


# 4H-DULAH Holzträger Wohnraumdecke

## Detailinformationen

Seite überarbeitet Dezember 2023

• Kontakt • Programmübersicht • Bestelltext Handbuch 

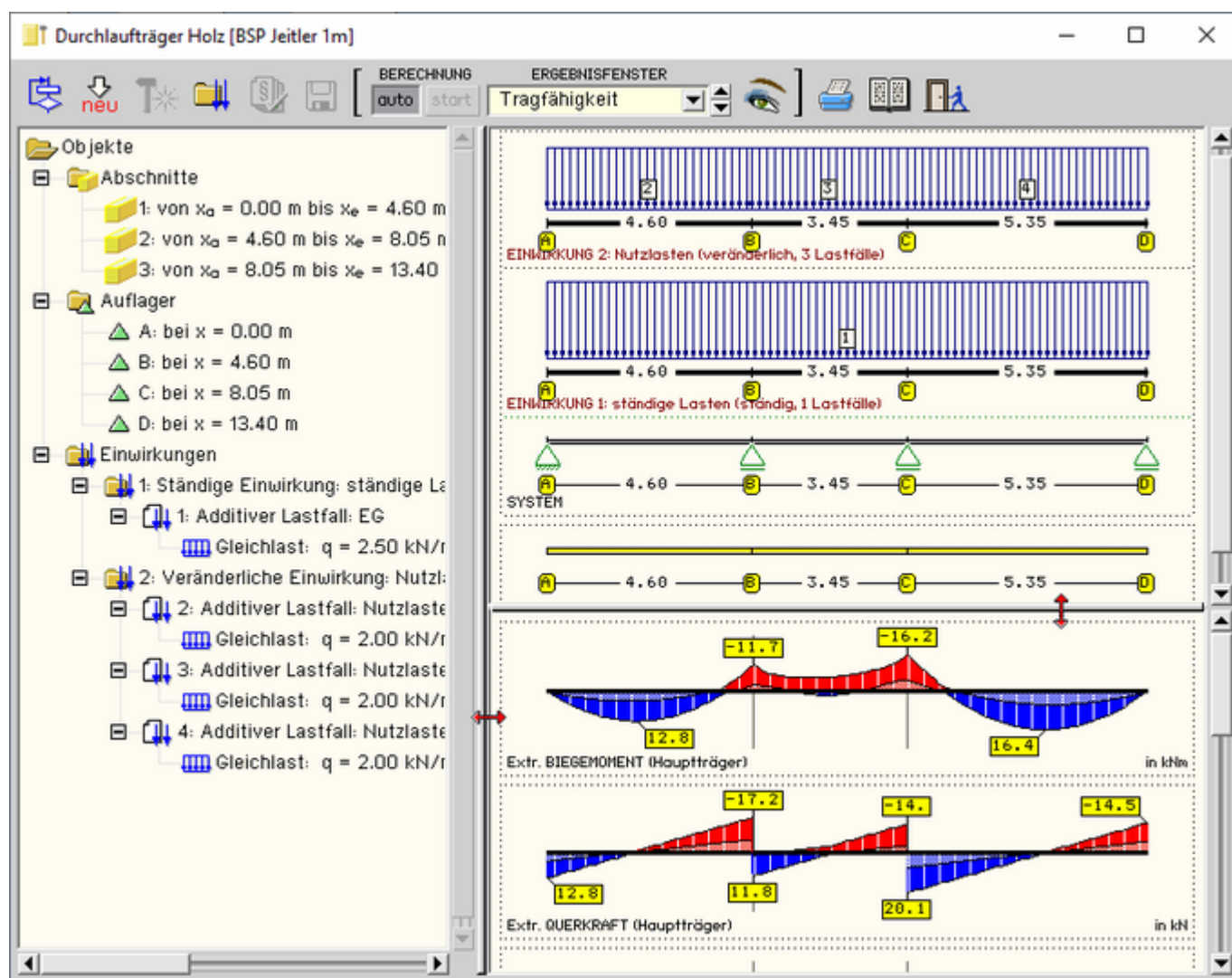

Infos auf dieser Seite

... als pdf 

- |   |  |  |
|---|--|--|
| • Eingabeoberfläche              | • Lager und Gelenke             | • Nachweis Holzträger         |
| • Glob. Einstellgn. / Trägertyp  | • Belastung Begriffsdefinition  | • Plattenbem. Brettsper Holz  |
| • Freies Material                | • Linienbelastung               | • Brandschutznachweis         |
| • Stabeigenschaften              | • Punktbelastung                | • Schwingungsnachweis         |

### Eingabeoberfläche

Nach Doppelklicken des Bauteilicons erscheint die 4H-DULAH-Eingabeoberfläche.

Bild vergrößern 

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.

ERGEBNISFENSTER  
Tragfähigkeit über die Listbox in der oberen Buttonleiste kann gewählt werden, welche Zwischen- oder Endergebnisse im Ergebnisbereich dargestellt werden sollen

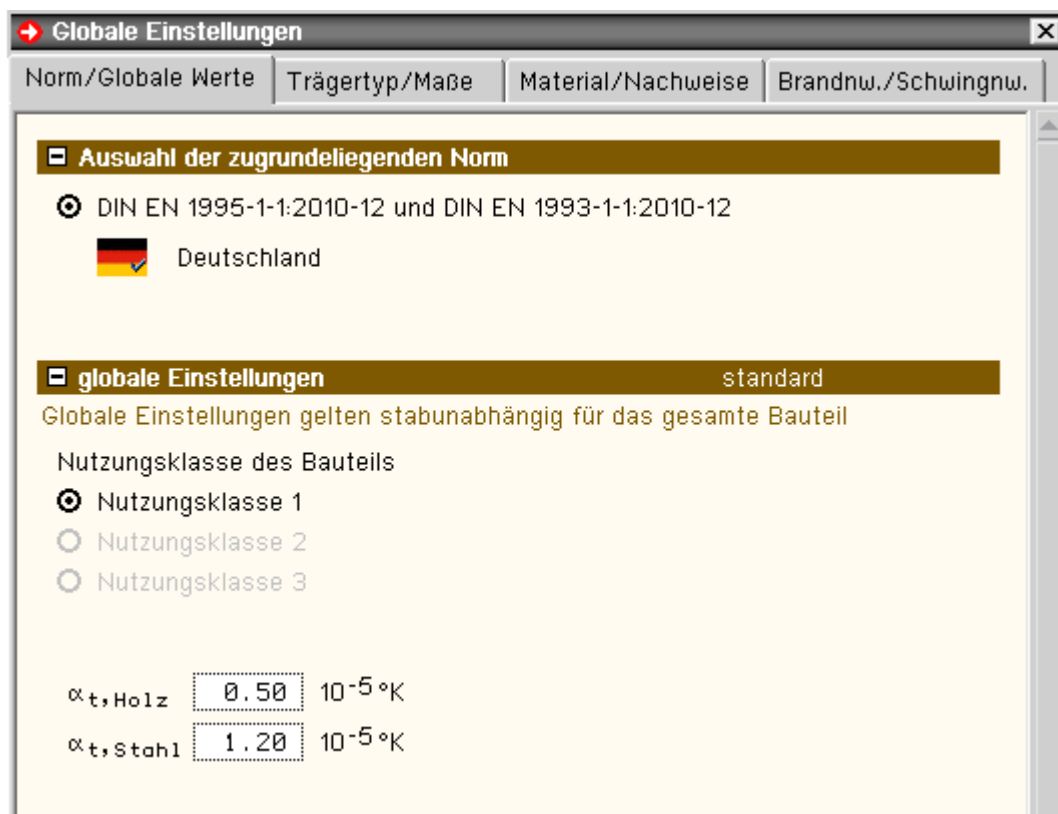
Zwischen den Teilfenstern befinden sich "Greifer" durch die mit Hilfe der Maus die Fenstergrenzen verschoben werden können.

