

Bauherr:



Gemeinsames Kommunalunternehmen für Abfallwirtschaft
Josef-Kistler-Weg 22, 82140 Olching

Gesamtplaner



DNV Energy Systems Germany GmbH
Gostritzer Str. 67, 01217 Dresden

Bauvorhaben:

GfA Olching, Neuer Dampfturbosatz,
Errichtung Betriebsgebäude und LuKo

Tragwerksplanung:

Ingenieurbüro Böhme GmbH
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Axel Fichtner

Projekt-Nr.: 24-51

- Standsicherheitsnachweis - - Genehmigungsstatik Teil 3 - Bohrpfahlgründung Betriebsgebäude und LuKo

Prüfvermerke: Hinsichtlich Standsicherheit geprüft
Siehe Prüfbericht Nr. 1

Eintragungen beachten!

S-R/250210



Statik Regensburg

Bearbeiter(in)

Prüfsachverständige(r)
für Standsicherheit

Digital signiert
Matthias
Tausendpfund

signiert durch
Dipl.-Ing.
Martin Koller
04.12.2025

Koller

aufgestellt: Dresden, 17.10.2025
Ort, Datum

Fichtner
Unterschrift



01157 Dresden, Sachsdorfer Str. 5a
Tel.: (0351) 320 336 30
Fax: (0351) 320 336 31
e-mail: buero@ingboehme.de
Listen-Nr.: 60698

Inhaltsverzeichnis

Baubeschreibung.....	Seite: 3
Baustoffe, Baugrund.....	Seite: 4
Literaturverzeichnis.....	Seite: 5
F30 Bohrpfahlgründung.....	Seite: 6
F30-1 Bohrpfahl Typ E.....	Seite: 9
F40 Pfahlkopfbalken Luftkondensator	Seite: 16
F40-1 Stb.-Balken Achse Nord.....	Seite: 17
F40-2 Stb.-Balken Achse Süd.....	Seite: 26
F40-3 Koppelbalken allgemein.....	Seite: 36
F40-4 Koppelbalken West.....	Seite: 42
F41 Bohrpfahlgründung Luftkondensator.....	Seite: 49
F41-1 Bohrpfahl Typ F.....	Seite: 52
F41-2 Bohrpfahl Typ G.....	Seite: 59
F41-3 Bohrpfahl Typ H.....	Seite: 66
Bauangaben LuKo.....	Seite: 73
Wind auf Luko.....	Seite: 74
Schlussbemerkungen.....	Seite: 78
IV_70-202_Positionsplan GR Statik Teil 3	Seite: 79



Baubeschreibung / Veranlassung

Das Gemeinsame Kommunalunternehmen für Abfallwirtschaft (GfA) plant den Neubau eines Dampfturbosatzes, eines Betriebsgebäudes und eines Luftkondensators (LuKo).

Das Ingenieurbüro Böhme GmbH wurde mit der Aufstellung der statischen Berechnung beauftragt.

Die statische Berechnung gliedert sich in 4 Teile:

- Teil 1 Turbinengebäude
- Teil 2 Betriebsgebäude
- Teil 3 Gründung LuKo und Betriebsgebäude
- Teil 4 Gründung Rohrtrasse

Im folgenden Teil 3 der Statik wird die Bohrpfahlgründung des Luftkondensators einschließlich der Pfahlkopfbalken und die Bohrpfahlgründung des Betriebsgebäudes ohne Bodenplatte betrachtet.

Die Bodenplatte für das Betriebsgebäude ist Bestandteil von Teil 2 der Gesamtstatik.

Die Bohrpfähle müssen aufgrund der Verzahnung des Balkenrostes mit dem Baugrund bzw. des Erdwiderstandes gegen die 50 cm starke Bodenplatte des Betriebsgebäudes keine horizontal gerichteten Lasten abtragen.

Für die Lage der Bohrpfähle müssen auf dem Gelände verlegte Medien und Grundleitungen beachtet werden.

Die Lage der eingetragenen Leitungen im Grundriss des Positionsplanes bzw. des Lageplanes muss unbedingt durch Suchschachtung vor Ausführung des Spezialtiefbaus überprüft werden !

Allgemein:

Alle getroffenen Annahmen müssen vor Ausführung auf ihre Richtigkeit hin überprüft werden.

Positionsplan

Die Positionspläne sind keine Ausführungspläne. Maße für die Baustelle sind nur den aktuellsten Ausführungsplänen im Maßstab M=1:50 zu entnehmen ! Sollten die Positionspläne nicht mit den Ausführungsunterlagen übereinstimmen, ist der Aufsteller dieser Statik zu informieren !



Baustoffe

Beton	Sauberkeitsschicht	C12/15
	Ortbetonbohrpfähle	C30/37 ✓ WU-Beton
	Gründungsbauteile	C30/37 ✓

Expositionsklassen siehe Berechnungen !

Betonstahl B500 A/B ✓

Baustahl S235

Baugrund

Aus dem Baugrundgutachten G3966-B vom 16.09.2025,

ACI Axel Christmann Ingenieurtechnik GmbH:

Unter den bis zu 3,50 m mächtigen Auffüllungen folgt locker bis mitteldicht gelagerter Terrassenschotter, der erst ab ca. 4,80 m unter GOK eine mindestens mitteldichte bis dichte Lagerung besitzt. Die kiesigen Terrassenschotter enthalten teilweise keinen Feinanteil (Rollkies-Horizonte).

Unterhalb von ca. 7,10 m bis 7,70 m sind mitteldichte bis dichte Molassesande mit vereinzelt Mergel-Horizonten anzutreffen. Unterhalb von ca. 15 m unter GOK wurden 1,50 m mächtige Molassemergel-Horizonte von halbfester bis fester Konsistenz angetroffen.

Aus der Erfahrung vergangener Jahre heraus wird das höchste Grundwasser für die Bemessung dem Geländeniveau gleichgesetzt.

HW (Bemessung) = GOK ✓

Das Grundwasser ist nicht betonangreifend.

Bei einer Gründung mittels Ortbetonpfählen müssen diese dabei mindestens 3,0 m in die tragfähigen, mindestens mitteldichten Böden einbinden.

Bruchwerte $q_{s,k}$ der Pfahlmantelreibung und Pfahlspitzenwiderstände $q_{b,k}$ für $S=0,02D$

Terrassenschotter, locker bis mitteldicht	$q_{s,k} = 0,02 \text{ MN/m}^2$	$q_{b,k} = -/-$
Terrassenschotter mind. mitteldicht	$q_{s,k} = 0,12 \text{ MN/m}^2$	$q_{b,k} = 0,70 \text{ MN/m}^2$
Molassesand, mitteldicht bis dicht	$q_{s,k} = 0,06 \text{ MN/m}^2$	$q_{b,k} = 0,90 \text{ MN/m}^2$
Molassemergel, halbfest bis fest	$q_{s,k} = 0,06 \text{ MN/m}^2$	$q_{b,k} = 0,35 \text{ MN/m}^2$

Wird als zutreffend
vorausgesetzt

Berechnungen

Die Bemessung und Schnittkraftermittlung erfolgte mit den Programmen von:

- Friedrich & Lochner,



Unterlagen

- (1) Genehmigungsplanung (M=1:50), Grundrisse, Schnitte, Ansichten; 05.09.2025;
Ingenieurbüro Böhme GmbH, Sachsdorfer Str. 5a, 01157 Dresden
- (2) Anlagenplanung, Gebäudedimensionierung, Lastangaben, Technologie;
DNV Energy Systems Germany GmbH, Gostritzer Str. 67, 01217 Dresden
- (3) Baugrundgutachten vom 16.09.2025, Projekt-Nr. G3966-B,
Abfallheizkraftwerk Olching, Neubau eines Dampfturbosatzes und eines Luftkondensators;
ACI Axel Christmann Ingenieurtechnik GmbH, Paul-Gerhardt-Allee 46, 81245 München
- (4) Brandschutzkonzept; noch ausstehend
..., ...

Literatur

- Schneider Bautabellen, 24. Auflage, 2020;
- Normen, allgemein: DIN EN 1990 (Grundlagen Tragwerksplanung), DIN EN 1991 (Einwirkung auf Tragwerke), DIN EN 1992 (Stahlbeton, Spannbeton), DIN EN 1993 (Stahlbau), DIN 1053-1 (Mauerwerk), DIN EN 1997 (Geotechnik), Eigene Unterlagen



Pos. F30 Bohrpfehlgründung Betriebsgebäude

Statisches System siehe Berechnung

Lastzusammenstellung:

Pfahl-Nr.:	aus Pos.	Auflager Nr.:	Achslage (außen)	G _k [kN]	Q _k [kN]	F _{zd} [kN]	Lastgruppe
33	F1	S5	/	171	221	562	E
34	F1	S3	/	141	184	467	E
35	F1	S1	/	100	93	274	E
36	F1	S7	/	89	140	330	E
37	F1	S4	/	260 ✓	346 ✓	870 ✓	E
38	F1	S2	/	235	253	696	E
53	F1	S6	/	153	148	429	E

Lastansatz für die Bohrpfähle nach Typ E : $F_{zd} = 870 \text{ kN}$ ✓ siehe Position F30-1

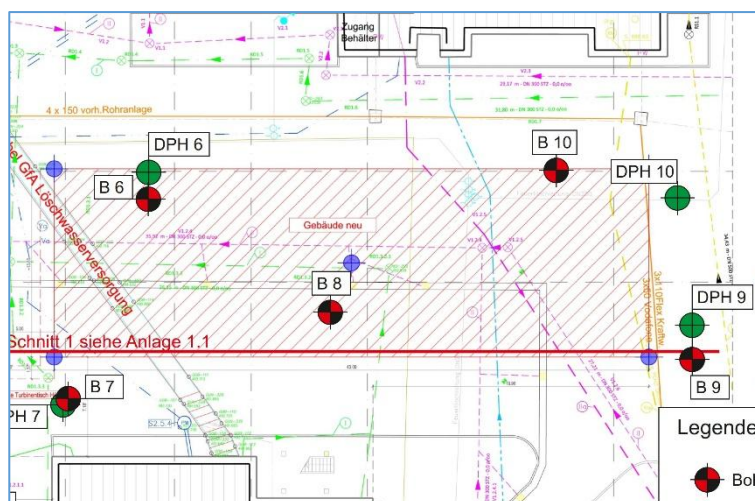
Es wird definiert, dass alle horizontalen Lasten über den Balkenrost in den Baugrund abgeleitet werden. Die Bohrpfähle müssen keine horizontal gerichteten Lasten abtragen.

