



**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-HDSN**

Schwingnachweis Wohnraumdecken

Dezember 2016



# 4H-HDSN

## Schwingnachweis Wohnraumdecken

Copyright 2016

1. Auflage, Dezember 2016

**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

##-HDSN, Schwingnachweis, dient zur Berechnung des Schwingungsnachweises für Wohnungsdecken.

- Berechnungsverfahren
  - der Nachweis kann entspr. DIN EN 1995-1-1, 7.3.3, geführt werden
  - alternativ kann der Nachweis nach /49/ (Hamm, Schwingungen bei Holzdecken) geführt werden
  - die Berechnung der Eigenfrequenzen erfolgt numerisch mittels einer Fourierreihenentwicklung
  - alternativ kann die Berechnung mittels Näherungsformeln gem. DIN EN 1995-1-1, 7.3.3, geführt werden. Die Innenaufleger werden hierbei starr angenommen.
- Deckentypen und -materialien
  - Balkendecken aus Nadel-, Laub- oder Brettschichtholz
  - Plattentragwerke aus Brettspertholz oder Brettstapelholz
  - bei Plattentragwerken können Schubverformungen in x- oder y-Richtung berücksichtigt werden
  - die Plattendringsteifigkeit kann prozentual angegeben werden
  - die Steifigkeit des Estrichs kann berücksichtigt werden
- Tragwerkstypen
  - die Decken sind an den Außenrändern gelenkig gelagert
  - ... können über ein oder mehrere Felder laufen
  - die Innenaufleger können starr oder nachgiebig als Unterzug ausgebildet werden
  - als Unterzüge der Innenaufleger können Holzbalken, Stahlträger oder freie Materialien gewählt werden
- Nachweise

Bei Berechnung n. DIN EN 1995-1-1 werden folgende Nachweise geführt

  - Berechnung der Eigenfrequenz
  - Überprüfung des Steifigkeitskriteriums
  - Nachweis der Einheitsimpulsgeschwindigkeit

Bei Berechnung n. /49/ werden folgende Nachweise geführt

  - Berechnung der Eigenfrequenz
  - Überprüfung des Steifigkeitskriteriums
  - konstruktive Anforderungen

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 ##-HDSN von detailliertem Computerwissen unabhängig zu halten.

Nach der Installationsanweisung wird eine Übersicht der Funktionalitäten der Steuerbuttons der Eingabeoberfläche gegeben.



Im Sinne eines Leitfadens gedacht, kann das Manual nicht alle Fragen beantworten. Im aktuellen Falle wird dann der Hilfebutton im jeweiligen Eigenschaftsblatt Antwort geben.

Zur ##-HDSN-Dokumentation gehört neben diesem Handbuch das Manual

*DTE<sup>®</sup>-DeskTopEngineering.*

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg mit ##-HDSN.

Hannover, im Dezember 2016

## Abkürzungen und Begriffe

Um die Texte zu straffen, werden folgende Abkürzungen benutzt:

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



signalisiert Anmerkungen

### Buttons

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



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

### Index

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

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

### Doppelklick

zweimaliges schnelles Betätigen der LMT

### blank

Leerzeichen

### Cursor

Schreibmarke in Texten, Zeigesymbol bei Mausbedienung

### icon

oder Ikon, Piktogramm, Bildsymbol

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

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



Bricht Eigenschaftsblätter ohne Änderung der Eingabewerte ab.



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



Ruft das Online-Hilfesystem.



Bestätigt die Eingaben und schließt das Eigenschaftsblatt.



**Löschen**-Button vernichtet Eingaben mit Nachfrage.



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

Datenzustand  
überprüfen

# Inhaltsverzeichnis

1	Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten .....	5
2	Ordner und Bauteil erzeugen .....	7
3	Eingabeoberfläche.....	9
3.1	Berechnungseinstellungen und Material .....	10
3.1.1	Brettsper Holz Aufbau .....	12
3.2	System und Massen.....	13
3.3	Zwischenaufleger .....	14
3.4	Ergebnisdarstellung.....	15
3.5	Programmeinstellungen .....	16
3.6	Speichern, Onlinehilfe und Ende der Bearbeitung.....	16
3.7	Schwingungsnachweis DIN EN 1995-1-1 (EC 5).....	17
3.8	Schwingungsnachweis Fv TU München .....	18
4	Literaturverzeichnis .....	19
5	Index .....	20





# 1 Programminstallation und DTE®-Schreibtisch einrichten

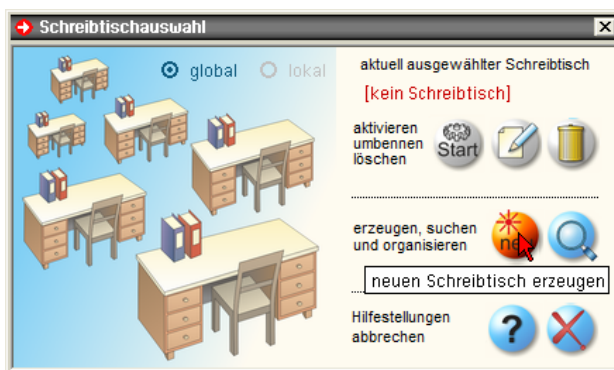
Die Installation des DTE®-Systems und das Überspielen des Programms #HDSN auf Ihren Computer erfolgt über einen selbsterläuternden Installationsdialog.

Sofern Sie bereits im Besitz anderer #-Programme sind und diese auf Ihrem Rechner installiert sind, können Sie dieses Kapitel überspringen.

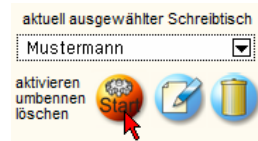


Nach erfolgreicher Installation befindet sich das DTE®-Startsymbol auf Ihrer Windowsoberfläche. Führen Sie bitte darauf den Doppelklick aus.

