

## 34Z n-Feld-Holzbalken mit oder ohne Verstärkung

(Stand: 17.06.2010)

Das Programm dient zur Bemessung von n-Feld-Trägern oder Kragbalken mit seitlicher Verstärkung aus Holz oder Stahl. Die Verstärkung kann ein- oder beidseitig ausgeführt werden und muss nicht über das gesamte System konstant vorhanden sein. Die Schnittgrößenermittlung erfolgt auf Grundlage des Sicherheitskonzepts gemäß DIN 1055-100. Die Modellbildung des verstärkten Balkens mit einem Stabwerk lässt eine exakte Erfassung der unterschiedlichen Steifigkeiten einzelner Balken-, Verstärkungsabschnitte und den nachgiebigen punktuellen Verbindungsstellen zwischen dem Hauptträger und der Verstärkung zu. Holzquerschnitte werden nach wahlweise nach DIN 1052:2004-08 oder DIN 1052:2008-12 und optional für den Brandfall nach DIN 4102-22 nachgewiesen. Stahlprofile werden nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch gemäß DIN 18800-1 nachgewiesen. Zur wirtschaftlichen und effizienten Bemessung stehen dem Anwender umfangreiche Möglichkeiten zur Optimierung der Holzquerschnitte, Stahlprofile und der Verbindungsmittel zur Verfügung.

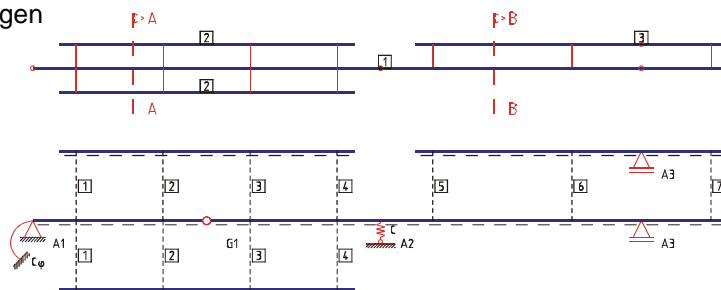
### Leistungsumfang

#### System

- 1 bis 8 Felder mit oder ohne Kragarme oder Kragträger
- Bis zu 20 verschiedene Querschnitte für Hauptträger und Verstärkungen
- Beliebige Anordnung der Querschnitte auf der x-Achse
- Querschnittssprünge
- Bis zu 10 unterschiedliche Materialeigenschaften (Holz oder Stahl)
- Prozentuale End einspannung
- Lager mit wahlweise starren oder elastischen Lagerbedingungen (Federn)
- Gelenke (Moment / Querkraft) und -federn zur wirklichkeitsnahen Modellierung der Verbindungen

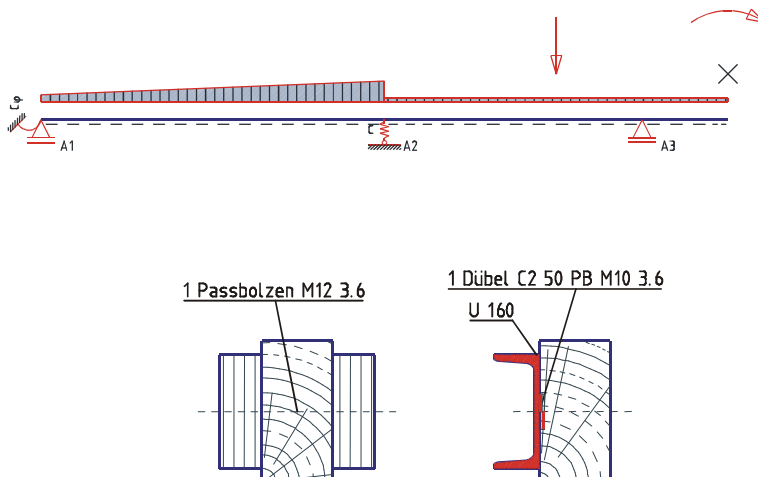
#### Einwirkungen / Schnittgrößen

- Separat für Hauptträger und Verstärkungen
- mögliche Lastarten:
  - Gleich-, Trapez – oder Dreieckslast in z-Richtung
  - Einzellast in z-Richtung
  - Einzelmoment um die y-Achse
- automatische Berücksichtigung des Eigengewichts
- Optional Bildung von Einwirkungsgruppen (EWG) und separaten Lastfällen



#### Baustoffe

- **Holz**
  - C14-C50, D30-D70
  - GL24h-GL36h, GL24c-GL36c
  - keilgezinktes Nadelholz
  - Kerto S, Kerto Q, KVH, MH, Duo-Balken, Trio-Balken
- **Stahl**
  - S 235, S 275, S 355
  - St 37-2, St 44-2, St 52-3
  - 1.0037, 1.0044, 1.0045
  - S 275 N, S 275 NL, S 355 N, S 355 NL
  - C 35 + N, C 45 + N
  - GS 200+N, GS 240+N



### ➡ Querschnitte

- Holz als Rechteckquerschnitt
- Flachstahl als Rechteckquerschnitt
- Stahlprofile aus der Profilverwaltung:
  - U-Profile: U, UPE
  - L-Profile: gleich- / ungleichschenklige Winkelprofile
  - Z-Profile: Z
  - I-Profile: I, IPE, IPEa, IPEo, IPEv, IPB S, IPB SB HE-A, HEAA, HE-B, HE-M

### ➡ Verbindungsmittel

- **Dübel besonderer Bauart**
  - Dübeltyp A1, B1 (Appel)
  - Dübeltyp C1, C2, C3, C4, C5 (Bulldog)
  - Dübeltyp C10, C11 (Geka)
- **Stiftförmige Verbindungsmittel**
  - Runde Nägel, Sondernägel (vorgebohrt / nicht vorgebohrt)
  - Holzschrauben (vorgebohrt / nicht vorgebohrt)
  - Bolzen, Passbolzen, Stabdübel, Gewindestangen
- Zusammenfassung zu Gruppen möglich
- Nachgiebigkeit gemäß DIN 1052, Anhang G

### ➡ Schnittgrößenberechnung

- ungünstigste Laststellung oder Vollast
- Optional Berücksichtigung von Schubverformungen
- Optional Berücksichtigung der Torsionssteifigkeit bei der Schnittgrößenberechnung
- Ausgabe getrennt für Hauptträger, Verstärkungen
- Umfangreiche Steuerung des Ausgabeumfangs

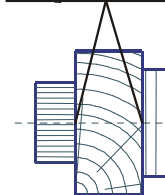
### ➡ Optimierung

- Bemessung der Holzquerschnitte
- Optimierung der Holzquerschnitte, bzw. Stahlprofile
- Optimierung der Verbindungsmittel
  - Optimierung der Anzahl
  - Optimierung des Durchmessers

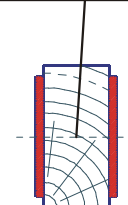
### ➡ Nachweise der Tragfähigkeit / Gebrauchstauglichkeit

- Übersichtliche Darstellung der Nachweise in einem Protokoll
- Holzquerschnitte DIN 1052
  - Biegespannungsnachweis
  - Kippnachweis -optional-
  - Schubnachweis aus Querkraft und Torsion, ggf. Querkraftabminderung -optional-
  - Auflagerpressung -optional-
  - Tragfähigkeit im Brandfall für Feuerwiderstandsklassen F30B/F60B -optional-
  - Verformungsnachweis -optional-
  - Schwingungsnachweis -optional-
- Stahlprofile DIN 18800-1 (Elastisch-Elastisch)

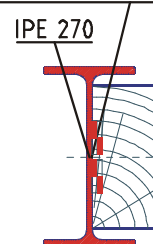
2 Nägel 5.0x140 vb



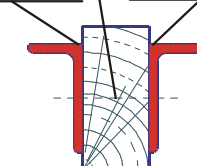
2 Passbolzen M10 3.6



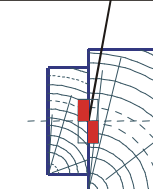
2 Dübel C11 50 B0 M12 4.6



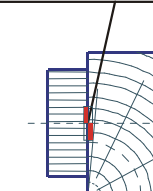
1 Passbolzen M12 3.6  
L 160/ 80/12 L 160/ 80/12



1 Dübel A1 65 PB M12 3 6



1 Dübel C1 50 PB M10 3 6



- Biegespannungsnachweis
- Schubnachweis aus Querkraft und Torsion -optional-
- Vergleichsspannungsnachweis
- Lagesicherheit nach DIN 1055-100 -optional-
- Nachweis der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel nach DIN 1052 (genaues Verfahren)
- Umfangreiche Steuerung des Ausgabeumfangs

#### ➡ Grafiken

- System, ggf. mit Verbundstellen
- Querschnitt
- Einwirkungen getrennt für Hauptträger, Verstärkungen
- Schnittgrößenverläufe einschließlich der Verbundkräfte der Verbindungsstellen
- Spannungsverläufe
- Verläufe des Ausnutzungsgrads
- Umhüllende aus allen Kombination und / oder getrennt für jede einzelne Kombination als Anlage

## System

Das statische System des verstärkten Balkens wird über die Material-, Querschnitts-, Feld-, Lager-, Gelenkdaten, sowie über die Verbindungsstellen zwischen dem Hauptträger und den Verstärkungen, festgelegt.

## Material

Für jedes Material wird eine eindeutige Nummer vergeben. Es ist mindestens ein Holzbaustoff erforderlich. Dem Anwender stehen folgende Materialien zur Auswahl:

### Holz (DIN 1052)

- |                                 |                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| • Nadelholz                     | C14 - C50                           |
| • Laubholz                      | D30 - D70                           |
| • homogenes Brettschichtholz    | GL24h - GL36h                       |
| • kombiniertes Brettschichtholz | GL24c - GL36c                       |
| • keilgezinktes Nadelholz       | C16 - C40                           |
| • Furnierschichtholz Kerto S, Q | Zulassung (Z-9.1-100)               |
| • Konstruktionsvollholz (KVH)   | C24 - C40 (sichtbar/nicht sichtbar) |
| • Massivholz (MH)               | C24 - C40 (sichtbar/nicht sichtbar) |
| • Duo-Balken                    | C24, C30 Zulassung (Z-9.1-440)      |
| • Trio-Balken                   | C24, C30 Zulassung (Z-9.1-440)      |

### Stahl (DIN 18800-1)

- |                    |                                      |
|--------------------|--------------------------------------|
| • Baustahl         | St 37-2, St 44-2, St 52-3            |
| • Feinkornbaustahl | S 235, S 275, S 355                  |
| • Werkstoffnummer  | 1.0037, 1.0044, 1.0045               |
| • Baustahl         | S 275 N, S 275 NL, S 355 N, S 355 NL |
| • Vergütungsstahl  | C 35 + N, C 45 + N                   |
| • Gusswerkstoffe   | GS 200+N, GS 240+N                   |

## Querschnitte

Durch die Querschnittsdefinition wird die Geometrie des statischen Systems festgelegt. Insgesamt darf das System aus bis zu 20 Einzelquerschnitten bestehen. Die Eingabe der Querschnitte erfolgt getrennt für den

Hauptträger und die Verstärkungen. Für jeden Querschnitt wird eine eindeutige Nummer vergeben. Die Lage des Querschnitts auf der x-Achse wird durch die Länge und die Anfangskoordinate festgelegt. Dabei darf jeder Querschnitt beliebig auf der x-Achse positioniert werden. Fallen Anfangs- und Endkoordinate von zwei unterschiedlichen Querschnitten in einem Punkt zusammen, werden die betreffenden Querschnitte als zusammenhängend (als biegesteifer Anschluss) interpretiert. Sollen die Querschnitte voneinander getrennt modelliert werden, gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Verschiebung der Koordinaten eines Querschnitts um einen Zentimeter
2. Im Dialog 'Berechnungsvorgaben' in der Rubrik Schnittgrößenberechnung die Checkbox 'zusammenhängende Querschnitte „biegesteif“ verbunden' deaktivieren

Anhand der Materialnummer wird jedem Querschnitt das entsprechende Material zugeordnet. Für den Hauptträger sind nur Holzbaustoffe zulässig, für die Verstärkungen dürfen alle zuvor festgelegten Materialien ausgewählt werden. Die Materialart legt automatisch die mögliche Art des Querschnitts fest. Bei Stahl stehen Profile aus der PBS-Profilverwaltung oder der eigenen Profilverwaltung des Anwenders zur Auswahl:

- U-Profile: U, UPE
- L-Profile: gleich- / ungleichschenklige Winkelprofile
- Z-Profile: Z
- I-Profile: I, IPE, IPEa, IPEo, IPEv, IPB S, IPB SB HE-A, HEAA, HE-B, HE-M
- Flachstahl: frei wählbar als Rechteckquerschnitt

Für Holz stehen frei wählbare Rechteckquerschnitte zur Verfügung. Sind die Abmessungen unbekannt, so besteht die Möglichkeit diese durch das Programm bemessen zu lassen.

Hierzu ist die entsprechende Abmessung zu Null zu setzen:

1. Beispiel:  $b/h = 0.0 / 0.0$   $b/h$  wird vom Programm ermittelt ([Optimierung](#) möglich)
2. Beispiel:  $b/h = 0.0 / 30.0$   $b$  wird von Programm ermittelt,  $h$  ist fest ([Optimierung](#) möglich)
3. Beispiel:  $b/h = 15.0 / 0.0$   $h$  wird von Programm ermittelt,  $b$  ist fest ([Optimierung](#) möglich)
4. Beispiel:  $b/h = 15.0 / 30.0$  Abmessungen festgelegt,  $b / h$  fest ([Optimierung](#) nicht möglich)

Das Eigengewicht wird automatisch ermittelt und in der Einwirkungstabelle vorgeschlagen.

## Feldlängen

Sind alle Querschnitte eingegeben, steht die Gesamtlänge des Systems fest. Durch Eingabe der Feld- und / oder Kraglängen mit der dazugehörigen Nutzungsklasse nach DIN 1052, werden die einzelnen Felder definiert. Es können bis zu 8 Felder mit oder / ohne Kragarme berücksichtigt werden. Bei einem Kragträger ist nur die Kragarmlänge einzugeben, Feldlängen sind auf Null zu setzen.

## Lageranordnung

Ein prozentualer Einspanngrad von 0 -100% kann am Systemanfang und am Systemende eingegeben werden. Bei einem Kragträger erfolgt automatisch ein Eintrag von 100%. Der Einspanngrad wird beim Hauptträger und, sofern vorhanden, bei der Verstärkung angesetzt. Durch die Feldlängen- und Kragarmdefinition steht die Auflageranzahl entlang der x-Achse fest. Die Auflager werden aufsteigend durchnummeriert. Es ist möglich für Hauptträger und Verstärkungen unterschiedliche Auflagerbedingungen zu modellieren. So kann zum Beispiel die Verstärkung vertikal gehalten sein und der Hauptträger nicht. Das Programm generiert automatisch einen Vorschlag für die Auflagerbedingungen, der abgeändert oder verworfen werden kann. Die Modellierung von Federn ist für das Vertikallager (CV), die Einspannung um die y-Achse (CM) und die Einspannung um die x-Achse (CMT) möglich. Die Art der Auflagerung (direkt/indirekt), die Auflagerlänge und der Abstand von der Auflagerlinie zum Auflagerstrand sind einzugeben. Diese Angaben sind wichtig für den Schubnachweis und für den Nachweis der Auflagerpressung des Holzquerschnitts gemäß DIN 1052.

