p_k \quad \dots /1/, \text{ Gl. (212)}, /16/, (\text{B.15})$$

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

$$M_{y,k} = 0.3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2.6} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (208)}, /16/, (\text{B.14})$$

$$t = \max \left\{ 14 \cdot d, (13 \cdot d - 30) \cdot \frac{p_k}{200} \right\} \quad \dots /1/, \text{ Gl. (218)}, /16/, (\text{B.19}), \text{ für Schnittholz}$$

$d$  Nageldurchmesser in mm

Alternativ kann mit dem genaueren Verfahren nach Anh. G.2 (s. Abs. 3.8.13) 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**

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

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

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

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

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

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

▪ **zweischchnittige Verbindungen**

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3.8.15

### Erhöhg. Tragfähigkeit durch Berücks. Auszieh Widerstand DIN EN 1995

In bestimmten Fällen darf die Tragfähigkeit  $F_{v,Rk}$  ( $R_k$ ) um einen Anteil  $\Delta F_{v,Rk}$  ( $\Delta R_k$ ) 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.

#### 3.8.15.1

#### 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  $\Delta R_k$  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.15, 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.

#### 3.8.15.2

#### Klammern

Für Klammern gilt das Gleiche wie für Verbindungen mit Nägeln. Nach /17/, 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

#### 3.8.15.3

#### 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 /17/, 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 /17/, 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 /17/, NCI Zu 8.3.2 (NA.12), dürfen für Nägel, die nach /18/ einer Tragfähigkeitsklasse zugeordnet wurden, die charakteristischen Werte für die Ausziehparameter und die Kopfdurchziehparameter n. Tab. NA. 15 bestimmt werden.

#### 3.8.15.4 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  $\alpha$  zur Faserrichtung in N

$f_{ax,k}$  charakteristischer Wert der Ausziehfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung in N/mm<sup>2</sup>

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

$l_{ef}$  Eindringtiefe des Gewindeteils in mm

$\rho_k$  charakteristischer Wert der Rohdichte in kg/m<sup>3</sup>

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

#### 3.8.15.5 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 Querdrukspannung 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.

#### 3.8.15.6 Bolzen und Gewindestangen

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

#### 3.8.15.7 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.

### 3.8.16

### Erhöhg. Tragfähigkeit durch Berücks. Auszieh Widerstand DIN 1052

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

#### 3.8.16.1

#### 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  $\Delta R_k$  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.

#### 3.8.16.2

#### 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

#### 3.8.16.3

#### Sondernägeln

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  $\Delta R_k$  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  $\rho_k$  ist dabei mit  $380 \text{ kg/m}^3$  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  $\Delta R_k$  erhöht werden:

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

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

#### 3.8.16.4

##### Schrauben

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

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

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.

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

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:

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

$d_{Kern}$  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  $\rho_k$  ist dabei mit  $380 \text{ kg/m}^3$  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.

#### 3.8.16.5

##### Passbolzen

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

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

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

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

#### 3.8.16.6

##### Bolzen und Gewindestangen

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

#### 3.8.16.7

##### 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.



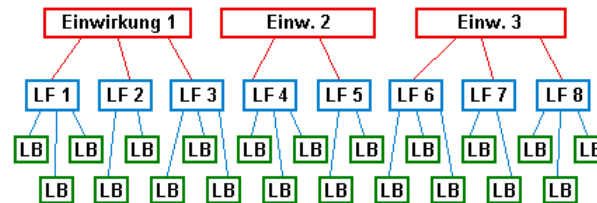


Informationen zu den Verwaltungen der Einwirkungen und Nachweise s. Handbuch *das pcae-Nachweiskonzept*.

## 3.9.1

**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 Eingabeilfe. 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**

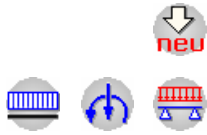
Eine Einwirkung kann beliebig viele Lastfälle enthalten. Neben der Einwirkungsnummer und der Einwirkungsbezeichnung ist der Einwirkungstyp die wesentliche Eigenschaft einer Einwirkung. Er legt fest, ob die der Einwirkung zugeordneten Lastfälle ständige Lasten (wie etwa Eigengewicht) oder veränderliche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

### 3.9.2

### Eingabe der Belastung



Hinter dem dargestellten Button verbirgt sich die Eingabe der Punkt- und Linienlasten bzw. der Eingabeassistent, der 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.

### 3.9.3

### Linienbelastung

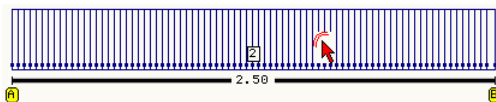
An dieser Stelle können streckenweise Belastungen in Form von Linienlasten verschiedener Lastgeometrien, Eigengewichts- oder Temperaturlasten erzeugt werden. Die Lasten können an beliebiger Stelle auf dem Durchlaufträger angeordnet sein. Sie werden bezüglich zweier Ankerpunkte definiert und verwaltet.

Das Fenster zur Eingabe der Linienlasten wird wie folgt geöffnet:

Stab oder Stabzug markieren  Button klicken,  Button klicken

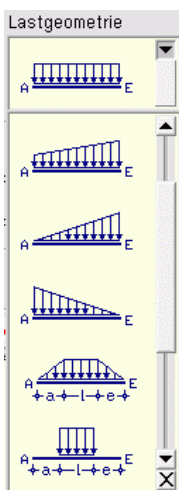
Ist bereits eine Linienlast vorhanden, kann das Eingabefenster auch durch einen Doppelklick auf die Last im Haupteingabefenster geöffnet werden.

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  $\gamma$  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.



Eine Last kann durch einen Klick auf den Mülleimer gelöscht werden.