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



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

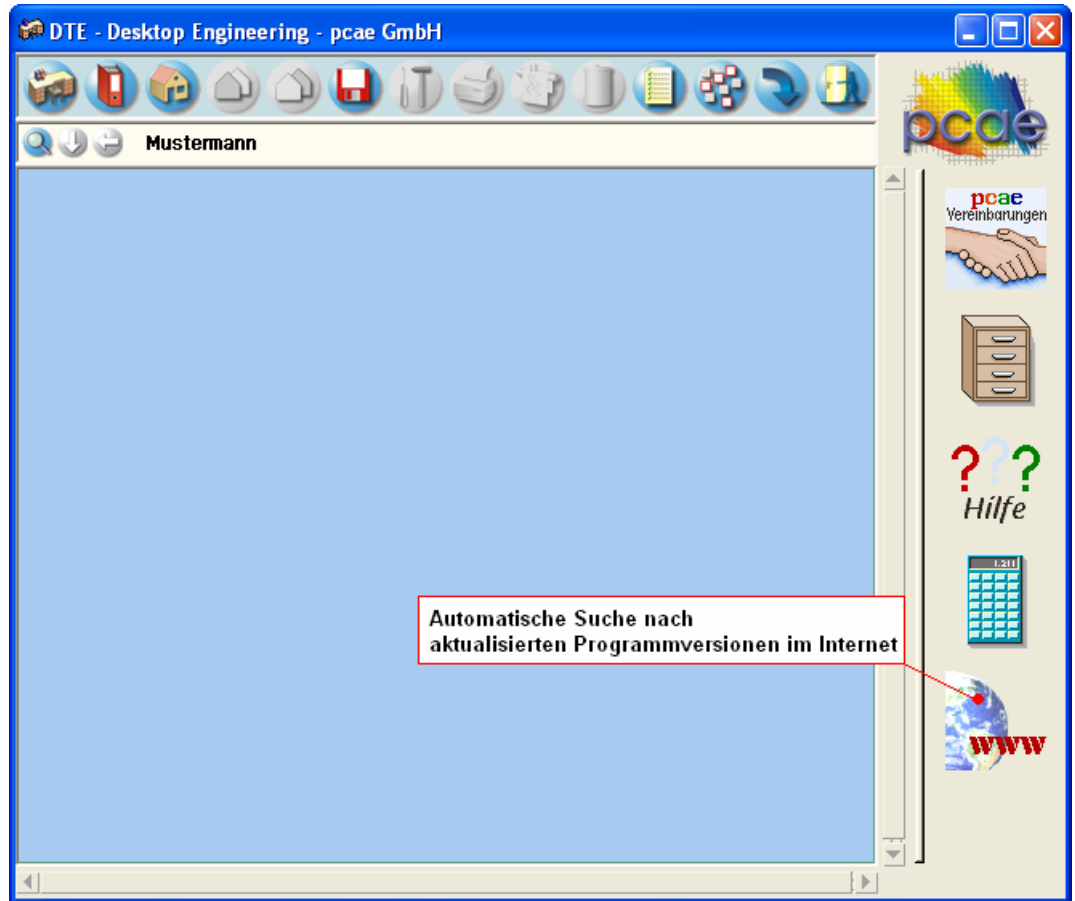


Nach Bestätigen über das **Hakensymbol** erscheint wieder die Schreibtischauswahl, in die der neue Name bereits eingetragen ist. Drücken Sie auf **Start** und die DTE®-Schreibtischoberfläche erscheint auf dem Bildschirm.

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



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

















**Steuerbuttons**

Im oberen Bereich des Schreibtischs sind Interaktionsbuttons lokalisiert.

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

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

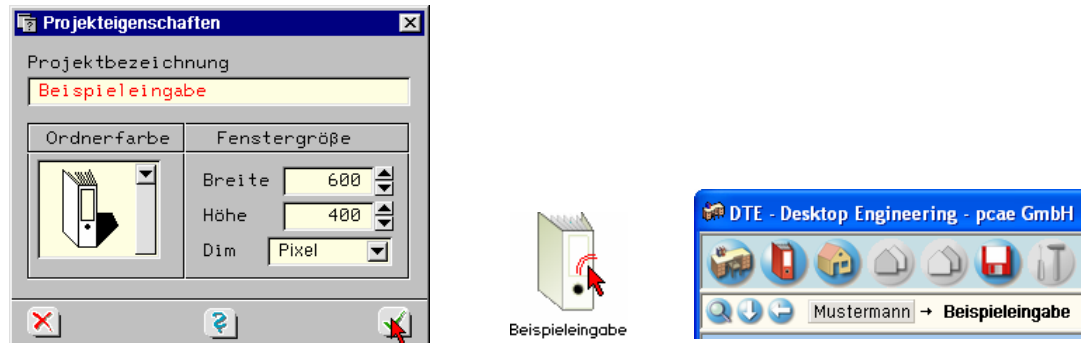
Die Buttons bewirken im Einzelnen

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

## 2

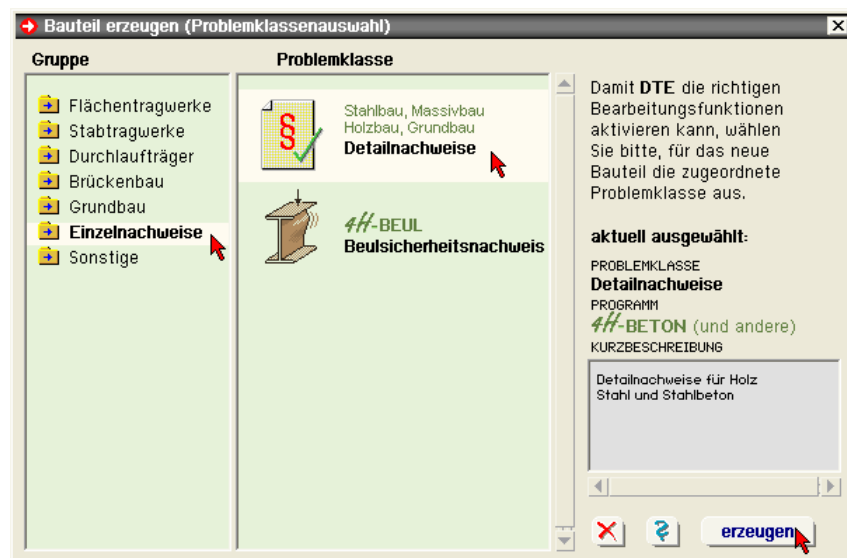
### Ordner und Bauteil erzeugen

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

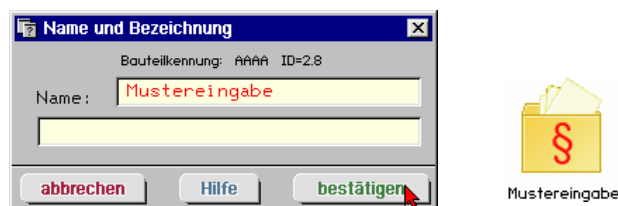


Aus dem Eintrag in der Schreibtischkopfzeile ist zu erkennen, in welchem Ordner sich die Aktion aktuell befindet.