Für die Bemessung wird von einer zulässigen Setzung von 1,8 cm ausgegangen.

„Die Mindesteinbindetiefe eines Bohrpfahls in die Tragschicht sollte mindestens 2,5 m betragen, wenn Erfahrungswerte zur Tragfähigkeit herangezogen werden.“

Im Baugrundgutachten werden dafür 3,0 m empfohlen.

„Zusätzlich sollte die Mächtigkeit der tragfähigen Schicht unter dem Pfahlfuß mindestens 1,5 m und das 3-fache des Pfahldurchmessers betragen.“



Auszug aus Baugrundgutachten von ACI,
16.09.2025



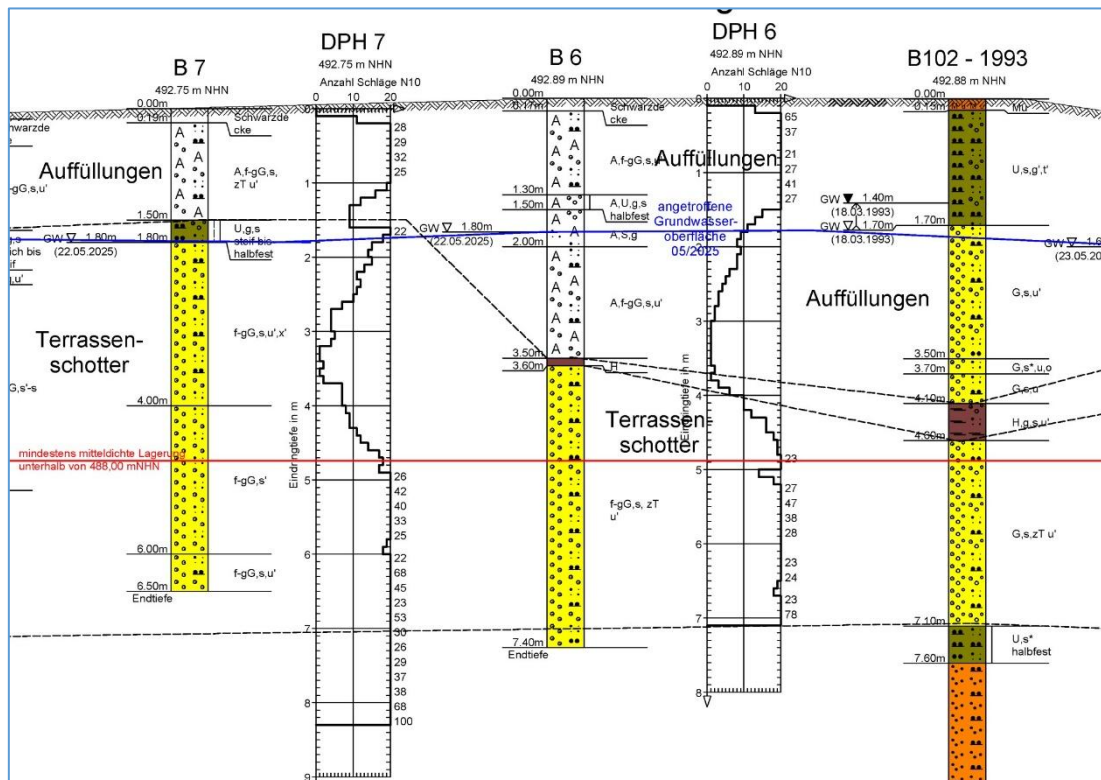


Tabelle 5: Rechenwerte

Bodenschicht	γ_k	γ'_k	ϕ'_k	c'_k	c_{uk}	E_{sk}
gewachsener quartärer Kies, locker bis mitteldicht	19	11	32,5	--	--	30-80
gewachsener quartärer Kies, mindestens mitteldicht	20	12	35,0	--	--	80-100
Molassesand, mitteldicht bis dicht	19	11	35	--	--	20-30
Molassemergel, halbfest bis fest	21	11	27,5	5	40	10-15

Es bedeuten:

γ_k	char. Wichte über Wasser	in kN/m ³
γ'_k	char. Wichte unter Wasser	in kN/m ³
ϕ'_k	char. Reibungswinkel	in °
c'_k	char. Kohäsion	in kN/m ²
c_{uk}	char. Kohäsion (undrained)	in kN/m ²
E_{sk}	char. Steifemodul	in MN/m ²

Wird als zutreffend vorausgesetzt

Auszüge aus Baugrundgutachten von ACI, 16.09.2025

Schnittkräfte / Bemessung

vergl. elektron. Berechnung

Beton: C 30/37 **WU**
Betonstahl: B 500B

Expositionsklassen: XC2 **WF**
Betondeckungen: $c_{nom} = 3,5$ cm



DIN EN 1536:2015-10 Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Bohrpfähle

7.5.2.2 Mindestlängsbewehrung $0,5 \text{ m}^2 < A_c < 1,0 \text{ m}^2$ $A_c = \pi 0,88^2 / 4 = 0,61 \text{ m}^2$
 $A_{s \text{ erf}} \geq 0,0025 \text{ m}^2$
 $A_{s \text{ erf}} \geq 25,0 \text{ cm}^2$ ✓

Pos. F30-1 Bohrpfähle Lastgruppe E

OK FFB = -0.20 m = +492.92 m NHN ✓

Bodenprofil nach Bohrsondierung B6 (2025):

UK Bodenplatte	+492,42 m NHN
darunter anstehend: Auffüllungen, Torf – nicht tragend	
OK Terrassenschotter, locker (Bohrung B6)	+489,29 m NHN
OK Terrassenschotter, mitteldicht (Bohrung B6)	+488,00 m NHN
OK Tertiäre Molasse (Annahme Gutachter)	+485,53 m NHN
Grundwasser HW (Bemessung) = OK Gelände	

gewählt: $\varnothing 88 \text{ cm}$ ✓, Länge $8,0 \text{ m}$ ✓ (ab UK Bodenplatte) ✓Bewehrung: Längsbewehrung : 10 $\varnothing 20 / 23$ ✓
Bügel oder Wendelbewehrung : $\varnothing 10 / 15$

Es werden 7 Bohrpfähle mit derselben Länge und gleichen Bewehrung ausgeführt !

Auslastung: Lastgruppe E (6 Stück): $\eta = 0,68$ ✓ Pfähle Nr. 33 – 38, 53

F30-1 Bohrpfahl Typ E

Pfahlgründung Pfahl+ (FRILO 2026-0-4)

Einstellungen und Berechnungsparameter

Parameter für die geotechnische Bemessung

Grundbaunorm : DIN EN 1997:2010

Bemessungsnorm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm : DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik : DIN EN 1990/NA:2010-12

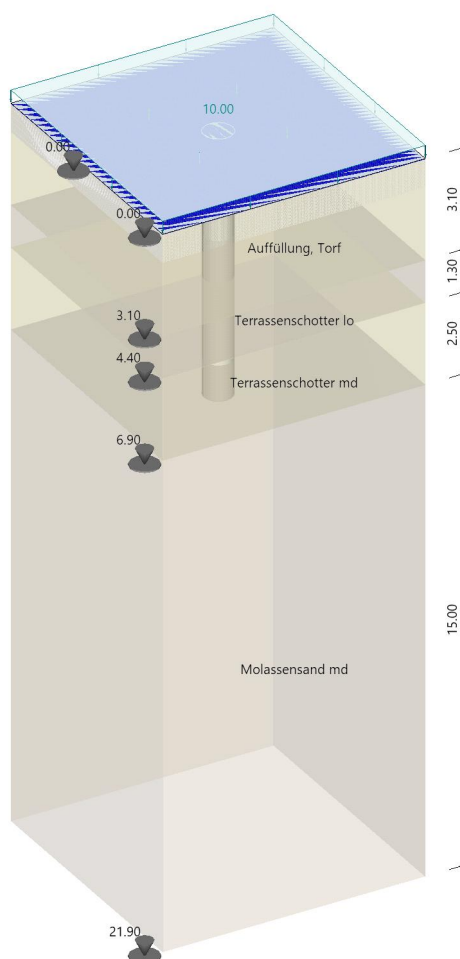
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE) : nicht angesetzt

Kombination ständiger Lasten : alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

System

Grafik zum Pfahlsystem

Maßstab 1 : 200



unabhängig geprüft

Pfahlsystem

Pfahlart	Stabsystem		Querschnitt	
	L_s [m]	α [°]	D_s [cm]	d_1 [cm]
Bohrpfahl	8,00	0,0	88,0	5,2



Materialdefinitionen**Materialauswahl**

Beton C 30/37  $f_{ck} = 30.00 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 33000 \text{ N/mm}^2$
 Betonstahl B500B $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
 $k(f_t/f_y) = 1.08$ $\epsilon_{uk} = 50.0 \text{ ‰}$ (Bügel und Längsbewehrung)

Material Bemessungswerte

Bemessungssituation	Beton C 30/37 $\alpha_{cc} = 0.85$ $\alpha_{ct} = 0.85$			Betonstahl B500B		
	γ_c	f_{cd} N/mm ²	f_{ctd} N/mm ²	γ_s	f_{yd} N/mm ²	$f_{td} = f_{tk,cal} / \gamma_s$ N/mm ²
ständig/vorübergehend	1.50	17.00	1.15	1.15	434.78	456.52
Erdbeben	1.50	17.00	1.15	1.15	434.78	456.52
außergewöhnlich	1.30	19.62	1.33	1.00	500.00	525.00

Kriechzahl:

Umgebungsbedingungen:

Bodenfeuchte: $B_u = 50 \%$ Zementtyp: ZEM_N_RBelastungsalter: $t_0 = 28$ TageEndkriechzahl: $\phi(t_0, \infty) = 2.10$ **Anforderungen Dauerhaftigkeit:**

Betonangriff WF
 Bewehrungskorrosion XC2
 Mindestbetonklasse C 16/20
 Bügel $d_{s,b} = 10 \text{ mm}$
 Längsbewehrung $d_{s,l} = 20 \text{ mm}$
 Vorhaltemaß $\Delta C_{dev} = 10 \text{ mm}$
 reduziertes $c_{min} \geq C 16/20$
 Bügel $c_{min,b} = 15 \text{ mm}$
 Betondeckung $c_{nom,b} = 30 \text{ mm}$
 Längsbewehrung $c_{min,l} = 20 \text{ mm} \text{ *5}$
 Betondeckung $c_{nom,l} = 40 \text{ mm} \text{ *1}$
 Verlegemaß Bügel $c_{v,b} = 30 \text{ mm}$
 zul. Rissbreite $w_{max} = 0.30 \text{ mm}$

*1: mit $c_{min,b}$

*5: Verbund maßgebend

Baugrund

Es liegt Grundwasser an. Höhenkote: 0,00 m unter OK Gelände.