### 3.9.4

## 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.

Das Fenster zur Eingabe der Punktlasten wird wie folgt geöffnet:



Stabpunkt markieren,



Button klicken,



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  $\Delta w$  in z-Richtung und/oder eine Verdrehung  $\Delta \phi$  eingegeben.

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



Eine Last kann durch einen Klick auf den Mülleimer gelöscht werden.

## 4 Holzbaunachweise n. EC 5 und DIN 1052:2008-12

### 4.1 Allgemeines

Im Folgenden werden die Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise für Holztragwerke n. EC 5 und DIN 1052:2008-12 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)
- OSB 2, 3, 4
- Gipskarton GKB, GKF, GKBi
- Sperrholz F20/10, F20/15, F25/10, F40/30, F50/25, F60/10
- Spanplatte Typ P4, P5, P6, P7
- Faserplatte hart, mittelhart
- (Kerto®-Holz)

Um einen der nachfolgend beschriebenen Nachweise führen zu können, muss jedem Teilquerschnitt des zusammengesetzten Trägers 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.

#### 4.1.1 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. 3.2.1, S. 12).

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

#### 4.1.2 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).

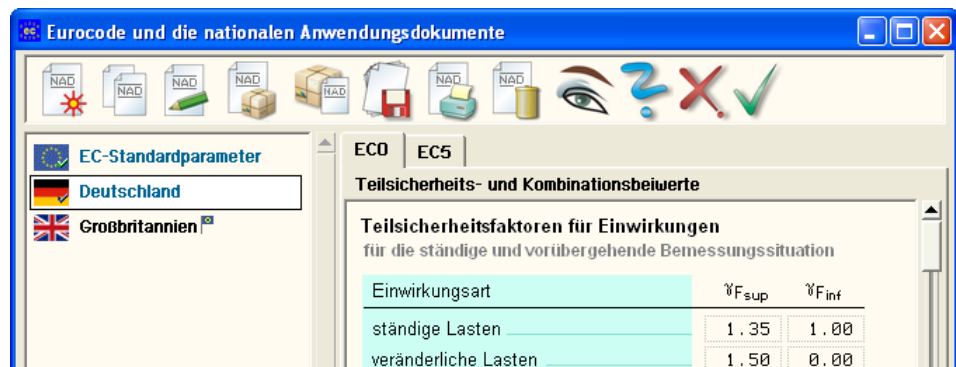
*pcae* ermöglicht, statische Berechnungen für Bauwerke in allen Mitgliedsländern Europas zu erstellen. Die vollständige Einführung von Eurocode bietet hierzu eine hervorragende Chance. Allein die nationalen Anwendungsdokumente der teilnehmenden Staaten müssen in die Software eingepflegt werden.

**pcae** bietet hierzu ein Werkzeug an, das 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. schreibtsichglobal 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.

## 4.2 Nachweise n. DIN 1052:2008-12

### 4.2.1 Tragfähigkeitsnachweise (Theorie I. Ordnung)

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

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)

$k_{\text{mod}}$  Modifikationsbeiwert

$\gamma_M$  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

$k_{c,y}$  Knickbeiwert für Knicken um die y-Achse (Ersatzstabverfahren)

$k_{c,z}$  Knickbeiwert für Knicken um die z-Achse (Ersatzstabverfahren)

$k_m$  Kippbeiwert (Ersatzstabverfahren)

$k_{\text{red}}$  Reduktionsfaktor

#### 4.2.1.1 zusammengesetzte Querschnitte

Für zusammengesetzte Querschnitte werden die Spannungsnachweise entspr. DIN 1052:2008-12, Abs. 10.5.1. und 10.5.2, geführt.

Nachweis für geklebte Verbundbauteile entspr. DIN 1052:2008-12, Abs. 10.5.1 (2)

$$\frac{\sigma_{f,c,max,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{f,t,max,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{f,c,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{f,t,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

Optional wird der vereinfachte Beulnachweis n. DIN 1052:2008-12, Abs. 10.5.1 (3), geführt

$$h_{ww} \leq 70 \cdot b_{ww}$$

$$V_d \leq n \cdot b_{ww} \cdot h_{ww} \cdot \left[ 1 + 0.5 \cdot (h_{f,t} + h_{f,c}) / h_{ww} \right] \cdot f_{v,d} \quad \dots \text{für} \dots h_{ww} \leq 35 \cdot b_{ww}$$

$$V_d \leq n \cdot 35 \cdot b_{ww} \cdot b_{ww}^2 \cdot \left[ 1 + 0.5 \cdot (h_{f,t} + h_{f,c}) / h_{ww} \right] \cdot f_{v,d} \quad \dots \text{für} \dots 35 \cdot b_{ww} < h_{ww} \leq 70 \cdot b_{ww}$$

### Nachweis der Klebefuge

Für Querschnitte mit nachgiebigem Verbund gilt zusätzlich gem. DIN 1052:2008-12, Abs. 10.5.2 (3)

$$h_{ww} + 0.5 \cdot (h_{f,t} + h_{f,c}) \leq 70 \cdot b_{ww}$$

Für die Klebefuge zwischen Steg und Gurt gilt gemäß DIN 1052:2008-12, Abs. 10.5.1 (4)

$$h_{ww} \leq 70 \cdot b_{ww}$$

$$\tau_{ef,d} \leq f_{v,d} \cdot \left( 4 \cdot b_{ww} / h_{f,c(t)} \right)^{0.8} \quad \dots \text{für} \dots h_{f,c(t)} > 4 \cdot b_{ww}$$

Für die Bemessungswerte der Festigkeiten gilt gemäß DIN 1052:2008-12

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

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

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

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

$k_{mod}$  Modifikationsbeiwert

$\gamma_M$  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

#### 4.2.1.2

### 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.

"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  $k_{\text{mod}}$ -Wert zugeordnet ist.