- Der Ordner kann durch das **beenden**-Symbol wieder geschlossen werden.
- Zur Erzeugung eines neuen Bauteils wird das Schnellstartsymbol in der Kopfleiste des DTE®-Schreibtischs angeklickt. Klicken Sie in dem folgenden Eigenschaftsblatt bitte mit der LMT auf die Gruppe **Einzelnachweise**, dann auf die Problemklasse **Detailnachweise** und abschließend auf den **erzeugen-Button**.

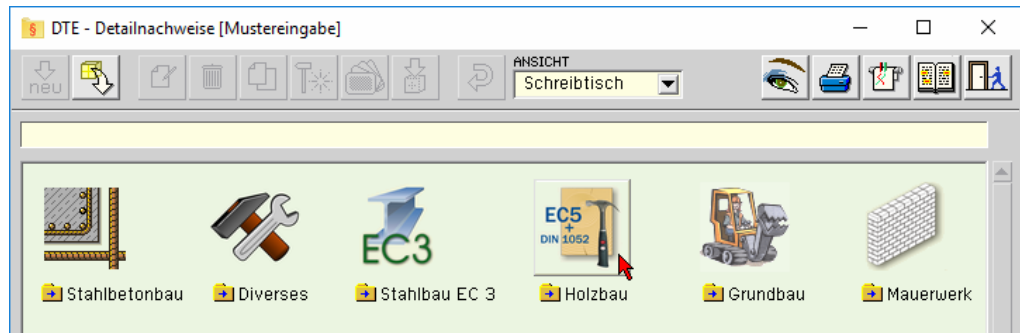


Der schwarze Rahmen der neuen Bauteilkone lässt sich mit der Maus über den Schreibtisch bewegen. Klicken Sie die LMT an der Stelle, an der das Bauteil auf dem Schreibtisch platziert werden soll. Das Eigenschaftsblatt *Name und Bezeichnung* erscheint.



Nach Doppelklicken des neuen Bauteilicons, dem eine individuelle Bezeichnung gegeben werden kann, erscheinen die nachfolgend dargestellten Übersichten der Detailnachweise. Klicken Sie das jeweils gekennzeichnete Icon mit der LMT an.

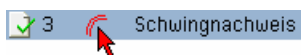
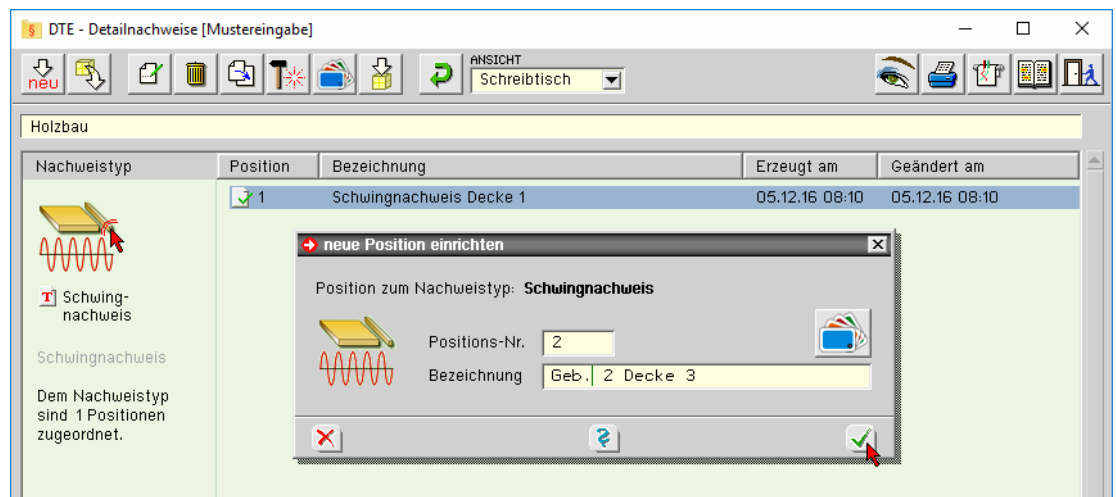
## Detailnachweise



## Holzbau EC 5



## Schwingnachweis



Im rechten Bereich des Eigenschaftsblatts erscheint die neue Position in einem Verzeichnis. Klicken Sie hier bitte doppelt auf den neuen Schriftzug. Daraufhin erscheint die Eingabeoberfläche des Nachweistyps.








# Eingabeoberfläche

Alle Eingaben, Funktionen und Ergebnisse werden im Haupteingabefenster dargestellt.

Standardmäßig befindet sich am oberen Bildschirmrand die Buttonleiste für die Hauptfunktionen des Programms. Mit der geriffelten Grifffläche am rechten Rand kann die Buttonleiste mit der linken Maustaste "gegriffen" und an anderer Stelle im Eingabefenster platziert werden.