## Globale Einstellungen und Trägertyp

Global für den gesamten Träger müssen die Berechnungsnorm, der Querschnittstyp sowie die Geometrie- und Materialdaten eingegeben werden.

Daneben werden in diesem Fenster die Einstellungen für die zu führenden Nachweise vorgenommen.

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



### Register 1: Norm / Globale Werte

Das Modul *Wohnraumdecken* bietet ausschließlich Berechnungen nach DIN EN 1995 an.

Über das *Flaggensymbol* wird zusätzlich das nationale Anwendungsdokument bestimmt. Zum Lieferumfang gehört das deutsche NAD; weitere Anwendungsdokumente können benutzerseits eingerichtet werden.

### Auswahl der zugrundeliegenden Norm

DIN EN 1995-1-1:2010-12 und DIN EN 1993-1-1:2010-12



Deutschland

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

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

### globale Einstellungen

standard

Globale Einstellungen gelten stabunabhängig für das gesamte Bauteil

Nutzungsklasse des Bauteils

- Nutzungsklasse 1
- Nutzungsklasse 2
- Nutzungsklasse 3

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

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

$\alpha_{t,Holz}$	0.50	$10^{-5} \text{°K}$
$\alpha_{t,Stahl}$	1.20	$10^{-5} \text{°K}$

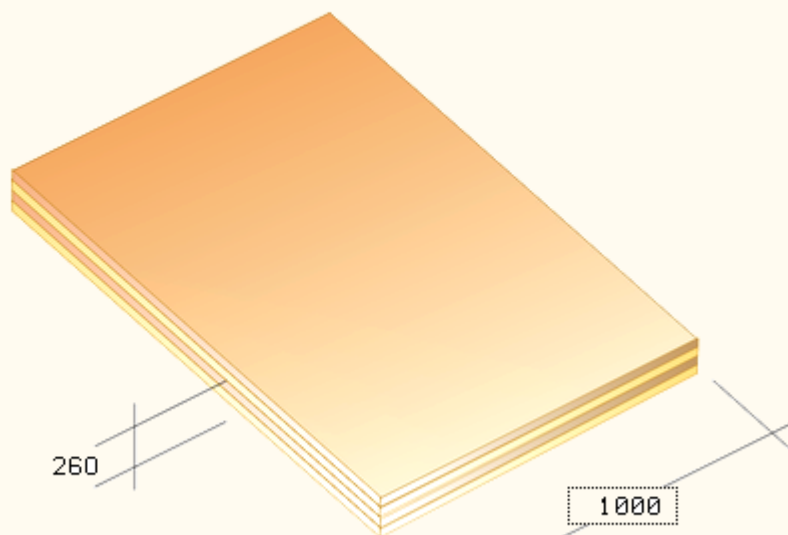
### Register 2: Trägertyp / Maße

In der Auswahlleiste in der oberen Fensterhälfte wird der Querschnittstyp gewählt.

- Vollholz
- Brettsperrholz

### Hauptträger

- Vollholz
- Brettsperrholz



Angaben in [mm]

Entsprechend dem gewählten Querschnittstyp werden in der darunter abgebildeten Querschnittsskizze die Maße in mm eingegeben (bei Brettsper Holz hängt die Dicke vom Herstellertyp ab).

### Register 3: Material / Nachweise

Im dritten Register werden das Material gewählt und die Einstellungen für Gebrauchs- und Tragfähigkeitsnachweise vorgenommen.



### Materialkennwerte Vollholz

Wird im zweiten Registerblatt **Vollholz** gewählt, erscheinen hier die Auswahlmöglichkeiten für Holzart und -güte. Folgende Holzarten werden angeboten

- Nadelholz
- Laubholz
- Brettschichtholz EC
- Brettschichtholz DIN

Die Materialkennwerte werden automatisch gesetzt. Durch Deaktivieren des **Optionsschalters** können die Werte verändert werden.

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			

### Materialkennwerte Brettsper Holz

Wird im zweiten Registerblatt **Brettsper Holz** gewählt, erscheinen hier die Auswahlmöglichkeiten für Hersteller und -typ des Brettsper Holzes. Folgende Hersteller werden angeboten

- Leno (Züblin)
- Derix X-LAM
- Merkle X-LAM
- Decker
- Binderholz
- KLH
- Definition eigener Brettsper Holzaufbauten

Materialkennwerte		standard
<b>Hersteller</b>	<b>Typ</b>	<input type="checkbox"/> Freies Material
Merkle X-LAM	280/7s	
<input checked="" type="radio"/> Decklagen in Längsrichtung <input type="radio"/> Decklagen in Querrichtung		

Die Faserrichtung der Decklage ist anzugeben. Im Regelfall sollten die Decklagen in Längsrichtung verlaufen, da in dieser Richtung eine höhere Steifigkeit und Festigkeit gegeben ist.

Nach Anklicken des Optionsknopfs **Freies Material** wird über den Button **Parameter** ein Eigenschaftsblatt zur freien Definition des Wandaufbaus geöffnet.

**Freies Material**

**Name** BSP-GRAZ  Klebstoff temperaturbest.

Schubfestigkeit 2.00 [N/mm<sup>2</sup>]  Schmalflächen verleimt

Rollschubfestigkeit 1.00 [N/mm<sup>2</sup>]

Torsionsschubfestigkeit 3.00 [N/mm<sup>2</sup>]

Ideelle Abbrandgeschw.  $\beta$  0.00 [mm/min]

**Brettlagen**

Holzart	Holzgüte	Ausrichtung	d [mm]
Nadelholz	C24 (S10)	x-Richtung	30.0
Nadelholz	C24 (S10)	z-Richtung	30.0
Nadelholz	C24 (S10)	x-Richtung	30.0
Nadelholz	C24 (S10)	z-Richtung	30.0
Nadelholz	C24 (S10)	x-Richtung	30.0

**neu** →

Folgende Einstellungen sind zur Definition eines freien Materials vorzunehmen

Für jedes Material muss ein beliebiger Name festgelegt werden.