## Gelenkanordnung

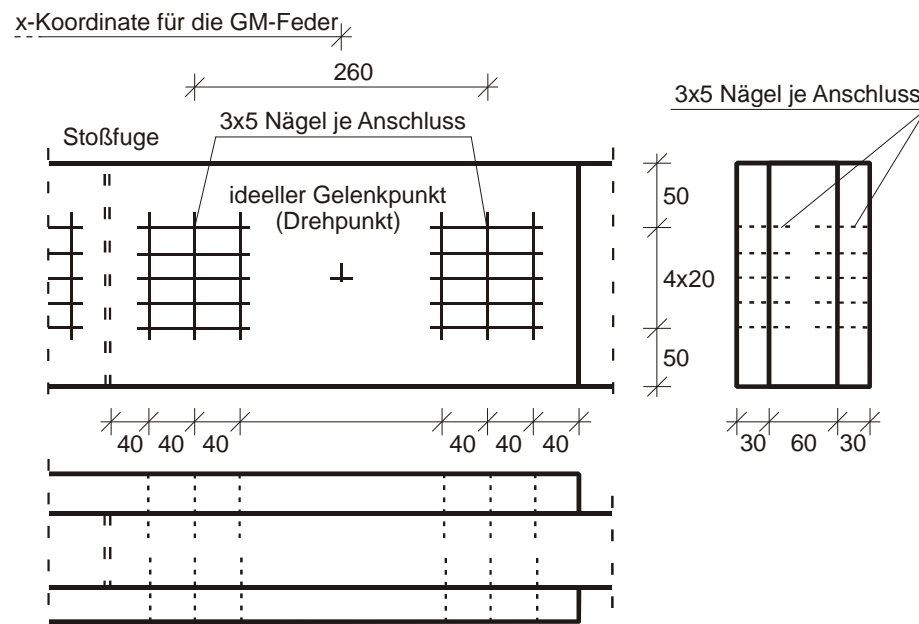
Gelenke können frei auf der x-Achse des Balkens und, wie bei der Lageranordnung, getrennt für den Hauptträger und die Verstärkungen zugeordnet werden. Als Standardfall wird das Momentengelenk (GM) vom Programm vorgeschlagen. Über den Menüpunkt „Feder“ ist es möglich ein Querkraftgelenk (GV) und ein Momentengelenk für Torsion (GMT) einzugeben. Zur wirklichkeitsnahen Modellierung von nachgiebigen Verbindungen sind aber auch Gelenkfedern mit den Federkonstanten (GV), (GM) und (GMT) möglich, siehe dazu das Beispiel im Kapitel [Gelenkdrehfederberechnung](#).

## Gelenkdrehfederberechnung

Zur wirklichkeitsnahen Modellierung von Stabtragwerken wurde in der neuen DIN 1052 das Modell der drehsteifen Anschlüsse Abs. 8.8.1 (Bild 14b) aufgenommen. Das Programm bietet die Möglichkeit die Drehsteifigkeit in Form von Gelenkdrehfedern GM bei der Schnittgrößenberechnung zu berücksichtigen.

Eine mögliche Berechnung der Drehfederkonstante für das Gelenk soll hier exemplarisch an einem Beispiel durchgeführt werden:

Runde Nägel 4.2x90, nicht vorgebohrt, Nutzungsklasse 1, Holzgüte C24, Rohdichte  $\rho_k = 350 \text{ kg} / \text{m}^3$



1. Zunächst ist die Federsteifigkeit der Verbindungsmittel in Stablängsrichtung zu ermitteln. Verschiebungsmodul für Verbindungsmittel  $K_{ser}$  [N/mm] sind im Anhang G der DIN 1052 Tabelle G.1 aufgeführt.

Für das Beispiel ist Zeile 4 der Tabelle G.1 zu verwenden:

Nägel und Holzschrauben in nicht vorgebohrten Löchern:  $K_{ser} = \frac{\rho_k^{1.5}}{25} \cdot d^{0.8}$

$$K_{ser} = \frac{350^{1.5}}{25} \cdot 4.2^{0.8} = 825.6 \text{ N/mm je Scherfläche}$$

2. Mit der Anschlussgeometrie und der Federsteifigkeit der Verbindungsmittel  $K_{ser}$  [N/mm] kann die

Drehfedersteifigkeit  $K_r$  [Nmm] ermittelt werden. Der Bezugspunkt für die Berechnung der Drehfedersteifigkeit ist der Drehpunkt mit den Koordinaten  $x/y=0$ .

$$K_r = m \cdot K_{ser} \sum (x_i^2 + y_i^2), \quad m = \text{Anzahl der Anschlussflächen} \quad [-]$$

$$K_{ser} = \text{Federsteifigkeit der Verbindungsmittel} \quad [\text{N/mm}]$$

$$x_i, y_i = \text{Koordinaten der Verbindungsmittel} \quad [\text{mm}]$$

$$K_r = 2 \cdot 825,6 \cdot [10 \cdot (90^2 + 130^2 + 170^2) + 6 \cdot 0^2 + 12 \cdot (20^2 + 40^2)] = 929625600 \text{ Nmm}^2/\text{mm}$$

$$10/2 = 5,$$

$$6/2 = 3, 12/2 = 6 \quad \text{Scherflächen je Anschlussseite}$$

$$K_r = 929625600 \text{ Nmm} = 929,6256 \text{ kNm}$$

3. Die Gelenkdrehfederkonstante GM kann nun durch einfache Umrechnung von  $K_r$  bestimmt werden:

$$GM = K_r [kNm/100cm/m] = 929,6256 \text{ kNm} / 100 \text{ cm} = 9,296 \text{ kNm/cm/m} \quad (\text{Eingabe in Programm 34Z})$$

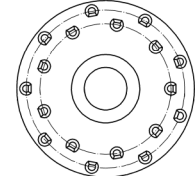
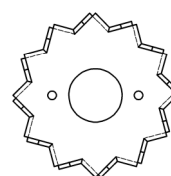
## Verbindungsstellen

Die Verbindungsstellen stellen die Kopplungen zwischen Hauptträger und den Verstärkungen her. Die Nachgiebigkeit der Verbindung fließt durch die Verwendung des Verschiebungsmoduls  $K_{ser}$  (siehe DIN 1052 Tabelle G.1) und durch Einführung von Federelementen in die Schnittgrößenberechnung ein. Es ist möglich alle Verbindungsstellen einzeln oder gruppenweise mit einem regelmäßigen Abstand einzugeben. Alle Verbindungsstellen werden vom Programm mit einer Verbindungsnummer versehen. Es können nur an den Stellen auf der x-Achse Verbindungsstellen eingegeben werden, an denen sich ein Hauptträgerquerschnitt befindet (Verbindungen zwischen zwei Verstärkungen sind nicht zulässig). Bei der Einzeleingabe der Verbindungsstellen kann der Ort (Verstärkung links und / oder rechts) eingegeben werden. Ist eine gruppenweise Eingabe der Verbindungsmittel gewählt worden, geht das Programm - sofern vorhanden - von einer beidseitigen Verbindung am Hauptträger aus (Verstärkung links - Hauptträger - Verstärkung rechts). Sind mehr als ein Verbindungselement anzuordnen („n“ > 1), sind die übrigen Verbindungsmittel in der Höhe des Querschnitts, unter Beachtung der Mindestabstände nach DIN 1052, unterzubringen. Reicht die vorhandene Höhe des Querschnitts für die Anzahl der Verbindungsmittel nicht aus, sind links und rechts von der Verbindungsachse (x-Koordinate) die Verbindungsmittel, unter Einhaltung des Mindestabstandes nach DIN 1052, anzuordnen. Die Mindestabstände der Verbindungsmittel zu den Querschnittsenden und zum Querschnittsrand werden vom Programm überprüft. Bei einer Unterschreitung der Mindestabmessung wird ein entsprechender Hinweis ausgegeben und im Formular eingetragen, eine Weiterbearbeitung der Position ist jedoch möglich.

Je nach verwendetem Querschnitt und der gewählten Materialart steht eine Auswahl aus folgenden Verbindungsmitteln zur Verfügung:

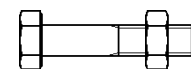
### Dübel besonderer Bauart

- Dübeltyp A1, B1 (Appel)
- Dübeltyp C1, C2, C3, C4, C5 (Bulldog)
- Dübeltyp C10, C11 (Geka)



### Stiftförmige Verbindungsmittel

- Nägel auch Sondernägel (vorgebohrt / nicht vorgebohrt)
- Holzschrauben (vorgebohrt / nicht vorgebohrt)
- Bolzen, Passbolzen, Stabdübel, Gewindestangen



Die Nachgiebigkeit der Verbindung  $K_{ser}$  wird durch die Rechenwerte der Tabelle G.1 und durch die Anzahl der Verbindungsmittel „n“ vom Programm automatisch ermittelt.

### Tipps:

1. Es kann von Vorteil sein, bei der Einzeleingabe der Verbindungsmittel, zunächst die Verbindungen gruppenweise einzugeben und später auf Einzeleingabe umzuschalten, da dann die Tabelle vorgeneriert ist. In diesem Fall sind dann nur noch wenige Zeilen zu bearbeiten.
2. Mit der Anzahl der Verbindungsmittel n=0 kann eine Verbindungsmittelzeile für die weitere Berechnung deaktiviert werden.

### Anmerkung:

Bei wachsender Anzahl der Verbindungsmittel steigt die Verbundkraft der Verbindungsmittel an den äußeren Verbundelementen. Die inneren Verbindungen dienen in vielen Fällen nur zur Korrektur der Formänderungen der angeschlossenen Querschnitte und bekommen nur geringe Verbundkräfte. In [6] wird auf die Problematik der Anzahl der Verbindungsstellen eingegangen. Dort heißt es in diesem Zusammenhang:

*"Für den praktischen Gebrauch sind 3 oder 4 Verbindungsstellen zu empfehlen. Mehr Verbundstellen anzuordnen hieße, die Verbundkräfte unnötig zu vergrößern, was auf jeden Fall vermieden werden sollte."*



## Einwirkungen

Die Eingabe der Einwirkungen erfolgt separat für den Hauptträger und, falls vorhanden, für die Verstärkungen.

### Automatische Lastgenerierung

Das Eigengewicht der Querschnitte wird automatisch als Eigengewichtszeile in den Lasttabellen generiert. Eine Deaktivierung des Eigengewichts durch Änderung auf Null ist möglich.

### Einwirkungsgruppen (EWG)

Vor der eigentlichen Eingabe der Einwirkungen können Einwirkungsgruppen (EWG) definiert werden. Diesen EWG können beliebig viele Einzel-, Linien- und Flächeneinwirkungen zugeordnet werden. EWG sind immer dann erforderlich, wenn sich Einwirkungen gegenseitig ausschließen (z.B. Transportbelastung und Gebrauchsbelastung) oder immer zusammen auftreten. Die sich ausschließenden Einwirkungen sind unterschiedlichen und die zusammenwirkenden Einwirkungen derselben Einwirkungsgruppe zuzuordnen. Damit die unterschiedlichen Einwirkungen später zu Lastfällen zusammengestellt werden können, wird jede Einwirkung einer EWG zugeordnet. Die EWG 1 ist für ständige Einwirkungen reserviert. Weitere Einwirkungsgruppen können vom Anwender frei definiert werden. Die Eingabe von Einwirkungsgruppe kann auch entfallen, dann sind alle Einwirkungen einem Lastfall (LF) zugeordnet.

Unter "Ungünstigste Laststellung" besteht folgende Wahlmöglichkeit (siehe auch [Ungünstigste Laststellung](#)):

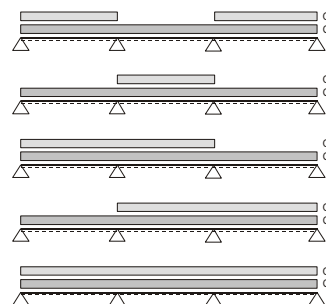
1. Feldübergreifende Lasten dieser Gruppe werden feldweise angeordnet um die ungünstigsten Schnittgrößen zu ermitteln. Je nach Anzahl der Felder sind hier mehrere Rechengänge für die betroffene Lastkombination nötig (Berechnungszeit der Schnittgrößen kann sich erhöhen)
2. Diese Last wird immer als Ganzes (Vollast) und nicht feldweise angesetzt.

### Lastfälle (LF)

Aus den Einwirkungsgruppen (mindestens zwei), können bis zu 99 voneinander unabhängige Lastfälle (LF) gebildet werden. Die Zuordnung der Lastfälle durch die Kombination von Einwirkungsgruppen ist beliebig. Innerhalb eines jeden Lastfalls werden automatisch alle erforderlichen Kombinationen für den Nachweis der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1055-100 bzw. DIN 1052 gebildet. Treten in einem Lastfall außergewöhnliche Einwirkungen (z.B. Brand) auf, so werden neben den entsprechenden außergewöhnlichen Kombinationen (DIN 1055-100, 9.4 Gl.(15) + (16)) auch die Kombinationen für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation (Gl.(14)) untersucht. In vielen Fällen dürfte daher ein Lastfall ausreichen.

### Ungünstigste Laststellung

Bei Mehrfeldsystemen können für jede Kombination nach DIN 1055-100 die veränderlichen Einwirkungen feldweise angesetzt werden, um die ungünstigsten Schnittgrößen zu ermitteln. Wird mit Einwirkungsgruppen gearbeitet, so kann für jede Gruppe bestimmt werden, ob sie feldweise oder nicht feldweise angesetzt werden soll. So kann die ungünstigste Laststellung z.B. für Verkehrslasten aktiviert und für Schneelasten ausgeschaltet werden. Wird ohne Einwirkungsgruppen gearbeitet, erfolgt nur eine pauschale Abfrage, welche sich dann auf alle veränderlichen Einwirkungen bezieht. Momente auf Auflagern werden bei allen Laststellungen angesetzt, da sie sich keinem Feld zuordnen lassen. **Ständige Einwirkungen (G) werden nicht feldweise angesetzt** (unabhängig von der Auswahl "ungünstig" oder "Vollast"). Es werden jedoch 2 Rechenläufe, einmal mit



$\gamma_{G,inf}$  und einmal mit  $\gamma_{G,sup}$ , durchgeführt, wobei  $\gamma_G$  jeweils für das gesamte System konstant angesetzt wird.

