

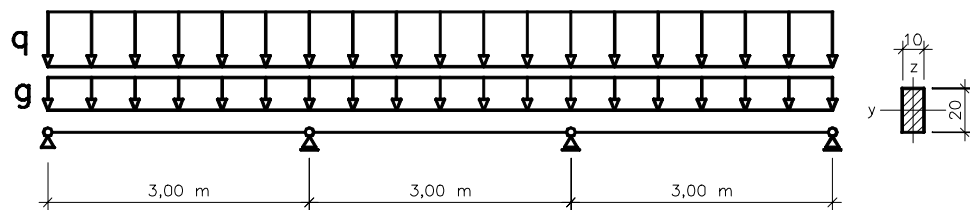


HTM+ Beispiel 1: Mehrfeldträger über drei Felder nach DIN EN 1995:2013

Inhaltsverzeichnis

Systembeschreibung	1
Programmausgabe	2
Handrechnung	8
Nachweise der Tragfähigkeit unter Normaltemperatur	8
Bemessungswerte der Einwirkungen	8
Bemessungsmaßgebende Schnittgrößen	8
Querschnittswerte	9
Bemessungswerte der Beanspruchungen	9
Bemessungswerte der Festigkeiten	10
Beiwerte des Ersatzstabverfahren	10
Nachweise	10
Nachweise der Gebrauchstauglichkeit	11
Anfangsverformung	11
Endverformung	11
Nachweise	11

Systembeschreibung



Lasten: $g_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$ (ständige Last)
 $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ (Nutzlast Kategorie D2)

Balkenabstand $e = 0,80 \text{ m}$

Nutzungsklasse 2

Material C24, gemäß EN 338:2016



Programmausgabe

Die zum Programmausdruck zugehörige Stelle in der Handrechnung finden Sie über einen Klick auf die blauen Nummernfelder.

HTM_01_DIN_EN_1995

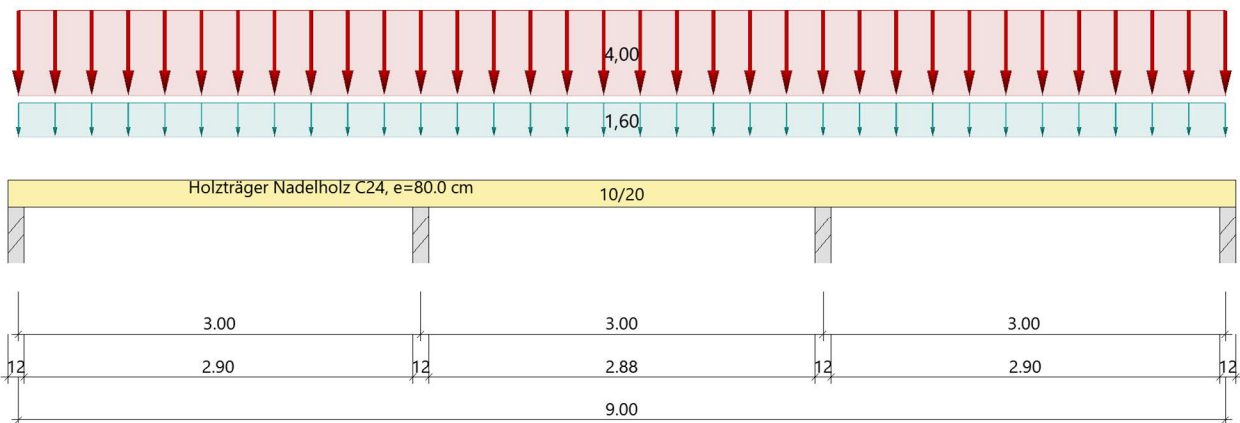
Mehrfeldträger Holz (x64) HTM+ 02/22C (FRILO alpha64, 26.09.2022)

Grundparameter

Holzträger über 3 Felder (e = 80.0 cm) Nadelholz C24 DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08