**Name** BSP-GRAZ

Die charakteristische Schubfestigkeit  $f_{v,k}$  der Hölzer ist anzugeben.

Schubfestigkeit 2.00 [N/mm<sup>2</sup>]

Die charakteristische Rollschubfestigkeit  $f_{vr,k}$  der Querlagen ...

Rollschubfestigkeit 1.00 [N/mm<sup>2</sup>]

Die Torsionsschubfestigkeit hat keinen Einfluss auf die Nachweise.

Torsionsschubfestigkeit 3.00 [N/mm<sup>2</sup>]

Die ideelle Abbrandrate gilt für den Brandschutznachweis.

Ideelle Abbrandgeschw.  $\beta$  0.00 [mm/min]













Die Option **Klebstoff temperaturbeständig** hat Einfluss auf den Brandschutznachweis. PUR-Klebstoffe sind i.d.R. nicht temperaturbeständig.



Klebstoff temperaturbest.

Die Option **Schmalflächen verleimt** hat keinen Einfluss auf die Nachweise.

Schmalflächen verleimt

In der Tabelle **Brettlagen** werden die einzelnen Brettschichten mit ihrer Holzart, -güte Ausrichtung und Schichtdicke definiert.

Brettlagen					
	Holzart	Holzgüte	Ausrichtung	d [mm]	
 	Nadelholz	C24 (S10)	x-Richtung	30.0	
 	Nadelholz	C24 (S10)	z-Richtung	30.0	
 	Nadelholz	C24 (S10)	x-Richtung	30.0	
 	Nadelholz	C24 (S10)	z-Richtung	30.0	
 	Nadelholz	C24 (S10)	x-Richtung	30.0	
 	<b>neu</b> →				

  Mittels der Bearbeitungsbuttons können Tabellenzeilen gelöscht, kopiert oder hinten angefügt werden.

 →



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

## 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.



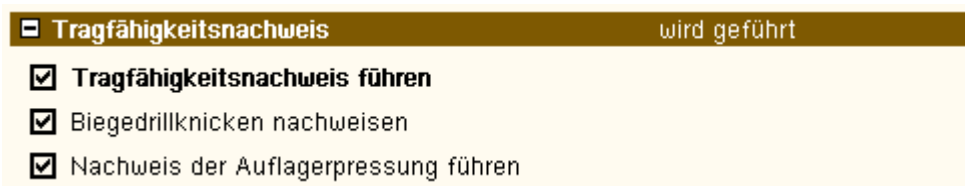
## Tragfähigkeitsnachweise

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

Die Option **Biegedrillknicken nachweisen** wird nur bei Vollholzquerschnitten angeboten.

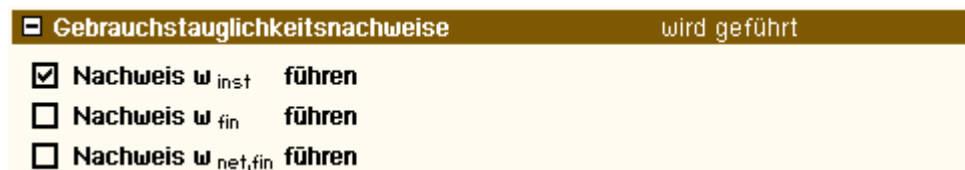
Bei Brettsperrholzquerschnitten wird der Tragfähigkeitsnachweis nach /53/ und /64/ geführt.

Der Nachweis der Auflagerpressung kann optional geführt werden. Hierzu sind die zugehörigen **Lagerbreiten** einzugeben.



## Gebrauchstauglichkeitsnachweise

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



## Register 4: Brandnachweis / Schwingnachweis

Im vierten Register werden der Brandschutz- und der Schwingnachweis aktiviert.

## Brandschutznachweis

Der Abbrand kann für alle vier Querschnittsseiten berechnet werden. Jede Seite kann **geschützt** oder ungeschützt sein. Der Nachweis wird entspr. /64/, /65/ und /66/ **geführt**.

**Brandschutznachweis**

**Nachweis führen**

geforderte Feuerwiderstandsdauer  $t_f =$   Minuten

Seite	Brandbeanspruchung	geschützt mit $t_{ch}$ [min]	$t_f$ ( $t_f = t_{ch}$ )	$k_2$	Abbrandtiefe $d_{ef}$ [mm]
oben	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="73.50"/>
unten	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0.640"/>	<input type="text" value="46.50"/>
links	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="2.00"/>
rechts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="2.00"/>

Hinweis: Beim Brandschutznachweis werden die im Register "Material/Nachweise" festgelegten Materialkennwerte zugrunde gelegt.

Geforderte Zeitdauer des Feuerwiderstands gem. /65/.

geforderte Feuerwiderstandsdauer  $t_f =$   Minuten

Jede der vier Seiten kann der Brandbeanspruchung ausgesetzt werden.

Seite	Brandbeanspruchung
oben	<input checked="" type="checkbox"/>
unten	<input type="checkbox"/>
links	<input type="checkbox"/>
rechts	<input type="checkbox"/>

Im Falle einer geschützten Querschnittsseite muss die Zeit  $t_{ch}$ , um die die Zeit des Abbrands verzögert wird, vorgegeben werden.

geschützt mit  $t_{ch}$  [min]

Im Normalfall ist die Zeit  $t_f$  bis zum Versagen der Brandschutzbekleidung gleich der Zeit  $t_{ch}$ , um die die Zeit des Abbrands verzögert wird. in diesem Falle ist der kleine Button mit dem **Kreuz** zu aktivieren.


$t_f$  ( $t_f = t_{ch}$ )

Ist die Zeit  $t_f$  bis zum Versagen der Brandschutzbekleidung ungleich der Zeit  $t_{ch}$ , muss der kleine Button mit dem **Pfeil** aktiviert werden.

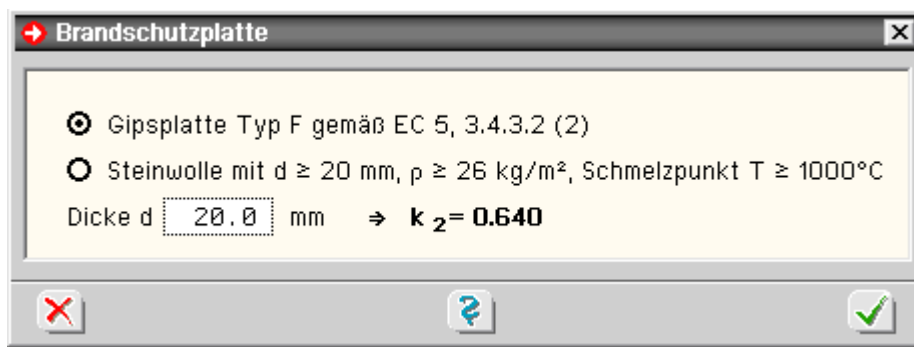
$t_f$  ( $t_f = t_{ch}$ )

Sollte  $t_{ch}$  ungleich  $t_f$  sein, muss der Beiwert  $k_2$  gemäß /64/, 3.4.3.2 (2) und (3), eingegeben werden.