#### 4.2.1.3

#### 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	$k_{\text{mod}} = 0.90$

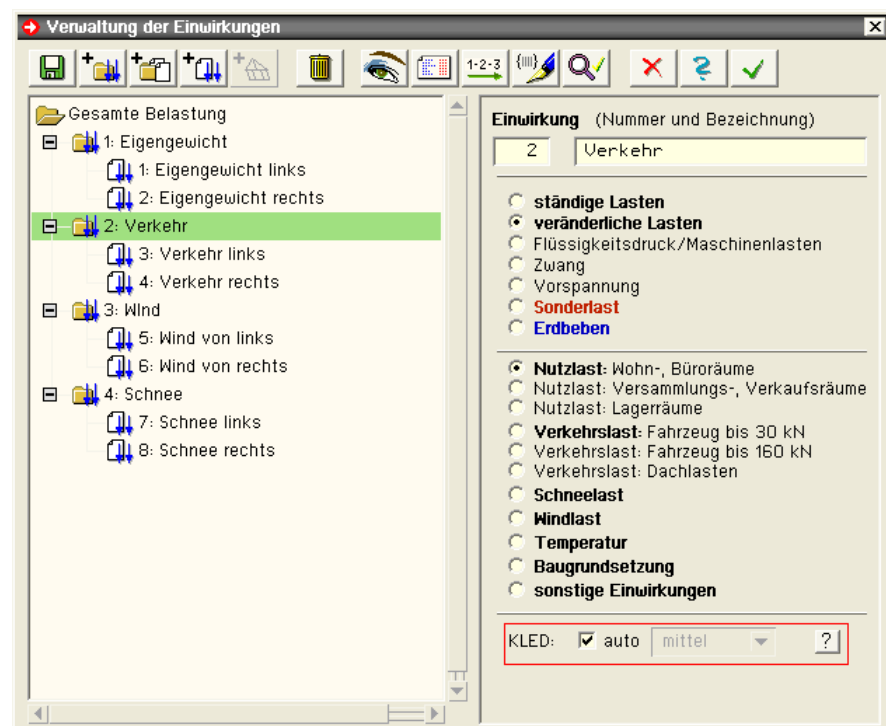
Bei Einrichten des hier zu beschreibenden Tragfähigkeitsnachweises wird automatisch eine Extremalbildungsvorschrift vom Typ *standard* erzeugt, die den Normalfall der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation berücksichtigt.

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

- die erste Gruppe besteht allein aus der Einwirkung *Eigengewicht*, da dieser Einwirkung der kleinste  $k_{\text{mod}}$ -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  $k_{\text{mod}}$ -Wert 0.90 zugeordnet.

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





## 4.2.2

### Nachweis der Gebrauchstauglichkeit seltene 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 nach 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 entspr. DIN 1052:2008-12, Tab. F.2

Nutzungs-kategorie 1:  $k_{def} = 0.60$

Nutzungs-kategorie 2:  $k_{def} = 0.80$

Nutzungs-kategorie 3:  $k_{def} = 2.00$

$\psi_0, \psi_2$  Kombinationsbeiwerte gemäß DIN 1055-100

#### 4.2.2.1

#### 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

	$\psi_{dom}$	$\psi_{sub}$	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$
ständige Lasten	0	0	0	0
veränderliche Lasten	1	$\psi_0$	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

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

#### 4.2.3

#### Nachweis der Gebrauchstauglichkeit quasiständige Bemessungssituation

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

$$\text{Nachweis} \quad w_{\text{fin}} - w_0 \leq \frac{l_v}{200} \quad \text{Kragträger} \quad \frac{l_v}{100}$$

$w_{\text{fin}}$	maximale Durchbiegung aller Einwirkungen mit Kriech Einfluss
$w_0$	Überhöhung im lastfreien Zustand (falls vorhanden)
$l_v$	Vergleichslänge als Länge zwischen zwei Lagerpunkten bzw. Kragarmlänge

In der quasiständigen Bemessungssituation gilt

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

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

$$w_{\text{Q,i,fin}} = \psi_{2,i} \cdot w_{\text{Q,i,inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) \quad \dots \text{ aus veränderlichen Lasten mit Kriech Einfluss}$$

$k_{\text{def}}$	Verformungsbeiwert entsprechend DIN 1052:2008-12, Tab. F.2
Nutzungs-kategorie 1:	$k_{\text{def}} = 0.60$
Nutzungs-kategorie 2:	$k_{\text{def}} = 0.80$
Nutzungs-kategorie 3:	$k_{\text{def}} = 2.00$

$$\psi_2 \quad \text{Kombinationsbeiwert gemäß DIN 1055-100}$$

#### 4.2.3.1

#### Sonderheiten der Lastfallüberlagerung

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

	$\Psi_{\text{dom}}$	$\Psi_{\text{sub}}$	$\gamma_{\text{sup}}$	$\gamma_{\text{inf}}$
ständige Lasten	1	1	$1 + k_{\text{def}}$	$1 + k_{\text{def}}$
veränderliche Lasten	$\psi_2$	$\psi_2$	$1 + k_{\text{def}}$	$1 + k_{\text{def}}$

## 4.3

## 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.

### 4.3.1

### Tragfähigkeitsnachweis (Th. I. Ord.)

Der Nachweis entspricht bis auf die folgenden Anmerkungen dem Tragfähigkeitsnachweis n. DIN 1052:2008-12 (Abs. 4.2.1, S. 42).