System

Systembild



Material

Nadelholz C24, gemäß EN 338:2016

$f_{m,k}$ $f_{v,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,k}$ $f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,90,k}$ $f_{c,90,k}$ [N/mm ²]	$E_{0,mean}$ $E_{0,05}$ [N/mm ²]	$E_{90,mean}$ $E_{90,05}$ [N/mm ²]	G_{mean} G_{05} [N/mm ²]	ρ_k ρ_m [kg/m ³]
24.00 4.00	14.50 21.00	0.40 2.50	11000 7400	370 247	690 460	350 420

$f_{m,k}$: charakteristischer Wert der Biegefestigkeit
 $f_{t,0,k}$: charakteristischer Wert der Zugfestigkeit parallel zur Faser
 $f_{t,90,k}$: charakteristischer Wert der Zugfestigkeit senkrecht zur Faser
 $E_{0,mean}$: Mittelwert des Elastizitätsmoduls parallel zur Faser
 $E_{90,mean}$: Mittelwert des Elastizitätsmoduls senkrecht zur Faser
 G_{mean} : Mittelwert des Schubmoduls
 ρ_k : charakteristischer Wert der Rohdichte
 $f_{v,k}$: charakteristischer Wert der Schubfestigkeit
 $f_{c,0,k}$: charakteristischer Wert der Druckfestigkeit parallel zur Faser
 $f_{c,90,k}$: charakteristischer Wert der Druckfestigkeit senkrecht zur Faser
 $E_{0,05}$: 5%-Fraktilewert des Elastizitätsmoduls parallel zur Faser
 $E_{90,05}$: 5%-Fraktilewert des Elastizitätsmoduls senkrecht zur Faser
 G_{05} : 5%-Fraktilewert des Schubmoduls
 ρ_m : Mittelwert der Rohdichte



Geometrie

6

Querschnitte

Name	I_y [cm ⁴]	I_z [cm ⁴]	W_y [cm ³]	W_z [cm ³]	A [cm ²]
10/20	6667	1667	667	333	200.0

Querschnitt ist konstant über gesamte Trägerlänge.

Felder

Feld	Länge [m]	Querschnitt
1	3.00	10/20 (konstant über gesamte Trägerlänge)
2	3.00	
3	3.00	

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	Breite [cm]	Tiefe [cm]	k_{c90}	u_y [kN/m]	u_z [kN/m]	Verdrehungen ^{*)}		
							Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	12.0	12.0	1.50	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	3.00	12.0	12.0	1.50	-1	-1	0.0	0.0	0.0
3	6.00	12.0	12.0	1.50	-1	-1	0.0	0.0	0.0
4	9.00	12.0	12.0	1.50	-1	-1	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Lasten

Streckenlasten aus Flächenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m ²]	W2 [kN/m ²]	EG	Zus	Alt
System	1	GL		9.00		2.00		ständig Kat. D		
	2	GL		9.00		5.00				

Last Nr. 2 wirkt feldweise.

Last Nr. 1 wirkt zusammenhängend.

Die Lastwerte werden intern mit dem Balkenabstand $e = 0.80$ m multipliziert.

Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast
 Art : 1 - Gleichstreckenlast (GL), 4 - Trapezlast (TL), 5 - Dreiecklast (DL)
 A : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger
 EG : Lasteinwirkung
 Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe
 Alt : Alternativgruppe

- Last 1: Breite 0,800 m
- Last 2: Breite 0,800 m

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 76 kg mit $\gamma = 4.20$ kN/m³ berücksichtigt.