$k_2$

Ein Klick auf den -Button öffnet ein Fenster mit einem Hilfstool zur Berechnung des  $k_2$  - Werts gemäß /64/, 3.4.3.2, Tabelle 2.





Die resultierende Abbrandtiefe wird aus den Eingabedaten automatisch berechnet.

Durch einen Klick auf den -Button wird das Eingabefeld freigegeben und die Abbrandtiefe kann direkt vorgegeben werden.

Abbrandtiefe

$d_{ef}$  [mm]

46.50 

## Schwingnachweis

Es kann ein Schwingnachweis gemäß /16/ 7.3, oder nach /49/ und /50/ geführt werden. Die Masse wird aus den ständigen Lasten automatisch vom Programm ermittelt.

**Schwingnachweis**


**Nachweis führen**

Nachweis nach Eurocode 5       numerische Lösung  
 Forschungsvorhaben TU München       Näherungsverfahren

Steifigkeit des Estrichs berücksichtigen

Plattenwirkung berücksichtigen

Dicke d  [mm]

E-Modul  [N/mm<sup>2</sup>] 

Schubverformung berücksichtigen

Wert a nach EC 5, 7.3.3 Bild 7.2  [mm/kN] ⇒ b = 150.00

modaler Dämpfungsgrad  [-]

Es können zwei Nachweisverfahren 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

Zwei Berechnungsverfahren sind implementiert

- die numerische Lösung

... wird über eine Fourierreihenentwicklung realisiert.

Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Mittelaufleger 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).

- Nachweis nach Eurocode 5
- Forschungsvorhaben TU München

- numerische Lösung
- Näherungsverfahren



- 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.

Der Estrich spielt eine wichtige Rolle beim Schwingnachweis.

Über den Optionsknopf **Plattentragwirkung berücksichtigen** wird eingestellt, dass die Estrichsteifigkeit angesetzt wird.

Ein Klick auf den -Button öffnet ein Auswahlfenster, das die gebräuchlichsten Estrichsorten enthält und bei Verlassen durch den **Bestätigungsbutton** den E-Modul in das zugehörige Eingabefeld übernimmt.

Die Estrichdicke ist im Eingabefeld **d** einzugeben.

Schubverformungen können optional berücksichtigt werden.

Die Masse der Decke wird automatisch vom Programm aus den Lasten der Einwirkungen vom Typ *Ständige Lasten* ermittelt. Das Eigengewicht des Estrichs ist daher als normale Linienlast einzugeben.

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

Wert  $a$  nach EC 5, 7.3.3 Bild 7.2  [mm/kN]  $\Rightarrow b = 150.00$   
 modaler Dämpfungsgrad  [-]

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

Decke zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten  
 Decke innerhalb einer Nutzungseinheit

## Freies Material

Folgende Einstellungen sind zur Definition eines freien Materials erforderlich

**Freies Material** ✕

**Name**   Klebstoff temperaturbest.

Schubfestigkeit  [N/mm<sup>2</sup>]  Schmalflächen verleimt

Rollschubfestigkeit  [N/mm<sup>2</sup>]

Torsionsschubfestigkeit  [N/mm<sup>2</sup>]

Ideelle Abbrandgeschw.  $\beta$   [mm/min]

**Brettlagen**

Holzart	Holzgüte	Ausrichtung	d [mm]
Nadelholz <input type="text" value="C24 (S10)"/> <input type="text" value="x-Richtung"/>	C24 (S10)	x-Richtung	40.0
Nadelholz <input type="text" value="C24 (S10)"/> <input type="text" value="z-Richtung"/>	C24 (S10)	z-Richtung	20.0
Nadelholz <input type="text" value="C24 (S10)"/> <input type="text" value="x-Richtung"/>	C24 (S10)	x-Richtung	40.0
Nadelholz <input type="text" value="C24 (S10)"/> <input type="text" value="z-Richtung"/>	C24 (S10)	z-Richtung	20.0
Nadelholz <input type="text" value="C24 (S10)"/> <input type="text" value="x-Richtung"/>	C24 (S10)	x-Richtung	40.0

neu

Für jedes Material kann ein beliebiger Name festgelegt werden.


Wird die Option **Schmalflächen verleimt** gewählt, entfällt der Nachweis der Torsionsschubspannungen im Kreuzungspunkt (nur bei Scheibenberechnungen).

Schubfestigkeit, Torsionsschubfestigkeit und ideelle Abbrandrate werden in den Eingabefeldern festgelegt.

In der Tabelle werden die einzelnen Brettschichten mit ihrer Holzart, -güte und Ausrichtung und Schichtdicke definiert.

 Mittels der Bearbeitungsbuttons können Tabellenzeilen gelöscht, kopiert oder hinten angefügt werden.



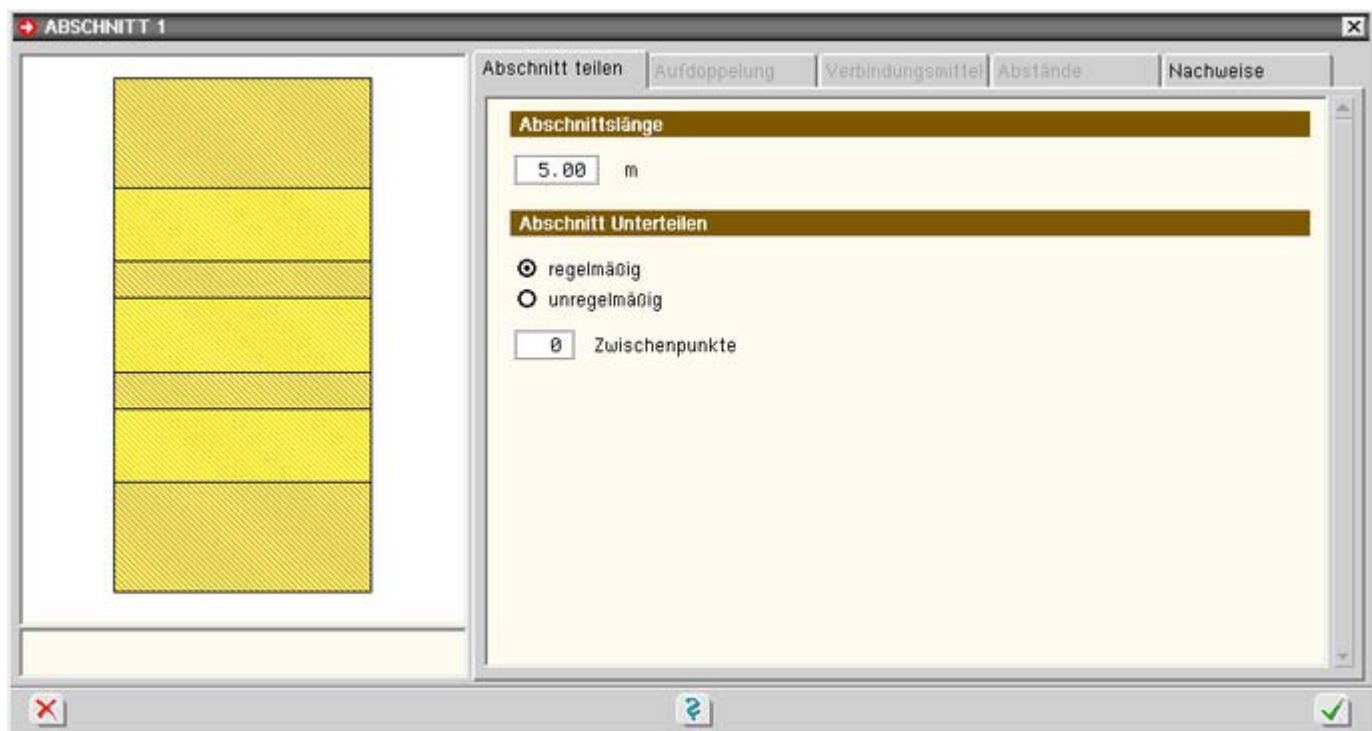
 Über den **Datenbankbutton** können die neu definierten Sperrholztypen gespeichert und für andere Bauteile zur Verfügung gestellt werden.

