

32I - n-Feld-Holzbalcken nach DIN 1052

(Stand: 21.07.09)

Das Programm dient zur Bemessung von 1-achsig belasteten n-Feld-Holzbalcken alternativ nach DIN 1052:2004-08 oder DIN 1052:2008-12.

Leistungsumfang

System:

- 1-8 Feld-Holzbalcken, wahlweise mit Kragarmen
- Eingabe von Einspannungen und Federn möglich
- direkte und indirekte Auflagerung möglich

Einwirkungen:

- Streckenlast in z-Richtung als Rechteck-, Trapez- oder Dreieckslast
- Einzeleinwirkungen als Normalkraft, vertikale Kraft oder Moment
- Optional Bildung von Einwirkungsgruppen und separaten Lastfällen

Schnittgrößen:

- Automatische Bildung der Einwirkungskombinationen nach DIN 1055-100 für den Grenzzustand der Tragfähigkeit, bzw. nach DIN 1052 für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
- Wahlweise automatische feldweise Anordnung aller oder ausgewählter veränderlicher Einwirkungen.
- Umlagerung der Stützmomente für den Grenzzustand der Tragfähigkeit möglich

Baustoffe:

- | | | |
|---------------------------------|---------------|---------------------------|
| • 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) |

Nachweise der Tragfähigkeit / Gebrauchstauglichkeit:

- Biegespannungsnachweis
- Kippnachweis (Ersatzstablänge automatisch oder durch Vorgabe) -optional-
- Schubnachweis
- Auflagerpressung -optional-
- Lagesicherheit -optional-
- Durchbiegungsnachweis (zulässige Durchbiegung modifizierbar) -optional-
- Schwingungsnachweis -optional-
- Nachweis der Tragfähigkeit im Brandfall für Feuerwiderstandsklassen F30B und F60B -optional-

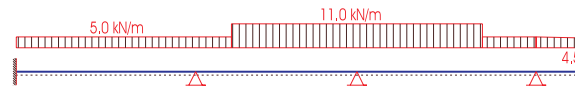
Grafiken:

- System mit Einwirkungen, Schnittgrößenverläufe, Detailbild des gewählten Querschnitts

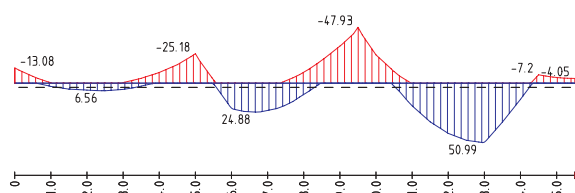
Einzeleinwirkungen



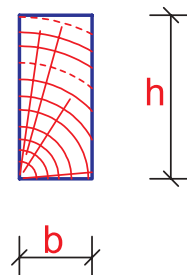
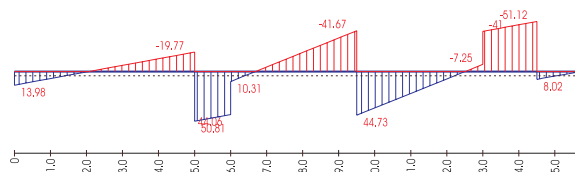
Streckeneinwirkungen



Grenzmomente wahlweise mit/ohne Umlagerung



Zugehörige Grenzerkraft zum Momentenverlauf



System:

Grundsystem

Statisches System ist ein 1-8 Feld-Balken mit/ohne Kragarm, wahlweise mit prozentualer Endenspannung. Für jedes Balkenfeld ist die statische Stützweite (l_{eff}) einzugeben. Der Querschnitt wird über das ganze System als konstant angenommen.

Auflager

Es ist die Lagerungsart (direkt / indirekt) und die Auflagerbreite einzugeben. Bei indirekten Lagern erfolgt beim Schubnachweis nach DIN 1052, 10.2.9, (2) keine Abminderung der Querkraft. Neben der festen Auflagerung können auch Federbedingungen definiert werden.