### Kategorien

Die Einwirkungen sind entsprechend der Häufigkeit ihres Auftretens gemäß DIN 1055-3 zu kategorisieren:

- G = Ständige Einwirkungen (z.B. Eigengewicht)
- Q = Veränderliche Einwirkungen (z.B. Nutzlasten)
- A = Außergewöhnliche Einwirkungen (z.B. Transport, Montagelasten)

Für jede Einwirkungskategorie wird der zugehörige Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma$ , die Kombinationsbeiwerte ( $\psi_0$ ,  $\psi_1$ ,  $\psi_2$ ) nach DIN 1055-100 und die Klasse der Lasteinwirkungsdauer nach DIN 1052 Tabelle 3 und 4 ermittelt.

## Einwirkungen (Lasten)

Bei der Eingabe der Einwirkungen stehen eine Vielzahl von Eingabehilfen, automatische Lastübernahme, QUICKLAST usw., zur Verfügung.

Die Tabellenspalten bedeuten im Einzelnen:

<b>aus</b>	Freie textliche Beschreibung der Einwirkung. An dieser Stelle können auch die verschiedenen Eingabehilfen aufgerufen werden.
<b>Last</b>	qz = vertikale Linieneinwirkung (Gleichlast, Trapezlast, Dreieckslast) [kN/m] Fz = vertikale Einzeleinwirkung [kN] My = Moment [kNm], rechtsdrehend positiv
<b>Art/Kat.</b>	Kategorie der Einwirkung (G, Q, A1...Q, W, A). Bei der Eingabe werden in einem Menü die Einwirkungskategorien der DIN 1055-3 angeboten.
<b>Wert</b>	Charakteristische Größe der Einwirkung.
<b>a</b>	Abstand der Einwirkung vom linken Systemende, bei Einzeleinwirkungen Achsmaß
<b>c</b>	Länge der Einwirkung
<b>Alpha</b>	Abminderungsfaktor ( $\alpha_a$ ) nach DIN 1055-3, 6.1 für die Nutzlasten nach Tabelle 1

## Schnittgrößen

Die Berechnung der Schnittgrößen erfolgt nach dem in [7] vorgestellten Berechnungsverfahren. Die Modellbildung des statischen Systems erfolgt mit Hilfe eines Stabwerkmodells (Trägerrost) aus mehreren nebeneinanderliegenden Einzelstäben unter Einbeziehung der gewählten Material- und Querschnitseigenschaften. Der Verbund zwischen Hauptträger und Verstärkung wird dabei durch punktweise Anordnung von kurzen Stäben mit Federelementen hergestellt. Die Federelemente bilden im Modell die Nachgiebigkeit der Verbindungen ab. Da alle Randbedingungen wie die Materialeigenschaften, Querschnittsdaten, Lagerung, Gelenke, Verbindungsmittel sowie die Geometrie bekannt sind, lässt das in [7] beschriebene Verfahren eine exakte Berechnung der Schnittgrößen des Balkensystems zu. Sind anfänglich verschiedene Querschnittsabmessungen unbekannt, werden die Querschnitte programmseitig vorgeschätzt. Ist die Auswahl der Querschnittsabmessung und der Verbindungsmittel im Nachweisprotokoll abgeschlossen, werden sämtliche Schnittgrößen- und Nachweisberechnungen mit den neu gewählten Systemsteifigkeiten wiederholt. Somit ist eine exakte Berechnung des gesamten Balkensystems gewährleistet.

## Schnittgrößenvorgaben

Folgende optionale Schaltmöglichkeiten für die Schnittgrößenberechnung stehen dem Anwender im Dialog der Berechnungsvorgaben zur Verfügung:

- **System torsionsstarr berechnen**  
bei deaktivierter Checkbox wird mit der Torsionssteifigkeit ( $G \cdot I_T$ ) der einzelnen Querschnitte gerechnet.
- **Schubverformung berücksichtigen**  
bei aktivierter Checkbox wird der Einfluss der Schubverformung ( $G \cdot A$ ) berücksichtigt
- **zusammenhängende Querschnitte 'biegesteif' verbunden**  
fallen Anfangs- und Endkoordinate von zwei unterschiedlichen Querschnitten in einem Punkt zusammen, werden bei aktiver Checkbox die betreffenden Querschnittsstellen als „biegesteif“ verbunden interpretiert.
- **Berechnung der veränderlichen Einwirkung**  
  - **ungünstigste Laststellung** siehe dazu Abschnitt [Ungünstigste Laststellung](#)  
ungünstige Lastanordnung wird berechnet
  - **nur Volllast** feldübergreifende Einwirkungen werden immer ganz angesetzt



## Schnittgrößenberechnung

Die Dauer der Berechnung der Schnittgrößen hängt im Wesentlichen vom gewählten System ab. Die Anzahl der Felder, der Verbindungsstellen und ob bei den Einwirkungen die ungünstigste Laststellung zu untersuchen ist, sowie wieviele Kombinationen zu berechnen sind, hat einen Einfluss.

Die Schnittgrößen werden getrennt für den Hauptträger, und falls vorhanden für die Verstärkung links und rechts ausgegeben. Zusätzlich werden ggf. die Verbundkräfte (Querkraften) von allen Verbindungsstellen ausgegeben. Die Ausgabe der Schnittgrößen erfolgt wahlweise als Umhüllende aus allen Kombinationen und / oder einzeln für jede Kombination, als Anlage. Optional kann der Ausgabeumfang reduziert werden, indem nur die maßgebenden Kombinationen ausgegeben werden.

### Ausgabe der Schnittgrößen (Umhüllende und / oder Einzelkombination, alle optional schaltbar)

- Tabelle mit Stützmomenten und Querkraften
- Tabelle der Auflagerkräfte
- Tabelle der Feldmomente (bei Gebrauchstauglichkeit mit den extremalen Verformungen)
- Tabelle mit den Verbundkräften
- Tabelle mit vollständigem Schnittgrößenverlauf (Biegemoment  $M_{yd}$ , Torsionsmoment  $M_{xd}$ , Querkraft  $V_{zd}$ )
- grafischer Verlauf des Biegemomentes  $M_{yd}$
- grafischer Verlauf des Torsionsmomentes  $M_{xd}$
- grafischer Verlauf der Querkraft  $V_{zd}$
- grafischer Verlauf der Biegelinie (Durchbiegung)  $w_d$
- grafischer Verlauf der Verbundkräfte (Querkraft)  $V_{zd}$

## Nachweise

Alle Nachweise werden nach DIN 1052, DIN 18800, DIN 1055 bzw. DIN 4102-22 geführt. Sämtliche Nachweise bis auf den Auflagerpressungsnachweis werden an allen Unstetigkeitsstellen der Schnittgrößenberechnung und an allen Teilungspunkten des Feldes bzw. Kragarms geführt. Dadurch ist es möglich die Spannungsverläufe in Tabellen- und / oder in grafischer Form auszugeben. Für die Ausgabe der grafischen Verläufe ist zu den Spannungen optional der extreme Verlauf des Ausnutzungsgrads, sowie für die Einzelnachweise (z.B. den Schubnachweis) als Umhüllende aus allen Kombinationen und / oder getrennt für jede einzelne Kombination, vorgesehen.

Die jeweils maßgebenden Nachweise werden für jeden Querschnitt getrennt tabellarisch ausgegeben. Am Ende der Berechnung werden alle Ergebnisse in einem Nachweisprotokoll auf dem Bildschirm angezeigt, dadurch erhält der Anwender einen schnellen Überblick über den Ausnutzungsgrad sämtlicher Querschnitte und Verbindungsstellen.

## Nachweisvorgaben

Die erforderlichen Parameter für den Nachweis und die Bemessung werden in einem übersichtlichen Dialog (Berechnungsvorgaben) angezeigt und können bei Bedarf durch das Setzen von Checkboxes (Häkchen) und Radiobuttons (Auswahl-Knöpfe) angepasst werden.

Für die **Nachweise im Grenzzustand der Tragsicherheit** stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- **Schubnachweis**  
für Holz- und Stahlquerschnitte, optional abschaltbar
  - **Querkraft im Abstand  $h$  vom Auflagerend**  
für Holzquerschnitte mit direkter Auflagerung. Für die Berechnung der Schubspannung wird im Auflagerbereich die Querkraft im Abstand der Querschnittshöhe  $h$  vom Auflagerend herangezogen, siehe DIN 1052 Abs. 10.2.9 (2)
  - **Auflagernahe Einzellasten reduzieren**  
für Holzquerschnitte mit direkter Auflagerung. Für auflagernahe Einzellasten dürfen die Schubspannungen mit einem reduzierten Querkraftanteil ermittelt werden, siehe DIN 1052 Abs. 10.2.9 (3)

- **Kippnachweis**  
nur für Holzquerschnitte, optional abschaltbar
  - **Aussteifungsabstand Ersatzstablänge  $l_{ef}$  automatisch ermitteln**  
der maximale Aussteifungsabstand  $\max l_{ef}$  wird unter der Maßgabe berechnet, dass der Kippnachweis mit einem Ausnutzungsgrad von 1.0 gerade noch eingehalten ist.
  - **Aussteifungsabstand Ersatzstablänge  $l_{ef}$  durch die Feldlänge definiert**  
Der Aussteifungsabstand  $l_{ef}$  für den Kippnachweis, wird durch die Feld- bzw. Kragarmlänge definiert.
- **Lagesicherheit**  
bei aktiver Checkbox werden alle erforderlichen Kombinationen gebildet, die Auflagerkräfte für die Lagesicherheit berechnet und in einer Tabelle ausgegeben.
- **Nachweis der Auflagerpressung**  
nur für Holzquerschnitte, optional abschaltbar. Der Nachweis der Auflagerpressung wird nach DIN 1052 Abs. 10.2.4 im Auflagerbereich für direkt gelagerte Auflager geführt.
- **Brandschutz nach DIN 4102-22**  
nur für Holzquerschnitte, optional abschaltbar
  - **Feuerwiderstandsklasse F30-B oder F60-B**
  - **dem Feuer zugängliche Seiten** (3- oder 4-seitiger Abbrand)

Für die **Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit** stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- **Grenzzustand der Verformung**  
für Holz- und Stahlquerschnitte, optional abschaltbar
  - **nur positive Durchbiegung berücksichtigen**  
negative Durchbiegungen bleiben beim Nachweis unberücksichtigt
- **Schwingungsnachweis**  
für Holzquerschnitte nach DIN 1052, 9.3, (2), optional abschaltbar

### Nachweise der Tragsicherheit für Holzquerschnitte (DIN 1052 und DIN 4102-22)

- **Biegespannung**  
nach 10.2.6 nach Gl. (59-62)
- **Schubnachweis**  
nach 10.2.9 - 10.2.11 aus Querkraft und ggf. aus Torsion nach Gl. (59-62). Eine Reduzierung der Querkraft im Abstand der Querschnittshöhe vom Auflagerrand (10.2.9 (2)), sowie eine Reduzierung der Querkraft aus auflagnahen Einzellasten (10.2.9 (3)) kann vom Anwender im Nachweisdialog optional geschaltet werden. Die Erhöhung der Schubfestigkeit ab 1,5 m Abstand vom Hirnholz wird berücksichtigt.
- **Kippnachweis**  
nach 10.3.2 feldweise durch die Feld- bzw. Kraglänge definiert oder die Ermittlung des maximalen Aussteifungsabstandes  $\max l_{ef}$  bei einem Ausnutzungsgrad von 1.0 nach dem Ersatzstabverfahren.
- **Auflagerpressung**  
nach 10.2.4 im Auflagerbereich. Die wirksame Querdruckfläche  $A_{ef}$  der Querdruckbeiwert  $k_{c,90}$  unterer Einbeziehung des Abstandes der Einzeleinwirkung  $l_1$  vom Auflagerand (siehe [1] Bild 19b) wird automatisch ermittelt. Bei einer indirekten Lagerung wird kein Nachweis der Auflagerpressung geführt.
- **Nachweise im Brandfall nach dem genaueren Verfahren nach DIN 4102-22**  
Kapitel Holzbau, 5.5.2.1 b). Dabei wird die Biegespannung, ggf. der Schub- und Kippnachweis nach DIN 1052 mit dem verbrannten Restquerschnitt und reduzierten Festigkeitseigenschaften geführt. Als Bemessungssituation wird die außergewöhnliche Bemessungssituation angesetzt.

## Nachweise der Tragsicherheit für Stahlprofile / Flachstahl (DIN 18800)

- **Normalspannung**  
nach Element 746 – 747 für das Biegemoment  $M_y$  nach Gl. (31) und (33) .
- **Schubspannung**  
nach Element 746 – 747 jeweils getrennt für die Querkraft  $V$  und falls vorhanden aus dem Torsionsmoment  $M_x$  nach Gl. (32) und (34).
- **Vergleichspannung**  
nach Element 746-748 nach Gl. (31) und (35 - 36). Die Vergleichspannung ist nur dann nachzuweisen, wenn Schub- und Normalspannungen gleichzeitig wirken und der ungünstigste Einzelnachweis eine Ausnutzung von über 50% hat.

## Nachweise der Tragsicherheit für Verbindungsmittel (DIN 1052)

Die Tragfähigkeit **Scherbeanspruchung** der Verbindungsmittel wird an jeder Verbindungsstelle des Balkens, nach dem in DIN 1052 Anhang G beschriebenen genauen Nachweisverfahren, ermittelt.

## Lagesicherheit (DIN 1055)

Es muss gewährleistet sein, dass das Bauteil gegen Abheben gesichert ist. Hierbei werden die maximalen und minimalen Auflagerkräfte aus den Kombinationen für den Nachweis der Lagesicherheit für jede Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED) ausgegeben. Für die abhebenden Kräfte ist ein separater Nachweis zu führen (nicht Bestandteil von 34Z). Abhebende Kräfte wirken entgegen der, in der Systembildgrafik der Leistungsbeschreibung, angezeigten Krafrichtung.

## Nachweise der Gebrauchstauglichkeit (DIN 1052)

- **Durchbiegungsnachweis**  
nach 9.2 Gl.(40-42). Nach DIN 1052 müssen die 3 folgenden Durchbiegungsnachweise geführt werden.
  - **$W_{Q,inst}$**  (elast. Anfangsdurchbiegung aus veränderlichen Einwirkungen)  
muss kleiner sein als  $l/300$  bei Feldern und  $l/150$  bei Kragarmen. Die Ermittlung der Durchbiegung erfolgt in der seltenen Bemessungssituation.
  - **$W_{fin} - W_{G,inst}$**  (Enddurchbiegung abzüglich der elastischen Anfangsdurchbiegung aus Eigenlast)  
muss kleiner sein als  $l/200$  bei Feldern und  $l/100$  bei Kragarmen. Die Ermittlung der Durchbiegung erfolgt ebenfalls in der seltenen Bemessungssituation.
  - **$W_{fin} - W_0$**  (Gesamtdurchbiegung abzüglich Überhöhung = Durchhang)  
muss kleiner sein als  $l/200$  bei Feldern und  $l/100$  bei Kragarmen. Die Ermittlung der Durchbiegung erfolgt in der quasi-ständigen Bemessungssituation.