Schicht	Benennung	Dicke [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	ϕ_u [°]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	E_s [kN/m ²]
1	Auffüllung, Torf	3,10	10,40	0,40	24,0 	15,00 	0,0	-	500,00
2	Terrassenschotter lo	1,30	19,00	11,00	32,5 	- 	0,0	-	500,00 
3	Terrassenschotter md	2,50	20,00	12,00	35,0 	- 	0,0	-	80000,00 
4	Molassensand md	15,00	19,00	11,00	35,0	-	0,0	-	20000,00 

Belastung**Lastparameter**

Eigengewicht Pfahl : Eigengewicht wird mit 73,0 kN am Pfahlkopf automatisch angesetzt. 
 Großflächige Geländelast : 10,00 kN/m² 



Einwirkungen

ID	Bezeichnung	Grenzzustand	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	P		T		A/E	
						$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
99	ständig	STR	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,00	1,20	1,00	1,10
		GEO-2				1,00	1,35	1,00	1,20	1,00	1,10
		SERV				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Kat. E: Lagerflächen	STR	1,00	0,90	0,80		1,50		1,30		1,10
		GEO-2					1,50		1,30		1,10
		SERV					1,00		1,00		1,00

Pfahllasten

Nr.	V_k [kN]	e_x [cm]	e_y [cm]	$F_{x,k}$ [kN]	$F_{y,k}$ [kN]	$M_{x,k}$ [kNm]	$M_{y,k}$ [kNm]	EGrp	ZGrp	Alt	Beschreibung
1	260,0	0,0	0,0					99			
2	346,0	0,0	0,0					5			

Widerstände**Axialer Druckwiderstand aus Erfahrungswerten**
 $R_{c,k}(\text{ULS}) = 1996,0 \text{ kN}$ $R_{c,k}(\text{SLS}) = 1664,3 \text{ kN}$

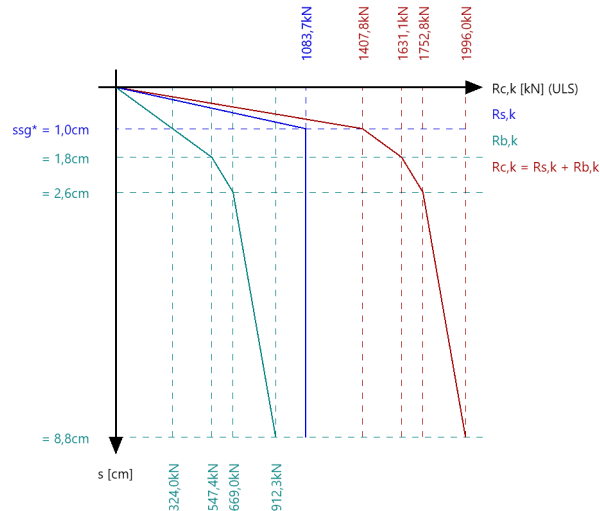
 Grenzsetzung $s_k(\text{SLS}) = 2,0 \text{ cm}$ Setzungsdifferenz $\kappa = 0,00$
Pfahlwiderstand aus Pfahlmantelreibung

Obere Kote [m]	Untere Kote [m]	Schichthöhe [m]	Umfang [m]	$A_{s,i}$ [m ²]	$q_{s,k,i}(\text{ssg}^*)$ [kN/m ²]	$R_{s,k,i}(\text{ssg}^*)$ [kN]
0,00	3,10	3,10	2,76	8,57	0,00	0,0
3,10	4,40	1,30	2,76	3,59	20,00	71,9
4,40	6,90	2,50	2,76	6,91	120,00	829,4
6,90	8,00	1,10	2,76	3,04	60,00	182,5
						1083,7

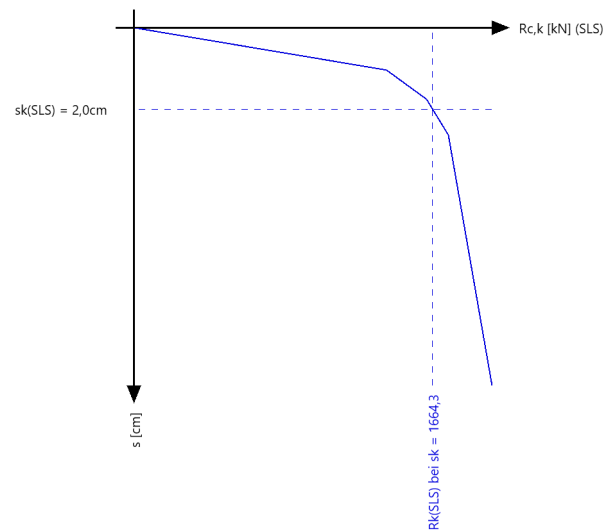
Pfahldruckwiderstand aus Spitzendruck

s_k / D_{eq}	s_k [cm]	A_q [m ²]	$q_{b,k,i}$ [kN/m ²]	$R_{b,k,i}$ [kN]
0,02	1,8	0,61	900,00	547,4
0,03	2,6	0,61	1100,00	669,0
0,10	8,8	0,61	1500,00	912,3

Maßstab 1 : 20



Maßstab 1 : 20



Grenzzustände in der ständigen Bemessungssituation

Nachweis Druckpfehl

Überlagerungsfaktoren

Nachweisverfahren 2 nach EN 1997-1, Abs. 2.4.7.3.4.3(1)P - Kombination: A1+M1+R2

Grenzzustand	Bemessungssituation	Lastfall	γ_F	Ψ	Faktor
GEO-2	ständig	Eigengewicht $G_{v,z,k}$ ($F_{v,g,k}$)	1,35	1,00	1,35
		Kopflast $F_{v,g,k}$	1,35 ✓	1,00	1,35
		Kopflast $F_{v,p,k}$	1,50 ✓	1,00	1,50

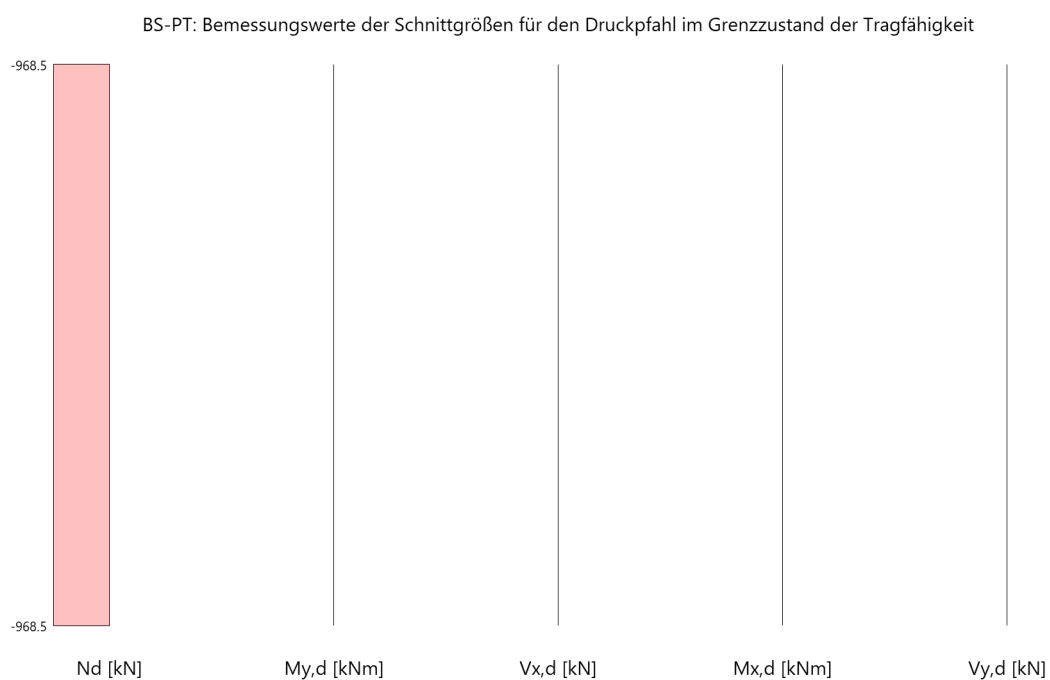


Bemessungswerte der Lasten**Pfahllasten**

Nr.	V _d [kN]	e _x [cm]	e _y [cm]	F _{x,d} [kN]	F _{y,d} [kN]	M _{x,d} [kNm]	M _{y,d} [kNm]	aus Last
1	98,5	0,0	0,0					Eigengewicht G _{v,z,k} (F _{v,g,k})
2	351,0	0,0	0,0					Kopflast F _{v,g,k}
3	519,0	0,0	0,0					Kopflast F _{v,p,k}

Grafik zu den Bemessungswerten der Schnittgrößen

Maßstab 1 : 109.4

**Äußere Bemessung des axial beanspruchten Druckpfahls**

Nachweis $F_{c,d} / R_{c,d} = 0,68 < 1$ Nachweis erfüllt.