Übersicht der verwendeten Einwirkungen

Einwirkungen

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$	KLED
ständig Kat. D: Verkaufsflächen	0.70	0.70	0.60	1.00	1.35 1.50	mittel

Schadensfolgeklasse CC 2 nach EN 1990 Tab. B1 -> $K_{FI} = 1.0$ Tab. B3

1



Ergebnisse

Bemessungsparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08
Basis	:	EN 1995-1-1/A2:2014
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Schadensfolgeklasse	:	CC 2
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	untereinander mit $\gamma_{G,sup}$ und $\gamma_{G,inf}$
KLED bei Wind	:	Mittelwert aus kurz und sehr kurz

Bemessungsparameter Holz

Nutzungsklasse	2	:	überdacht, offen rel. Luftfeuchte ~ 85%	Ausgleichfeuchte < 20%
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch		
Schubspannungen	=	Tau mit red. Q		
Anfangsdurchbiegung	w_{inst}	=	$l/300$	
Enddurchbiegung	$w_{net,fin}$	=	$l/300$	
	w_{fin}	=	$l/200$	

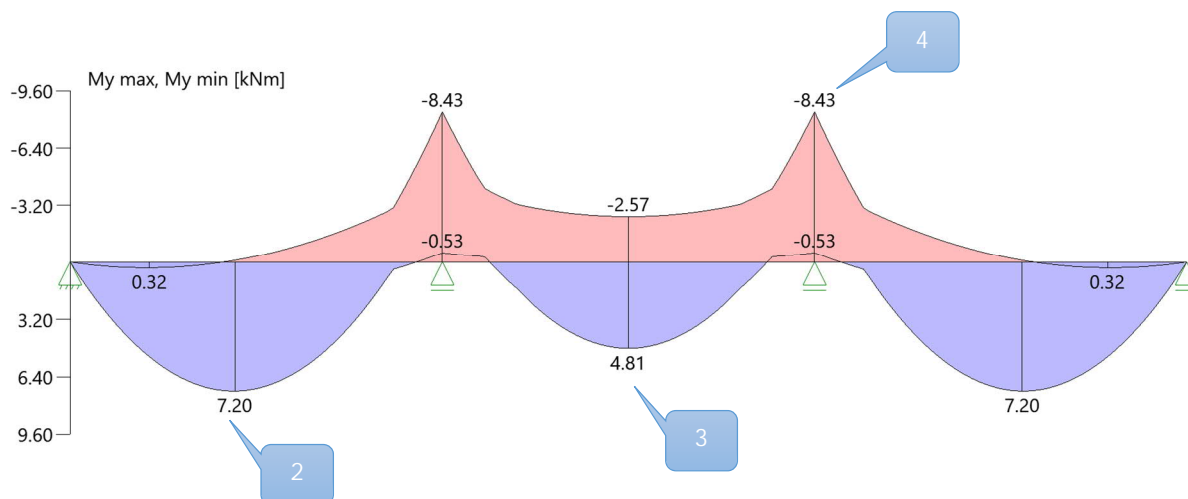
Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	$\eta_{Biegung}$	η_{Schub}	$\eta_{c,90}$	η_{Stabi}	$\eta_{Verformung}$
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.86	0.61	0.70	1)	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch					0.70
1) Stabilitätsnachweis wurde nicht geführt weil Obergurt kontinuierlich gehalten.						