## Stabeigenschaften

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

Das Fenster enthält zwei Register zur Bearbeitung der stabbezogenen Parameter.

Im linken Teilfenster wird der Stabquerschnitt dargestellt.



### Register 1: Abschnitt teilen

Wurde nur ein einzelner Abschnitt markiert, enthält das erste Register Angaben, um den Abschnitt in weitere Teilabschnitte zu unterteilen bzw. um die Abschnittslänge zu editieren.

Eingabe der Länge des markierten Abschnitts.

Bei Wahl der Option **regelmäßig** wird der Abschnitt in gleichlange Abschnitte unterteilt.

Mit den hier dargestellten Eingaben, würden drei Abschnitte mit einer Länge von je 0.83 m entstehen.

Soll der Abschnitt nicht unterteilt werden, ist bei **Zwischenpunkte** eine Null einzugeben.

#### Abschnittslänge

2.50 m

#### Abschnitt Unterteilen

regelmäßig  
 unregelmäßig

2 Zwischenpunkte

Bei Wahl der Option **unregelmäßig** wird der Abschnitt in ungleichlange 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 ausgehend gemessen wird.

Abschnitt Unterteilen	
<input type="radio"/> regelmäßig	Abstände in m
<input checked="" type="radio"/> unregelmäßig	
gemessen von	
<input checked="" type="radio"/> Anfangspunkt (links)	1: <input type="text" value="1.000"/>
<input type="radio"/> Endpunkt (rechts)	2: <input type="text" value="0.500"/>
	<b>neu</b> →
	Rest + 1.000
	Summe 2.500

## Register 5: Nachweise

Die Aktivierung der zu führenden Nachweise erfolgt unter den **globalen Einstellungen**.

Alle Nachweisparameter, die nur für bestimmte Stababschnitte gelten, werden hier eingestellt.

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

Bei automatischer Ermittlung wird als Vergleichslänge der Abstand der Vertikallager des betreffenden Abschnitts eingesetzt. Dies entspricht i.A. der Feldlänge.

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

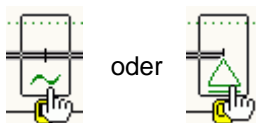
Verformungsnachweis	
<b>für Verformungen:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Vergleichslänge automatisch
Vergleichslänge des Stabes: $l_v$	<input type="text" value="autom."/> m <input type="checkbox"/> Kragarm

## 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.

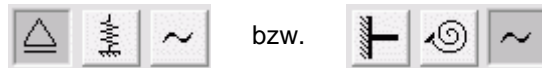
Das Fenster zur Eingabe der Lagerbedingungen wird durch einen Doppelklick auf den betreffenden Knoten im Haupteingabefenster geöffnet.



LAGER/GELENKE	
VERSCHIEBUNG	$C_f$ in kN/m
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.00"/>
VERDREHUNG	$C_m$ in kNm/-
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.00"/>
GELENK	<input type="checkbox"/> <input type="text" value="100"/> %
LAGERBREITE	<input type="text" value="40"/> mm
$k_c, 90$	<input type="text" value="1.00"/> - <input checked="" type="checkbox"/> auto
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	

Die Wahl der Lagerbedingung für Verschiebung und Verdrehung erfolgt über die Optionsschalter.

Bei elastischer Lagerung wird das entsprechende Eingabefeld für die Federsteifigkeit freigeschaltet.



bzw.

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

### Senkfeder

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

Cf in kN/m  
1000.00

$$\frac{E \cdot A}{h}$$

E ..... Elastizitätsmodul der Stütze  
A ..... Stützenquerschnitt  
h ..... Stützhöhe

### Drehfeder

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

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

Bei einer Stütze mit Fußspannung errechnet sich die Federsteifigkeit zu

$$\frac{E \cdot I}{4 \cdot h}$$

und bei gelenkiger Lagerung zu

$$\frac{E \cdot I}{3 \cdot h}$$

### Gelenk

Gelenke werden durch Setzen des Häkchens aktiviert.

GELENK  50 %

Über die %-Angabe kann eine Gelenkfeder gesetzt werden. 0% entspricht einem Vollgelenk.



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

## Belastung

## Begriffsdefinition Lastbild - Lastfall - Einwirkung

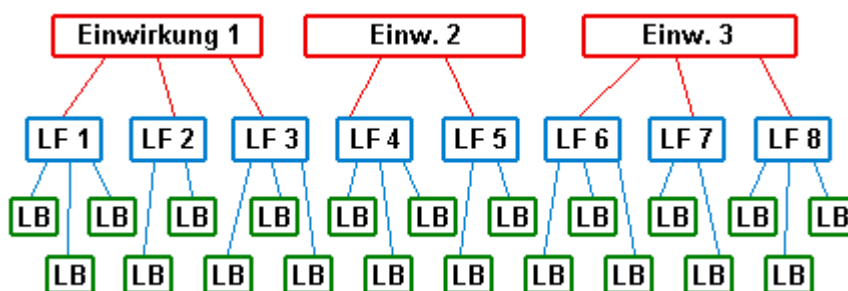
Weiterführende Informationen s. [pcae-Nachweiskonzept](#).

### 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 Lastfalls 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 Lastfalles bei der Extremwertbildung dann berücksichtigt werden, wenn sie ungünstig wirken.