- 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 1.1

vgl. 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

- in Gleichung (B.9) des EC 5 hat sich offensichtlich ein Fehler eingeschlichen.

$$\tau_{2,max} = \frac{\gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 \cdot a_3 + 0.5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h_2^2}{b_2 \cdot (E \cdot I)_{ef}} \cdot \sqrt{\quad}$$

Hier muss es  $h$  und nicht  $h_2$  heißen. Somit sind die Gleichungen identisch mit denen der DIN 1052 (vgl. DIN 1052:2008, 8.6.2 (33))

Gemäß EC 5, 2.3.2.2 (2), gilt:

*Wird die Verteilung der Schnittgrößen durch die Steifigkeitsverteilung im Tragwerk beeinflusst, sollten für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit die Endwerte der Mittelwerte der entsprechenden Elastizitätsmoduln  $E_{mean,fin}$ , der Schubmoduln  $G_{mean,fin}$  und der Verschie-*

bungsmoduln  $K_{ser,fin}$  nach folgenden Gleichungen bestimmt werden.

$$E_{mean,fin} = \frac{E_{mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$$

$$G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$$

$$K_{ser,fin} = \frac{K_{ser}}{1 + \psi_2 \cdot k_{def}}$$

vgl. DIN EN 1995-1-1/NA, Tab. Na. 2

Da in EC 5, 9.1.1 (6) P, keine Angaben über den Nachweis der Klebefuge gemacht werden, erfolgt der Nachweis entsprechend DIN 1052:2008.

#### 4.3.2

#### 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.

## 4.4 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.

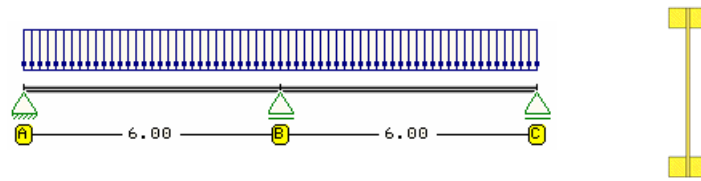
## 4.5 Druckausgabe



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

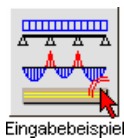
## 5 Eingabebeispiel

Das dargestellte Zweifeldträgersystem soll berechnet werden.



Die Belastung des Trägers besteht aus einer Gleichstreckenlast. Die Gleichstreckenlast teilt sich in das Eigengewicht der Konstruktion (0.5 kN/m) sowie eine feldweise zu untersuchende Verkehrslast von 0.6 kN/m auf. Die Querschnittsabmessungen werden im zugehörigen Eingabedatenblatt angegeben.

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

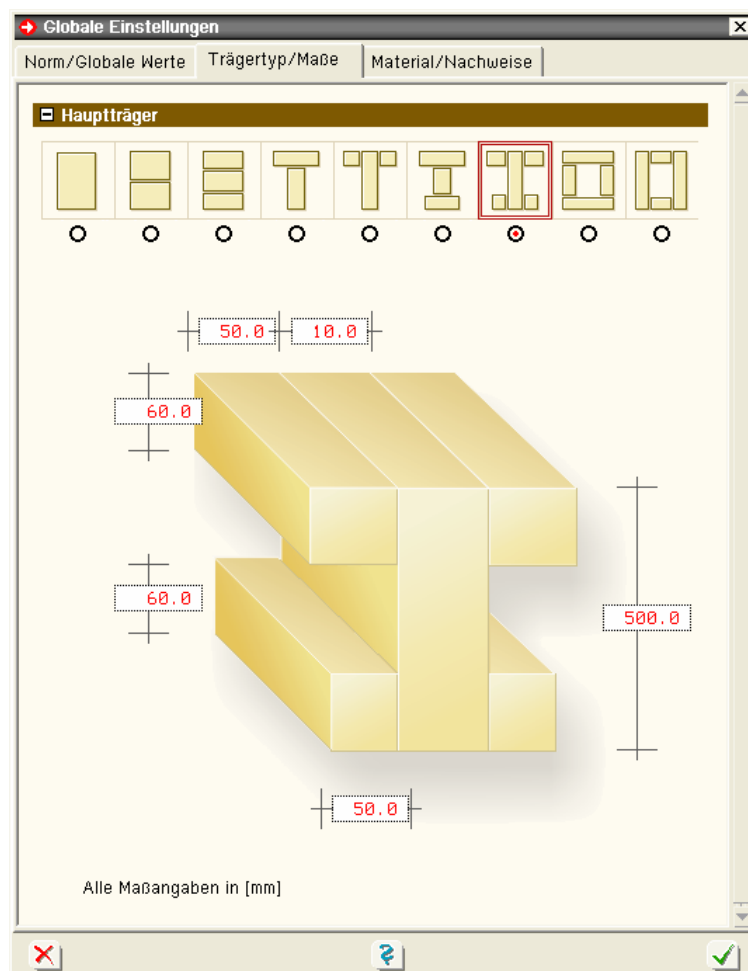


Starten Sie das DTE®-System und erzeugen Sie ein neues DTE®-Bauteil der Problemklasse *Zusammengesetzter Holzträger* wie unter Abs. 2, S. 7, beschrieben.

Starten Sie dann bitte *##DULAH*, indem Sie den Doppelklick auf dem soeben erzeugten Bauteilsymbol ausführen. Es erscheint der auf S. 11 dargestellte Eingabeassistent.



Klicken Sie bitte auf den Button zur Festlegung der Globalen Einstellungen, wählen dort im Register *Trägertyp/Maße* den markierten Trägertyp und tragen die Querschnittsabmessungen in mm ein.



Wechseln Sie bitte anschließend in das Register *Material/Nachweise* und setzen die im folgenden Eigenschaftsblatt dargestellten Parameter. Der untere Gurt soll die gleichen Parameter wie der obere erhalten.