Dabei sind:

Bemessungswert der Einwirkung

 $F_{c,d} = 968,5 \text{ kN}$

Charakteristischer Widerstand

 $R_{c,k} = 1996,0 \text{ kN}$ Bemessungswert $R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_t = 1425,7 \text{ kN}$

Gesamtwiderstand Druckpfehl

 $\gamma_t = 1,40$ **Häufige Bemessungssituation****Setzungsnachweis****Überlagerungsfaktoren**

Grenzzustand	Bemessungssituation	Lastfall	γ_F	Ψ	Faktor
SERV	häufig	Eigengewicht G _{v,z,k} (F _{v,g,k})	1,00	1,00	1,00
		Kopflast F _{v,g,k}	1,00	1,00	1,00
		Kopflast F _{v,p,k}	1,00	0,90	0,90



Charakteristische Lasten**Pfahllasten**

Nr.	V_k [kN]	e_x [cm]	e_y [cm]	$F_{x,k}$ [kN]	$F_{y,k}$ [kN]	$M_{x,k}$ [kNm]	$M_{y,k}$ [kNm]	aus Last
1	73,0	0,0	0,0					Eigengewicht $G_{v,z,k}$ ($F_{v,g,k}$)
2	260,0	0,0	0,0					Kopflast $F_{v,g,k}$
3	311,4	0,0	0,0					Kopflast $F_{v,p,k}$

Grafik zu den charakteristischen Werten der Schnittgrößen

Maßstab 1 : 250

Schnittgrößen für axial beanspruchten Druckpfehl im Grenzzustand der Gebrauch

**Setzungsnachweis für axial beanspruchten Druckpfehl**

Nachweis $s_k / s_{R,k} = 0,24 \checkmark 1$ Nachweis erfüllt.
 Vorhandene Setzung $s_k = 0,5 \text{ cm}$ zulässige Setzung $s_{R,k} = 2,0 \text{ cm}$

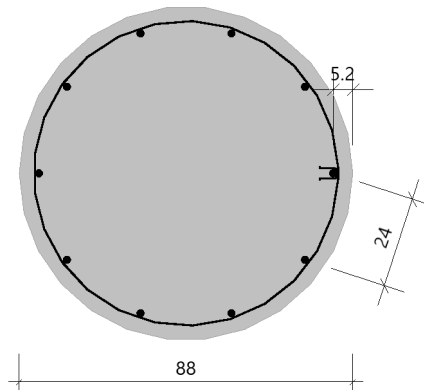
bzw. $F_k / R_k = 0,39 \checkmark 1$ Nachweis erfüllt.
 Vorhandene Einwirkung $F_k = 644,4 \text{ kN}$ zulässige Einwirkung $R_k = 1664,3 \text{ kN}$

Bewehrung**Bewehrungsanordnung im Querschnitt**

Stützenabschnitt	Stabnummer	$\varnothing$ mm	Fläche cm ²	y cm	z cm
Abschnitt 1 Bügel: 102Ø10 mm	1	20	3.1	38.8	0.0
	2	20	3.1	31.4	22.8
	3	20	3.1	12.0	36.9
	4	20	3.1	-12.0	36.9
	5	20	3.1	-31.4	22.8
	6	20	3.1	-38.8	0.0
	7	20	3.1	-31.4	-22.8
	8	20	3.1	-12.0	-36.9
	9	20	3.1	12.0	-36.9
	10	20	3.1	31.4	-22.8
			31.4		

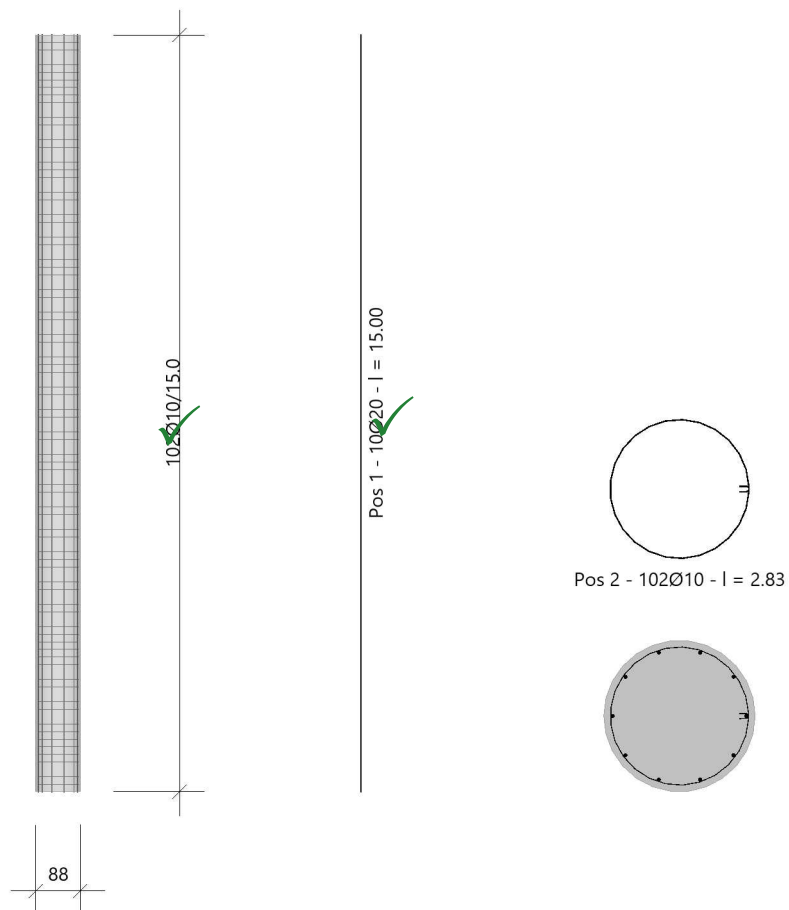


Maßstab 1 : 20



Rundstahlliste

Maßstab 1 : 150



Pos. F40 Stb.- Pfahlkopfbalken des Balkenrostes unter dem LuKo

Statisches System siehe Berechnung

Ständige Lasten:

Wird als zutreffend vorausgesetzt

 Aus vorläufiger Lastangabe BRONSWERK HEAT TRANSFER $G = 490.000 \text{ kg}$

Für die Bemessung der Gründung wird die Lastangabe um 25 % erhöht.

$$VR: 4900 \text{ kN} \cdot 1,25 / 36 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} / 2 = 510 \text{ kN}$$

Randstützen	$4900 \text{ kN} \cdot 1,25 / 12$	$= 510 \text{ kN}$ ✓
Koppelbalken	$25 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 \text{ m} \cdot 1,20 \text{ m} \cdot 5,10 \text{ m}$	$= 153 \text{ kN}$ ✓
	g_1	$= 663 \text{ kN}$ ✓

Mittelstützen	$4900 \text{ kN} \cdot 1,25 / 6$ ✓	$= 1021 \text{ kN}$ ✓
Koppelbalken	$25 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,00 \text{ m} \cdot 1,20 \text{ m} \cdot 5,10 \text{ m}$	$= 153 \text{ kN}$ ✓
	g_2	$= 1174 \text{ kN}$ ✓

Straßenbeton d = 20 cm	$25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,20 \text{ m}$	$g_3 = 5,00 \text{ kN/m}^2$ ✓
------------------------	--	-------------------------------

Eigengewicht des Stb.-Pfahlkopfbalken siehe elektronische Berechnung !

Verkehrslast:

Radlasten aus einer Achse eines LKW von 30 t	$q_1 = 50,00 \text{ kN}$ ✓
--	----------------------------

Windlast:

Wird als zutreffend vorausgesetzt

Wind aus 0°	$(0,64 + 0,37) \text{ kN/m}^2 \cdot 11,0 \text{ m} \cdot 19,0 \text{ m}$ ✓	$M' = 211,09 \text{ kNm/m}$ ✓
-------------	--	-------------------------------

Mittelstützen	$211,09 \text{ kNm/m} \cdot 12,0 \text{ m} / 11,50 \text{ m}$	$F_{1W+/-} = 220,27 \text{ kN}$ ✓
---------------	---	-----------------------------------

Randstützen	$211,09 \text{ kNm/m} \cdot 6,0 \text{ m} / 11,50 \text{ m}$	$F_{2W+/-} = 110,13 \text{ kN}$ ✓
-------------	--	-----------------------------------

Schnittkräfte

vergl. elektron. Berechnung

Bemessung

vergl. elektron. Berechnung

Beton: C 30/37 ✓ Stahl: B 500;

Expositionsklassen

erdberührt XC2 ✓ WF

Betondeckungen:

 $c_{nom} = 3,5 \text{ cm}$

<u>gewählt :</u>	Pfahlkopfbalken längs	$B / H = 1,30 / 1,00 \text{ m}$ ✓
	Koppelbalken quer	$B / H = 1,00 / 1,00 \text{ m}$ ✓

<u>Bewehrung :</u>	Pfahlkopfbalken	unten / oben: 9 Ø 16 ✓	$= 18,1 \text{ cm}^2$ ✓
		Bügel 4-schnittig: Ø 10 / 15 ✓	$= 20,9 \text{ cm}^2/\text{m}$ ✓
	Koppelbalken	unten: 9 Ø 20 ✓	$= 28,3 \text{ cm}^2$ ✓
		oben: 7 Ø 20 ✓	$= 22,0 \text{ cm}^2$ ✓
		Bügel 4-schnittig: Ø 10 / 15 ✓	$= 20,9 \text{ cm}^2/\text{m}$ ✓

Einschließlich vertikale Anschlussbewehrung in die aufgehenden Stützensockel. Die Maßangaben müssen von Seiten des Auftraggebers vor der Ausführungsplanung noch erfolgen !