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

Speziell bei den **pcae**-Durchlaufträgern gibt es zusätzlich den Lastfalltyp *aufteilen*.

Dieser nur für Verkehrslasten relevante Typ versteht sich als Eingabehilfe.

Ein über den gesamten Träger definiertes Streckenlastbild kann hierdurch mehreren Lastfällen gleichzeitig zugeordnet werden; und zwar für jeden Trägerabschnitt jeweils einem (Unter)-Lastfall.

Was zunächst wie ein Widerspruch zum Vorangesagten aussieht, erweist sich hier als bequeme Eingabe.

Würde diese Möglichkeit nicht bestehen, müssten (bei einem n-Feldträger) n Streckenlasten definiert und n verschiedenen Lastfällen zugeordnet werden, um sicherzustellen, dass eine feldweise korrekte Überlagerung durchgeführt wird.

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

## Einwirkung

Eine Einwirkung kann beliebig viele Lastfälle enthalten.

Neben der Einwirkungsnummer und der Einwirkungsbezeichnung ist der Einwirkungstyp die wesentliche Eigenschaft einer Einwirkung.

Er legt fest, ob die der Einwirkung zugeordneten Lastfälle ständige Lasten (wie etwa Eigengewicht) oder veränderliche Lasten (Verkehrslasten) enthalten.

Die Ergebnisse einer Einwirkung (es sind dies 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.

Lastbilder, Lastfälle und Einwirkungen in der hier vorgestellten Form stellen gemeinsam ein Ordnungsprinzip dar, das auch den neuen Normen (wie etwa der DIN 1045-1), die in starker Anlehnung an Eurocode entwickelt wurden, gerecht wird.

Der Anwender von 4H-DULAH sollte das Ordnungsprinzip nutzen, um das vorliegende Problem möglichst übersichtlich darzustellen.

Weitere Informationen zum Thema finden Sie im Handbuch [das pcae-Nachweiskonzept](#).

## Linienbelastung

An dieser Stelle können streckenweise Belastungen in Form von Linienlasten verschiedener Lastgeometrien, Eigengewichts- oder Temperaturlasten erzeugt werden.

Die Lasten können an beliebiger Stelle auf dem Durchlaufträger angeordnet sein und werden bezüglich zweier Ankerpunkte definiert und verwaltet.



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

Das Fenster zur Eingabe der Linienlasten wird wie folgt geöffnet

Stab oder Stabzug markieren

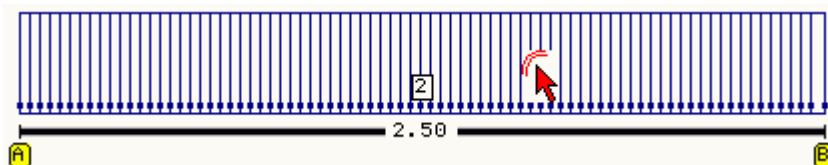


Button klicken



Button klicken

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



➔ LINIENBELASTUNG
✕

NEU ERZEUGEN
LASTANGABEN IN KN/M/°K

Art der Belastung
Linienlast

Lastgeometrie

Anker A A a 0.000 m

Anker E B e 0.000 m

Lastordinaten

qa 10.000

qe 10.000

Einwirkung

1: ständige Lasten

Lastfall 1

Lastangriff
Hauptträger

✕
🗑️

Verstärkung links  
 Hauptträger  
 Verstärkung rechts

✔️

Als Lastarten können Temperatur-, Eigengewichts- oder Linienlast gewählt werden.

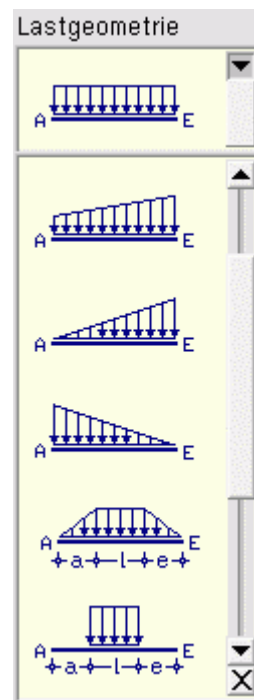
Linienlast
▼

Linienlast
▼

Eigengewicht
▼

Temperatur
✕

Über die Lastgeometrie-Listbox können verschiedene Lastfiguren gewählt werden.



Anker A

Anker E

Lastordinaten

qa

qe

Einwirkung

Lastfall

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 erwartet.

Im Falle einer Eigengewichtslast wird die Materialwichte  $\gamma$  und bei einer Temperaturlast die Temperaturänderung 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

## Punktbelastung

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

Die Einzellast kann an beliebiger Stelle auf dem Durchlaufträger angeordnet sein.

Die Zwangsverformung ist stets einem Lager zuzuordnen.

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



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

Das Fenster zur Eingabe der Punktlasten wird wie folgt geöffnet:



Stabpunkt markieren



Button klicken





Button klicken

**PUNKTBELASTUNG**

NEU ERZEUGEN

Art der Belastung

Lastordinaten		Position		
F	<input type="text" value="5.000"/> kN	Anker	<input type="text" value="A"/>	
M	<input type="text" value="0.000"/> kNm	a	<input type="text" value="0.000"/> m	

Einwirkung

Lastfall

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

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

Anker

a

Als Last kann eine Vertikallast F und/oder ein Moment M eingegeben werden.

F  kN

M  kNm

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.

Einwirkung

Lastfall

eine Last kann durch einen Klick auf den Mülleimer gelöscht werden

### Holzträger n. DIN EN 1995-1-1

#### Bemessung für Biegung und Zug

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \text{EC 5, Gl. (6.17)}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \text{EC 5, Gl. (6.18)}$$

$$k_m \quad \text{EC 5, Gl. (6.1.6)}$$

#### Bemessung für Biegung und Druck

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \text{EC 5, Gl. (6.19)}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \text{EC 5, Gl. (6.20)}$$

$$k_m \quad \text{EC 5, Gl. (6.1.6)}$$

### Bemessung für Biegung und Druck nach dem Ersatzstabverfahren

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \text{EC 5, Gl. (6.23)}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \text{EC 5, Gl. (6.24)}$$

$$k_{c,y} \quad \text{EC 5, Gl. (6.25)}$$

### Schub aus Querkraft

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1 \quad \text{EC 5, Gl. (6.13)}$$

### Bemessung von Holzwerkstoffplatten

Die Scheibenspannungen werden in die Richtungen parallel und senkrecht zur Faser umgerechnet.

Die Bemessung erfolgt für Zug und Druck parallel und senkrecht zur Faser sowie für Schub.