**Materialkennwerte Gurt oben** standard

Holzart: Brettschicht   
 Holzgüte: GL28h (BS14)   
 d = 60.0 mm  
☒ Kennwerte automatisch ermitteln  
 k<sub>m</sub> 0.70

E <sub>0,mean</sub>	12600	N/mm <sup>2</sup>
E <sub>0,05</sub>	10500	N/mm <sup>2</sup>
G <sub>mean</sub>	780	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>m,k</sub>	28.00	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t,0,k</sub>	19.50	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,0,k</sub>	26.50	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,90,k</sub>	3.00	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>v,k</sub>	2.50	N/mm <sup>2</sup>

☐ f<sub>m,k</sub> und f<sub>t,0,k</sub> mit dem Beiwert k<sub>h</sub> erhöhen

**Materialkennwerte Steg** standard

Holzart: Faserplatte   
 Holzgüte: Mittelhart   
 d = 240.0 mm  
☒ Kennwerte automatisch ermitteln  
 k<sub>m</sub> 0.70

E <sub>0,mean</sub>	2900	N/mm <sup>2</sup> (Scheibe)
E <sub>0,05</sub>	2900	N/mm <sup>2</sup> (Platte)
G <sub>mean</sub>	2320	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>m,k</sub>	15.00	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t,0,k</sub>	8.00	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,0,k</sub>	8.00	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,90,k</sub>	8.00	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>v,k</sub>	3.25	N/mm <sup>2</sup>

☐ f<sub>m,k</sub> und f<sub>t,0,k</sub> mit dem Beiwert k<sub>h</sub> erhöhen

**Materialkennwerte Gurt unten** standard

Holzart: Brettschicht   
 Holzgüte: GL28h (BS14)   
 d = 60.0 mm  
☒ Kennwerte automatisch ermitteln  
 k<sub>m</sub> 0.70

E <sub>0,mean</sub>	12600	N/mm <sup>2</sup>
E <sub>0,05</sub>	10500	N/mm <sup>2</sup>
G <sub>mean</sub>	780	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>m,k</sub>	28.00	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t,0,k</sub>	19.50	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,0,k</sub>	26.50	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>c,90,k</sub>	3.00	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>v,k</sub>	2.50	N/mm <sup>2</sup>

Die gewählten Werkstoffkenndaten für den Steg haben Rückwirkung auf die im Register 1 *Norm/Globale Werte* gesetzte Nutzungsklasse.

**Auswahl der zugrundeliegenden Norm**

☐ DIN 1052:2008-12 und DIN 18800:1990-11  
☒ DIN EN 1995-1-1:2010-12 und DIN EN 1993-1-1:2010-12  
☒ Deutschland

**globale Einstellungen** standard

Globale Einstellungen gelten stabunabhängig für das gesamte Bauteil

Nutzungsklasse des Bauteils

☒ Nutzungsklasse 1  
☐ Nutzungsklasse 2  
☐ Nutzungsklasse 3

$\alpha_{t,Holz}$  0.50  $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{K}$   
 $\alpha_{t,Stahl}$  1.20  $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{K}$   
 $\psi_2$  0.60 - Beiwert gemäß DIN EN 1995-1-1 2.3.2.2 (2), für den quasi-ständigen Anteil der Einwirkung, die die größte Spannung im Verhältnis zur Festigkeit hervorruft (wenn diese Einwirkung eine ständige Einwirkung ist, sollte dieser durch 1 ersetzt werden)



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

Abschnitt	Länge [m]
1	6.000
2	6.000
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	

Auflager

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.

**EINGABEASSISTENT FÜR EINEN HOLZ-DURCHLAUFTRÄGER**

**Objekte**

- Abschnitte
  - 1: von  $x_a = 0.00$  m bis  $x_e = 6.00$  m
  - 2: von  $x_a = 6.00$  m bis  $x_e = 12.00$  m
- Auflager
  - A: bei  $x = 0.00$  m
  - B: bei  $x = 6.00$  m
  - C: bei  $x = 12.00$  m
- Einwirkungen

Holzträger, Nachweise,...

Abschnitte, Lager

Stabeigenschaften

Belastung

**EINGABEASSISTENT**  
Das Fenster links zeigt den Objektbaum des Gesamtsystems. In der Mitte sind die Buttons zur Eingabe der Trägerdaten. Alle Parameter sind mit sinnvollen Werten vorbelegt. Über die Buttons können alle Eingabewerte editiert werden. Alle Parameter sind auch nach Beenden des Assistenten veränderbar.

**GLOBALE EINSTELLUNGEN**  
Querschnittstyp, Holzarten, Nutzungsklasse, Querschnittsabmessungen, Auswahl der Nachweise.

**ABSCHNITTE**  
Eingabe der Stababschnitte mit den zugehörigen Längen und Lagerbedingungen.

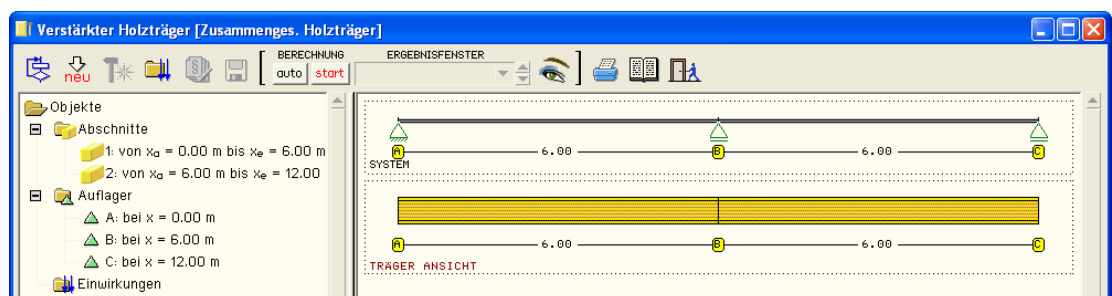
**STABEIGENSCHAFTEN**  
Verbindungsmittel und stabbezogene Nachweisparameter.