Die Grenzdurchbiegungen werden gemäß DIN 1052 vom Programm vorgeschlagen und können bei Bedarf geändert werden. Für den Nachweis der Gesamtdurchbiegung kann feldweise eine Überhöhung  $w_0$  eingegeben werden.
- Der **Schwingungsnachweis** wird vereinfacht mit der größten ermittelten Durchbiegung am n-Feld-Balken aus der quasi-ständigen Bemessungssituation geführt (DIN 1052, 9.3, (2)). Die Durchbiegung sollte 6 mm nicht überschreiten. Der Nachweis ist optional.

## Optimierung

Nach der Berechnung der Nachweise ist eine Optimierung der Holzquerschnitte, der Stahlprofile und / oder der Verbindungsmittel möglich. Die Optimierung kann durch Drücken der entsprechenden Buttons im Nachweisprotokoll gestartet werden. Mit den neuen Systemwerten werden dann alle Nachweise neu berechnet und anschließend im Nachweisprotokoll angezeigt. Auf dieser Weise kann der Programmanwender prüfen, wie sich z.B. das nächst größere oder kleinere Stahlprofil auf die Nachweise auswirkt. Wenn im Nachweisprotokoll folgende Meldung erscheint:

**ACHTUNG: Systemsteifigkeit hat sich geändert, eine 'Neuberechnung' der Schnittgrößen ist erforderlich!**

ist folgendes zu beachten. Es haben sich gegenüber der vorherigen Schnittgrößenberechnung neue Steifigkeiten des Systems ergeben, z.B. durch andere Querschnittswerte oder neue Nachgiebigkeiten bei den Verbindungsmitteln. Um eine exakte Berechnung der Nachweisergebnisse zu erhalten, ist eine Neuberechnung der Schnittgrößen nötig. Es ist immer sinnvoll eine „Neuberechnung“ zu starten, wenn der

gewünschte Querschnitt oder das Verbindungsmittel fest steht. Nur so ist die tatsächliche Auswirkung auf die Nachweise durch die geänderten Systemsteifigkeiten ersichtlich.

Zur Optimierung des Balkensystems sind folgende Optionen vorgesehen:

- **"Holz +"** alle Holzabmessungen mit einer Nulleingabe (keine feste Abmessung) werden auf den nächst größeren Querschnitt geändert
- **"Holz -"** alle Holzabmessungen mit einer Nulleingabe (keine feste Abmessung) werden auf den nächst kleineren Querschnitt geändert
- **"Stahl +"** das nächst größere Stahlprofil in der Gruppe des gewählten Profiltyps wird gewählt, bei Flachstahl wird nur die Querschnittshöhe erhöht
- **"Stahl -"** das nächst kleinere Stahlprofil in der Gruppe des gewählten Profiltyps wird gewählt, bei Flachstahl wird nur die Querschnittshöhe verkleinert
- **"Durchmesser +"** der nächst größere Durchmesser wird in der Gruppe des gewählten Verbindungsmittels vom Programm vorgeschlagen. Wirkt sich nur bei den Verbindungsmittelstellen aus an denen "Durchmesser variabel" bei der Eingabe gewählt wurde
- **"Durchmesser -"** der nächst kleinere Durchmesser wird in der Gruppe des gewählten Verbindungsmittels vom Programm vorgeschlagen. Wirkt sich nur bei den Verbindungsmittelstellen aus an denen "Durchmesser variabel" bei der Eingabe gewählt wurde
- **"Anzahl +"** die Anzahl der Verbindungsmittel wird um eins erhöht (jedoch max. 4). Wirkt sich nur bei den Verbindungsstellen aus, deren "Anzahl variabel" bei der Eingabe gewählt wurde
- **"Anzahl -"** die Anzahl der Verbindungsmittel wird um eins verkleinert (jedoch min. 1). Wirkt sich nur bei den Verbindungsstellen aus, deren "Anzahl variabel" bei der Eingabe gewählt wurde
- **"Neubemessung"** haben sich aufgrund einer "Neuberechnung" die Schnittgrößen geändert, kann es sinnvoll sein für die Holzquerschnitte eine Neubemessung auf Basis der zuletzt ermittelten Schnittgrößen auszuführen. Dabei werden alle Holzabmessungen die in der Querschnittseingabetabelle durch eine "0" gekennzeichnet sind, vom Programm neu bemessen! Im Nachweisprotokoll wird folgende Meldung angezeigt:  
**ACHTUNG: Schnittgrößen haben sich geändert, eine 'Neubemessung' für alle "0-Abmessungen" kann sinnvoll sein!"**
- **"Neuberechnung"** mit den im Nachweisprotokoll stehenden Querschnitt- und Verbindungsdaten wird eine neue Schnittgrößen- und Nachweisberechnung durchgeführt. Die Ergebnisse stehen unmittelbar nach der Berechnung im Nachweisprotokoll. Eine Neuberechnung ist nur dann nötig wenn folgende Meldung angezeigt wird:  
**ACHTUNG: Systemsteifigkeit hat sich geändert, eine 'Neuberechnung' der Schnittgrößen ist erforderlich!**
- **"Weiter"** alle geänderten Querschnitts- sowie ggf. Verbindungsdaten werden in den Ausgabedaten eingetragene und die Detailbildausgabe wird aktualisiert. Bei geänderten Systemsteifigkeiten wird ggf. eine Neuberechnung der Schnittgrößen und Nachweise durchgeführt.

## Lastweiterleitung

Falls mehr als ein Lastfall vorhanden ist, werden entsprechend der Berechnungsvorgaben die charakteristischen Auflagerkräfte lastfallweise oder als Extrema aller Lastfälle, getrennt nach Kategorien, weitergeleitet.

Für Auflager mit gleicher Auflagennummer (Hauptträger + Verstärkung) besteht folgende Wahlmöglichkeit:

- mit Kräfteaddition, Kräfte aus Hauptträger und Verstärkung werden addiert und weitergeleitet
- ohne Kräfteaddition, nur die Kräfte des Hauptträgers werden weitergeleitet

Bei der Übernahme in andere Positionen sind diese Werte dann erneut mit Teilsicherheiten zu versehen.

## Literatur

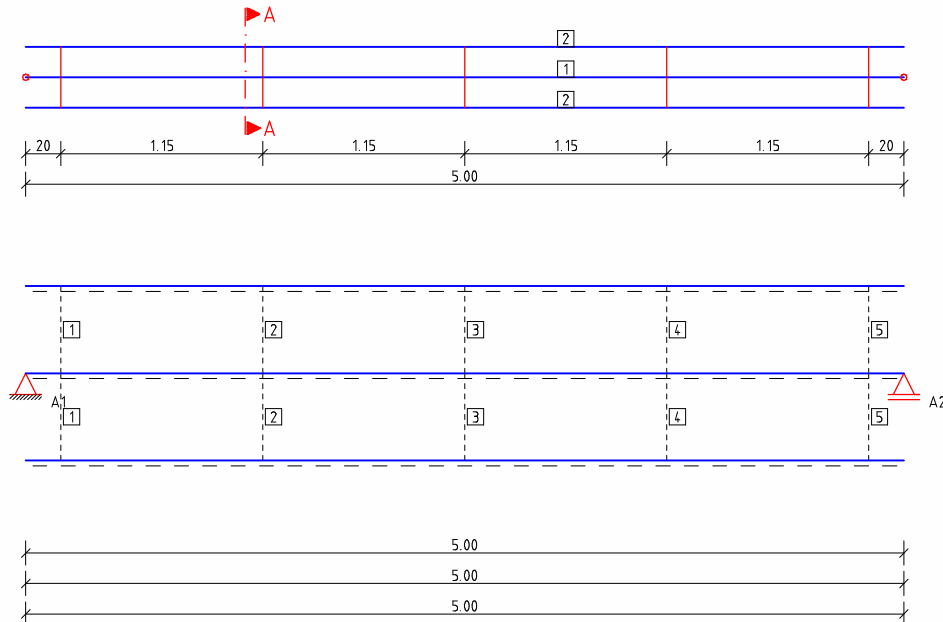
- [1] DIN 1052:2004-08 bzw. DIN 1052:2008-12
- [2] DIN 18800-1:1990-11
- [3] DIN 4102-22:2004-11
- [4] DIN 1055-3:2006-03

- [5] DIN 1055-100:2001-03
- [6] Prehl, Hagen: Die genauere Berechnung der durch Stahl verstärkten Holzquerschnitte, Die Bautechnik (04/1966)
- [7] Topole, Klaus / Topole, Jernej: Berechnung zusammengesetzter Holz-Stahlträger, Bautechnik 74 Heft 2 Ernst & Sohn (1997)
- [8] Lißner Karin / Rug, Wolfgang: Holzbausanierung Grundlagen und Praxis der sicheren Ausführung, Springer-Verlag (2000)

## POS. 220 BALKEN MIT VERSTÄRKUNG

Grundlagen: DIN 1052:2008-12, DIN 1055-100:2001-03

### System

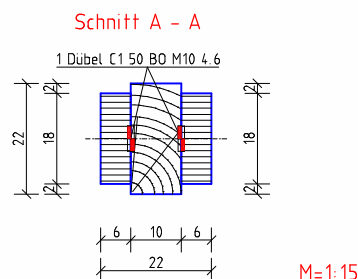


### Material

Nr.	Art	Baustoff / Werkstoff
1	Holz	Nadelholz C24
2	Holz	Brettschichtholz GL28c, Lage der Lamellen: vertikal

Hauptträger		a = Abstand vom Systemanfang, c = Länge					
Quer. Nr.	Länge [m]	Mat. Nr.	Querschnitt gewählt:	g, k [kN/m]	a [m]	c [m]	
1	5.00	1	Kantholz b/h = 10.0 / 22.0 cm	0.110	0.00	5.00	

Verstärkung		a = Abstand vom Systemanfang, c = Länge					
Quer. Nr.	Ort li. re.	Mat. Nr.	Querschnitt gewählt:	Lage [-]	g, k [kN/m]	a [m]	c [m]
2	Ja Ja	2	Kantholz b/h = 6.0 / 18.0 cm	m	0.054	0.00	5.00



Gesamtlänge des Systems L = 5.00 m

Feld	Kr.li	1	2	3	4	5	6	7	8	Kr.re
Stützweite [m]	-	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Nutzungs-kategorie	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-



**Auflager**

Lager Nr.	x [m]	Haupt-träger	Verstärkung links	Verstärkung rechts	Art [-]	la [cm]	ai [cm]	CV [kN/cm]	CM [--- kNm/cm/m ---]	CMT
1	0.00	Ja	---	---	direkt	24.0	8.0	fest	---	fest
2	5.00	Ja	---	---	direkt	24.0	8.0	fest	---	fest

-- Lagerung / Federn --

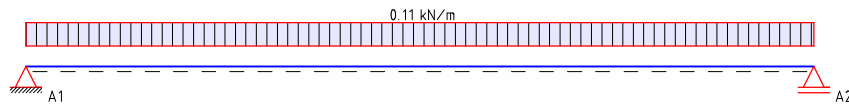
**Verbindungsstellen**

Verb.- gruppe	a [----- m -----]	c	e [m]	Verbindungsmittel n gewählt:	K, ser [N/mm]
1	0.20	4.60	1.15	1 Dübel C1 50 B0 M10 4.6	5470

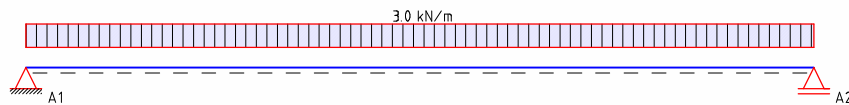
**Einwirkungen**

Einwirkungen auf Hauptträger

Kategorien: G



Kategorien: Q,C

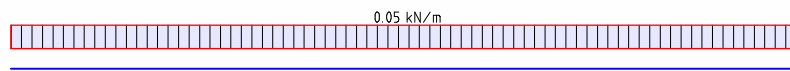


Lasten: F = Einzellast [kN], q = Linienlast [kN/m]  
 M = Moment [kNm]

Einwirkung aus	Art, Last Kat.	- wert, k - li. re.	a [m]	c [m]	Abmin. Alpha
Eigengewicht	qz G	0.11 0.11	0.00	5.00	-
Nutzlast	qz Q,C1	3.00 3.00	0.00	5.00	-

Einwirkungen auf linke Verstärkung

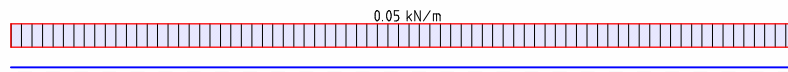
Kategorien: G



Einwirkung aus	Art, Last Kat.	- wert, k - li. re.	a [m]	c [m]	Abmin. Alpha
Eigengewicht	qz G	0.05 0.05	0.00	5.00	-

## Einwirkungen auf rechte Verstärkung

Kategorien: G



Einwirkung aus	Art, Last Kat.	- wert, k - li. re.	a [m]	c [m]	Abmin. Alpha
Eigengewicht	qz G	0.05 0.05	0.00	5.00	-

Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte werden nach DIN 1055-100 angesetzt  
Klassen der Lasteinwirkungsdauer für Kategorien nach DIN 1052.