Zusätzlich wird die Interaktionsbedingung gemäß /41/, NCI NA.6.2.5, Gleichung (NA.58) ausgewertet (s.a. /2/, E10.2.2).

$$\frac{\sigma_{t,a,d}}{k_a \cdot f_{t,0,d}} \leq 1 \quad \text{EC5, NA Deutschland, Gl. (NA.58) ... mit ...}$$

$$k_a = \frac{1}{\frac{f_{t,0,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \sin^2 \alpha + \frac{f_{t,0,d}}{f_{v,d}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \cos^2 \alpha} \quad \text{EC5, NA Deutschland, Gl. (NA.59)}$$

## Plattenbemessung von Brettsperrholzquerschnitten

### Allgemeines

Brettsperrholz besteht aus Holzschichten, die wechselseitig in orthogonal zueinander liegender Faserrichtung verklebt sind. Der Lastabtrag entspricht dem einer orthotropen Platte.

Der Einfluss der schubweichen Querlagen hat dabei einen erheblichen Einfluss auf das Trag- und Verformungsverhalten.

Der Lastabtrag ist zwar zweiachsig, die heute produzierten Brettsperrholzplatten werden aber aufgrund ihres Aufbaus und den geometrischen Randbedingungen der Bauwerke fast ausschließlich für einachsigen Lastabtrag eingesetzt.

Daher reichen Berechnungsverfahren, die auf einer eindimensionalen Balkentheorie beruhen, für eine Bemessung im Regelfall aus.

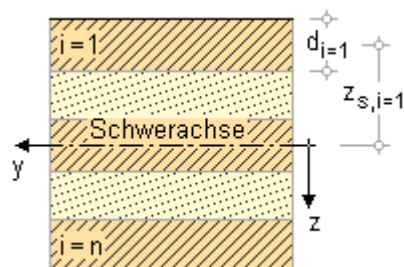
Das Programm 4H-DULAH führt die Berechnung nach der Theorie des so genannten Timoshenko-Balkens (transversal-schubnachgiebiger Balken) durch.

### Berechnung der Querschnittswerte

Nachfolgend werden die wichtigsten für die Berechnung erforderlichen Formeln angegeben. Eine ausführliche Herleitung kann /53/, /64/ oder /67/ entnommen werden.

### Schwerpunkt des Gesamtquerschnitts

$$z_{S,A} = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i \cdot d_i \cdot z_{S,i})}{\sum_{i=1}^n (E_i \cdot d_i)}$$



### Biegesteifigkeit

$$EI_{\text{eff}} = \sum_{i=1}^n (E_{x,i} \cdot d_i^3 / 12) + \sum_{i=1}^n (E_{x,i} \cdot d_i \cdot z_{S,i}^2)$$

Da die Querlagen aufgrund des großen Verhältnisses  $E_0/E_{90} \approx 30$  keinen nennenswerten Anteil zur Gesamtsteifigkeit liefern, wird im Programm die Annahme  $E_{90} = 0$  getroffen.

### Schubfläche

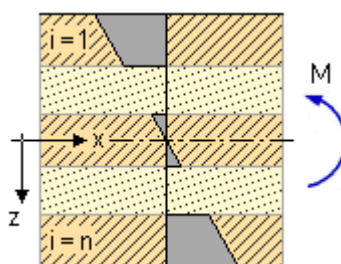
$$G \cdot A = \kappa \cdot \sum (G \cdot A) \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$\kappa_z = \frac{\sum (G \cdot A)}{(E \cdot I_{y,\text{net}})^2} \cdot \int_h \left( \frac{\sum (E(z) \cdot \int A \cdot z \, dz)}{G(z) \cdot b} \right)^2 dz \quad \dots \text{ und } \dots \kappa = 1/\kappa_z$$

### Querschnittsspannungen

#### Biegespannungen

$$\sigma = E_{(z)} \cdot \frac{M}{EI_{\text{eff}}} \cdot z$$



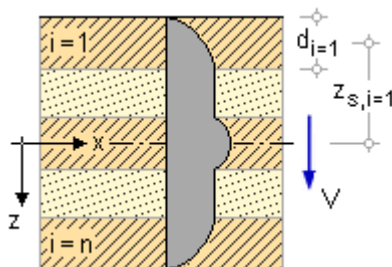
#### Schubspannungen

$$\tau = ES / B \cdot V$$

ES mit E-Modul gewichtetes statisches Moment

Für das statische Moment  $ES_{x,i}$  n. /41/, NCI NA 5.6.22, gilt allgemein

$$ES = \int_z^{d/2} E \cdot \bar{z} \cdot d\bar{z} \quad \dots \text{ mit } \dots z \leq \bar{z} \leq d/2$$



Damit betragen die statischen Momente der Schicht i

$$\text{an der Oberseite} \quad ES_{i,o} = \sum_1^{i-1} (E_i \cdot d_i \cdot z_{S,i})$$

$$\text{in der Mitte} \quad ES_{i,m} = \sum_1^{i-1} (E_i \cdot d_i \cdot z_{S,i}) + E_i \cdot d_i / 2 \cdot (z_{S,i} - d_i / 4)$$

$$\text{an der Unterseite} \quad ES_{i,u} = \sum_1^i (E_i \cdot d_i \cdot z_{S,i})$$

### Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die Für Biegung gilt gemäß /67/, 5.5.1

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,d} \leq k_{\text{mod}} \cdot k_{\text{sys}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M \quad \dots \text{ mit } \dots k_{\text{sys}} \text{ entspr. NCI NA.9.3.2, (NA.1)}$$

Für Schub in den Längslagen gilt gemäß /67/, 5.7.1

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d} \quad \dots \text{ mit } \dots f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,d} / \gamma_M$$

Für den Rollschub in den Querlagen gilt entsprechend

$$\tau_{vR,d} \leq f_{vR,d} \quad \dots \text{ mit } \dots f_{vR,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{vR,d} / \gamma_M$$

## Brandschutznachweis

### Allgemeines

Der Brandschutznachweis wird entspr. /64/, /65/ und /66/ geführt. Im Programm ist das Verfahren mit reduzierten Querschnitten entspr. /64/ 4.2.2, realisiert.

Das Brandverhalten von Brettsperrholz weist aufgrund der Verklebung der Schichten Besonderheiten auf, die berücksichtigt werden müssen.

Der Feuerwiderstand wird bestimmt über die Berechnung des Abbrands, der sich aus der Abbrandrate, die näherungsweise als konstant über die gesamte Branddauer angenommen wird, ergibt.

Die Norm unterscheidet zwischen der eindimensionalen Abbrandrate  $\beta_0$  und der ideellen Abbrandrate  $\beta_n$ .

Die ideelle Abbrandrate  $\beta_n$  berücksichtigt zusätzlich die Effekte von Eckausrundungen und Rissen.

### anfänglich geschützte Bauteile

Die Zeitdauer  $t_f$  bis zum Versagen des Schutzes ist definiert durch das Abfallen der Bekleidung.

Da der Querschnitt nach dem Versagen der Bekleidung einer erhöhten Brandraumtemperatur ausgesetzt ist, stellt sich zunächst eine erhöhte Abbrandrate ein.