Tragsicherheit - Lastkombination ständig/vorübergehend

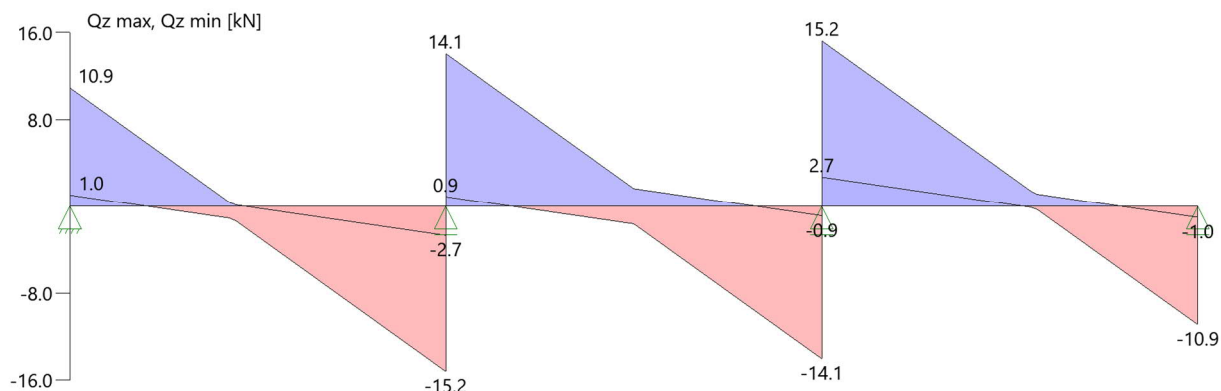
Schnittgrößen

Umhüllende der Momente





Umhüllende der Querkräfte



Schnittgrößen

Feld	x [m]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{z,Ed}$ [kN]	Lk
Feld 1	0.00	0.00	0.0	5
	0.24	2.38	8.9	2
	2.74	-4.75	-13.1	5
Feld 2	3.00	-8.43	0.0	5
	3.26	-5.06	11.9	5
	5.74	-5.06	-11.9	7
Feld 3	6.00	-8.43	0.0	7
	6.26	-4.75	13.1	7
	8.76	2.38	-8.9	2
	9.00	0.00	0.0	7

Biegung

Feld	x [m]	$M_{y,d}$ [kNm]	σ_{myd} [N/mm ²]	$k_{crit,y}$	k_{mod}	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	η	Lk
Feld 1	3.00	-8.43	-12.65	1.00	0.80	14.77	0.86	5
Feld 2	3.00	-8.43	-12.65	1.00	0.80	14.77	0.86	5
	6.00	-8.43	-12.65	1.00	0.80	14.77	0.86	7
Feld 3	6.00	-8.43	-12.65	1.00	0.80	14.77	0.86	7

Der Beiwert $k_h = 1.00$ nach EN 1995 3.2 (3) ist berücksichtigt.

Schub

Stütze [Nr]		x_{rel} [m]	x_{abs} [m]	$V_{z,d}$ [kN]	τ_d [N/mm ²]	k_{mod}		$f_{v,z,d}$ [N/mm ²]	η	Lk
1	rechts	0.24	0.24	8.9	0.67	0.80	*	2.46	0.54	2
2	links	0.26	2.74	-13.1	-0.98	0.80	*	2.46	0.61	5
3	rechts	0.26	3.26	11.9	0.89	0.80	*	2.46	0.56	5
	links	0.26	5.74	-11.9	-0.89	0.80	*	2.46	0.56	7
4	rechts	0.26	6.26	13.1	0.98	0.80	*	2.46	0.61	7
	links	0.24	8.76	-8.9	-0.67	0.80	*	2.46	0.54	2

EN 1995 6.1.7 : $k_{cr} = 0.50$

* k_{cr} nach DIN EN 1995-1-1 NDP 6.1.7(2) um 30% erhöht.