Einwirkungen

Einwirkungsgruppen

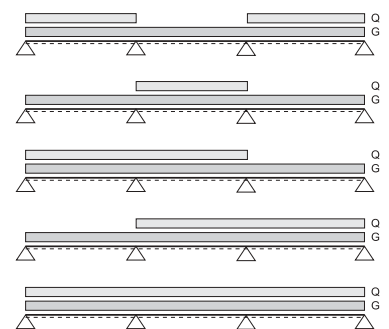
Vor der eigentlichen Eingabe der Einwirkungen können Einwirkungsgruppen (EWG) definiert werden. Diesen EWG können beliebig viele Einzel-, Linien- und Flächeneinwirkungen zugeordnet werden. EWG sind immer dann erforderlich, wenn sich Einwirkungen gegenseitig ausschließen (z.B. Transportbelastung und Gebrauchsbelastung) oder immer zusammen auftreten. Die sich ausschließenden Einwirkungen sind unterschiedlichen und die zusammenwirkenden Einwirkungen der selben Einwirkungsgruppe zuzuordnen.

Lastfälle

Aus den Einwirkungsgruppen können bis zu 99 voneinander unabhängige Lastfälle (LF) gebildet werden. Innerhalb eines jeden Lastfalls werden automatisch alle erforderlichen Kombinationen für den Nachweis der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1055-100 bzw. DIN 1052 gebildet. Treten in einem Lastfall z.B. außergewöhnliche Einwirkungen oder Einwirkungen infolge Erdbeben 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 1 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 "Volllast"). Es werden jedoch 2 Rechenläufe, einmal mit $\gamma_{G,inf}$ und einmal mit $\gamma_{G,sup}$, durchgeführt, wobei γ_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 die einzelnen Einwirkungskategorien werden die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte γ , die Kombinationsbeiwerte (ψ_0, ψ_1, ψ_2) nach DIN 1055-100 und die Klasseneinwirkungsdauer nach DIN 1052 Tabelle 3 und 4 ermittelt.

Einwirkungen

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

Die Tabellenspalten im Einzelnen:

aus Freie textliche Beschreibung der Einwirkung. An dieser Stelle können auch die verschiedenen Eingabehilfen aufgerufen werden.

Last

- qz = vertikale Linieneinwirkung (Gleichlast, Trapezlast, Dreieckslast) [kN/m]
- Fz = vertikale Einzeleinwirkung [kN]
- My = Moment [kN m], rechtsdrehend positiv
- Fx = Normalkrafteinwirkung [kN] von links nach rechts positiv (+)

Art/Kat. Kategorie der Einwirkung (G, Q, A1...Q, W, A). Bei der Eingabe werden in einem Menü die Einwirkungskategorien der DIN 1055-3 angeboten.

Wert Charakteristische Größe der Einwirkung.

a Abstand der Einwirkung vom linken Systemende. Bei Einzeleinwirkungen Achsmaß

c Länge der Einwirkung

Alpha Abminderungsfaktor (α_s) nach DIN 1055-3:2002-1, 6.1 für die Nutzlasten nach Tabelle 1

Schnittgrößen

Für den Nachweis der Tragfähigkeit werden die Bemessungsschnittgrößen linear-elastisch ermittelt. Wahlweise kann eine Umlagerung der Momente gemäß DIN 1052, 8.1 (6) bis zu $\delta = 10\%$ durchgeführt werden. Bei der Schnittgrößenberechnung der einzelnen Kombinationen und Laststellungen werden nur die Stützmomente umgelagert, welche größer sind als $\max. M_{s_{\text{ohne Umlagerung}}} \cdot (1 - \delta)$. Auf diese Weise werden die maximalen Stützmoment auf den $(1 - \delta)$ -fachen Wert reduziert, jedoch die maximalen Feldmomente nicht unnötig erhöht, da sich diese i.d.R. aus anderen Laststellungen ergeben als die maximalen Stützmomente. Die umgelagerten Schnittgrößen werden für alle Nachweise der Tragfähigkeit verwendet. Die Schnittgrößen für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit werden generell ohne Umlagerung ermittelt (DIN 1052, 8.1 (5)).

Ausgaben

- (Umgelagerte) Bemessungsschnittgrößen
- Grafische Schnittkraftverläufe (Momente, Querkräfte, Normalkräfte) mit / ohne Umlagerung

Bemessungsparameter

Unter folgenden Bemessungsmöglichkeiten kann gewählt werden:

Bemessung

- mit / ohne Bemessung. Falls keine Bemessung gewünscht, wird der Rest des Formulars deaktiviert und nur die Daten für die Kraftweiterleitung gespeichert.