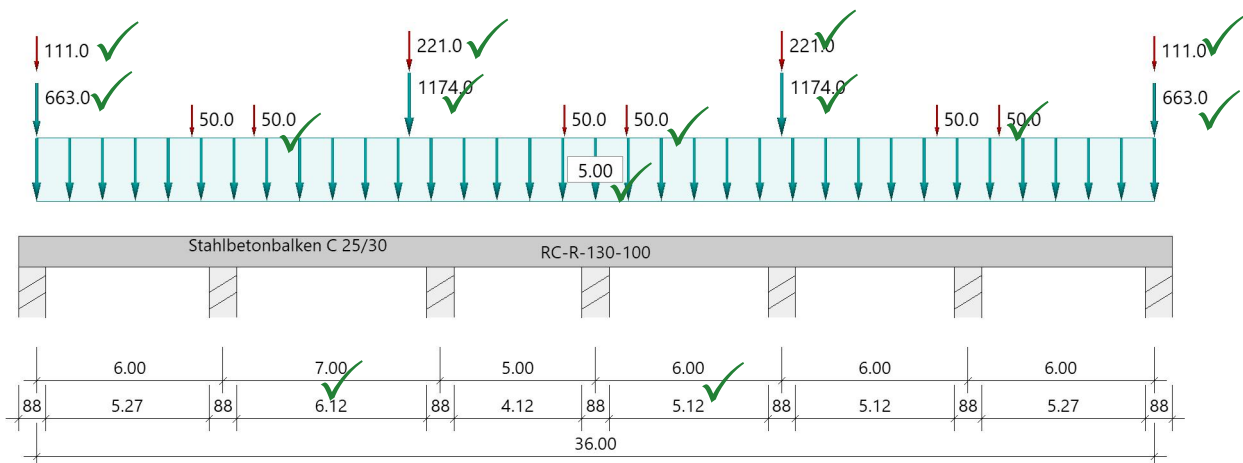
✓

F40-1 Stb.-Balken Achse Nord

Durchlaufträger DLT+ (FRILO 2026-0-4)

GrundparameterStahlbetonbalken über 6 Felder $E = 31000 \text{ N/mm}^2$

DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

System**Systembild****Material****Materialauswahl**
 Beton C 25/30 ✓
 Betonstahl B500A

$$f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$$

$$k(f_t/f_y) = 1.05$$

$$E_{cm} = 31000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$\epsilon_{uk} = 25.0 \text{ ‰}$$

(Bügel und Längsbewehrung)

Geometrie**Querschnitte**

Nr	Art	b_o [cm]	h_o [cm]	b [cm]	h [cm]	b_u [cm]	h_u [cm]
1	Rechteck			130.0 ✓	100.0 ✓		

Felder

Feld	Länge [m]	Querschnitt
1	6.00	RC-R-130-100 (konstant über gesamte Trägerlänge)
2	7.00	
3	5.00	
4	6.00	
5	6.00	
6	6.00	

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *)		
				Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	2618880.00	-1	37711.9	0.0
2	6.00	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0
3	13.00	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0
4	18.00	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0
5	24.00	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0
6	30.00	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0
7	36.00	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0

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

Stiele

VR: vertikale Feder ca. 200000 kN/m aus Pfahlsetzung

Stütze	Fußpunkt	Höhe [m]	Breite [cm]	Dicke [cm]	I [cm ⁴]
1	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
2	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
3	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
4	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
5	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
6	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
7	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376

Lasten**Einzellasten und Momente**

Bezug	Nr	Art	A [m]	W []	EG	Zus	Alt
Feld 1	1	kraft	0.00	663.0 kN	ständig		
	2	kraft	5.00	50.0 kN	Kat. G	1	
	3	kraft	0.00	111.0 kN	Wind	7	
Feld 2	4	kraft	6.00	1174.0 kN	ständig		
	5	kraft	1.00	50.0 kN	Kat. G	2	
	6	kraft	6.00	221.0 kN	Wind	7	
Feld 3	7	kraft	4.00	50.0 kN	Kat. G	3	
Feld 4	8	kraft	1.00	50.0 kN	Kat. G	4	
Feld 5	9	kraft	0.00	1174.0 kN	ständig		
	10	kraft	5.00	50.0 kN	Kat. G	5	
	11	kraft	0.00	221.0 kN	Wind	7	
Feld 6	12	kraft	6.00	663.0 kN	ständig		
	13	kraft	1.00	50.0 kN	Kat. G	6	
	14	kraft	6.00	111.0 kN	Wind	7	

Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast
A [m] : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger
EG : Lasteinwirkung
Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe
Alt : Alternativgruppe

Streckenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	wirkt Feldweise	EG	Zus	Alt
System	15	GL		36.00		5.00		Nein	ständig		

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

EigengewichtGesamtgewicht = 117000 kg mit Gamma = 25.00 kN/m³ berücksichtigt.

Übersicht der verwendeten Einwirkungen

Einwirkungen

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig				1.00	1.35 ✓
Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN	0.70	0.50	0.30		1.50 ✓
Windlasten	0.60	0.20	0.00		1.50 ✓

Ergebnisse

Bemessungsparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
Basis	:	EN 1992-1-1:2004/A1:2014
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Schadensfolgeklasse	:	CC 2
$\psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Zugversteifung GZG	:	wird angesetzt
Nachweis Spannungsbegrenzung	:	wird geführt
Überprüfung des lin. Kriechansatzes	:	wird geführt

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

Betonangriff	X0
Bewehrungskorrosion	XC1
Mindestbetonklasse	C 16/20
Bügel	$d_{s,b} = 8$ mm
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 12$ mm
Vorhaltemaß	$\Delta C_{dev} = 10$ mm
Bügel	$c_{min,b} = 10$ mm
Betondeckung	$c_{nom,b} = 20$ mm
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 12$ mm *5
Betondeckung	$c_{nom,l} = 28$ mm *1
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 20$ mm
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.40$ mm

*1: mit $c_{min,b}$

*5: Verbund maßgebend

Kriechzahl und Schwindmaß

Luftfeuchte	LU = 50 %	Zement Typ N,R
Normalbeton	$f_{ck} = 25$ N/mm ²	
Belastungsalter	$t_0 = 28$ Tage	$t = \text{unendlich}$
Kriechzahl	$\phi(t_0, t) = 2.26$	
Schwindmaß	$\epsilon_{cs}(t) = -0.39$ ‰	

Betondeckung

Betondeckung	unten = 3.0 cm	oben = 3.0 cm
	links = 3.0 cm	rechts = 3.0 cm
Bewehrungslagen	unten = 4.5 cm ✓	oben = 4.5 cm ✓
Abminderung der Stützmomente ≤ 15 %		

Bemessungseinstellungen

- Die Feldbewehrung ist gestaffelt.
- Die Duktilitätsbewehrung nach 9.2.1.1 ist in erf As enthalten.
- Grenze $k_x < .45$ wird eingehalten.
- Mitwirkende Plattenbreite wird bei der Bemessung berücksichtigt.
- Verankerung am Endauflager ist nur 50% von VEd an VK Endauflager.
- Verankerung am Endauflager von VEd an VK Endauflager mal $\cot(\Theta)/2$.



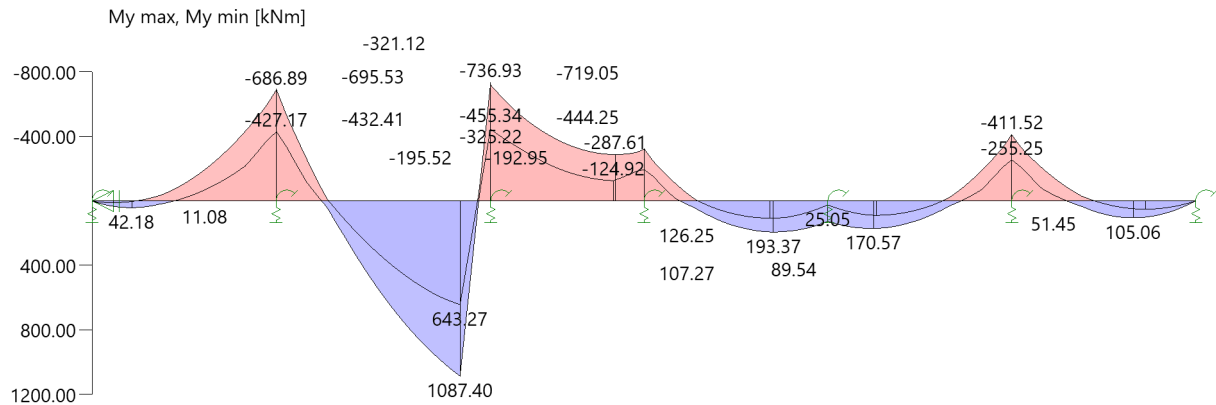
Auflagerbedingungen

Alle Auflager gleich : Beton mit Mindeststützmoment $b = 88.0 \text{ cm}$

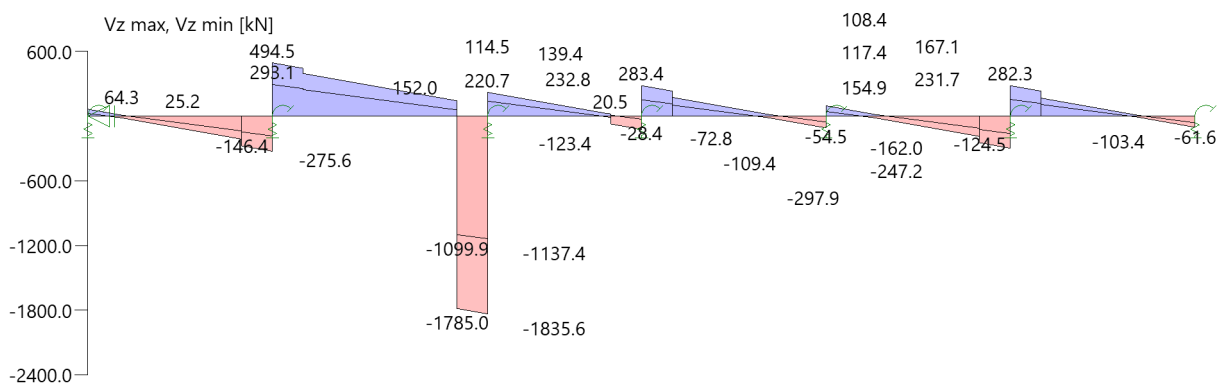
Tragsicherheit - Lastkombination ständig/vorübergehend

Schnittgrößen

Umhüllende der Momente



Umhüllende der Querkräfte



Schnittgrößen

Feld	Xrel [m]	x [m]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{z,Ed}$ [kN]	Lk
Feld 1	0.00	0.00	3.19	39.3	1
	0.00	0.00	0.81	50.1	5
	0.00	0.00	1.35	64.3	4
	0.00	0.00	2.65	25.2	3
	1.27	1.27	42.19	0.0	4
	6.00	6.00	-686.89	-310.6	57
Feld 2	6.00	6.00	-427.17	-183.9	6
	6.00	6.00	-669.26	-326.3	28
	0.00	6.00	-432.41	293.1	6
	0.00	6.00	-695.53	491.9	57
	0.00	6.00	-677.32	494.5	28
	6.00	12.00	1087.40	140.3	12
Feld 3	7.00	13.00	-736.93	-1835.6	14
	7.00	13.00	-455.34	-1137.4	58
	7.00	13.00	-736.93	-1835.6	59
	0.00	13.00	-444.25	142.9	58