Hinter den Buttons liegen folgende Funktionen

-  über den Abacus wird die Berechnung durchgeführt. Die Resultate erscheinen im Ergebnisfenster unten rechts.
-  ruft den Dialog für die Bildschirm- und Druckeinstellungen auf, s. Abs. 3.5, S. 16
-  Drucklistenvorschau
-  Der dargestellte Button öffnet den Druckdialog zur Bestimmung des Ausgabegeräts und der damit zusammenhängenden Einstellungen, s. Handbuch DTE®-DeskTopEngineering.
-  Speichern
-  Onlinehilfe
-  Ende der Bearbeitung

### 3.1

## Berechnungseinstellungen und Material

Die Einstellungen für die Berechnungsmodi und die Materialien erfolgen in der linken Fenster-  
spalte des Hauptfensters.

Zwei **Nachweisverfahren** können gewählt werden

- Verfahren n. DIN EN 1995-1-1, 7.3.3  
Folgende Einzelnachweise werden geführt
  - Einhalten einer Mindestfrequenz von 8 Hz
  - Nachweis der Steifigkeit unter einer Einzellast
  - Nachweis der Einheitsimpulsreaktion
- Verfahren n. Forschungsvorhaben der TU München /49/  
Folgende Einzelnachweise werden geführt
  - Einhalten einer Mindestfrequenz
  - Nachweis der Steifigkeit unter einer Einzellast
  - konstruktive Anforderungen

Berechnungsmethode \_\_\_\_\_

- numerische Lösung  
 Näherungsverfahren

Zwei **Berechnungsverfahren** sind implementiert

- die numerische Lösung  
... wird über eine Fourierreihenentwicklung realisiert.

Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Mittelauger als nachgiebige Unterzüge aus Holz, Stahl oder aus freien Materialien ausgebildet werden können.

Weiterhin kann bei Platten der Einfluss zusätzlicher Materialeigenschaften erfasst werden (Drillsteifigkeit und Querkontraktion).

- das Näherungsverfahren  
... basiert auf den Formeln nach /16/, 7.3.3.

Bei diesem Verfahren wird näherungsweise die Frequenz eines Einfeldträgers ermittelt.

Über Korrekturbeiwerte kann eine Plattentragwirkung oder der Einfluss der Durchlaufwirkung eines zweiten Feldes erfasst werden, wobei alle Auflagerachsen starr sind.

Berechnungsmethode \_\_\_\_\_

- numerische Lösung  
 Näherungsverfahren

Es kann zwischen Balkendecken und Platten (Brettsperrholz oder Brettstapelholz) gewählt werden.

Für den Tragwerkstyp **Balken** werden Balkenabmessungen, Balkenabstand und die Gesamtbreite der Decke eingegeben.

Zum modalen Dämpfungsgrad s. weiter unten.

Über die Optionsknöpfe und die Listbox werden Holzart und -güte für Balkentragwerke gewählt.

Tragwerkstyp \_\_\_\_\_

- Balken       Platte

Deckenparameter \_\_\_\_\_

- Deckenbreite [m]      5.000 ▾  
Balkenbreite [mm]      100 ▾  
Balkenhöhe [mm]      135 ▾  
Balkenabstand [mm]:      625 ▾  
modaler Dämpfungsgrad [-]      0.0100 ▾

Holzart \_\_\_\_\_

- Nadelholz  
 Laubholz  
 Brettschichtholz DIN  
 Brettschichtholz EC  
C24 (S10) ▾

Der modale **Dämpfungsgrad** wird für die Berechnung der Einheitsimpuls geschwindigkeit benötigt. Liegen keine genaueren Erkenntnisse vor, gilt für  $\zeta$  n. /48/

- 0.01 Decken ohne schwimmenden Estrich
- 0.02 Decken aus verleimten Brettstapelelementen mit schwimmendem Estrich
- 0.03 Holzbalkendecken und mechanisch verbundene Brettstapeldecken mit schwimmendem Estrich

Für den Tragwerkstyp **Platte** werden Deckenbreite und Deckenhöhe eingegeben.

Für Brettsperrholz ist das Eingabefeld für die Deckenhöhe inaktiv, da sich die Dicke aus dem Aufbau des gewählten Brettsperrholztyps ergibt.

Zum modalen Dämpfungsgrad s. oben.

Beim Plattentragwerksmaterial kann zwischen **Brettsperrholz** und **Brettstapelholz** gewählt werden.

Brettsperrholz wird über die Hersteller- und Typenlistboxen gewählt.

Durch Aktivierung der Option **freies Material** kann über den **Parameter**-Button der Dialog zur Definition des freien Brettsperrholzes aufgerufen werden.

Da Brettsperrholz ungleiche Materialeigenschaften in x- und y-Richtung aufweist, muss die Ausrichtung der Decklagen (oberste und unterste Lage) angegeben werden.

Über den Schubmodul können bei Brettsperrholz Schubverformungen in x- oder y-Richtung erfasst werden.

Tragwerkstyp  
 Balken  Platte

Deckenparameter  
Deckenbreite [m] 5.000  
Deckenhöhe [mm] 135  
modaler Dämpfungsgrad [-] 0.0100

Plattenart  
 Brettsperrholz  
 Brettstapelholz

Brettsperrholz  
Merkmale X-Lam 120  
 freies Material **Parameter**  
 Decklagen in x-Richtung  
 Decklagen in y-Richtung  
 Schubverformung in x-Richtung  
 Schubverformung in y-Richtung  
Querkontraktionszahl v [-] 0.100  
Drillsteifigkeit in [%] 0  
0 20 40 60 80 100

Bei numerischer Berechnung können für Brettsperrholz die Einflüsse der Querkontraktion und der **Drillsteifigkeit** berücksichtigt werden. Leider finden sich in der Literatur kaum Hinweise zur Größe dieser Parameter.

Die Drillsteifigkeit wird in Prozent angegeben und kann über Schieberegler oder das Eingabefeld eingegeben werden.

Bei Brettstapelholz müssen Holzart und -güte vorgegeben werden.

Die Steifigkeitsverhältnisse in Längs- und Querrichtung sind ebenfalls zu wählen.

Bei numerischer Berechnung kann der Einfluss der Querkontraktion berücksichtigt werden.