Tragfähigkeit

- Schubnachweis: Auflagernahe Einzellasten können gemäß DIN 1052, 10.2.9 (3), bei direkter Auflagerung, reduziert werden (optional). Bei einer direkten Auflagerung wird die maßgebende Querkraft im Abstand h vom Auflagerrand ermittelt.
- Kippnachweis (optional): Die Ersatzstablängen können vom Programm automatisch ermittelt oder für jedes Feld vorgegeben werden.

- Lagesicherheit (optional) nach DIN 1055-100, GI (11)
- Auflagerpressung (optional) nach DIN 1052, 10.2.4

Brandschutz nach DIN 4102-22, 6.2, Änderung Abs. 5.5.2.1b genaueres Verfahren (optional)

- Branddauer F30-B / F60-B
- Dem Feuer ausgesetzte Seiten (3 oder 4)

Gebrauchstauglichkeit

- Verformungsnachweis (optional) nach DIN 1052, GI (40 - 42)
- Schwingungsnachweis (optional) nach DIN 1052, 9.3 (2)

Querschnittswahl

- Querschnitt neu bemessen / vorgeben.
 - Bei der "neu bemessen"-Option werden nur Querschnitte zugelassen, bei denen alle gewählten Nachweise eingehalten sind. Hierbei wird ein Angebotswert vom Programm ermittelt, der alle Nachweise einhält. Falls von dem Querschnitt abgewichen wird, iteriert das Programm den Querschnitt in Breite bzw. Höhe, bis alle Nachweise eingehalten sind.
 - Mit der "Querschnitt vorgeben"-Option werden alle gewählten Nachweise mit einem eingegebenen Querschnitt geführt. Bei Nachweisüberschreitungen werden Warnungen ausgegeben.

Es besteht die Möglichkeit, dass nur die maßgebenden Nachweise ausgegeben werden. Besonders bei mehreren Feldern reduziert sich die Ausgabe bei dieser Option enorm.

Baustoffe

Man kann unter den im Leistungsumfang angegebenen Baustoffen wählen. Der Balken ist einer Nutzungsklasse (NKL) zuzuordnen. Diese Zuordnung kann für den kompletten Balken oder auch für einzelne Felder vorgenommen werden.

Nutzungsklassen

- Die Nutzungsklasse 1 erfasst alle Bauteile, die in einer dauerhaften, geschlossenen Bauhülle gegenüber dem Außenklima geschützt sind. Das trifft mit Ausnahmen (z.B. Gewächshäuser oder Tierhäuser in Zoos) vor allem auf Bauteile in allseitig geschlossenen beheizbaren Bauwerken zu. In den meisten Nadelhölzern wird in der NKL 1 eine mittlere Ausgleichsfeuchte von 12% nicht überschritten.
- In die Nutzungsklasse 2 sind in erster Linie alle Bauteile in offenen, aber überdachten Bauwerken einzuordnen, die der unmittelbaren Bewitterung (Niederschläge) nicht ausgesetzt sind. In den meisten Nadelhölzern wird in der NKL 2 eine mittlere Ausgleichsfeuchte von 20% nicht überschritten. Es ist zu beachten, dass in einer baulichen Anlage durchaus einzelne Teilbereiche einer Konstruktion verschiedenen Nutzungsklassen zugewiesen werden müssen (z.B. wenn sie die abschließende Gebäudehülle in Teilen durchdringen). Belüftete Dachkonstruktionen gehören daher auch in die NKL 2.
- In die Nutzungsklasse 3 fallen alle Bauteile, bei denen während der Nutzungsdauer mit mittleren Holzfeuchten über 20% gerechnet werden muss. Das sind vor allem Bauteile, die frei der Außenbewitterung ausgesetzt sind, können aber in Sonderfällen auch Teile überdachter Bauten sein (z.B. Eissporthallen).

Kennwerte

Wahlweise können die charakteristischen Kennwerte des Baustoffs ausgegeben werden. Das Programm ermittelt hieraus unter Berücksichtigung der Klasse der Lasteinwirkungsdauer, der Nutzklasse und des Materialsicherheitsbeiwertes die zulässigen Bemessungsspannungen (siehe DIN 1052, GI. (3)).