## Kombinationen nach DIN 1055-100

KNr.	Bem.-Sit.	Kombination	KLED
4	T,P/T	G,sup+Q,C1	kurz
5	G,rare(40)	Q,C1,inst	kurz
6	G,rare(41)	(G+Q,C1),fin-G,inst	kurz
7	G,perm(42)	G,fin+Q,i,fin	kurz
8	G,perm,S	G,inst+Q,i,inst	kurz
9	L,P/T	G,inf	ständig
10	L,P/T	G,inf+Q,C1	kurz
11	L,P/T	G,sup	ständig
12	L,P/T	G,sup+Q,C1	kurz

T,P/T = Tragfähigkeit, ständig u. vorübergehend  
 G,rare(40) = Gebrauchstauglichkeit, Verformungsnachweis, DIN 1052, Gl.40  
 G,rare(41) = Gebrauchstauglichkeit, Verformungsnachweis, DIN 1052, Gl.41  
 G,perm(42) = Gebrauchstauglichkeit, Verformungsnachweis, DIN 1052, Gl.42  
 G,perm,S = Gebrauchstauglichkeit, Schwingungsnachweis, DIN 1052  
 L,P/T = Lagesicherheit, ständig u. vorübergehend

**Schnittgrößen**
Optionen

Schubverformungen werden berücksichtigt

**Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit**
**Schnittgrößen für Hauptträger**

## Auflagerkräfte:

Lager	x	min.Azd	max.Azd	min.Myd	max.Myd	min.Mxd	max.Mxd
Nr.	[m]	[----- kN -----]	[----- kN -----]	[----- kNm -----]	[----- kNm -----]	[----- kNm -----]	[----- kNm -----]
1	0.00	0.53	11.96	-	-	0.00	0.00
2	5.00	0.53	11.96	-	-	0.00	0.00

**Verbundkräfte**

Verb.	x	min. Vd,li.	max.	min. Vd,re.	max.
Nr.	[m]	[----- kN -----]	[----- kN -----]	[----- kN -----]	[----- kN -----]
1	0.20	0.13	2.25	0.13	2.25
2	1.35	-1.39	0.00	-1.39	0.00
3	2.50	-1.38	0.00	-1.38	0.00
4	3.65	-1.39	0.00	-1.39	0.00
5	4.80	0.13	2.25	0.13	2.25

## Nachweise

### Optionen

Schubspannungsnachweis gemäß DIN 1052 Abs. 10.2.9 (2) und (3)

## Grenzzustand der Tragfähigkeit

### Nachweis für Querschnitt Nr. 1

Nachweiskräfte [kN, kNm]

LNr.	KNr.	Ort	x	Myd	Mxd	Vzd
1	4	HTräger	2.20	8.42	-	-
2	4	HTräger	2.20	8.42	-	-
3	4	HTräger	0.00	-	-	6.06
4	4	HTräger	0.00	-	-	-11.96

Spannungen [N/mm²]

LNr.	Kmod	Sc,90	Sm,y	Sm,z	Tau,y	Tau,z	Tau,x	fc,90	fm,y	fm,z	fv	fv,x
1	0.90	-	10.44	-	-	-	-	9.69	16.62	16.62	1.38	1.38
2	0.90	-	10.44	-	-	-	-	9.69	16.62	16.62	1.38	1.38
3	0.90	-	-	-	-	0.41	-	-	-	-	1.38	1.38
4	0.90	-0.44	-	-	-	-	-	1.73	-	-	-	-

Nachweise gem. DIN 1052

Bezeichnung	LNr.	Gl.	Formel	Ausnutzung
Biegung	1	[53]	$0.63 + 0.70 \cdot 0.00$	$= 0.63 < 1$
	1	[54]	$0.70 \cdot 0.63 + 0.00$	$= 0.44 < 1$
Biegung	1) <sup>1)</sup> 2	[67]	$10.44 / (1.000 \cdot 16.62)$	$= 0.63 < 1$
Schub aus Querkraft	3	[59]	$0.41 / 1.38$	$= 0.30 < 1$
Druck quer	4	[47]	$0.44 / (1.00 \cdot 1.73)$	$= 0.26 < 1$

<sup>1)</sup> Kippnachweis mit  $l_{ef} = 5.00$  m

### Nachweis für Querschnitt Nr. 2

Nachweiskräfte [kN, kNm]

LNr.	KNr.	Ort	x	Myd	Mxd	Vzd
1	4	VS,li.	2.50	3.37	-	0.69
2	4	VS,li.	2.50	3.37	-	0.69
3	4	VS,li.	0.20	-	-	2.24

Spannungen [N/mm²]

LNr.	Kmod	Sc,90	Sm,y	Sm,z	Tau,y	Tau,z	Tau,x	fc,90	fm,y	fm,z	fv	fv,x
1	0.90	-	10.39	-	-	-	-	11.42	19.38	19.38	1.73	1.73
2	0.90	-	10.39	-	-	-	-	11.42	19.38	19.38	1.73	1.73
3	0.90	-	-	-	-	0.31	-	-	-	-	1.73	1.73

Nachweise gem. DIN 1052

Bezeichnung	LNr.	Gl.	Formel	Ausnutzung
Biegung	1	[53]	$0.54 + 0.70 \cdot 0.00$	$= 0.54 < 1$
	1	[54]	$0.70 \cdot 0.54 + 0.00$	$= 0.38 < 1$
Biegung	1) <sup>1)</sup> 2	[67]	$10.39 / (0.910 \cdot 19.38)$	$= 0.59 < 1$
Schub aus Querkraft	3	[59]	$0.31 / 1.73$	$= 0.18 < 1$

<sup>1)</sup> Kippnachweis mit  $l_{ef} = 5.00$  m

### Nachweise für die Verbindungsmittel

[----- Verstärkung links -----]							[----- Verstärkung rechts -----]						
Verb.-	x	Quer	KNr	Fl <sub>a,d</sub>	Rl <sub>a,d</sub>	Ausnutz.	x	Quer	KNr	Fl <sub>a,d</sub>	Rl <sub>a,d</sub>	Ausnutz.	
gruppe	[m]	Nr.	[-]	[-- kN --]	[-]		[m]	Nr.	[-]	[-- kN --]	[-]		
1	0.20	2	4	2.25	8.29	0.27 < 1	0.20	2	4	2.25	8.29	0.27 < 1	

**Grenzzustand der Tragfähigkeit für Verlust der Lagesicherheit**

Stz. Nr.	KLED	Auswert.	KNr.	Av,d [kN]	Ah,d [kN]	Auswert.	KNr.	Av,d [kN]	Ah,d [kN]
1	ständig	min.Av	1	0.47	-	max.Av	3	0.58	-
	kurz	min.Av	2	11.72	-	max.Av	4	11.83	-
2	ständig	min.Av	1	0.47	-	max.Av	3	0.58	-
	kurz	min.Av	2	11.72	-	max.Av	4	11.83	-

**Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit**

Durchbiegung nach DIN 1052, Gleichung 40-42:

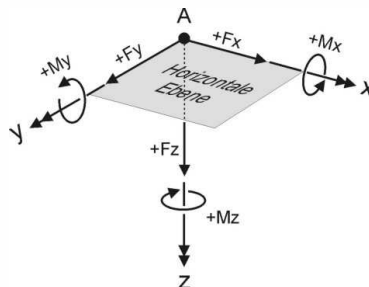
 $w_{Qinst}$  = elast. Anfangsdurchbiegung aus veränderlicher Einwirkung

 $w_{fin}-w_{Ginst}$  = Enddurchbiegung - elast. Anfangsdurchbiegung aus Eigenlast

 $w_{fin}-w_o$  = Gesamtdurchbiegung abzüglich Überhöhung (= Durchhang)

Feld Nr.	l [m]	wQinst			wfin-wGinst			wfin-wo		
		vhd.	zul.		vhd.	zul.		wo	vhd.	zul.
		[--- cm ---]			[--- cm ---]			[----- cm -----]		
1	5.00	1.49	< 1.67	(1/300)	2.09	< 2.50	(1/200)	0.00	1.60	< 2.50 (1/200)

**Weiterleitung der Einwirkungen (charakt.):**

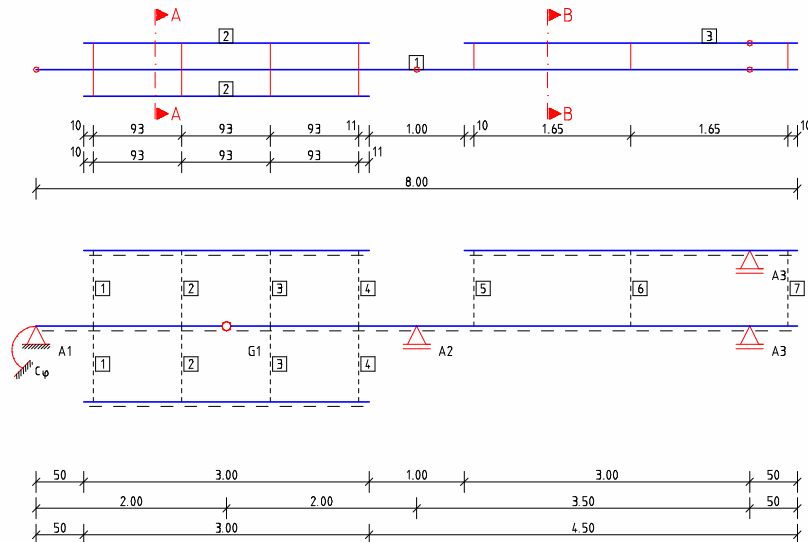
 Die Kraftarttrichtungen sind auf das globale Koordinatensystem bezogen. Dabei sind die Beträge der Kraftarten  $F$  in [kN] und  $M$  in [kNm].


Lager	Kraft	G	Q,C1	Summe,k
1	Fz	0.53	7.50	8.03
2	Fz	0.53	7.50	8.03

## POS. 219 BALKEN MIT VERSTÄRKUNG

Grundlagen: DIN 1052:2008-12, DIN 18800-1:1990-11, DIN 1055-100:2001-03

### System

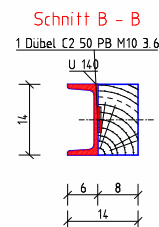
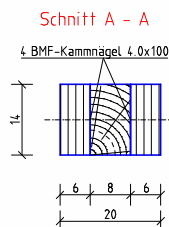


### Material

Nr.	Art	Baustoff / Werkstoff
1	Holz	Nadelholz C24
2	Holz	KERTO-S, Lage der Lamellen: vertikal
3	Baustahl	S 235

Hauptträger				a = Abstand vom Systemanfang, c = Länge	
Quer. Nr.	Länge [m]	Mat. Nr.	Querschnitt gewählt:	g, k [kN/m]	a c [m]
1	8.00	1	Kanholz b/h = 8.0 / 14.0 cm	0.056	0.00 8.00

Verstärkung				a = Abstand vom Systemanfang, c = Länge	
Quer. Nr.	li. re.	Mat. Nr.	Querschnitt gewählt:	Lage g, k [-] [kN/m]	a c [m]
2	Ja Ja	2	Kanholz b/h = 6.0 / 14.0 cm	m 0.042	0.50 3.00
3	Ja —	3	stahlprofil U 140	m 0.160	4.50 3.50



M=1:15

Gesamtlänge des Systems L = 8.00 m

Feld	Kr.li	1	2	3	4	5	6	7	8	Kr.re
Stützweite [m]	-	4.00	3.50	-	-	-	-	-	-	0.50
Nutzungs-kategorie	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2

Endeinspannung:

links = 50 %, rechts = - %

Auflager						-- Lagerung / Federn --				
Lager Nr.	x [m]	Haupt-träger	Verstärkung links	Verstärkung rechts	Art [-]	la [cm]	ai [cm]	CV [kN/cm]	CM [kNm/cm/m]	CMT
1	0.00	Ja	---	---	direkt	24.0	8.0	fest	elast.	fest
2	4.00	Ja	---	---	direkt	24.0	12.0	fest	---	fest
3	7.50	Ja	Ja	---	direkt	24.0	12.0	fest	---	fest

Gelenke						-- Gelenke / Federn --			
Gelenk Nr.	x [m]	Haupt-träger	Verstärkung links	Verstärkung rechts		GV [kN/cm]	GM [kNm/cm/m]	GMT	
1	2.00	Ja	---	---		---	10.00	---	

### Verbindungsstellen

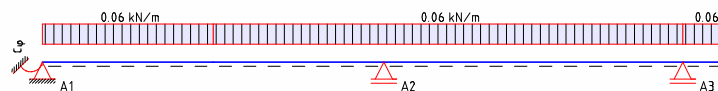
Verb.-gruppe	a [m]	c [m]	e [m]	Verbindungsmittel			K,ser [N/mm]
				n	gewählt:		
1	0.60	2.79	0.93	4	BMF-Kamnnägel 4.0x100		4024
2	4.60	3.30	1.65	1	Dübel C2 50 PB M10 3.6		5250

Verb.-Nr./Grp.	x [m]	Verstärkung links	Verstärkung rechts	Verbindungsmittel			K,ser [N/mm]
				n	gewählt:		
1 1	0.60	Ja	Ja	4	BMF-Kamnnägel 4.0x100		4024
2 1	1.53	Ja	Ja	4	BMF-Kamnnägel 4.0x100		4024
3 1	2.46	Ja	Ja	4	BMF-Kamnnägel 4.0x100		4024
4 1	3.39	Ja	Ja	4	BMF-Kamnnägel 4.0x100		4024
5 2	4.60	Ja	---	1	Dübel C2 50 PB M10 3.6		5250
6 2	6.25	Ja	---	1	Dübel C2 50 PB M10 3.6		5250
7 2	7.90	Ja	---	1	Dübel C2 50 PB M10 3.6		5250

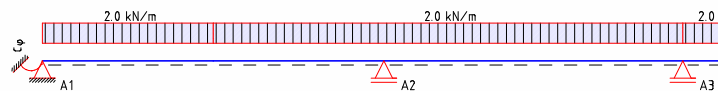
### Einwirkungen

Einwirkungen auf Hauptträger

Kategorien: G



Kategorien: Q,B



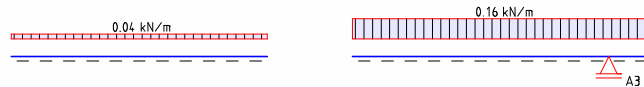
Lasten: F = Einzellast [kN], q = Linienlast [kN/m]  
M = Moment [kNm]

Einwirkung aus	Art, Last Kat.	- wert, k - li. re.	a [m]	c [m]	Abmin. Alpha
Eigengewicht	qz G	0.06 0.06	0.00	8.00	-
Nutzlast Büroraum	qz Q,B1	2.00 2.00	0.00	8.00	-



## Einwirkungen auf linke Verstärkung

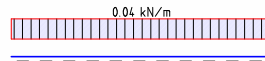
Kategorien: G



Einwirkung aus	Last	Art, Kat.	- wert, k - li. re.	a [m]	c [m]	Abmin. Alpha
Eigengewicht	qz	G	0.04 0.04	0.50	3.00	-
Eigengewicht	qz	G	0.16 0.16	4.50	3.50	-

## Einwirkungen auf rechte Verstärkung

Kategorien: G



Einwirkung aus	Last	Art, Kat.	- wert, k - li. re.	a [m]	c [m]	Abmin. Alpha
Eigengewicht	qz	G	0.04 0.04	0.50	3.00	-

Kategorie	Komb.-Beiwerte			Tragwerksversagen		Lagesicherheit		KLED
	Psi0	Psi1	Psi2	P/T	A	P/T	A	
G,sup	-	-	-	1.35	1.00	1.10	1.00	ständig
G,inf	-	-	-	1.00	1.00	0.90	0.95	ständig
Q,B1	0.70	0.50	0.30	1.50	1.00	1.50	1.00	mittel

Bemessungssituationen: P = ständig, T = vorübergehend, A = außergewöhnlich

Kat. Bezeichnung

G Ständige Einwirkungen

Q,B1 Büro,Arbeitsflächen: Flure, Arztpraxen, Aufenthaltsr., Kleinviehstäten

## Kombinationen nach DIN 1055-100

KNr.	Bem.-Sit.	Kombination	KLED
1	T,P/T	G,inf	ständig
2	T,P/T	G,inf+Q,B1	mittel
3	T,P/T	G,sup	ständig
4	T,P/T	G,sup+Q,B1	mittel
5	G,rare(40)	Q,B1,inst	mittel
6	G,rare(41)	(G+Q,B1),fin-G,inst	mittel
7	G,perm(42)	G,fin+Q,i,fin	mittel
8	G,perm,S	G,inst+Q,i,inst	mittel
9	L,P/T	G,inf	ständig
10	L,P/T	G,inf+Q,B1	mittel
11	L,P/T	G,sup	ständig
12	L,P/T	G,sup+Q,B1	mittel