Feld	X _{rel} [m]	x [m]	M _{y,Ed} [kNm]	V _{z,Ed} [kN]	Lk
	0.00	13.00	-719.05	217.4	14
	0.00	13.00	-690.77	220.7	29
	0.00	13.00	-445.14	139.4	30
	4.00	17.00	-124.92	8.7	11
	5.00	18.00	-192.95	-39.6	17
	5.00	18.00	-321.12	-91.7	18
	5.00	18.00	-300.86	-123.4	31
	5.00	18.00	-224.76	-28.4	60
Feld 4	0.00	18.00	-195.52	152.0	17
	0.00	18.00	-325.22	269.0	18
	0.00	18.00	-322.90	283.4	32
	4.24	22.24	193.38	0.0	15
	6.00	24.00	126.25	-80.5	22
	6.00	24.00	25.05	-82.7	61
	6.00	24.00	45.23	-109.4	34
	6.00	24.00	106.10	-54.5	62
Feld 5	0.00	24.00	126.51	64.4	22
	0.00	24.00	25.23	75.2	61
	0.00	24.00	45.38	96.1	35
	0.00	24.00	106.36	43.4	64
	1.49	25.49	170.57	0.0	9
	6.00	30.00	-411.52	-283.4	63
	6.00	30.00	-255.25	-162.0	8
	6.00	30.00	-409.40	-297.9	36
Feld 6	0.00	30.00	-254.33	154.9	8
	0.00	30.00	-409.79	264.0	63
	0.00	30.00	-407.87	282.3	36
	3.96	33.96	105.06	0.0	26
	6.00	36.00	0.85	-86.0	9
	6.00	36.00	-0.64	-79.1	23
	6.00	36.00	-0.61	-103.4	26
	6.00	36.00	0.82	-61.6	27

Mindestbewehrung EN2 9.2.1.1 (9.1)

Querschnitt	min Mu [kNm]	erf Asu [cm ²]	min Mo [kNm]	erf Aso [cm ²]
130.0/100.0 ✓	555.74	12.9 ✓	-555.74	12.9 ✓
Plattenbreite wurde für die Berechnung von W _y auf 3 * b ₀ begrenzt.				

Feldbewehrung

Feld	X _{rel} [m]	x [m]	M _{yd} [kNm]	min M _{yd} [kNm]	d [cm]	kx	Asu [cm ²]	Aso [cm ²]		Lk
Feld 1	0.30	0.30	18.12	18.12	95.5	0.01	12.9	0.0	¹	4
	1.27	1.27	42.19	42.19	95.5	0.01	12.9	0.0	¹	4
	1.45	1.45	-0.14	-0.14	95.5	0.00	0.0	12.9	¹	3
	2.69	2.69	0.24	0.24	95.5	0.00	12.9	0.0	¹	5
	2.69	2.69	-74.15	-74.15	95.5	0.02	0.0	12.9	¹	1
Feld 2	0.75	6.75	-359.59	-359.59	95.5	0.05	0.0	12.9	¹	7
	6.00	12.00	1087.40	1087.40	95.5	0.09	25.9	0.0		12
	6.25	12.25	641.80	641.80	95.5	0.06	15.1	0.0		12
Feld 3	0.65	13.65	-588.42	-588.42	95.5	0.06	0.0	13.8		14
Feld 4	0.70	18.70	-166.94	-166.94	95.5	0.03	0.0	12.9	¹	19
	1.18	19.18	0.38	0.38	95.5	0.00	12.9	0.0	¹	20
	4.24	22.24	193.38	193.38	95.5	0.03	12.9	0.0	¹	15

Feld	Xrel [m]	x [m]	Myd [kNm]	min Myd [kNm]	d [cm]	kx	Asu [cm²]	Aso [cm²]		Lk
	5.30	23.30	170.19	170.19	95.5	0.03	12.9	0.0	¹	25
Feld 5	0.45	24.45	150.48	150.48	95.5	0.03	12.9	0.0	¹	7
	1.49	25.49	170.57	170.57	95.5	0.03	12.9	0.0	¹	9
	3.74	27.74	-0.17	-0.17	95.5	0.00	0.0	12.9	¹	24
	4.35	28.35	0.25	0.25	95.5	0.00	12.9	0.0	¹	11
	4.35	28.35	-74.48	-74.48	95.5	0.02	0.0	12.9	¹	21
Feld 6	0.71	30.71	-253.52	-253.52	95.5	0.04	0.0	12.9	¹	9
	1.80	31.80	0.31	0.31	95.5	0.00	12.9	0.0	¹	23
	3.96	33.96	105.06	105.06	95.5	0.02	12.9	0.0	¹	26
	5.44	35.44	49.38	49.38	95.5	0.02	12.9	0.0	¹	26

Am ersten Auflager sind mindestens 12.9 cm² zu verankern.

Am letzten Auflager sind mindestens 12.9 cm² zu verankern.

Querkraft VK-Lager ist mit $F = V_{Ed} \cdot \cot(\Theta) / 2$ berücksichtigt.

1 : Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1 9.2.1.1 (1)

Stützbewehrung

Stütze [Nr]		Xrel [m]	x [m]	Myd [kNm]	Mydx [kNm]	Bem. Myd [kNm]	Umlag. [%]	d [cm]	kx	Asu [cm²]	Aso [cm²]		Lk
1	rechts	0.44	0.44	3.19	24.74	24.74		95.5	0.01	12.9		¹	4
2	links	0.44	5.56	-695.53	-560.58	-488.90	12.8	95.5	0.05		12.9	¹	1
	rechts	0.44	6.44	-695.53	-488.63	-467.68	4.3	95.5	0.05		12.9	¹	7
3	links	0.44	12.56	-719.05	13.32	13.32		95.5	0.01	12.9		¹	13
	rechts	0.44	13.44	-719.05	-628.28	-534.04	15.0	95.5	0.06		12.9	¹	14
4	links	0.44	17.56	-325.22	-293.99	-249.89	15.0	95.5	0.04		12.9	¹	16
	rechts	0.44	18.44	-325.22	-217.87	-210.12	3.6	95.5	0.03		12.9	¹	19
5	links	0.44	23.56	126.51	156.76	156.76		95.5	0.03	12.9		¹	22
	rechts	0.44	24.44	126.51	150.25	150.25		95.5	0.03	12.9		¹	7
6	links	0.44	29.56	-409.79	-298.14	-287.36	3.6	95.5	0.04		12.9	¹	22
	rechts	0.44	30.44	-409.79	-303.55	-271.29	10.6	95.5	0.04		12.9	¹	9
7	links	0.44	35.56	-0.64	24.31	24.31		95.5	0.01	12.9		¹	27

Mydx : Moment an Stelle x ohne Umlagerung (für gelenkige Auflager bereits über die Stützenbreite ausgerundet).

1 : Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1 9.2.1.1 (1)

Querkraftbewehrung

Stütze [Nr]		Xrel [m]	x [m]	kz	VEd [kN]	θ [°]	VRd,c [kN]	VRd,max [kN]	a max [cm]	asw [cm²/m]	Lk
1	rechts	0.29	0.29	0.93	49.5	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	rechts	1.25	1.25	0.93	-23.9	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	1
	*	2.20	2.20	0.93	-72.2	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	1
2	links	0.44	5.56	0.93	-304.0	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	links	1.00	5.00	0.93	-275.7	18.4	273.1	3675.5		¹	28
	links	1.00	5.00	0.93	-229.1 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	28
	links	1.40	4.61	0.93	-193.8	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ²	1
	*	2.35	3.65	0.93	-145.4	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	1
	rechts	0.44	6.44	0.93	472.2	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	rechts	1.00	7.00	0.93	443.9	18.4	273.1	3675.5		¹	28
	rechts	1.00	7.00	0.93	398.0 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	28
	rechts	1.40	7.40	0.93	375.7	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	7
	*	2.35	8.35	0.93	327.4	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	7
3	links	0.44	12.56	0.93	-1813.3	24.8	273.1	4661.1	VRd,max > VEd		
	links	1.00	12.00	0.93	-1785.0	18.4	312.1	3675.5		¹	14
	links	1.00	12.00	0.93	-604.3 ²	18.4	312.1	3675.5	30.0	21.23 ³	14
	links	1.40	11.61	0.93	162.6	18.4	307.5	3675.5		¹	7
	links	1.40	11.61	0.93	-11.2 ²	18.4	307.5	3675.5	30.0	10.67 ¹	7
	*	2.35	10.65	0.93	211.0	18.4	288.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	7
	rechts	0.44	13.44	0.93	198.4	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		



Stütze [Nr]		Xrel [m]	x [m]	kz	VEd [kN]	θ [°]	VRd,c [kN]	VRd,max [kN]	a max [cm]	asw [cm ² /m]	Lk
4	rechts	1.40	14.40	0.93	150.1	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	29
	*	2.35	15.35	0.93	101.8	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	29
	links	0.44	17.56	0.93	-101.2	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	links	1.00	17.00	0.93	-72.9	18.4	273.1	3675.5	¹		
	links	1.00	17.00	0.93	-30.5 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	31
	links	1.40	16.61	0.93	38.2	18.4	273.1	3675.5	¹		
	links	1.40	16.61	0.93	27.5 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	29
	*	2.35	15.65	0.93	86.6	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	29
	rechts	0.44	18.44	0.93	261.1	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	rechts	1.00	19.00	0.93	232.8	18.4	273.1	3675.5	¹		
5	rechts	1.00	19.00	0.93	188.3 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	32
	rechts	1.40	19.40	0.93	154.3	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	33
	*	2.35	20.35	0.93	105.9	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	33
	links	0.44	23.56	0.93	-87.1	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	links	1.40	22.61	0.93	-38.7	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	34
	*	2.35	21.65	0.93	40.1	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	33
	rechts	0.44	24.44	0.93	73.9	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	rechts	1.40	25.40	0.93	25.5	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	35
	*	2.35	26.35	0.93	-54.6	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	22
	links	0.44	29.56	0.93	-275.6	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
6	links	1.00	29.00	0.93	-247.3	18.4	273.1	3675.5	¹		
	links	1.00	29.00	0.93	-202.8 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	36
	links	1.40	28.61	0.93	-168.8	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	22
	*	2.35	27.65	0.93	-120.4	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	22
	rechts	0.44	30.44	0.93	260.1	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	rechts	1.00	31.00	0.93	231.8	18.4	273.1	3675.5	¹		
	rechts	1.00	31.00	0.93	185.1 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	36
	rechts	1.40	31.40	0.93	147.1	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	9
	*	2.35	32.35	0.93	98.8	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	9
	links	0.29	35.71	0.93	-88.6	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
7	links	1.25	34.75	0.93	-40.2	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	26
	*	2.20	33.80	0.93	25.6	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	9