**BELASTUNG**  
Die Vorbelegung enthält eine Einwirkung mit ständigen und eine mit veränderlichen Lasten. Mittels Doppelklick auf die Lastfälle werden die Fenster für die zugehörigen Lastbilder geöffnet.

zurück weiter

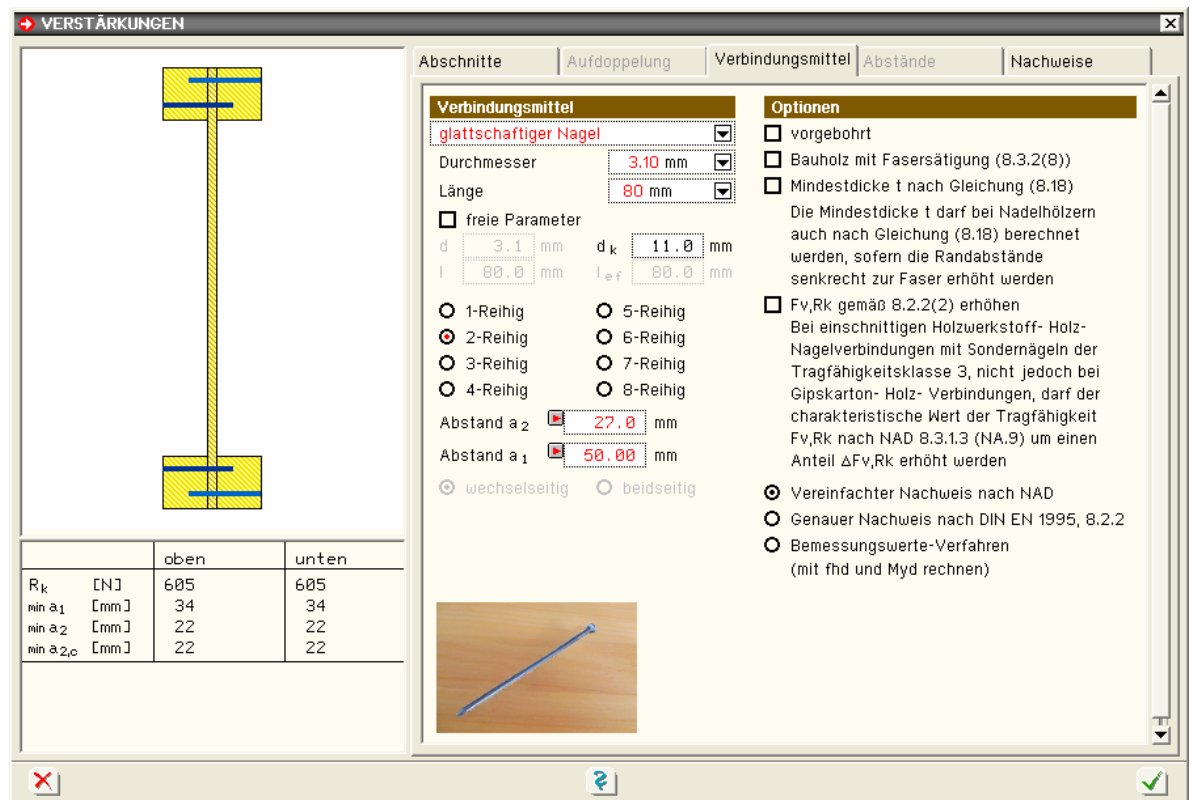
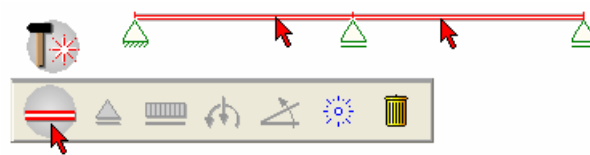
Obwohl die Eingabe weiterhin mit der Eingabehilfe erfolgen kann, beenden Sie bitte auch diese.

Im Konstruktionsfenster sind die eingegebenen Abschnitte bereits dargestellt. Das System kann nun weiter an die Gegebenheiten der Aufgabenstellung angepasst werden. Ziehen Sie den Fensterseparator (s. S. 8) nach ganz unten. So bekommen Sie eine optimale Ansicht der zum Konstruktionsfenster gehörenden Teilansichten.

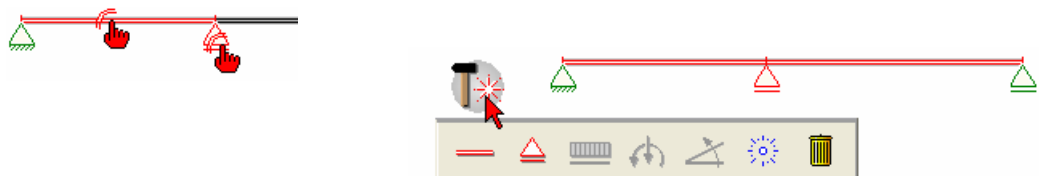




Die Querschnittsbeschreibung ist nun noch hinsichtlich der verwendeten Verbindungsmittel (hier Nagelverbindung) zu komplettieren. Markieren Sie hierzu die Stäbe durch Anklicken mit der Maus und rufen das erforderliche Eigenschaftsblatt über die gezeigten Buttons.



Unser Beispiel ist hinsichtlich der Systemseite bereits vollständig beschrieben. Sollten - im Normalfall - an den Stäben und Lagern Modifikationen erforderlich sein, kann dies leicht durch Doppelklick auf das entsprechende Element erfolgen. Hierdurch werden die zugehörigen individuellen Eigenschaften aufgerufen.



Sollen mehrere gleichartige Elemente modifiziert werden, erfolgt die Bearbeitung über den **Hammerbutton**.