T,P/T = Tragfähigkeit, ständig u. vorübergehend  
 G,rare(40) = Gebrauchstauglichkeit, Verformungsnachweis, DIN 1052,Gl.40  
 G,rare(41) = Gebrauchstauglichkeit, Verformungsnachweis, DIN 1052,Gl.41  
 G,perm(42) = Gebrauchstauglichkeit, Verformungsnachweis, DIN 1052,Gl.42  
 G,perm,S = Gebrauchstauglichkeit, Schwingungsnachweis, DIN 1052  
 L,P/T = Lagesicherheit, ständig u. vorübergehend

## Schnittgrößen

### Optionen

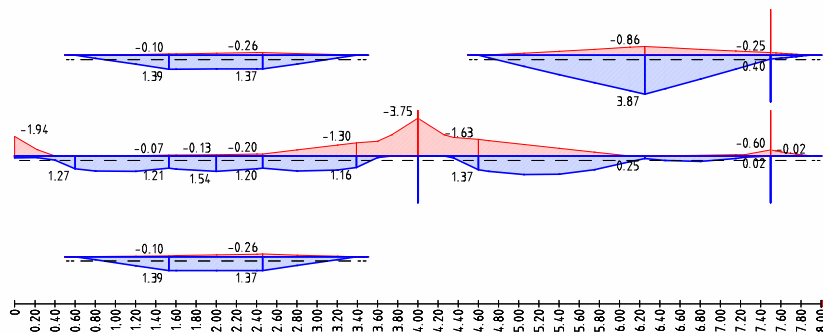
Schubverformungen werden berücksichtigt

Veränderliche Einwirkung aus ungünstigste Laststellung

## Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

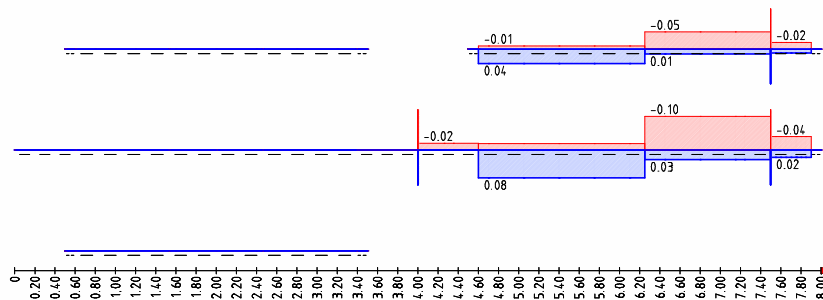
### Grenzmomente

My,d: 1 cm = 7.50 kNm / System 1:75.0



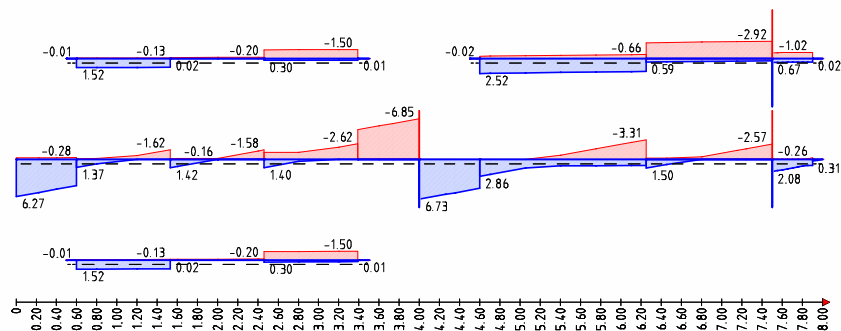
### Grenzmomente

Mx,d: 1 cm = 0.225 kNm / System 1:75.0



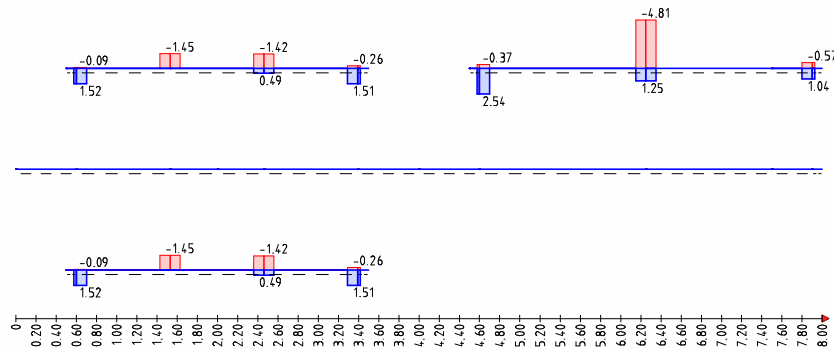
### Grenzquerkraft

Vz,d: 1 cm = 12.8 kN / System 1:75.0



### Grenzverbundkräfte

Vz,d: 1 cm = 7.50 kN / System 1:75.0



### Schnittgrößen für Hauptträger

Stützmomente, Querkräfte:

Lager Nr.	x [m]	min.Msd [kNm]	max.Msd [kNm]	min.Vld [kN]	max.Vrd [kN]	max.Vld [kN]	min.Vrd [kN]
1	0.00	-1.94	0.21	-	6.27	-	-0.24
2	4.00	-3.75	-0.13	-6.85	6.73	-0.26	0.23
3	7.50	-0.60	0.02	-2.57	2.08	-0.07	-0.03

Auflagerkräfte:

Lager Nr.	x [m]	min.Azd [kN]	max.Azd [kN]	min.Myd [kNm]	max.Myd [kNm]	min.Mxd [kNm]	max.Mxd [kNm]
1	0.00	-0.24	6.27	-0.21	1.94	0.00	0.00
2	4.00	0.49	13.58	-	-	-0.02	-0.01
3	7.50	0.10	4.58	-	-	-0.02	0.08

Feldmomente:

Feld Nr.	Länge [m]	max.MFd [kNm]	zug.Vd [kN]	zug.x [m]	min.MFd [kNm]	zug.Vd [kN]	zug.x [m]
1	4.00	1.58	1.58	1.045	-2.07	-2.07	3.740
2	3.50	1.88	1.88	5.176	-2.10	-2.10	4.260
Kr.re	0.50	0.02	0.02	7.500	-0.60	-0.60	7.500

Verlauf:

Feld Nr.	x [m]	max. Myd [kNm]	min. Myd [kNm]	max. Mxd [kNm]	min. Mxd [kNm]	max. Vd [kN]	min. Vd [kN]
1	0.00	0.21	-1.94	0.00	0.00	6.27	-0.24
	0.22	0.15	-0.63	0.00	0.00	5.59	-0.26
	0.40	0.42	0.01	0.00	0.00	5.04	-0.27
	0.60	1.27	0.05	0.00	0.00	4.42	-0.28
	0.60	1.27	0.05	0.00	0.00	1.37	-0.10
	0.80	1.48	0.03	0.00	0.00	0.76	-0.11
	1.20	1.54	-0.02	0.00	0.00	-0.01	-0.60
	1.53	1.21	-0.07	0.00	0.00	-0.03	-1.62
	1.53	1.21	-0.07	0.00	0.00	1.42	-0.11
	1.60	1.31	-0.08	0.00	0.00	1.20	-0.11
	2.00	1.54	-0.13	0.00	0.00	0.00	-0.16
	2.40	1.28	-0.19	0.00	0.00	-0.03	-1.40
	2.46	1.20	-0.20	0.00	0.00	-0.03	-1.58
	2.46	1.20	-0.20	0.00	0.00	1.40	-1.16
	2.80	1.49	-0.59	0.00	0.00	0.36	-1.19
	3.20	1.38	-1.06	0.00	0.00	-0.06	-2.03
	3.39	1.16	-1.30	0.00	0.00	-0.07	-2.62
	3.39	1.16	-1.30	0.00	0.00	-0.22	-4.97
	3.60	0.17	-1.46	0.00	0.00	-0.23	-5.61
	3.74	-0.07	-2.07	0.00	0.00	-0.24	-6.04
1	4.00	-0.13	-3.75	0.00	0.00	-0.26	-6.85

Verlauf:

Feld	x	max.	Myd	min.	max.	Mxd	min.	max.	Vd	min.	
Nr.	[m]	[-----	kNm	-----]	[-----	kNm	-----]	[-----	kN	-----]	
2	4.00	-0.13	-3.75		-0.01	-0.02		6.73	0.23		
	4.26	-0.08	-2.10		-0.01	-0.02		5.93	0.22		
	4.35	0.21	-1.84		-0.01	-0.02		5.65	0.21		
	4.60	1.37	-1.63		-0.01	-0.02		4.88	0.20		
	4.60	1.37	-1.63		0.08	-0.02		2.86	0.05		
	4.70	1.53	-1.52		0.08	-0.02		2.55	0.04		
	5.05	1.85	-1.13		0.08	-0.02		1.48	0.02		
	5.40	1.80	-0.75		0.08	-0.02		1.09	-0.69		
	5.75	1.37	-0.37		0.08	-0.02		1.07	-1.77		
	6.10	0.56	0.00		0.08	-0.02		1.04	-2.85		
	6.25	0.25	0.01		0.08	-0.02		1.04	-3.31		
	6.25	0.25	0.01		0.03	-0.10		1.50	-0.21		
	6.45	0.47	-0.01		0.03	-0.10		0.89	-0.22		
	6.80	0.56	-0.06		0.03	-0.10		-0.02	-0.41		
	7.15	0.27	-0.12		0.03	-0.10		-0.04	-1.49		
	7.24	0.13	-0.13		0.03	-0.10		-0.05	-1.77		
	7.50	0.02	-0.60		0.03	-0.10		-0.07	-2.57		
	Kr.re	7.50	0.02	-0.60		0.02	-0.04		2.08	-0.03	
		7.55	0.02	-0.50		0.02	-0.04		1.92	-0.04	
		7.60	0.01	-0.41		0.02	-0.04		1.77	-0.04	
		7.65	0.01	-0.32		0.02	-0.04		1.62	-0.04	
		7.70	0.01	-0.25		0.02	-0.04		1.46	-0.05	
		7.75	0.01	-0.18		0.02	-0.04		1.31	-0.05	
		7.76	0.01	-0.16		0.02	-0.04		1.28	-0.05	
		7.80	0.01	-0.12		0.02	-0.04		1.15	-0.05	
		7.85	0.00	-0.06		0.02	-0.04		1.05	-0.11	
		7.90	0.00	-0.02		0.02	-0.04		1.05	-0.26	
		7.90	0.00	-0.02		0.00	0.00		0.31	0.01	
		7.95	0.00	0.00		0.00	0.00		0.15	0.00	
Kr.re	8.00	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		

### Schnittgrößen für Verstärkung links

Stützmomente, Querkräfte:

Lager Nr.	x [m]	min.MSd [----- kNm -----]	max.MSd	min.Vld [----- kN -----]	max.Vrd	max.Vld [----- kN -----]	min.Vrd
3	7.50	-0.25	0.40	-2.92	0.67	0.39	-0.96

Auflagerkräfte:

Lager Nr.	x [m]	min.Azd [----- kN -----]	max.Azd	min.Myd [----- kNm -----]	max.Myd	min.Mxd [----- kNm -----]	max.Mxd
3	7.50	-0.24	2.48	-	-	-0.01	0.04

Feldmomente:

Feld Nr.	Länge [m]	max.MFd [kNm]	zug.Vd [kN]	zug.x [m]	min.MFd [kNm]	zug.Vd [kN]	zug.x [m]
1	4.00	1.39	1.39	1.600	-0.26	-0.26	2.460
2	3.50	3.87	3.87	6.250	-0.86	-0.86	6.250
Kr.re	0.50	0.40	0.40	7.500	-0.25	-0.25	7.500

Verlauf:

Feld Nr.	x [m]	max. Myd [----- kNm -----]	min.	max. Mxd [----- kNm -----]	min.	max. Vd [----- kN -----]	min.
1	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	-0.09
	0.80	0.30	-0.02	0.00	0.00	1.51	-0.10
	1.20	0.90	-0.06	0.00	0.00	1.48	-0.12

Verlauf:

Feld Nr.	x [m]	max. [-----]	Myd kNm	min. [-----]	max. [-----]	Mxd kNm	min. [-----]	max. [-----]	Vd kN	min. [-----]
1	1.53	1.39	-0.10		0.00	0.00		1.47	-0.13	
	1.53	1.39	-0.10		0.00	0.00		0.02	-0.16	
	1.60	1.39	-0.11		0.00	0.00		0.01	-0.16	
	2.00	1.39	-0.18		0.00	0.00		-0.01	-0.18	
	2.40	1.38	-0.25		0.00	0.00		-0.02	-0.20	
	2.46	1.37	-0.26		0.00	0.00		-0.02	-0.20	
	2.46	1.37	-0.26		0.00	0.00		0.30	-1.45	
	2.80	0.88	-0.16		0.00	0.00		0.29	-1.47	
	3.20	0.28	-0.05		0.00	0.00		0.27	-1.49	
	3.39	0.00	0.00		0.00	0.00		0.26	-1.50	
	3.39	0.00	0.00		0.00	0.00		0.01	0.00	
	3.50	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
	4.50	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
	4.60	0.00	0.00		0.00	0.00		-0.02	-0.02	
	4.60	0.00	0.00		0.04	-0.01		2.52	-0.39	
	4.70	0.25	-0.04		0.04	-0.01		2.50	-0.41	
	5.05	1.11	-0.19		0.04	-0.01		2.42	-0.46	
	5.40	1.95	-0.36		0.04	-0.01		2.35	-0.52	
	5.75	2.76	-0.56		0.04	-0.01		2.27	-0.57	
	6.10	3.54	-0.77		0.04	-0.01		2.20	-0.63	
	6.25	3.87	-0.86		0.04	-0.01		2.17	-0.66	
2	6.25	3.87	-0.86		0.01	-0.05		0.59	-2.65	
	6.45	3.33	-0.75		0.01	-0.05		0.56	-2.69	
	6.80	2.38	-0.56		0.01	-0.05		0.51	-2.76	
	7.15	1.40	-0.39		0.01	-0.05		0.45	-2.84	
	7.50	0.40	-0.25		0.01	-0.05		0.39	-2.92	
	Kr.re	7.50	0.40	-0.25	0.01	-0.02		0.67	-0.96	
	7.55	0.35	-0.22		0.01	-0.02		0.66	-0.97	
	7.60	0.30	-0.19		0.01	-0.02		0.65	-0.98	
	7.65	0.25	-0.15		0.01	-0.02		0.64	-0.98	
	7.70	0.20	-0.12		0.01	-0.02		0.63	-0.99	
	7.75	0.15	-0.09		0.01	-0.02		0.62	-1.00	
	7.80	0.10	-0.06		0.01	-0.02		0.61	-1.01	
	7.85	0.05	-0.03		0.01	-0.02		0.60	-1.02	
	7.90	0.00	0.00		0.01	-0.02		0.59	-1.02	
	7.90	0.00	0.00		0.00	0.00		0.02	0.02	
	7.95	0.00	0.00		0.00	0.00		0.01	0.01	
Kr.re	8.00	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	