Bemessungsvoreinstellungen/Bemessung

Bevor ein Rechendurchlauf durchgeführt wird, muss die Anzahl der Querschnitte und die zulässigen Durchbiegungen bzw. Durchhänge angegeben werden. Standardmäßig wird ein Querschnitt und die zulässigen Durchbiegungen aus der DIN 1052, ohne Überhöhung, vorgeschlagen.

Nachweise

Alle Nachweise werden - je nach Einstellung - nach DIN 1052:2004-08 oder DIN 1052:2008-12 bzw. DIN 1055 geführt. Nachgewiesen werden im Einzelnen:

- Biegespannung nach 10.2.6 - 10.2.8
- Schubnachweis nach Gl.(59-62). Die direkte/indirekte Lagerung sowie die Erhöhung der Schubfestigkeit ab 1,5 m vom Auflagertrand wird berücksichtigt. Auflagernahe Einzellasten können wahlweise bei direkten Lagern abgemindert werden.
- Kippnachweis stabweise mit den größten Feldmomenten nach 10.3.4.
- Auflagerdruck nach 10.2.4. Die wirksame Querdru­ckfläche A_{ef} und der Querdru­ckbeiwert $k_{c,90}$ werden automatisch ermittelt. Bei einer indirekten Lagerung wird kein Pressungsnachweis geführt.
- Lagesicherheit: Es muss gewährleistet sein, dass das Bauteil gegen Abheben gesichert ist. Hierbei werden die maximalen abhebenden Kräfte im Grenzzustand der Lagesicherung ermittelt und ausgegeben. Für die abhebenden Kräfte ist - falls vorhanden - noch ein Standsicherheitsnachweis zu führen.
- Brandnachweis nach dem genaueren Verfahren nach DIN 4102-22, Kapitel Holzbau, 5.5.2.1 b). Dabei wird die Biegespannung, der Schub- und Kippnachweis nach DIN 1052 mit dem verbrannten Restquerschnitt und reduzierten Festigkeitseigenschaften geführt. Als Bemessungssituation wird die außergewöhnliche Bemessungssituation angesetzt.
- 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 abzgl. elast. 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.
- Der Schwingungsnachweis wird vereinfacht mit der größten ermittelten Durchbiegung am n-Feld-System aus der quasi-ständigen Bemessungssituation geführt (DIN 1052, 9.3, (2)). Durch Berücksichtigung am n-Feld-System wird der elastischen Einspannung durch Nachbarfelder Rechnung getragen. Die Durchbiegung sollte 6 mm nicht überschreiten. Standardmäßig braucht der Schwingungsnachweis bei Balken nicht geführt zu werden.

Lastweiterleitung

Für die Übernahme in andere Positionen werden die charakteristischen Auflagerkräfte getrennt nach Lastfällen und Kategorien abgelegt, welche in Folgepositionen erneut mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten zu versehen sind.

Literatur

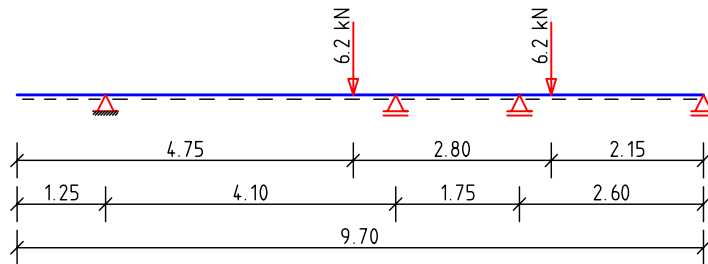
- [1] DIN 1052:2004-08 / DIN 1052:2008-12
- [2] DIN 1055-100:2001-03
- [3] DIN 4102-22:2004-11
- [4] Erläuterungen zu DIN 1052: 2004-08. Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken von Hans J. Blaß, Jürgen Ehlbeck, und Heinrich Kreuzinger von Bruderverlag, 2. Aufl. März 2005
- [5] Praxishandbuch Holzbau DIN 1052, Herausgeber: Fördergesellschaft Holzbau und Ausbau mbH und DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1. Aufl. 2005
- [6] Holzbau. Grundlagen - Bemessungshilfen - Beispiele von Francois Colling
- [7] Holzbau. Beispiele. Musterlösungen, Formelsammlung, Bemessungstabellen von Francois Colling
- [8] 100 Holzbau-Beispiele nach DIN 1052: 2004 von Günter Steck 2005, ISBN 3-8041-3183-2 | Werner, Neuwied
- [9] Brandschutz-Bemessung auf einen Blick nach DIN 4102, Tafeln für die brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen der Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180 von Nabil A. Fouad, Astrid Schwedler, ISBN: 3-934369-46-4, Bauwerk Verlag GmbH, 11.2005