Nach ca. 5-10 min nimmt die Abbrandgeschwindigkeit wieder ab, da die entstehende Holzkohleschicht einen wärmedämmenden Einfluss hat.

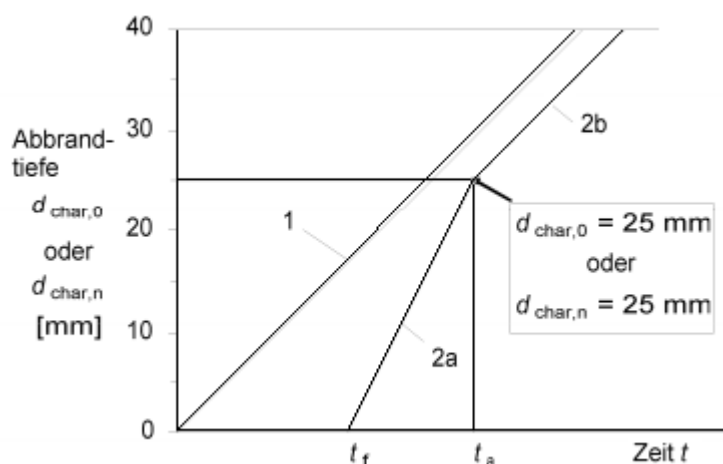
Aus diesen Beobachtungen ist in /65/, 3.4.3, eine vereinfachte Methode für anfänglich geschützte Bauteile angegeben.

Dabei wird von zwei Brandphasen mit unterschiedlicher Abbrandrate ausgegangen, die wie folgt definiert sind.

$t_{ch}$  Zeit bis zum Beginn des Abbrands

$t_f$  Zeit bis zum Versagen des Schutzes

$t_a$  Zeitpunkt ab dem die Abbrandgeschwindigkeit wieder der für ungeschützte Bauteile entspricht



Brandverläufe geschützter und ungeschützter Bauteile nach /65/, 3.4.3.1, Bild 3.4

1 = Brandverlauf mit der Abbrandrate  $\beta_n$  für ungeschützte Bauteile

2a = Brandverlauf anfänglich geschützter Bauteile nach dem Abfall der Bekleidung

2b = Brandverlauf anfänglich geschützter Bauteile nach Überschreiten der Abbrandtiefe  $d_{char} = 25$  mm

Die Berechnung der Abbrandraten in den verschiedenen Brandphasen anfänglich geschützter Bauteile erfolgt gemäß /65/, 3.4.3.2.

### Brandverhalten von Brettsperrholz

Entscheidend für das Brandverhalten von Brettsperrholz ist die Temperaturbeständigkeit der Verklebung.

Versuche haben gezeigt, dass bei Verwendung nicht temperaturbeständiger Klebstoffe (z.B. PUR), die abgebrannten Kohleschichten abfallen, wodurch der wärmedämmende Effekt der verkohlten Schicht nicht mehr gegeben ist.

Daraus resultiert eine erhöhte Abbrandrate nach dem Abfallen der Schicht.

Bei Verwendung temperaturbeständiger Klebstoffe ist das Verhalten ähnlich dem von Vollholzquerschnitten.

### Bemessung nach dem vereinfachten Verfahren mit reduziertem Querschnitt gem. /65/, 4.2.2

Die Bemessung erfolgt nach der Bedingung /65/, 2.4.1 (2)P, Gl. (2.7)

$$E_{d,fi} \leq R_{d,t,fi} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$E_{d,fi}$  Bemessungswert der Beanspruchungen im Brandfall

$R_{d,t,fi}$  zugehöriger Bemessungswert der Beanspruchbarkeit im Brandfall

Der Bemessungswert  $E_{d,fi}$  der Beanspruchungen im Brandfall darf gemäß /64/, 5.3, mit einem abgeminderten Reduktionsbeiwert  $\psi$  berechnet werden.

Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit im Brandfall  $R_{d,t,fi}$  darf nach /65/, 2.3 (1)P, mit den 20%-Fraktilwerten der Festigkeiten berechnet werden, so dass sich erhöhte Festigkeiten gegenüber den charakteristischen Werten ergeben.

Nach /65/, 2.3 (1)P, Gl (2.1) gilt

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{20} / \gamma_{M,fi}$$

$f_{d,fi}$  Bemessungswert der Festigkeit im Brandfall

$k_{mod,fi}$  Modifikationsbeiwert im Brandfall

$f_{20}$  20 %-Fraktile einer Festigkeitseigenschaft bei Normaltemperatur

$\gamma_{M,fi}$  Teilsicherheitsbeiwert für Holz im Brandfall

Gemäß /65/, 4.2.2 (5), ist  $k_{mod,fi}$  bei der vereinfachten Methode mit reduzierten Querschnitten gleich 1 zu setzen.

### Schwingungen bei Wohnungsdecken n. DIN EN 1995-1-1

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 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 m

l      Deckenspannweite in 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 Einheitsimpuls geschwindigkeitsreaktion

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

w      größte vertikale Anfangsdurchbiegung infolge einer konzentrierten vertikalen statischen Einzellast, an beliebiger Stelle wirkend und unter Berücksichtigung der Lastverteilung ermittelt

$\zeta$       modaler Dämpfungsgrad

v      Einheitsimpuls geschwindigkeitsreaktion, 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  $\text{m}/(\text{Ns}^2)$

$n_{40}$     Anzahl der Schwingungen 1. Ordnung mit einer Resonanzfrequenz bis zu 40 Hz

b      Deckenbreite in m

m      Masse je Flächeneinheit in  $\text{kg}/\text{m}^2$

l      Deckenspannweite in m

$n_{40}$  wird berechnet aus

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

$(EI)_b$     äquivalente Plattenbiegesteifigkeit der Decke in  $\text{Nm}^2/\text{m}$  um eine Achse in Richtung der Balken mit  $(EI)_b < (EI)_l$

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  $n_{40}$  mittels einer Fourierreihenentwicklung. S. hierzu /51/ und /52/.

### Schwingungen bei Wohnungsdecken n. Forschungsvorhaben Winter, Hamm, Richter 2010

Nach dem Forschungsvorhaben /54/ der TU München und /50/ wurden Konstruktionsregeln für die Praxis entwickelt, die im Programm 4H-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  $f_{\text{grenz}}$  nicht unterschreiten, ansonsten sind besondere Untersuchungen erforderlich.

- Steifigkeitskriterium

Die größte vertikale Anfangsdurchbiegung  $w(2 \text{ kN})$  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 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.

---

zur Hauptseite [4H-DULAH](#), Holzträger Wohnraumdecke



© [pcae](#) GmbH Kopernikusstr. 4A 30167 Hannover Tel. 0511/70083-0 Fax 70083-99 Mail [dte@pcae.de](mailto:dte@pcae.de)

---