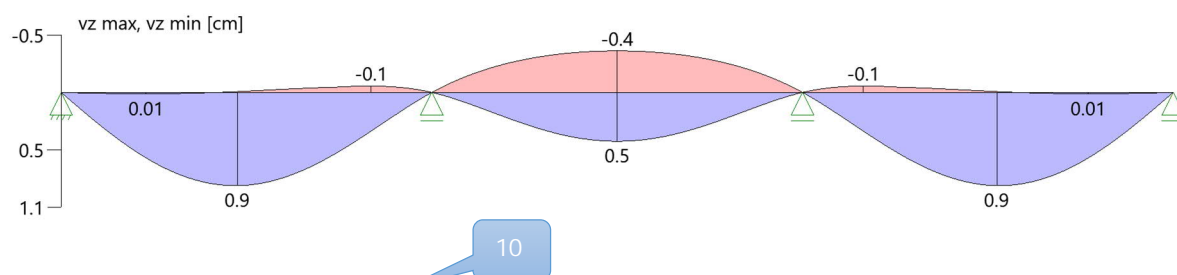
Auflagerpressung

Stütze	b_{eff} [cm]	d_{eff} [cm]	max F [kN]	$\sigma_{c,90,d}$ [N/mm ²]	k_{c90}	k_{mod}	$f_{c,90,d}$ [N/mm ²]	η	Lk
1	15.0*	10.0	10.9	0.73	1.50	0.80	1.54	0.32	2
2	18.0*	10.0	29.3	1.63	1.50	0.80	1.54	0.70	5
3	18.0*	10.0	29.3	1.63	1.50	0.80	1.54	0.70	7
4	15.0*	10.0	10.9	0.73	1.50	0.80	1.54	0.32	2

* Kontaktfläche nach Norm DIN EN 1995-1-1, Kapitel 6.1.5 (1)P um 30mm je Seite verbreitert

Verformungen

Umhüllende der Verformungen - Gebrauchstauglichkeit



Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

	l_{eff}	Stelle	typ		w_g	w_q	w	w_{lim}	η	Lk
	[m]	[m]			[cm]					
Feld 1	3.00	1.42	inst	z	0.1	0.4	0.6	1.0	0.57	8
	3.00	1.42	net,fin	z	0.2	0.5	0.7	1.0	0.70	10
	3.00	1.42	fin	z	0.2	0.7	0.9	1.5	0.59	9
Feld 2	3.00	1.50	inst	z	0.01	0.3	0.3	1.0	0.31	11
	3.00	1.50	net,fin	z	0.02	0.3	0.3	1.0	0.34	12
	3.00	1.50	fin	z	0.02	0.4	0.5	1.5	0.31	13
Feld 3	3.00	1.58	inst	z	0.1	0.4	0.6	1.0	0.57	8
	3.00	1.58	net,fin	z	0.2	0.5	0.7	1.0	0.70	10
	3.00	1.58	fin	z	0.2	0.7	0.9	1.5	0.59	9

l_{eff} : effektive Länge
 Stelle : Stelle der Durchbiegung
 typ : Anfangs-/Endverformung (Richtung)
 w_g : Verformung infolge ständiger Last
 w_q : Verformung infolge veränderlicher Last
 w : Verformung gesamt
 w_{lim} : zulässige Verformung
 η : Ausnutzungsgrad
 Lk : Nr. der Lastkombination



Auflagerkräfte

Auflagerkräfte pro [m] - charakteristisch je Einwirkung

Nr	x [m]	Einwirkung	$R_{z,min}$ [kN/m]	$R_{z,max}$ [kN/m]	$M_{y,min}$ [kNm/m]	$M_{y,max}$ [kNm/m]
1	0.00	ständig Kat. D: Verkaufsflächen	-0.75	2.53 6.75		
2	3.00	ständig Kat. D: Verkaufsflächen	-1.50	6.95 18.00		
3	6.00	ständig Kat. D: Verkaufsflächen	-1.50	6.95 18.00		
4	9.00	ständig Kat. D: Verkaufsflächen	-0.75	2.53 6.75		

Maßgebliche Kombinationen

In der folgende Tabelle sind die Lasten mit der internen Nummer angegeben. Die anschließende Tabelle der maßgeblichen Kombinationen referenziert auf diese Nummern.							
generierte Last	Feld	Ewg	orig. Last	W1	W2	A [m]	L [m]
L 1	1	ständig	1	1.60	1.60	0.00	3.00
L 2	2	ständig	1	1.60	1.60	0.00	3.00
L 3	3	ständig	1	1.60	1.60	0.00	3.00
L 4	1	Kat. D	2	4.00	4.00	0.00	3.00
L 5	2	Kat. D	2	4.00	4.00	0.00	3.00
L 6	3	Kat. D	2	4.00	4.00	0.00	3.00