Wenn somit der lastunabhängige Teil des Systems festgelegt ist, kann die Beschreibung der **Belastung** erfolgen.

Die Belastung soll hier 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 beiden Einwirkungen soll jeweils ein Lastfall vorgehalten werden.

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

Unter der Einwirkung **Nutzlasten** kann für den LF 2 der Lastfalltyp **aufteilen** vereinbart werden.

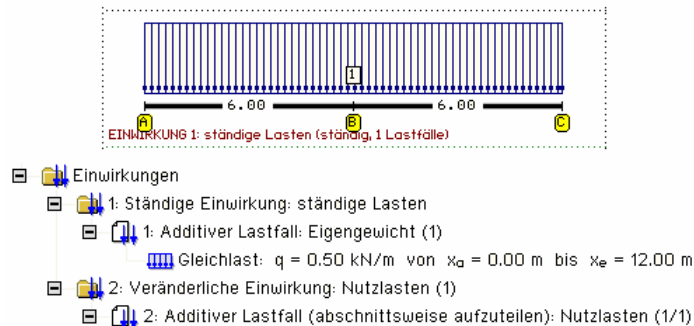
Hierdurch wird die Eingabe der durchlaufenden Nutzlast vereinfacht. Bei Durchlaufträgersystemen ist eine feldweise Aufteilung der Verkehrslasten erforderlich, um zu Extremalen zu gelangen. Formal müssten bei  $n$  Feldern auch  $n$  Nutzlastlastfälle erzeugt werden. Durch den Lastfalltyp **aufteilen** vollzieht das Programm diese Aufteilung automatisch, indem der markierte LF in so viele Teillastfälle aufgeteilt wird wie Abschnitte im System vorhanden sind.



Der Eigengewichtslastfall 1 soll wie oben gesagt eine Linienlast von 0.5 kN/m erhalten.

Klicken Sie bitte die beiden dargestellten Buttons an, tragen im folgenden Eigenschaftsblatt den Wert ein und wählen den Punkt C als Endanker der Belastung.

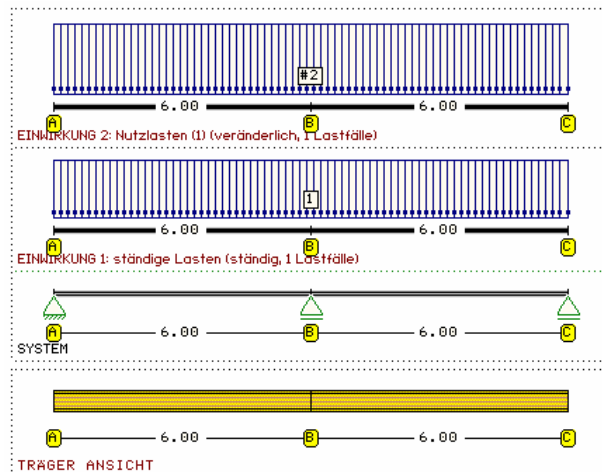
Nach **Bestätigen** erscheint die neue Belastung einerseits als grafische Darstellung im Konstruktionsfenster und ist zweitens auch in den **Objektbaum** aufgenommen worden.



Wiederholen Sie nun bitte die Aktion für LF 2 mit der feldweise zu untersuchenden Verkehrslast von 0.6 kN/m.

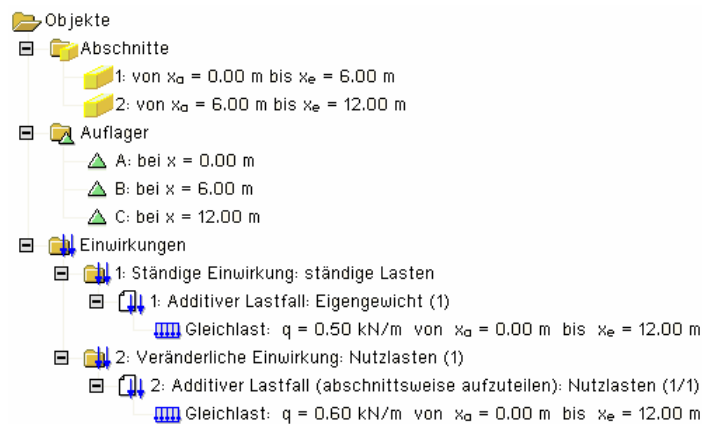


In die Grafik der Linienlasten wird die zugehörige Lastfallnummer eingeblendet. Das vorangestellte Doppelkreuzzeichen (hash) kennzeichnet einen LF vom Typ **aufteilen**.

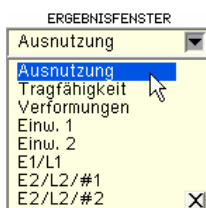


## Objektbaum

Im Objektbaum sind alle definierten Objekte in einer Verzeichnisstruktur aufgeführt.