POS. 87 MITTELPFETTE

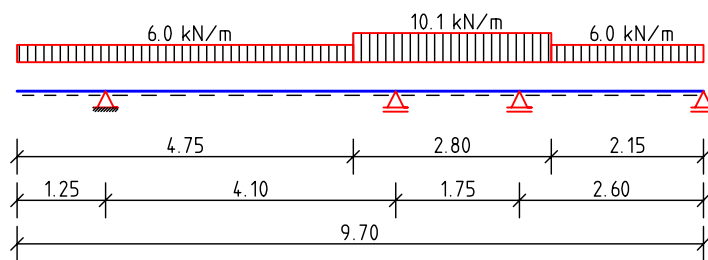
Hinweis: Um den Leistungsumfang des Programmes zu dokumentieren, wurde in diesem Beispiel der maximale Ausdruckumfang gewählt. Bei Bedarf ist es möglich, verschiedene Listen und Tabellen auszublenden, und so das Ausgabevolumen stark zu reduzieren.

System:

Kategorien: Q,S+Q,A+G (Einzelnwirkungen)



Kategorien: Q,S+Q,A+G (Streckeneinwirkungen)



Feld	Kr.li	1	2	3	4	5	6	7	8	Kr.re
Stützweite [m]	1.25	4.10	1.75	2.60	-	-	-	-	-	-

Auflagerdaten						----- Lagerung / Federn -----		
Nr.	Ort	Art	l _a	a _i	Einspannung	CV	CH	CM
[-]	[m]	[-]	[cm]	[cm]	[%]	[kN/cm]	[kN/cm]	[kNm/cm/m]
1	1.25	direkt	24.0	12.0	-	fest	fest	-
2	5.35	direkt	24.0	12.0	-	fest	-	-
3	7.10	direkt	24.0	12.0	-	fest	-	-
4	9.70	direkt	24.0	8.0	-	fest	-	-

Einwirkungen:

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

Richtung: x = Spannrichtung, y/z = horiz./vertikale Querschnittsachse
Lastangriff: a = Lastanfang/-achse v. linken Balkenende, c = Lastlänge

Einwirkung aus	Art, Last Kat.	- wert, k	- li. re.	a [m]	c [m]	Abmin. Alpha
Eigengewicht	qz G	0.50	0.50	0.00	9.70	-
aus Dach	qz Q,S1	3.80	3.80	0.00	9.70	-
	qz G	1.70	1.70	0.00	9.70	-
aus Balkenlage	qz Q,A3	2.80	2.80	4.75	2.80	-
	qz G	1.30	1.30	4.75	2.80	-
aus Anfallsgebände	Fz Q,A3	3.40	-	4.75	0.10	-
	Fz G	2.80	-	4.75	0.10	-
	Fz Q,A3	3.40	-	7.55	0.10	-

Einwirkung aus	Art, Last Kat.	- wert, k - li. re.	a [m]	c [m]	Abmin. Alpha
	Fz G	2.80 -	7.55	0.10	-

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,A3	0.70	0.50	0.30	1.50	1.00	1.50	1.00	mittel
Q,S1	0.50	0.20	-	1.50	1.00	1.50	1.00	kurz

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

Kat. Bezeichnung

- G Ständige Einwirkungen
- Q,A3 Wohnfläche: ohne Querverteilung
- Q,S1 Schnee-,Eislasten: Höhe <= NN +1000 m