Teil 1/2 - maßgebliche Kombinationen

gen. Last	Lk 2	Lk 5	Lk 7	Lk 8	Lk 9	Lk 10	Lk 11	Lk 12
L 1	1.35	1.35	1.00	1.00	1.80	1.80	1.00	1.80
L 2	1.00	1.35	1.35	1.00	1.80	1.80	1.00	1.80
L 3	1.35	1.00	1.35	1.00	1.80	1.80	1.00	1.80
L 4	1.50	1.50		1.00	1.48	1.08		
L 5		1.50	1.50				1.00	1.08
L 6	1.50		1.50	1.00	1.48	1.08		
Eigengewicht	1.35	1.35	1.35	1.00	1.80	1.80	1.00	1.80

Der Verformungsbeiwert $k_{def} = 0.80$ ist in den Faktoren der Kombinationen zur Gebrauchstauglichkeit berücksichtigt.

Teil 2/2 - maßgebliche Kombinationen

gen. Last	Lk 13
L 1	1.80
L 2	1.80
L 3	1.80
L 4	
L 5	1.48
L 6	
Eigengewicht	1.80

Der Verformungsbeiwert $k_{def} = 0.80$ ist in den Faktoren der Kombinationen zur Gebrauchstauglichkeit berücksichtigt.



Handrechnung

Nachweise der Tragfähigkeit unter Normaltemperatur

Bemessungswerte der Einwirkungen

Nach EN 1990, Anhang A1 sollten für Bauteile, welche keine geotechnischen Einwirkungen enthalten, folgende Teilsicherheitsbeiwerte verwendet werden:

$$\begin{aligned}\gamma_{Gj,\text{sup}} &= 1,35 && \text{bei ungünstiger Wirkung} \\ \gamma_{Gj,\text{inf}} &= 1,00 && \text{bei günstiger Wirkung} \\ \gamma_Q &= 1,50 && \text{bei ungünstiger Wirkung (0,0 bei günstiger Wirkung)}\end{aligned}$$

Daraus ergeben sich folgende Bemessungswerte

$$\begin{aligned}g_{d,\text{sup}} &= \gamma_G \cdot g_k \cdot e = 1,35 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,80 \text{ m} = 2,16 \text{ kN/m} \quad (\text{ungünstig}) \\ g_{d,\text{inf}} &= \gamma_G \cdot g_k \cdot e = 1,00 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,80 \text{ m} = 1,60 \text{ kN/m} \quad (\text{günstig}) \\ q_d &= \gamma_Q \cdot q_k \cdot e = 1,50 \cdot 5,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,80 \text{ m} = 6,00 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Bemessungsmaßgebende Schnittgrößen

Durch feldweise Überlagerung des Eigengewichts mit der Nutzlast und variieren des Teilsicherheitsbeiwertes γ_G wird die ungünstigste Laststellung ermittelt:

Maximales Feldmoment Feld 1

Ungünstigste Laststellung, wenn G_k in Feld 1 und Feld 3 ungünstig wirkt (in Feld 2 günstig) und Q_k in Feld 1 und Feld 3 wirkt.

$$\begin{aligned}M_{d,\text{Feld1}} &= 0,080 \cdot g_{d,\text{inf}} \cdot l^2 - 0,101 \cdot g_{d,\text{inf}} \cdot l^2 + 0,101 \cdot g_{d,\text{sup}} \cdot l^2 + 0,101 \cdot q_d \cdot l^2 \\ &= 0,080 \cdot 1,6 \cdot (3,00 \text{ m})^2 - 0,101 \cdot 1,6 \cdot (3,00 \text{ m})^2 + \\ &\quad + 0,101 \cdot 2,16 \cdot (3,00 \text{ m})^2 + 0,101 \cdot 6,00 \cdot (3,00 \text{ m})^2 \\ &= 1,15 - 1,45 + 1,96 + 5,45 = 7,12 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Maximales Feldmoment Feld 2