Brettstapelholz  
 Nadelholz  
 Laubholz  
C24 (S10)  
El<sub>quer</sub> / El<sub>laengs</sub> [-] 0.0000010  
Querkontraktionszahl v [-] 0.000

### 3.1.1

## Brettsperrholz Aufbau

Ist das zu verwendende Brettsperrholz in der programmeigenen Auswahl nicht vorhanden, können Materialien mit den folgenden Einstellungen frei definiert werden.

Jedem Material kann ein beliebiger Name zugewiesen werden.

Nach der Festlegung, ob die Schmalflächen verleimt sind oder nicht, werden die Werte für Schub- und Torsionsschubfestigkeiten in den Eingabefeldern angegeben.

In der darunter liegenden Tabelle werden die einzelnen Brettschichten mit ihren Holzarten, -güten, Ausrichtungen und Schichtdicken definiert.

Der **Mülleimerbutton** löscht Tabellenzeilen und über den Button **neue Brettlage** wird eine weitere Tabellenzeile angefügt.



Über den **Datenbankbutton** können die neu definierten Brettsperrholztypen gespeichert und für andere Bauteile zur Verfügung gestellt werden.

Freies Material

Name

Parameter

Schmalflächen verleimt

Schubfestigkeit  kN/m<sup>2</sup>

Torsionsschubfestigkeit  kN/m<sup>2</sup>

Brettlagen

	Holzart	Holzgüte	Ausrichtung	d [mm]	
1	Nadelvollh...	C24 (S10)	x-Richtung	34.0	
2	Nadelvollh...	C24 (S10)	y-Richtung	24.0	
3	Nadelvollh...	C24 (S10)	x-Richtung	34.0	
4	Nadelvollh...	C24 (S10)	y-Richtung	24.0	
5	Nadelvollh...	C24 (S10)	x-Richtung	34.0	

Σ d [mm]



### 3.2 System und Massen

Die Eingaben für das statische System und die Massen erfolgen in der mittleren Fensterspalte.

In der oberen Tabelle werden die Feldlängen in Längsrichtung (x) definiert.

**Mülleimerbuttons** löschen Tabellenzeilen. Durch Klicken des Buttons **neues Feld** wird eine neue Tabellenzeile angehängt.

Bei **numerischer Lösung** kann die Nachgiebigkeit der Zwischenaufleger durch Eingabe von Unterzügen aus Stahl, Holz oder freien Materialien berücksichtigt werden.

Die Eingabe kann durch Klicken der Felder der Tabelle **Zwischenaufleger** oder durch Anklicken der betreffenden Auflagerachse (s. Abs. 3.3, S. 14) in der Systemdarstellung erfolgen.

Über den Optionsknopf lässt sich der Einfluss der Durchlaufwirkung beim Steifigkeitskriterium deaktivieren.

Der **Estrich** spielt eine wichtige Rolle beim Schwingnachweis.

Über den Optionsknopf **Plattenwirkung berücksichtigen** wird eingestellt, dass die Estrichsteifigkeit angesetzt wird. Über die Listbox können die wichtigsten Estrichsorten mit den zugehörigen Parametern gewählt werden. Der letzte Listeneintrag lässt die freie Parametereingabe zu.

Die Estrichdicke ist im Eingabefeld d einzugeben. Bei freier Parametereingabe werden die Felder für die E- und G-Moduln freigeschaltet; ansonsten werden die im Programm definierten Werte verwendet.

In der Tabelle werden die ständigen Einwirkungen (außer Estrich) definiert. **Mülleimerbuttons** löschen Tabellenzeilen. Klicken des Buttons **neue Einwirkung** hängt eine neue Tabellenzeile an.

Das Summenfeld wird automatisch aktualisiert (inkl. Estrichgewicht).

Bei Wahl des Nachweisverfahrens n. Eurocode 5 wird hier der geforderte Wert für das Schwingungsverhalten gemäß /16/, 7.3.3, Bild 7.2 eingestellt.

Feldlängen

	Länge [m]	
1	3.500	
2	2.000	
3	2.000	
4	2.000	
neues Feld		

Zwischenaufleger

	Typ	Parameter
1	Unterzug/Holz	Auflagerparam...
2	Unterzug/Stahl	Auflagerparam...
3	starr	Auflagerparam...

Durchlaufwirkung bei Steifigkeitskriterium berücksichtigen

Steifigkeit und Masse Estrich ber. \_\_\_\_\_

Plattenwirkung ber.

Zement-Estrich ▼

d [mm]    E [N/mm<sup>2</sup>]    g [kN/m<sup>2</sup>]    Σ g [kN/m<sup>2</sup>]  
je cm Dicke

60    25000    0.220    1.320

ständige Einwirkungen

	Einwirkung	g [kN/m <sup>2</sup> ]	
1	ständige Lasten	1.280	
2	Last	1.000	
3	Last	1.000	
neue Einwirkung			

Σ ständige Einwirkungen [kN/m<sup>2</sup>]: 4.600

Wert a nach EC 5, 7.3.3 Bild 7.2

1
2
3
4

besseres                      schlechteres Verhalten

a [mm/kN] 1.55 ⇒ b = 98

Für das Nachweisverfahren nach Forschungsvorhaben TU München wird hier die angestrebte Nutzungsart der Decke festgelegt.

### 3.3

## Zwischenaufleger

Nach Anklicken einer Zwischenlagerung in der Systemdarstellung kann die Lagerungsart über Optionsbuttons gewählt werden.

Bei Wahl eines Holzbalkens müssen Balkenabmessungen, sowie Holzart und -güte eingegeben werden.

Für den biegesteifen Anschluss der Decke an den Balken kann eine Exzentrizität angegeben werden.

Neben der Vorgabemöglichkeit einer zusätzlichen Masse kann die Eigenmasse automatisch berechnet werden.

The screenshot shows the 'Auflagerung' dialog box with the following settings:

- Auflagerung:**  starr,  Unterzug / Holzbalken,  Unterzug / Stahlträger,  Unterzug / Steifigkeit vorgeben
- Holzbalken:**  Nadelholz,  Laubholz,  Brettschichtholz DIN,  Brettschichtholz EC
- Material:** C24 (S10)
- Breite [mm]:** 200
- Höhe [mm]:** 400
- Exzentrizität [mm]:** 210
- zusätzliche Masse [kg/m]:** 0
- Masse aus Eigengewicht automatisch

Für einen Stahlträger sind Material, Profil und Dichte (für Stahl 78.5 t/m<sup>3</sup>) anzugeben.