Kombinationen nach DIN 1055-100

KNr.	Bem.-Sit.	Kombination	KLED
1	F,P/T	G,sup+Q,S1	kurz
2	F,P/T	G,sup+Q,S1+(Q,A3)	kurz
3	F,P/T	G,inf+Q,S1	kurz
4	F,P/T	G,inf+Q,S1+(Q,A3)	kurz
5	F,P/T	G,sup+Q,A3	mittel
6	F,P/T	G,sup+Q,A3+(Q,S1)	kurz
7	F,P/T	G,inf+Q,A3	mittel
8	F,P/T	G,inf+Q,A3+(Q,S1)	kurz
9	F,P/T	G,sup	ständig
10	F,P/T	G,inf	ständig
11	F,AB	G	kurz
12	F,AB	G+Q,S1	kurz
13	F,AB	G+Q,S1+(Q,A3)	kurz
14	F,AB	G+Q,A3	kurz
15	F,AB	G+Q,A3+(Q,S1)	kurz

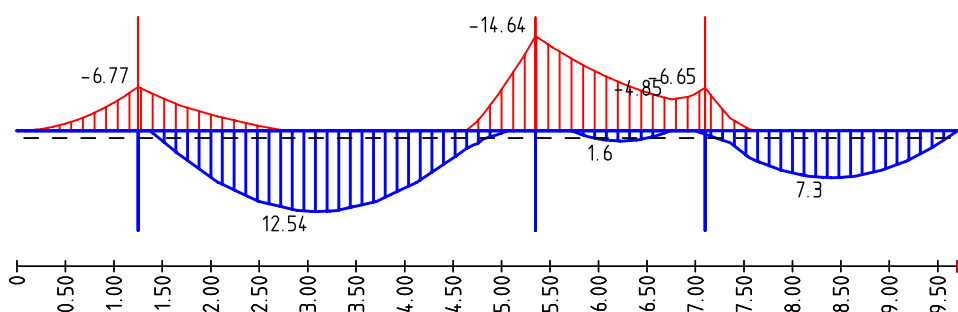
- F = Grenzzustand der Tragfähigkeit, Festigkeit und Stabilität
- P/T = ständige und vorübergehende Bemessungssituation
- AB = außergewöhnliche Bemessungssituation infolge Brand

Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit: ungünstigste Laststellung

Stütze:	2	3	4	5	6	7	8
Momentenumlagerung in [%]:	10.0	10.0	-	-	-	-	-

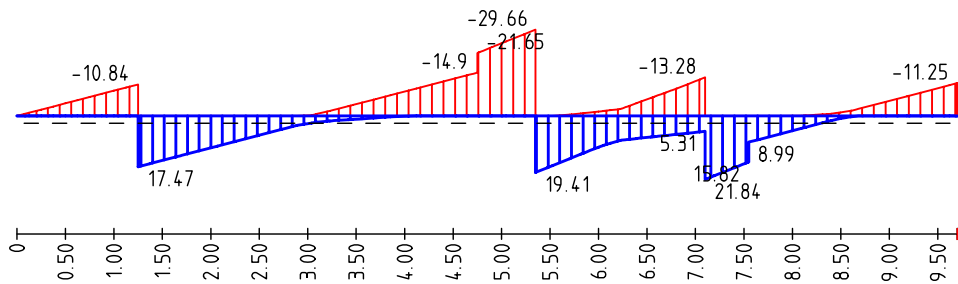
Grenzmomente mit Umlagerung

My,d: 1 cm = 11.7 kNm / System 1:78.0



Grenzquerkraft mit Umlagerung

Vz,d: 1 cm = 26.0 kN / System 1:78.0



Schnittgrößen mit Umlagerung

Stützmomente:

Stz. Nr.	min.Ms [kNm]	max.Ms [kNm]	x0,li [m]	x0,re [m]	Stz. Nr.	min.Ms [kNm]	max.Ms [kNm]	x0,li [m]	x0,re [m]
1	-6.77	-1.72	-	1.52	2	-14.64	-1.70	0.71	-
3	-6.65	0.55	-	0.56	4	-	-	-	-

Feldmomente:

Feld Nr.	max.Mf [kNm]	x [m]	min.Mf [kNm]	x [m]	x01 [m]	x02 [m]	max.Nx [kN]	min.Nx [kN]
1	12.54	1.84	1.28	2.60	0.12	3.82	-	-
2	1.60	0.88	-3.66	1.25	0.37	-	-	-
3	7.30	1.30	1.14	1.58	-	-	-	-

Auflager-, Querkräfte:

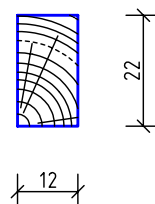
Stz. Nr.	max.Az [kN]	min.Az [kN]	max.Ax [kN]	min.Ax [kN]	min.Vl [kN]	max.Vr [kN]	max.Vl [kN]	min.Vr [kN]
1	28.31	7.00	-	-	-10.84	17.47	-2.75	4.25
2	49.07	7.31	-	-	-29.66	19.41	-6.53	0.78
3	35.12	0.19	-	-	-13.28	21.84	5.31	5.50
4	11.25	2.24	-	-	-11.25	-	-2.24	-

Baustoff: Nadelholz C24

	Kr.li	1	2	3	4	5	6	7	8	Kr.re
Nutzungs-kategorie:	2	1	1	1	-	-	-	-	-	-

Kennwerte [N/mm ²]:	$f_{c,0,k}$	= 21.0	$f_{m,k}$	= 24.0	$E_{0,mean}$	= 11000
	$f_{c,90,k}$	= 2.5	$f_{v,k}$	= 2.0	$E_{90,mean}$	= 370
	$f_{t,0,k}$	= 14.0	$G_{,mean}$	= 690	$E_{0,05}$	= 7333
	$f_{t,90,k}$	= 0.4	$G_{,05}$	= 460	$E_{90,05}$	= 247

Gewählt: 1 Holzbalken mit b/h = 12.0 / 22.0 cm



Grenzzustand der Tragfähigkeit

Biegespannung:

Ort	KNr.	Nd [kN]	Sigma,c/t,0,d		Md [kNm]	Sigma,m,d		Ausnutzung Gl. (55-58)
			vhd.	zul.		vhd.	zul.	
St.2	4	-	-	-	-14.6	15.13	16.62	0.91 < 1

Schubspannung:

Ort	KNr.	Vred [kN]	Tau d [N/mm ²]	f v,d [N/mm ²]	Ausnutzung Gl. (59-62)
St.1,li	2	7.89	0.45	1.38	0.32 < 1
re	2	14.52	0.83	1.80	0.46 < 1
St.2,li	2	25.12	1.43	1.80	0.79 < 1
re	2	14.86	0.84	1.80	0.47 < 1
St.3,li	4	8.86	0.50	1.80	0.28 < 1
re	2	16.19	0.92	1.80	0.51 < 1
St.4,li	2	8.65	0.49	1.38	0.35 < 1

Kippnachweis:

Ort	lef [m]	km [-]	KNr	Sigma,c/t,0,d		Md [kNm]	Sigma,m,d		Ausnutzung Gl. (71-74)
				Nd [kN]	vhd. zul. [---N/mm ² ---		vhd.	zul.	
Kr.li	0.83	1.00	2	-	-	6.77	7.00	16.62	0.42 < 1
Fe. 1	3.45	1.00	2	-	-	12.54	12.95	16.62	0.78 < 1
Fe. 2	1.68	1.00	2	-	-	3.66	3.78	16.62	0.23 < 1
Fe. 3	2.62	1.00	2	-	-	7.30	7.54	16.62	0.45 < 1

Auflagerdruck:

St.	KNr.	Aef [cm ²]	kc,90 [-]	Ad [kN]	Sigma c,90,d [-----N/mm ² -----]	f c,90,d	Ausnutzung Gl. (47)
1	2	360	1.50	28.31	0.79	1.73	0.30 < 1
2	2	360	1.00	49.07	1.36	1.73	0.79 < 1
3	2	360	1.00	35.12	0.98	1.73	0.56 < 1
4	2	324	1.50	11.25	0.35	1.73	0.13 < 1

Grenzzustand der Tragfähigkeit für Verlust der Lagesicherung, Kräfte in [kN]

Lager:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Abhebende Kraft [kN]:	-	-	-0.61	-	-	-	-	-	-

Sicherung gegen Abheben:

Das Lager 3 wird konstruktiv am Abheben gehindert.