Ungünstigste Laststellung, wenn G_k nur in Feld 2 ungünstig wirkt (in Feld 1 und Feld 3 günstig) und Q_k nur in Feld 2 wirkt.

$$\begin{aligned}M_{d,\text{Feld2}} &= -0,05 \cdot g_{d,\text{inf}} \cdot l^2 + 0,075 \cdot g_{d,\text{sup}} \cdot l^2 + 0,075 \cdot q_d \cdot l^2 \\ &= -0,05 \cdot 1,6 \cdot (3,00 \text{ m})^2 + 0,075 \cdot 2,16 \cdot (3,00 \text{ m})^2 + 0,075 \cdot 6,00 \cdot (3,00 \text{ m})^2 \\ &= -0,72 + 1,46 + 4,05 = 4,79 \text{ kNm}\end{aligned}$$



Minimales Stützmoment

Ungünstigste Laststellung, wenn G_k in Feld 1 und Feld 2 ungünstig wirkt und in Feld 3 günstig. Q_k wirkt nur in den Feldern 1 und 2.

$$\begin{aligned} M_{d, \text{Stütz}} &= -0,117 \cdot g_{d, \text{sup}} \cdot l^2 + 0,017 \cdot g_{d, \text{inf}} \cdot l^2 - 0,117 \cdot q_d \cdot l^2 \\ &= -0,117 \cdot 2,16 \cdot (3,00 \text{ m})^2 + 0,017 \cdot 1,6 \cdot (3,00 \text{ m})^2 - 0,117 \cdot 6,00 \cdot (3,00 \text{ m})^2 \\ &= -2,27 + 0,25 - 6,31 = \underline{-8,33 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

4

Extremwert der Querkraft

$$\begin{aligned} V_d &= -0,600 \cdot g_d \cdot l - 0,617 \cdot q_d \cdot l \\ &= -0,600 \cdot 2,16 \text{ kN/m} \cdot 3,00 \text{ m} - 0,617 \cdot 6,00 \text{ kN/m} \cdot 3,00 \text{ m} \\ &= -3,89 - 11,11 = -15,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maßgebende Querkraft im Abstand $h+d/2$ vom Auflager:

$$\begin{aligned} \max |V_d| &= |-15,00 \text{ kN} + (2,16 \text{ kN/m} + 6,00 \text{ kN/m}) \cdot 0,26 \text{ m}| \\ &= |-15,00 \text{ kN} + 2,12 \text{ kN}| = \underline{12,89 \text{ kN}} \end{aligned}$$

5

Querschnittswerte

$$A = b \cdot d = 10 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm} = 200 \text{ cm}^2$$

$$W_y = \frac{b \cdot d^2}{6} = \frac{10 \text{ cm} \cdot (20 \text{ cm})^2}{6} = 667 \text{ cm}^3$$

$$I_y = \frac{b \cdot d^3}{12} = \frac{10 \text{ cm} \cdot (20 \text{ cm})^3}{12} = 6667 \text{ cm}^4$$

$$I_z = \frac{b^3 \cdot d}{12} = \frac{(10 \text{ cm})^3 \cdot 20 \text{ cm}}{12} = 1667 \text{ cm}^4$$

$$I_t = \alpha \cdot b^3 \cdot d = 0,229 \cdot (10 \text{ cm})^3 \cdot 20 \text{ cm} = 4580 \text{ cm}^4$$

6

Bemessungswerte der Beanspruchungen

$$\sigma_{m,d} = \frac{\max M_d}{W_y} = \frac{8,33 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{667 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 12,49 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{\max V_d}{A} = 1,5 \cdot \frac{12,89 \cdot 10^3 \text{ N}}{200 \cdot 10^2 \text{ mm}^2} = 0,97 \text{ N/mm}^2$$