Für eine biegesteif an den Träger angeschlossene Decke kann eine Exzentrizität angegeben werden.

Eine zusätzliche Masse pro lfd. m kann eingegeben werden.

Die Eigenmasse kann automatisch berechnet werden.

Über die Option **freies Material** können die Profilwerte manuell eingegeben werden.

Der Button **Profilmanager** öffnet den DTE<sup>®</sup>-Profilmanager, über den das Profil gewählt werden kann.

The screenshot shows the 'Auflagerung' dialog box with the following settings:

- Auflagerung:**  starr,  Unterzug / Holzbalken,  Unterzug / Stahlträger,  Unterzug / Steifigkeit vorgeben
- Stahlträger:**
- Name:** Freies Material
- S235 (St37) Dichte [t/m<sup>3</sup>]: 78.500
- S275 (St44) Exzentrizität [mm]: 50.00
- S355 (St52) zusätzliche Masse [kg/m]: 0.00
- S420 N/NL  Masse aus Eigengewicht automatisch
- S460 N/NL Querschnittsfläche [mm<sup>2</sup>]: 149
- freies Material Trägheitsmoment [mm<sup>4</sup>]: 14900
- E-Modul [N/mm<sup>2</sup>]:** 210000
- G-Modul [N/mm<sup>2</sup>]:** 81000
- Profilmanager** button

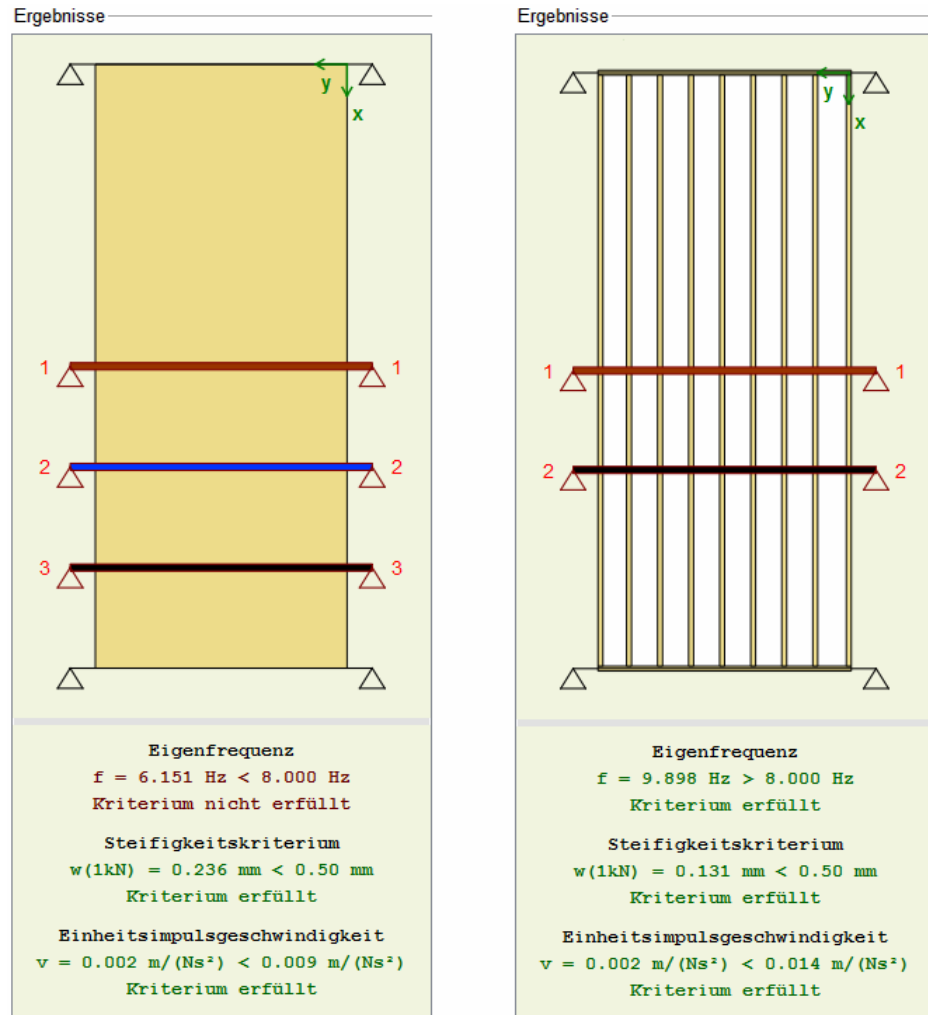
### 3.4

## Ergebnisdarstellung

Das System und die wichtigsten Nachweisergebnisse werden in der rechten Fensterspalte dargestellt.

Im oberen Teil der Grafik wird das gewählte statische System angezeigt. Die Zwischenauflagerachsen können bei numerischer Berechnung angeklickt werden, um Unterzüge zu definieren.

Im unteren Grafikteil erscheinen die Ergebnisse der geführten Nachweise. Erfüllte Kriterien erscheinen grün, nicht erfüllte rot.



### 3.5 Programmeinstellungen



Ein Klick auf den **Optionsbutton** öffnet den Dialog für die Bildschirm- und Druckeinstellungen.

Über den Button **Grafik drucken** wird dem Druckprotokoll ein maßstäblicher Plot hinzugefügt, dessen Größe festgelegt werden kann.