### Schnittgrößen für Verstärkung rechts

Feldmomente:

Feld Nr.	Länge [m]	max.MFd [kNm]	zug.Vd [kN]	zug.x [m]	min.MFd [kNm]	zug.Vd [kN]	zug.x [m]
1	4.00	1.39	1.39	1.600	-0.26	-0.26	2.460

Verlauf:

Feld Nr.	x [m]	max. [-----]	Myd kNm	min. [-----]	max. [-----]	Mxd kNm	min. [-----]	max. [-----]	Vd kN	min. [-----]
1	0.50	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
	0.60	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	-0.01	
	0.60	0.00	0.00		0.00	0.00		1.52	-0.09	
	0.80	0.30	-0.02		0.00	0.00		1.51	-0.10	
	1.20	0.90	-0.06		0.00	0.00		1.48	-0.12	
	1.53	1.39	-0.10		0.00	0.00		1.47	-0.13	
	1.53	1.39	-0.10		0.00	0.00		0.02	-0.16	
	1.60	1.39	-0.11		0.00	0.00		0.01	-0.16	
	2.00	1.39	-0.18		0.00	0.00		-0.01	-0.18	

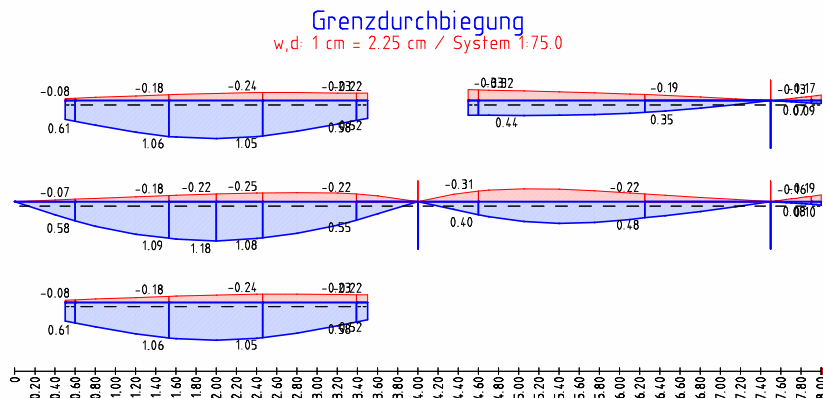
Verlauf:

Feld Nr.	x [m]	max. Myd [----- kNm -----]	min.	max. Mxd [----- kNm -----]	min.	max. Vd [----- kN -----]	min.
1	2.40	1.38	-0.25	0.00	0.00	-0.02	-0.20
	2.46	1.37	-0.26	0.00	0.00	-0.02	-0.20
	2.46	1.37	-0.26	0.00	0.00	0.30	-1.45
	2.80	0.88	-0.16	0.00	0.00	0.29	-1.47
	3.20	0.28	-0.05	0.00	0.00	0.27	-1.49
	3.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	-1.50
	3.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

### Verbundkräfte

Verb. Nr.	x [m]	min. Vd,li. [----- kN -----]	max.	min. Vd,re. [----- kN -----]	max.
1	0.60	-0.09	1.52	-0.09	1.52
2	1.53	-1.45	-0.02	-1.45	-0.02
3	2.46	-1.42	0.49	-1.42	0.49
4	3.39	-0.26	1.51	-0.26	1.51
5	4.60	-0.37	2.54	-	-
6	6.25	-4.81	1.25	-	-
7	7.90	-0.57	1.04	-	-

### Schnittgrößen im Grenzzustand der Gebrauchtauglichkeit



### Nachweise

#### Optionen

Schubspannungsnachweis gemäß DIN 1052 Abs. 10.2.9 (2) und (3)

### Materialkennwerte [N/mm²]

Nr.	Baustoff	fc,0,k	fc,90,k	fm,k	fv,k	E0,mean	G,mean
1	Holz C24	21.0	2.5	24.0	2.0	11000	690
2	Holz KERTO-S	38.0	6.0	48.0	4.4	13800	500

Nr.	Werkstoff	Erzeugnisdicke	fy,k	fu,k	E	G
3	Baustahl S 235	t ≤ 40 mm	240	360	210000	81000

### Querschnittswerte:

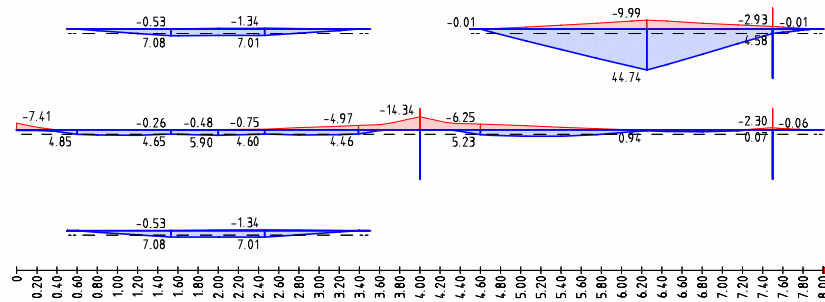
Nr.	Querschnitt	b [--- cm ---]	h [--- cm ---]	s [--- cm ---]	es	A [cm²]	Wy [--- cm³ ---]	Sy [--- cm³ ---]	Iy [--- cm⁴ ---]	IT
1	Kantholz	8.0	14.0	-	4.0	112.0	261.3	196.0	1829.3	1523.2
2	Kantholz	6.0	14.0	-	3.0	84.0	196.0	147.0	1372.0	726.8
3	U 140	6.0	14.0	0.70	1.8	20.4	86.4	51.4	605.0	5.7



## Grenzzustand der Tragfähigkeit

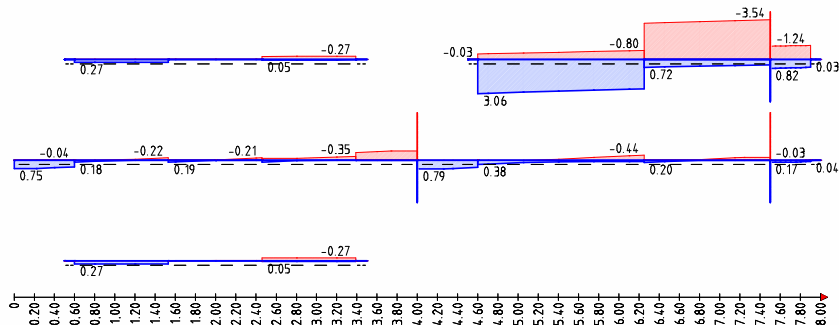
### Grenzbiegespannung

Sigma m,y,d: 1 cm = 82.5 N/mm<sup>2</sup> / System 1:75.0



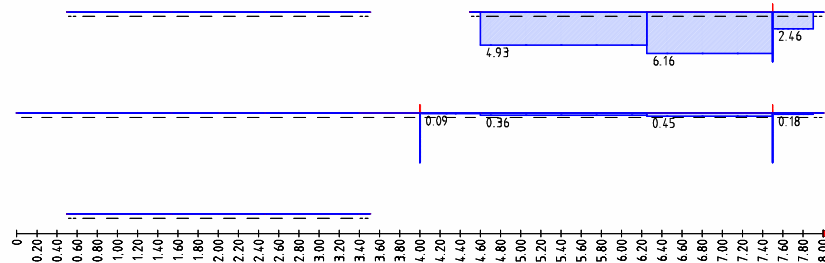
### Grenzscherbspannung

Tau V,d: 1 cm = 6.75 N/mm<sup>2</sup> / System 1:75.0



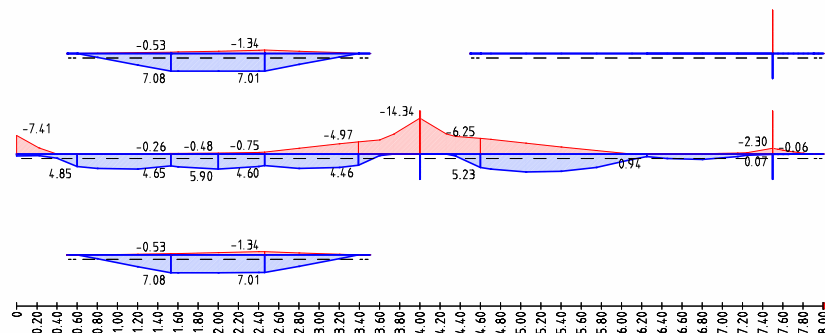
### Grenzscherbspannung

Tau Mx,d: 1 cm = 11.3 N/mm<sup>2</sup> / System 1:75.0



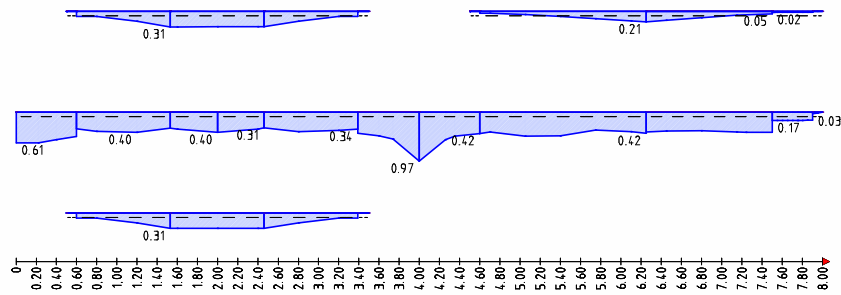
### Grenzbiegespannung (Kippen)

Sigma k,m,d: 1 cm = 30.0 N/mm<sup>2</sup> / System 1:75.0



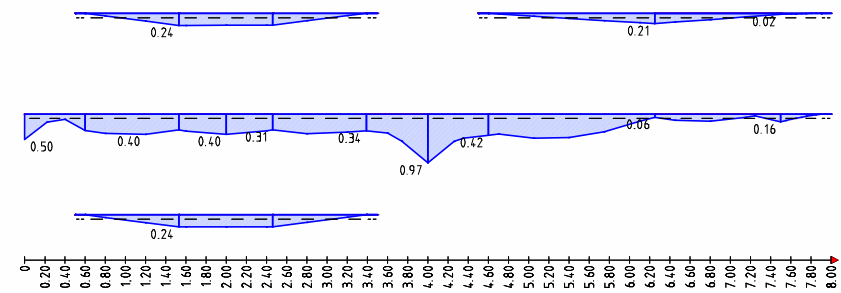
### Grenzausnutzung Gesamt

Eta, Gesamt: 1 cm = 1.50 [-] / System 1:75.0



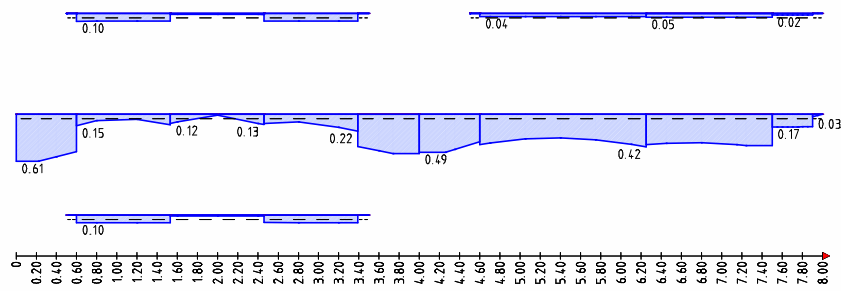
### Grenzausnutzung Biegespannung

Eta, Sigma m,y,d: 1 cm = 1.50 [-] / System 1:75.0



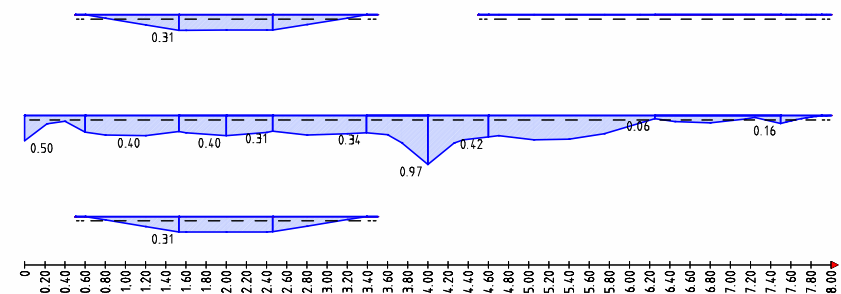
### Grenzausnutzung Schubspannung

Eta, Tau V,d / Mx,d: 1 cm = 0.975 [-] / System 1:75.0



### Grenzausnutzung Biegespannung (Kippen)

Eta, Sigma k,m,d: 1 cm = 1.50 [-] / System 1:75.0



Spannungen für Hauptträger:

Feld	x	max. Sig,m	min.	max. Tau,V	min.	max. Sig,k	min.
Nr.	[m]	[--- N/mm <sup>2</sup> ---]		[--- N/mm <sup>2</sup> ---]		[--- N/mm <sup>2</sup> ---]	
1	0.00	0.79	-7.41	0.75	-0.03	0.79	-7.41
	0.22	0.58	-2.42	0.75	-0.03	0.58	-2.42
	0.40	1.59	0.05	0.67	-0.04	1.59	0.05
	0.60	4.85	0.20	0.59	-0.04	4.85	0.20
	0.60	4.85	0.20	0.18	-0.01	4.85	0.20
	0.80	5.67	0.12	0.10	-0.02	5.67	0.12
	1.20	5.89	-0.07	0.00	-0.08	5.89	-0.07
	1.53	4.65	-0.26	0.00	-0.22	4.65	-0.26
	1.53	4.65	-0.26	0.19	-0.01	4.65	-0.26
	1.60	5.00	-0.29	0.16	-0.02	5.00	-0.29

Spannungen für Hauptträger:

Feld	x	max. Sig,m	min.	max. Tau,V	min.	max. Sig,k	min.	
Nr.	[m]	[---- N/mm <sup>2</sup> ----]		[---- N/mm <sup>2</sup> ----]		[---- N/mm <sup>2</sup> ----]		
1	2.00	5.90	-0.48	0.00	-0.02	5.90	-0.48	
	2.40	4.91	-0.71	0.00	-0.19	4.91	-0.71	
	2.46	4.60	-0.75	0.00	-0.21	4.60	-0.75	
	2.46	4.60	-0.75	0.19	-0.16	4.60	-0.75	
	2.80	5.72	-2.26	0.05	-0.16	5.72	-2.26	
	3.20	5.30	-4.07	-0.01	-0.27	5.30	-4.07	
	3.39	4.46	-4.97	-0.01	-0.35	4.46	-4.97	
	3.39	4.46	-4.97	-0.03	-0.67	4.46	-4.97	
	3.60	0.65	-5.59	-0.03	-0.75	0.65	-5.59	
	3.74	-0.27	-7.92	-0.03	-0.81	-0.27	-7.92	
	4.00	-0.52	-14.34	-0.03	-0.81	-0.52	-14.34	
	2	4.00	-0.52	-14.34	0.79	0.03	-0.52	-14.34
	4.26	-0.29	-8.04	0.79	0.03	-0.29	-8.04	
	4.35	0.80	-7.06	0.76	0.03	0.80	-7.06	
	4.60	5.23	-6.25	0.65	0.03	5.23	-6.25	
	4.60	5.23	-6.25	0.38	0.01	5.23	-6.25	
	4.70	5.85	-5.82	0.34	0.01	5.85	-5.82	
	5.05	7.09	-4.32	0.20	0.00	7.09	-4.32	
	5.40	6.89	-2.85	0.15	-0.09	6.89	-2.85	
	5.75	5.24	-1.41	0.14	-0.24	5.24	-1.41	
2	6.10	2.16	0.00	0.14	-0.38	2.16	0.00	
	6.25	0.94	0.05	0.14	-0.44	0.94	0.05	
	6.25	0.94	0.05	0.20	-0.03	0.94	0.05	
	6.45	1.78	-0.05	0.12	-0.03	1.78	-0.05	
	6.80	2.12	-0.24	0.00	-0.06	2.12	-0.24	
	7.15	1.02	-0.45	-0.01	-0.20	1.02	-0.45	
	7.24	0.50	-0.51	-0.01	-0.24	0.50	-0.51	
	7.50	0.07	-2.30	-0.01	-0.24	0.07	-2.30	
	Kr.re	7.50	0.07	-2.30	0.17	0.00	0.07	-2.30
	7.55	0.06	-1.91	0.17	0.00	0.06	-1.91	
	7.60	0.06	-1.56	0.17	-0.01	0.06	-1.56	
	7.65	0.05	-1.24	0.17	-0.01	0.05	-1.24	
	7.70	0.04	-0.94	0.17	-0.01	0.04	-0.94	
	7.75	0.03	-0.68	0.17	-0.01	0.03	-0.68	
	7.76	0.03	-0.63	0.17	-0.01	0.03	-0.63	
	7.80	0.02	-0.44	0.15	-0.01	0.02	-0.44	
	7.85	0.01	-0.24	0.14	-0.01	0.01	-0.24	
	7.90	0.00	-0.06	0.14	-0.03	0.00	-0.06	
	7.90	0.00	-0.06	0.04	0.00	0.00	-0.06	
	7.95	0.00	-0.01	0.02	0.00	0.00	-0.01	
Kr.re	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Spannungen für Verstärkung links:

Feld Nr.	x [m]	max. Sig,m [---- N/mm <sup>2</sup> ----]	min.	max. Tau,V [---- N/mm <sup>2</sup> ----]	min.	max. Sig,k [---- N/mm <sup>2</sup> ----]	min.	max. Sig,v [---- N/mm <sup>2</sup> ----]	min.
1	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
	0.60	0.00	0.00	0.27	-0.02	0.00	0.00	-	-
	0.80	1.54	-0.10	0.27	-0.02	1.54	-0.10	-	-
	1.20	4.59	-0.32	0.27	-0.02	4.59	-0.32	-	-
	1.53	7.08	-0.53	0.26	-0.02	7.08	-0.53	-	-
	1.53	7.08	-0.53	0.00	-0.03	7.08	-0.53	-	-
	1.60	7.08	-0.58	0.00	-0.03	7.08	-0.58	-	-
	2.00	7.07	-0.92	0.00	-0.03	7.07	-0.92	-	-
	2.40	7.03	-1.28	0.00	-0.04	7.03	-1.28	-	-
	2.46	7.01	-1.34	0.00	-0.04	7.01	-1.34	-	-
	2.46	7.01	-1.34	0.05	-0.26	7.01	-1.34	-	-
	2.80	4.48	-0.83	0.05	-0.26	4.48	-0.83	-	-

Spannungen für Verstärkung links:

Feld Nr.	x [m]	max. Sig,m [--- N/mm <sup>2</sup> ---]	min. max. Tau,V [--- N/mm <sup>2</sup> ---]	min. max. Sig,k [--- N/mm <sup>2</sup> ---]	min. max. Sig,v [--- N/mm <sup>2</sup> ---]
1	3.20	1.45	-0.26	0.05	-0.27
	3.39	0.00	0.00	0.05	-0.27
	3.39	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00
	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00
	4.60	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03
	4.60	-0.01	-0.01	3.06	-0.47
	4.70	2.89	-0.47	3.03	-0.49
	5.05	12.87	-2.23	2.94	-0.56
	5.40	22.53	-4.22	2.85	-0.63
	5.75	31.89	-6.43	2.76	-0.70
	6.10	40.95	-8.87	2.67	-0.77
	6.25	44.74	-9.99	2.63	-0.80
	6.25	44.74	-9.99	0.72	-3.21
	6.45	38.56	-8.65	0.68	-3.26
	6.80	27.51	-6.49	0.61	-3.35
2	7.15	16.16	-4.56	0.55	-3.45
	7.50	4.58	-2.93	0.48	-3.54
	Kr.re	7.50	4.58	-2.93	0.82
	7.55	4.02	-2.54	0.80	-1.17
	7.60	3.46	-2.16	0.79	-1.18
	7.65	2.89	-1.79	0.78	-1.19
	7.70	2.32	-1.42	0.76	-1.20
	7.75	1.75	-1.06	0.75	-1.21
	7.80	1.17	-0.70	0.74	-1.22
	7.85	0.58	-0.36	0.73	-1.23
	7.90	-0.01	-0.01	0.71	-1.24
	7.90	-0.01	-0.01	0.03	0.02
	7.95	0.00	0.00	0.01	0.01
	Kr.re	8.00	0.00	0.00	0.00

Spannungen für Verstärkung rechts:

Feld Nr.	x [m]	max. Sig,m [--- N/mm <sup>2</sup> ---]	min. max. Tau,V [--- N/mm <sup>2</sup> ---]	min. max. Sig,k [--- N/mm <sup>2</sup> ---]
1	0.50	0.00	0.00	0.00
	0.60	0.00	0.00	0.00
	0.60	0.00	0.00	0.27
	0.80	1.54	-0.10	0.27
	1.20	4.59	-0.32	0.27
	1.53	7.08	-0.53	0.26
	1.53	7.08	-0.53	0.00
	1.60	7.08	-0.58	0.00
	2.00	7.07	-0.92	0.00
	2.40	7.03	-1.28	0.00
	2.46	7.01	-1.34	0.00
	2.46	7.01	-1.34	0.05
	2.80	4.48	-0.83	0.05
	3.20	1.45	-0.26	0.05
	3.39	0.00	0.00	0.05
	3.39	0.00	0.00	0.00
1	3.50	0.00	0.00	0.00

### Nachweis für Querschnitt Nr. 1

Nachweiskräfte [kN, kNm]

LNr.	KNr.	Ort	x	Myd	Mxd	Vzd
1	4	HTräger	4.00	-3.75	-	-6.04
2	4	HTräger	4.00	-3.75	-	-6.04
3	4	HTräger	0.00	0.18	-	5.59
4	4	HTräger	4.00	-	-	-6.85

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

LNr.	Kmod	Sc,90	Sm,y	Sm,z	Tau,y	Tau,z	Tau,x	fc,90	fm,y	fm,z	fv	fv,x
1	0.80	-	-14.3	-	-	-	-	8.62	14.77	14.77	1.23	1.23
2	0.80	-	-14.3	-	-	-	-	8.62	14.77	14.77	1.23	1.23
3	0.80	-	-	-	-	0.75	-	-	-	-	1.23	1.23
4	0.80	-0.57	-	-	-	-	-	1.54	-	-	-	-

Nachweise gem. DIN 1052

Bezeichnung	LNr.	Gl.	Formel	Ausnutzung
Biegung	1	[53]	$0.97 + 0.70 \cdot 0.00$	$= 0.97 < 1$
	1	[54]	$0.70 \cdot 0.97 + 0.00$	$= 0.68 < 1$
Biegung	1 <sup>1)</sup> 2	[67]	$14.34 / (1.000 \cdot 14.77)$	$= 0.97 < 1$
Schub aus Querkraft	3	[59]	$0.75 / 1.23$	$= 0.61 < 1$
Druck quer	4	[47]	$0.57 / (1.00 \cdot 1.54)$	$= 0.37 < 1$

<sup>1)</sup> Kippnachweis mit  $l_{ef} = 4.00$  m

### Nachweis für Querschnitt Nr. 2

Nachweiskräfte [kN, kNm]

LNr.	KNr.	Ort	x	Myd	Mxd	Vzd
1	4	VS,li.	1.60	1.39	-	0.01
2	4	VS,li.	1.60	1.39	-	0.01
3	4	VS,li.	0.60	-	-	1.52

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

LNr.	Kmod	Sc,90	Sm,y	Sm,z	Tau,y	Tau,z	Tau,x	fc,90	fm,y	fm,z	fv	fv,x
1	0.80	-	7.08	-	-	-	-	23.38	29.54	29.54	2.71	2.71
2	0.80	-	7.08	-	-	-	-	23.38	29.54	29.54	2.71	2.71
3	0.80	-	-	-	-	0.27	-	-	-	-	2.71	2.71

Nachweise gem. DIN 1052

Bezeichnung	LNr.	Gl.	Formel	Ausnutzung
Biegung	1	[53]	$0.24 + 1.00 \cdot 0.00$	$= 0.24 < 1$
	1	[54]	$1.00 \cdot 0.24 + 0.00$	$= 0.24 < 1$
Biegung	1 <sup>1)</sup> 2	[67]	$7.08 / (0.782 \cdot 29.54)$	$= 0.31 < 1$
Schub aus Querkraft	3	[59]	$0.27 / 2.71$	$= 0.10 < 1$

<sup>1)</sup> Kippnachweis mit  $l_{ef} = 4.00$  m

### Nachweis für Querschnitt Nr. 3

Nachweiskräfte [kN, kNm]

LNr.	KNr.	Ort	x	Myd	Mxd	Vzd
1	4	VS,li.	6.25	3.87	0.04	2.16
2	4	VS,li.	7.50	-0.25	0.05	-2.92
3	2	VS,li.	6.25	-0.86	0.05	-2.62

Spannungen [N/mm²]

LNr.	Sm,x	Sm,y	Sm,z	Tau,y	Tau,z	Tau,x	Sm,v	Sm,Rd	Tau,Rd
1	-	44.7	-	-	2.6	4.9	-	218.18	125.97
2	-	-2.9	-	-	-3.5	6.2	-	218.18	125.97
3	-	-10.0	-	-	-3.2	6.2	-	218.18	125.97

Nachweise gem. DIN 18800

Bezeichnung	LNr.	Gl.	Formel	Ausnutzung
Normalspannung	1	[33]	44.74/218.18	= 0.21 < 1
Schub aus Querkraft	2	[34]	3.54/125.97	= 0.03 < 1
Schub aus Torsion	3	[34]	6.16/125.97	= 0.05 < 1

### Nachweise für die Verbindungsmittel

Verb.- Nr./Grp.		x [m]	[---- Verstärkung links ----]					[--- Verstärkung rechts ---]				
			Quer Nr.	KNr	Fla,d [-]	Rla,d [--- kN ---]	Ausnutz. [-]	Quer Nr.	KNr	Fla,d [-]	Rla,d [--- kN ---]	Ausnutz. [-]
1	1	0.60	2	4	1.52	3.22	0.47 < 1	2	4	1.52	3.22	0.47 < 1
2	1	1.53	2	4	1.45	3.22	0.45 < 1	2	4	1.45	3.22	0.45 < 1
3	1	2.46	2	2	1.42	3.22	0.44 < 1	2	2	1.42	3.22	0.44 < 1
4	1	3.39	2	4	1.51	3.22	0.47 < 1	2	4	1.51	3.22	0.47 < 1
5	2	4.60	3	4	2.54	7.74	0.33 < 1	-	-	-	-	-
6	2	6.25	3	4	4.81	7.74	0.62 < 1	-	-	-	-	-
7	2	7.90	3	4	1.04	7.74	0.13 < 1	-	-	-	-	-

### Grenzzustand der Tragfähigkeit für Verlust der Lagesicherheit

Stz. Nr.	KLED	Auswert.	KNr.	Av,d [kN]	Ah,d [kN]	Auswert.	KNr.	Av,d [kN]	Ah,d [kN]
1	ständig mittel	min.Av min.Av	5 6	0.19 -0.25	- -	max.Av max.Av	7 8	0.23 6.14	- -
2	ständig mittel	min.Av min.Av	5 6	0.56 0.43	- -	max.Av max.Av	7 8	0.68 13.49	- -
3	ständig mittel	min.Av min.Av	5 6	0.08 -0.35	- -	max.Av max.Av	7 8	0.39 4.39	- -

### Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Durchbiegung nach DIN 1052, Gleichung 40-42:

wQinst = elast. Anfangsdurchbiegung aus veränderlicher Einwirkung

wfin-wGinst = Enddurchbiegung - elast. Anfangsdurchbiegung aus Eigenlast

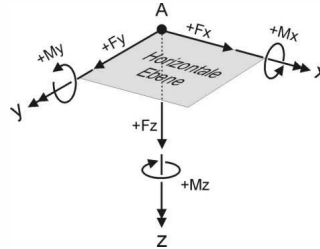
wfin-wo = Gesamtdurchbiegung abzüglich Überhöhung (= Durchhang)

Feld Nr.	l [m]	wQinst		wfin-wGinst		wfin-wo		
		vhd.	zul.	vhd.	zul.	wo	vhd.	zul.
		[--- cm ---]		[--- cm ---]		[----- cm -----]		
1	4.00	0.97	< 1.33 (1/300)	1.18	< 2.00 (1/200)	0.00	0.54	< 2.00 (1/200)
2	3.50	0.55	< 1.17 (1/300)	0.65	< 1.75 (1/200)	0.00	0.29	< 1.75 (1/200)
Kr.re	0.50	0.16	< 0.33 (1/150)	0.19	< 0.50 (1/100)	0.00	0.00	< 0.50 (1/100)



### Weiterleitung der Einwirkungen (charakt.):

Die Kraftarttrichtungen sind auf das globale Koordinatensystem bezogen. Dabei sind die Beträge der Kraftarten  $F$  in [kN] und  $M$  in [kNm].



Lager	Kraftart	Kategorie	Maximal	Minimal
1	Fz	G	0.21	0.21
		Q, B1	3.94	-0.29
		Summe, k	4.15	-0.08
	My	G	0.06	0.06
		Q, B1	1.05	-0.15
		Summe, k	1.11	-0.09
2	Fz	G	0.62	0.62
		Q, B1	8.54	-0.09
		Summe, k	9.16	0.53
3	Mx	G	-0.01	-0.01
		Q, B1	0.45	0.45
	Fz	G	0.45	0.45
		Q, B1	4.35	-0.44
		Summe, k	4.80	0.01
	Mx	Q, B1	0.06	-0.02