Bemessungswerte der Festigkeiten

Nutzungsklasse 2 und „mittlere“ Lasteinwirkungsdauer: $k_{\text{mod}} = 0,8$

$$f_{m,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot f_{m,k} = \frac{0,8}{1,3} \cdot 24 \text{ N/mm}^2 = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

7

NDP Zu 6.1.7(2): „...Bei Stäben aus Nadelnschittholz dürfen die Werte für k_{cr} in Bereichen die mindestens 1,50 m vom Hirnholzende des Holzes entfernt liegen, um 30 % erhöht werden. Der k_{cr} – Faktor berücksichtigt den Unterschied der Tragfähigkeit der Bauteile nach längerer Standdauer zu Bauteilen bei Auslieferung, z.B. infolge Rissbildung...“

$$k_{\text{cr,Nadelholz}} = \frac{2,0}{f_{v,k}} = \frac{2,0}{4,0} = 0,5$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot (1,3 \cdot k_{\text{cr}} \cdot f_{v,k}) = \frac{0,8}{1,3} \cdot (1,3 \cdot 0,5 \cdot 4,0 \text{ N/mm}^2) = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

Beiwerte des Ersatzstabverfahren

$$E_{0,05} = 7400 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{EN 338}$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{l_{\text{ef}} \cdot h}{b^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{0,78 \cdot E_{0,05}}} = \sqrt{\frac{3000 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}}{(100 \text{ mm})^2}} \cdot \sqrt{\frac{24,0 \text{ N/mm}^2}{0,78 \cdot 7400 \text{ N/mm}^2}} = 0,50 < 0,75$$

$$k_{\text{crit}} = 1,0$$

Nachweise

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,d}} = \frac{12,49 \text{ N/mm}^2}{1,0 \cdot 14,77 \text{ N/mm}^2} = \underline{\underline{0,85 < 1}}$$

8

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,97 \text{ N/mm}^2}{1,60 \text{ N/mm}^2} = \underline{\underline{0,61 < 1}}$$

9



Nachweise der Gebrauchstauglichkeit 10

Anfangsverformung

$$w_{G,inst} = 0,688 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{g_k \cdot l^4}{E \cdot I} = 0,688 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1,60 \text{ N/mm} \cdot (3000 \text{ mm})^4}{11000 \text{ N/mm}^2 \cdot 6667 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = 1,2 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = 0,992 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{q_k \cdot l^4}{E \cdot I} = 0,992 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{4,00 \text{ N/mm} \cdot (3000 \text{ mm})^4}{11000 \text{ MN/m}^2 \cdot 6667 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = 4,4 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = w_{G,inst} + w_{Q,inst} = 1,2 \text{ mm} + 4,4 \text{ mm} = 5,6 \text{ mm}$$

Endverformung

$$\begin{aligned} w_{net,fin} &= (w_{G,inst} + \psi_{2,1} \cdot w_{Q,1,inst}) \cdot (1 + k_{def}) - w_c \\ &= (1,2 \text{ mm} + 0,6 \cdot 4,4 \text{ mm}) \cdot (1 + 0,8) - 0 \text{ mm} = 6,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$w_{G,fin} = w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 1,2 \text{ mm} \cdot (1 + 0,8) = 2,2 \text{ mm}$$

$$w_{Q,1,fin} = w_{Q,1,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) = 4,4 \text{ mm} \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,8) = 6,5 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin} = 2,2 \text{ mm} + 6,5 \text{ mm} = 8,7 \text{ mm}$$

Nachweise

Charakteristische Einwirkungskombination Quasi-ständige Einwirkungskombination

$$w_{inst} = 5,6 \text{ mm} \leq 10 \text{ mm} = l / 300 \quad w_{net,fin} = 6,9 \text{ mm} \leq 10 \text{ mm} = l / 300$$

Charakteristische + quasi-ständige Einwirkungskombination

$$w_{fin} = 8,7 \text{ mm} \leq 15 \text{ mm} = l / 200$$