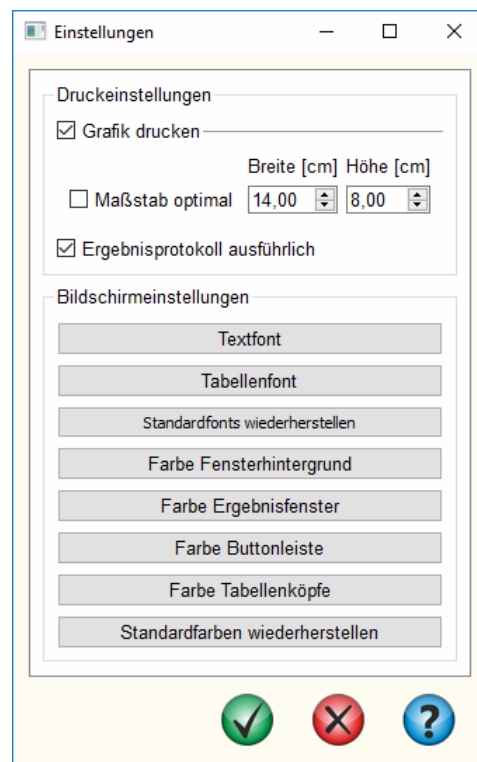
Über die Option **Maßstab optimal** wird die Grafik so erstellt, dass der zur Verfügung gestellte Platz voll ausgenutzt wird; ansonsten wird automatisch ein gebräuchlicher Maßstab gewählt.

Bei Wahl der Option **Ergebnisprotokoll ausführlich** werden auch Zwischenergebnisse ausgegeben.

Typ und Größe der Bildschirmfonts für Tabellen und die übrigen Textdarstellungen können benutzerseits modifiziert werden.

Ein Klick auf den Button **Standardeinstellungen** stellt die Standardfonts wieder her.

In gleicher Weise kann der Anwender die Farben der bestehenden Gruppen anpassen bzw. den Standard wiederherstellen.



### 3.6 Speichern, Onlinehilfe und Ende der Bearbeitung



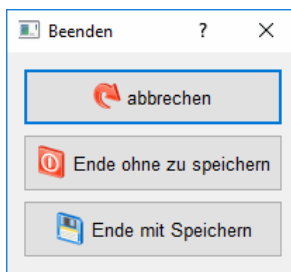
Der dargestellte Button sichert die aktuellen Eingabedaten. Während der Bearbeitung befinden sich alle Eingaben flüchtig im Arbeitsspeicher. Erst durch die Sicherung werden alle zugehörigen Daten auf die Festplatte geschrieben und können in einer Folgesitzung wieder aufgerufen werden.



Der **Fragezeichenbutton** ruft die Onlinehilfe auf.



Dieser Button beendet die Eingabesitzung und ruft ein Eigenschaftsblatt zur Speicherung der Daten auf.



### 3.7

## Schwingungsnachweis DIN EN 1995-1-1 (EC 5)

Personeninduzierte Schwingungen können bei Wohnraumdecken unangenehme Empfindungen verursachen. Daher ist entspr. EC 5 für Wohnungsdecken aus Holz ein Nachweis der Schwingungen zu führen.

Hierbei sind im Einzelnen drei Kriterien zu überprüfen

- **Frequenzkriterium**  
Die niedrigste Eigenfrequenz sollte 8 Hz betragen, ansonsten sind besondere Untersuchungen erforderlich.
- **Steifigkeitskriterium**  
Die größte vertikale Anfangsdurchbiegung  $w(1 \text{ kN})$  infolge einer konzentrierten vertikalen statischen Einzellast sollte einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten.
- **Einheitsimpulsgeschwindigkeit**  
Die Einheitsimpulsgeschwindigkeitsreaktion, d. h. der maximale Anfangswert der vertikalen Schwingungsgeschwindigkeitsamplitude der Decke (in m/s) infolge eines an derjenigen Stelle der Decke aufgetragenen idealen Einheitsimpulses (1 Ns), der die größte Eigenfrequenz erzeugt, muss unter einem Grenzwert bleiben.

### Berechnungsgleichungen gem. DIN EN 1995-1-1

Gemäß DIN EN 1995-1-1, 7.3.3 (4), darf die kleinste Eigenfrequenz für rechteckige, allseitig gelenkig gelagerte Decken berechnet werden zu

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \cdot \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$m$  Masse je Flächeneinheit in  $\text{kg}/\text{m}^2$   
 $l$  Deckenspannweite in  $\text{m}$   
 $(EI)_l$  äquivalente Plattenbiegesteifigkeit der Decke um eine Achse rechtwinklig zur Balkenrichtung in  $\text{Nm}^2/\text{m}$

O.g. Gleichung gilt für einen Einfeldbalken. Die Plattenwirkung kann gemäß /2/, E 9.3 (3), und /53/, 3.3.1, durch Multiplikation mit dem Quersteifigkeitsbeiwert  $f(\alpha)$  erfasst werden.

$$f(\alpha) = \sqrt{1 + 1/\alpha^4} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$\alpha = b/l \cdot \sqrt[4]{(EI)_l / (EI)_b}$$

$b$  Deckenbreite in  $\text{m}$   
 $l$  Deckenspannweite in  $\text{m}$   
 $(EI)_l$  äquivalente Plattenbiegesteifigkeit der Decke um eine Achse rechtwinklig zur Balkenrichtung in  $\text{Nm}^2/\text{m}$   
 $(EI)_b$  ... um eine Achse in Balkenrichtung in  $\text{Nm}^2/\text{m}$

Der Einfluss eines zweiten Feldes kann gem. /2/, E 9.3 (3), Tab. 9/3, durch einen weiteren Beiwert  $k_f$  erfasst werden.

Gemäß DIN EN 1995-1-1, 7.3.3 (2), gilt als Steifigkeitskriterium für Wohnungsdecken

$$w/F \leq a \quad \text{in mm/kN}$$

und für die Einheitsimpulsgeschwindigkeitsreaktion

$$v \leq b \cdot f_1 \cdot \zeta^{-1} \quad \text{in m}/(\text{Ns}^2) \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$w$  größte vertikale Anfangsdurchbiegung infolge einer konzentrierten vertikalen statischen Einzellast, an beliebiger Stelle wirkend und unter Berücksichtigung der Lastverteilung ermittelt  
 $\zeta$  modaler Dämpfungsgrad  
 $v$  Einheitsimpulsgeschwindigkeitsreaktion, d.h. der maximale Anfangswert der vertikalen Schwingungsgeschwindigkeitsamplitude der Decke (in m/s) infolge eines an derjenigen Stelle der Decke aufgetragenen idealen Einheitsimpulses (1 Ns), der die größte Eigenfrequenz erzeugt. Anteile über 40 Hz dürfen vernachlässigt werden.