**Grenzzustand der Tragfähigkeit, Brand nach DIN 4102-22, 5.5.2.1 b)
Feuerwiderstandsklasse F30-B, 3-seitig dem Feuer ausgesetzt**

Biegespannung (Brand):

Ort	KNr.	Nd [kN]	Sigma,c/t,0,d		Md [kNm]	Sigma,m,d		Ausnutzung Gl. (55-58)
			vhd.	zul.		vhd.	zul.	
St.2	13	-	-	-	-5.07	11.00	24.94	0.44 < 1

Schubspannung (Brand):

Ort	KNr.	Vred [kN]	Tau d [N/mm ²]	f v,d [N/mm ²]	Ausnutzung Gl. (59-62)
St.1,li	13	2.69	0.15	2.00	0.08 < 1
re	13	5.04	0.29	2.60	0.11 < 1
St.2,li	13	9.60	0.55	2.60	0.21 < 1
re	13	4.83	0.27	2.60	0.11 < 1
St.3,li	13	1.84	0.10	2.60	0.04 < 1
re	13	6.41	0.36	2.60	0.14 < 1

Ort	KNr.	Vred [kN]	Tau d [N/mm ²]	f v,d [N/mm ²]	Ausnutzung Gl. (59-62)
St.4,li	13	3.00	0.17	2.00	0.09 < 1

Kippnachweis (Brand):

Ort	lef [m]	km [-]	KNr	Sigma,c/t,0,d			Sigma,m,d			Ausnutzung Gl. (71-74)
				Nd [kN]	vhd. [---N/mm ² ---	zul.	Md [kNm]	vhd. [---N/mm ² ---	zul.	
Kr.li	0.83	1.00	13	-	-	-	2.31	5.02	24.94	0.20 < 1
Fe. 1	3.45	1.00	13	-	-	-	4.17	9.04	24.94	0.36 < 1
Fe. 2	1.68	1.00	13	-	-	-	1.66	3.60	24.94	0.14 < 1
Fe. 3	2.62	1.00	13	-	-	-	2.55	5.54	24.94	0.22 < 1

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)

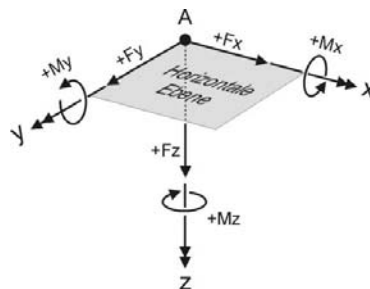
Ort	w_{Qinst}		$w_{fin}-w_{Ginst}$		$w_{fin}-w_o$		
	vhd.	zul.	vhd.	zul.	w_o	vhd.	zul.
	[---cm---		[---cm---		[---cm---		
Kr.li	0.49	< 0.83 (1/150)	0.32	< 1.25 (1/100)	0.00	0.00	< 1.25 (1/100)
Fe. 1	0.78	< 1.37 (1/300)	1.01	< 2.05 (1/200)	0.00	0.62	< 2.05 (1/200)
Fe. 2	0.05	< 0.58 (1/300)	0.02	< 0.88 (1/200)	0.00	0.00	< 0.88 (1/200)
Fe. 3	0.19	< 0.87 (1/300)	0.26	< 1.30 (1/200)	0.00	0.19	< 1.30 (1/200)

Schwingungsnachweis:

 Nach DIN 1052, 9.3(2): Fe.1, x = 3.30 m, $w_{Ginst}+\Psi_{i2} \cdot w_{Qinst} = 0.39 < 0.6$ cm

Weiterleitung der Einwirkungen (charakt.):

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



Lager	Kraftart	Lastfall	Kategorie	volllast	Maximal	Minimal
1	Fz	1	G	7.20	7.20	7.20
			Q,A3	0.23	0.29	-0.06
			Q,S1	12.10	12.19	-0.09
			Summe, k	19.53	19.68	7.05
2	Fz	1	G	12.58	12.58	12.58
			Q,A3	7.69	8.28	-0.59
			Q,S1	13.39	16.48	-3.09
			Summe, k	33.66	37.34	8.90
3	Fz	1	G	7.99	7.99	7.99
			Q,A3	6.39	7.52	-1.13
			Q,S1	7.02	11.43	-4.41
			Summe, k	21.40	26.94	2.45

Lager	Kraftart	Lastfall	Kategorie	volllast	Maximal	Minimal
4	Fz	1	G	2.82	2.82	2.82
			Q,A3	0.34	0.48	-0.15
			Q,S1	4.34	4.63	-0.28
			Summe,k	7.50	7.93	2.39