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



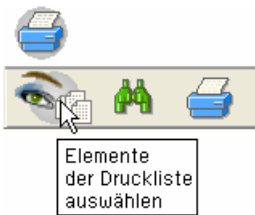
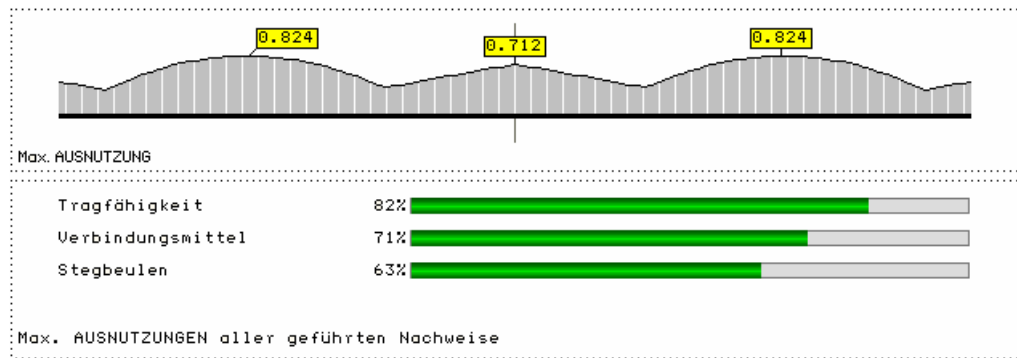
Als Lohn der Arbeit können nun die Ergebnisse betrachtet werden. Hierzu sollte der Fensterseparator (S. 8) möglichst weit nach oben gezogen werden. Die Auswahlliste **Ergebnisfenster** weist folgende anwählbaren Elemente aus:

- Ausnutzung** Ausnutungsgrade 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. Button unten) festgelegt wird!
- Verformungen** alle zum Nachweis der Verformung gehörenden Ergebnisse
- Einw. 1** Extremwerte aus Einwirkung 1
- Einw. 2** Extremwerte aus Einwirkung 2
- E1/L1** Ergebnisse aus Lastfall 1
- E2/L2/#1** Ergebnisse aus Lastfall 2
- E2/L2/#2** (Auswirkungen der einzelnen Teilbelastungen, Lastfalltyp **aufteilen**)



Die Darstellungsoptionen für die Bildschirmausgabe werden über den **Augebutton** geöffnet, s. Abs. 3.1.6, S. 10.

**Ergebnisfenster** Das folgende Bild zeigt einen Ausschnitt des Ergebnisfensters mit Darstellung der Ausnutzungen aus den einzelnen Nachweisen.



Die Ergebnisse können nun ausgedruckt werden. Der Umfang des Druckdokumentes kann benutzerseitig festgelegt werden, s. Abs. 3.1.3, S. 9.

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



Abschließend wird die Sitzung beendet.

## 6 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, 17. Auflage, Werner Verlag
- /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



Anmerkung zu den Berechnungsbeispielen in der Literatur:

Nahezu alle in der Literatur vorgestellten Beispielrechnungen sind entweder von der Dokumentation der verwendeten Parameter unvollständig oder anderweitig fehlerbehaftet.

## 7 Index

- |   |  |
|---|--|
| Abkürzungen 2                             | Gebrauchstauglichkeitsnachweis 15, 45    |
| Abschnittsteilung 16                      | Gelenk 20                                |
| Anwendungsdokument nationales 40          | Hilfemanager 11                          |
| Aufdoppelung 17                           | Installation 5                           |
| Auflagerbreite 20                         | Kontextsensitivität 6                    |
| Auflagerpressung 15                       | Lager 19                                 |
| aufteilen 54                              | Lastbild 2, 37                           |
| Ausgabeliste 9                            | Lastfall 2, 37                           |
| Ausnutzung 56                             | Lastkollektiv 2                          |
| Auszieh Widerstand 33, 35                 | Linienbelastung 38                       |
| Auszieh Widerstand Bolzen 34              | Material 40                              |
| Auszieh Widerstand Gewindestange 34       | Materialdaten 12                         |
| Auszieh Widerstand Klammer 33, 35         | Materialkennwerte 15                     |
| Auszieh Widerstand Nagel 33, 35           | Materialsicherheitsbeiwert 13            |
| Auszieh Widerstand Passbolzen 34, 36      | Modifikationsbeiwert 13                  |
| Auszieh Widerstand Ringdübel 34, 36       | Nachweis Nagel 30                        |
| Auszieh Widerstand Scheibendübel 34, 36   | Nachweis Ringdübel 22                    |
| Auszieh Widerstand Schraube 34, 36        | Nachweis Scheibendübel 23                |
| Auszieh Widerstand Sondernagel 33, 35     | Nachweis Schraube 25, 27                 |
| Bauteil erzeugen 7                        | Nachweis Stabdübel 24                    |
| Belastung 54                              | Nachweis stiftförmige Verb. 30           |
| Bemessungssituation quasiständige 46      | Nachweise 15                             |
| Bemessungsverfahren stiftförmige Verb. 32 | Nachweisparameter 18                     |
| Berechnungsverfahren 9                    | nationales Anwendungsdokument 40         |
| Beulnachweis 15                           | NCI 40                                   |
| Bildschirmdarstellung 10                  | NDP 40                                   |
| blank 2                                   | Nutzungsstufe 12, 40                     |
| Buttons 2                                 | Objektbaum 55                            |
| Cursor 2                                  | Punktbelastung 39                        |
| Datensicherung 9                          | quasiständige Bemessungssituation 46     |
| Detailnachweispunkte 10                   | Querschnittstyp 14                       |
| Drehfeder 19                              | Rechenverfahren genaueres 27, 31         |
| Eingabeassistent 11                       | Rechenverfahren vereinfachtes 24, 27, 30 |
| Eingabebeispiel 50                        | Schreibtisch 6                           |
| Eingabeoberfläche 8                       | Schreibtischauswahl 5                    |
| Einwirkung 2, 37                          | Senkfeder 19                             |
| Einwirkung erzeugen 54                    | Stabeigenschaften 16                     |
| Einwirkungen 15                           | Stahlblech-Holz-Verb. 30                 |
| e-Mail 6                                  | Startsymbol 5                            |
| Englisch 49                               | Steuerbutton 6                           |
| Ergebnisart 10                            | Temperaturausdehnungskoeffizient 13      |
| Eurocode 40                               | Tragfähigkeitsnachweis 15, 42            |
| Extremalbildungsvorschrift 2              | Verbindungsmittel 17                     |
| Fremdsprache 49                           | Verformung 13                            |