Der empfohlene Bereich der Grenzwerte für a und b sowie deren Zusammenhang kann DIN EN 1995-1-1, 7.3.3 (2), Bild 7.2, entnommen werden.

Gemäß DIN EN 1995-1-1, 7.3.3 (5), darf die Einheitsimpuls geschwindigkeitsreaktion für rechteckige, allseitig gelenkig gelagerte Decke berechnet werden zu

$$v = \frac{4 \cdot (0.4 + 0.6 \cdot n_{40})}{m \cdot b \cdot l + 200} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

v	Einheitsimpuls geschwindigkeitsreaktion in m/(Ns <sup>2</sup> )
n <sub>40</sub>	Anzahl der Schwingungen 1. Ordnung mit einer Resonanzfrequenz bis zu 40 Hz
b	Deckenbreite in m
m	Masse je Flächeneinheit in kg/m <sup>2</sup>
l	Deckenspannweite in m

n<sub>40</sub> wird berechnet aus

$$n_{40} = \left( \left( (40/f_1)^2 - 1 \right) \cdot (b/l)^4 \cdot (EI)_l / (EI)_b \right)^{0.25} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

(EI)<sub>b</sub> äquivalente Plattenbiegesteifigkeit der Decke in Nm<sup>2</sup>/m um eine Achse in Richtung der Balken mit (EI)<sub>b</sub> < (EI)<sub>l</sub>

Wird im Programm die Option **Näherungsverfahren** gewählt, werden die Nachweisgrößen mit den o.g. Formeln berechnet.

Wird die Option **numerische Lösung** gewählt, erfolgt die Berechnung der Eigenfrequenz, der Durchbiegungen (für das Steifigkeitskriterium) und des Wertes n<sub>40</sub> mittels einer Fourierreihenentwicklung. S. hierzu /51/ und /52/.

### 3.8 Schwingungsnachweis Fv TU München

Nach dem Forschungsvorhaben /54/ der TU München und /50/ wurden Konstruktionsregeln für die Praxis entwickelt, die im Programm #-HDSN, Schwingnachweis, umgesetzt werden.

Gemäß /50/, 3.1 sind folgende Kriterien zu untersuchen

- Frequenzkriterium  
In Abhängigkeit der geplanten Nutzung sollte die niedrigste Eigenfrequenz einen Grenzwert f<sub>grenz</sub> nicht unterschreiten, ansonsten sind besondere Untersuchungen erforderlich.
- Steifigkeitskriterium  
Die größte vertikale Anfangsdurchbiegung w(2 kN) infolge einer konzentrierten vertikalen statischen Einzellast sollte einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten.
- konstruktive Anforderungen  
Bestimmte konstruktive Anforderungen (Rohdecke, Schüttung, Estrich) sind zu erfüllen.

#### Berechnungsgleichungen

Für die Berechnung der Eigenfrequenz und der Durchbiegungen können die gleichen Verfahren und Gleichungen wie in DIN EN 1995-1-1 verwendet werden.

Beim Steifigkeitskriterium ist zu beachten, dass gemäß /50/, 3.3, die Durchlaufwirkung nicht berücksichtigt werden darf.

Da das Programm #-HDSN, Schwingnachweis, bei numerischer Berechnung in der Lage ist, mit nachgiebigen Auflagerachsen zu rechnen und dies u.U. zu größeren Verformungen führt, wird empfohlen, in diesem Falle die Durchlaufwirkung doch zu berücksichtigen.

Die einzuhaltenden Grenzwerte und die konstruktiven Anforderungen können /50/, 3.5, Tab. 2 und 3, entnommen werden.

- /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, Ireneusz Bejtka, Karlsruhe: Selbstbohrende Holzschrauben und ihre Anwendungsmöglichkeiten, Website 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, Zulassung 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
- /47/ DIN EN 1991-1-4:2012-12 Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010
- /48/ Bauart Konstruktions GmbH & Co. KG, Lauterbach, München, Darmstadt, Berlin: BDF Merkblatt 02-04
- /49/ Patricia Hamm, Institut für Holzbau, Hochschule Biberach, D – 88400 Biberach: Schwingungen bei Holzdecken - Konstruktionsregeln für die Praxis
- /50/ Prof. Dr.-Ing. P. Hamm, Dipl.-Ing. A. Richter: Bemessungs- und Konstruktionsregeln zum Schwingungsnachweis von Holzdecken
- /51/ Petersen: Dynamik der Baukonstruktion, Vieweg 1996
- /52/ Meskouris: Baudynamik, Ernst & Sohn 1999
- /53/ TU München Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Heinrich Kreuzinger, Dipl.-Ing. Peter Mestek: Teilprojekt 15 Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen
- /54/ Winter, Hamm, Richter: Abschlussbericht Schwingungs- und Dämpfungsverhalten von Holz- und Holz-Beton-Verbunddecken, AiF-Vorhaben-Nr.: 15283 N

## 5 Index

- |                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| Abkürzungen 2                | Installation 5         |
| Bauteil erzeugen 7           | Kontextsensitivität 6  |
| Berechnungsverfahren 10      | Lastbild 2             |
| blank 2                      | Lastfall 2             |
| Brettsperrholz 11            | Lastkollektiv 2        |
| Brettstapelholz 11           | Nachweis EC 5 17       |
| Buttons 2                    | Nachweis TU München 18 |
| Cursor 2                     | Nachweisverfahren 10   |
| Dämpfungsgrad 10             | Ordner 7               |
| Drillsteifigkeit 11          | Schreibtisch 6         |
| Einwirkung 2                 | Schreibtischauswahl 5  |
| e-Mail 6                     | Startsymbol 5          |
| Estrich 13                   | Steuerbuttons 6, 9     |
| Extremalbildungsvorschrift 2 | Zwischenlager 14       |