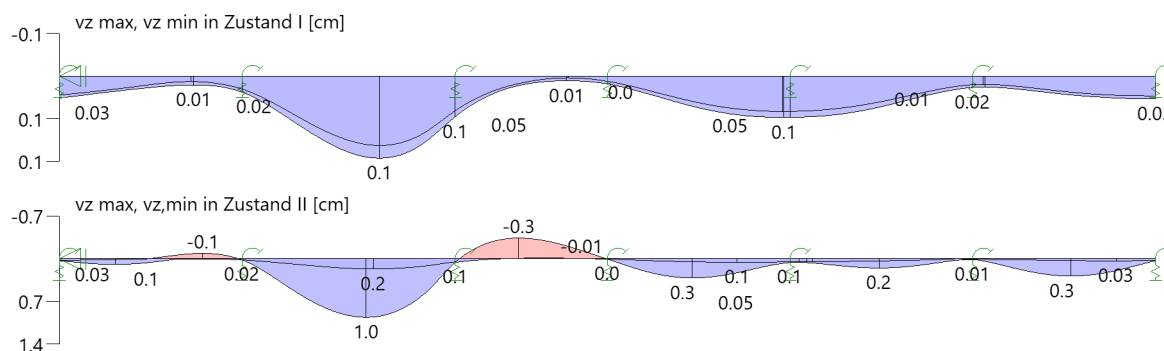
* Flächengleicher Einschnitt der Schublinie
 Der max. Bügelabstand wird mit $\theta \geq 40^\circ$ ermittelt (Heft 525 DAfStb).

- 1 : Mindestbügelbewehrung
 2 : abgeminderte Einzellast
 3 : EN1992-1-1 Gl.6.19 massgebend (Auslegung NA Bau 2019)

Gebrauchstauglichkeit

Grafik Verformungen

Umhüllende der Verformungen - Gebrauchstauglichkeit



Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Durchbiegungen Zustand I

Baugruppe	x [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	Lfk
Feld 1	0.00	0.0	0.03	65
Feld 2	4.42	0.0	0.1	43
Feld 3	0.00	0.0	0.1	66
Feld 4	5.68	0.0	0.1	67
Feld 5	0.00	0.0	0.1	67
Feld 6	6.00	0.0	0.03	68

Durchbiegungen Zustand II

Berechnung mit effektiven Steifigkeiten und effektiver Kriechzahl: $\phi_{eff} = 1.72$ $\epsilon_{cs} = -0.39\%$

Kombination charakteristisch, Zugversteifung wird angesetzt

Mit Nachweis der relativen Grenzverformung ($l_{eff} / 300$)

Feld	x [m]	$f_{Ellz,g}$ [cm]	$f_{Ellz,g} / l_{eff}$	$f_{Ellz,\phi\epsilon}$ [cm]	$f_{Ellz,\phi\epsilon} / l_{eff}$	$f_{Ell,\phi\epsilon}$ [cm]	η
Feld 1	0.00	0.03	1/22567	0.1	1/6469	0.1	0.05
Feld 2	4.67	0.1	1/7083	1.0	1/729	1.0	0.41
Feld 3	0.00	0.05	1/10163	-0.3	1/1476	-0.3	0.20
Feld 4	5.68	0.05	1/12162	0.3	1/1913	0.3	0.16
Feld 5	0.00	0.05	1/12178	0.2	1/3976	0.2	0.08
Feld 6	6.00	0.03	1/21675	0.3	1/2123	0.3	0.14

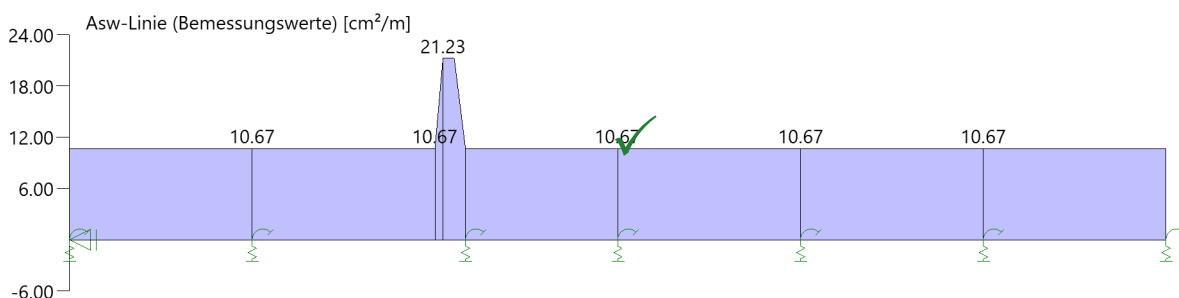
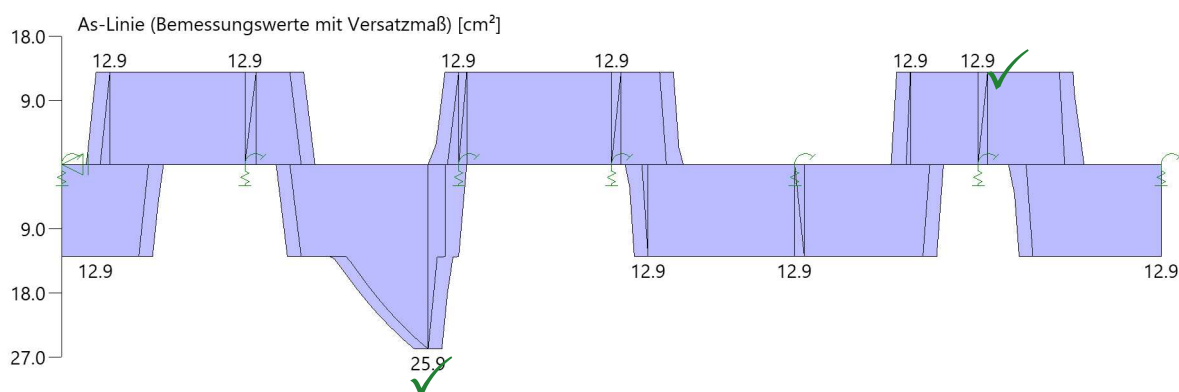
x : Stelle x

$f_{Ellz,g}$: Vertikale Durchbiegung im Zustand II infolge ständiger Lasten

$f_{Ellz,\phi\epsilon}$: Maßgebende vertikale Durchbiegung im Zustand II mit Kriechen und Schwinden

$f_{Ell,\phi\epsilon}$: maßgebende Durchbiegung

As-Deckungslinien



Auflagerkräfte
Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung

Nr	x [m]	Einwirkung	R _{z,min} [kN]	R _{z,max} [kN]	M _{y,min} [kNm]	M _{y,max} [kNm]
1	0.00	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	703.5 -2.4	703.5 6.4 102.4	1.54 -0.49	1.54 0.04 0.71
2	6.00	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	480.3 -2.2	480.3 91.9 38.4	-5.32 -0.43 -0.98	-5.32 0.49
3	13.00	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	1284.1 -4.8	1284.1 21.4 199.6	11.14 -0.31	11.14 0.23 1.92
4	18.00	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	199.6 -5.4	199.6 86.3 0.4	-2.57 -0.41 -0.38	-2.57 0.36
5	24.00	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	1303.3 -4.2	1303.3 20.6 203.0	0.18 -0.25	0.18 0.27 0.001
6	30.00	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	320.5 -2.4	320.5 90.4 13.2	1.00 -0.48	1.00 0.38 0.29
7	36.00	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	732.6 -2.0	732.6 6.3 107.1	-0.09 -0.02 -0.47	-0.09 0.48



F40-2 Stb.-Balken Achse Süd

Durchlaufträger DLT+ (FRILO 2026-0-4)

Grundparameter

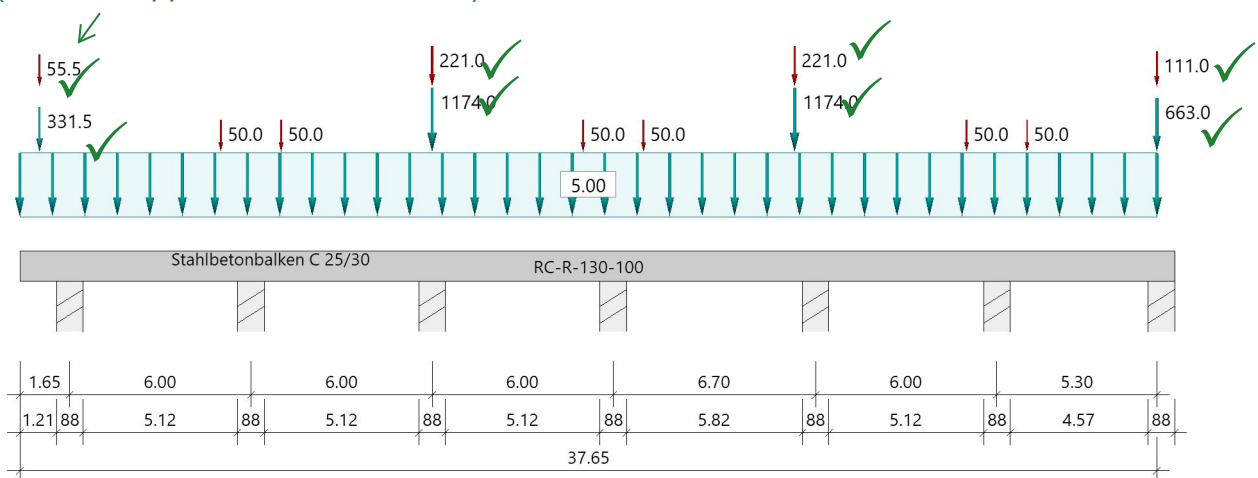
Stahlbetonbalken über 6 Felder $E = 31000 \text{ N/mm}^2$

DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

System

Systembild

(50% in Koppelbalken Pos. F40-4)



Material

Materialauswahl

Beton C 25/30

Betonstahl B500A

$f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$

$f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$

$k(f_t/f_y) = 1.05$

$E_{cm} = 31000 \text{ N/mm}^2$

$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$

$\epsilon_{uk} = 25.0 \text{ ‰}$ (Bügel und Längsbewehrung)

Geometrie

Querschnitte

Nr	Art	b_o [cm]	h_o [cm]	b [cm]	h [cm]	b_u [cm]	h_u [cm]
1	Rechteck			130.0	100.0		

Felder

Feld	Länge [m]	Querschnitt
1	6.00	RC-R-130-100 (konstant über gesamte Trägerlänge)
2	6.00	
3	6.00	
4	6.70	
5	6.00	
6	5.30	
Kra Links	1.65	

unabhängig geprüft



Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	u _y [kN/m]	u _z [kN/m]	Verdrehungen *)		
				Φ _x [kNm/rad]	Φ _y [kNm/rad]	Φ _z [kNm/rad]
1	1.65	-1	2618880.00	-1	37711.9	0.0
2	7.65	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0
3	13.65	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0
4	19.65	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0
5	26.35	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0
6	32.35	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0
7	37.65	-1	2618880.00	0.0	37711.9	0.0

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

Stiele

VR: vertikale Feder ca. 200000 kN/m aus Pfahlsetzung

Stütze	Fußpunkt	Höhe [m]	Breite [cm]	Dicke [cm]	I [cm ⁴]
1	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
2	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
3	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
4	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
5	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
6	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376
7	gelenkig	2.50	88.0	24.0	101376

Lasten**Einzellasten und Momente**

Bezug	Nr	Art	A [m]	W [kN]	Faktor	EG	Zus	Alt
Kragarm links	1	kraft	0.65	663.0	0.50	ständig		
	2	kraft	0.65	111.0	0.50	Wind	7	
Feld 1	3	kraft	5.00	50.0	1.00	Kat. G	1	
Feld 2	4	kraft	1.00	50.0	1.00	Kat. G	2	
Feld 3	5	kraft	0.00	1174.0	1.00	ständig		
	6	kraft	5.00	50.0	1.00	Kat. G	3	
Feld 4	7	kraft	0.00	221.0	1.00	Wind	7	
	8	kraft	6.00	1174.0	1.00	ständig		
	9	kraft	1.00	50.0	1.00	Kat. G	4	
Feld 5	10	kraft	6.00	221.0	1.00	Wind	7	
	11	kraft	5.00	50.0	1.00	Kat. G	5	
Feld 6	12	kraft	5.30	663.0	1.00	ständig		
	13	kraft	1.00	50.0	1.00	Kat. G	6	
	14	kraft	5.30	111.0	1.00	Wind	7	

Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast
 A [m] : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger
 EG : Lasteinwirkung
 Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe
 Alt : Alternativgruppe

Streckenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	wirkt Feldweise	EG	Zus	Alt
System	15	GL		37.65		5.00		Nein	ständig		

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

EigengewichtGesamtgewicht = 122363 kg mit Gamma = 25.00 kN/m³ berücksichtigt.

Übersicht der verwendeten Einwirkungen

Einwirkungen

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig				1.00	1.35 ✓
Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN	0.70	0.50	0.30		1.50 ✓
Windlasten	0.60	0.20	0.00		1.50 ✓

Ergebnisse

Bemessungsparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
Basis	:	EN 1992-1-1:2004/A1:2014
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Schadensfolgeklasse	:	CC 2
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Zugversteifung GZG	:	wird angesetzt
Nachweis Spannungsbegrenzung	:	wird geführt
Überprüfung des lin. Kriechansatzes	:	wird geführt

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

Betonangriff	X0
Bewehrungskorrosion	XC1
Mindestbetonklasse	C 16/20
Bügel	$d_{s,b} = 8$ mm
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 12$ mm
Vorhaltemaß	$\Delta C_{dev} = 10$ mm
Bügel	$c_{min,b} = 10$ mm
Betondeckung	$c_{nom,b} = 20$ mm
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 12$ mm *5
Betondeckung	$c_{nom,l} = 28$ mm *1
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 20$ mm
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.40$ mm

*1: mit $c_{min,b}$

*5: Verbund maßgebend

Kriechzahl und Schwindmaß

Luftfeuchte	LU = 50 %	Zement Typ N,R
Normalbeton	$f_{ck} = 25$ N/mm ²	
Belastungsalter	$t_0 = 28$ Tage	$t = \text{unendlich}$
Kriechzahl	$\phi(t_0, t) = 2.26$	
Schwindmaß	$\epsilon_{cs}(t) = -0.39$ ‰	

Betondeckung

Betondeckung	unten = 3.0 cm	oben = 3.0 cm
	links = 3.0 cm	rechts = 3.0 cm
Bewehrungslagen	unten = 4.5 cm ✓	oben = 4.5 cm ✓
Abminderung der Stützmomente ≤ 15 %		

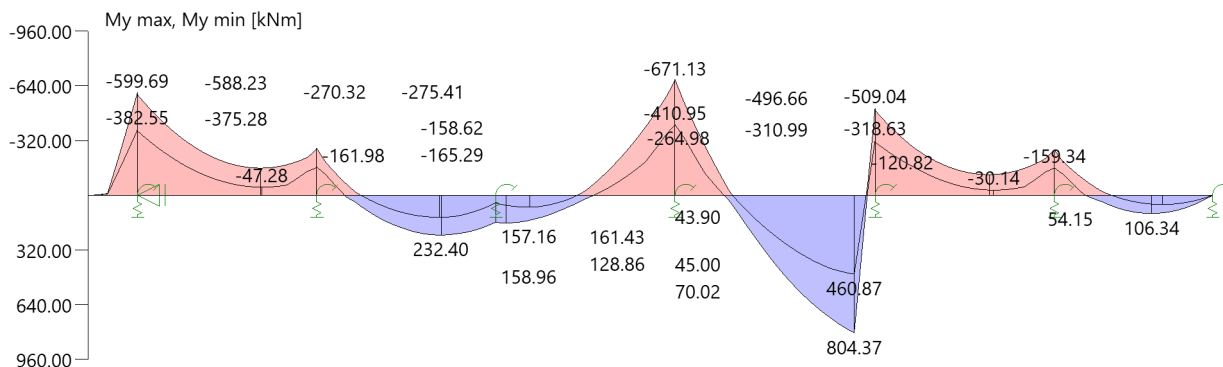
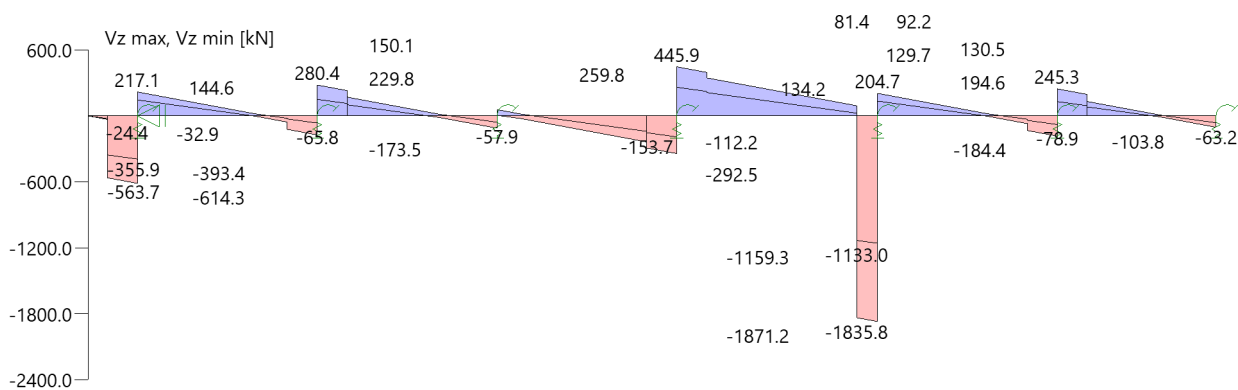
Bemessungseinstellungen

- Die Feldbewehrung ist gestaffelt.
- Die Duktilitätsbewehrung nach 9.2.1.1 ist in erf As enthalten.
- Grenze $k_x < .45$ wird eingehalten.
- Mitwirkende Plattenbreite wird bei der Bemessung berücksichtigt.
- Verankerung am Endauflager ist nur 50% von VEd an VK Endauflager.
- Verankerung am Endauflager von VEd an VK Endauflager mal $\cot(\Theta)/2$.



Auflagerbedingungen

Alle Auflager gleich : Beton mit Mindeststützmoment $b = 88.0 \text{ cm}$

Tragsicherheit - Lastkombination ständig/vorübergehend**Schnittgrößen****Umhüllende der Momente****Umhüllende der Querkräfte****Schnittgrößen**

Feld	Xrel [m]	x [m]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{z,Ed}$ [kN]	Lk
Kra li	0.00	0.00	0.00	0.0	1
	1.65	1.65	-599.69	-614.3	2
	1.65	1.65	-382.55	-393.4	1
Feld 1	0.00	1.65	-375.28	144.6	9
	0.00	1.65	-588.23	217.1	27
	0.00	1.65	-588.23	217.1	15
	4.19	5.84	-47.27	0.0	11
	6.00	7.65	-161.98	-76.9	56
	6.00	7.65	-270.32	-166.8	7
	6.00	7.65	-262.33	-173.5	29
	6.00	7.65	-176.14	-65.8	57
Feld 2	0.00	7.65	-165.29	150.1	56
	0.00	7.65	-275.41	280.4	7
	4.14	11.79	232.41	0.0	6
	6.00	13.65	157.16	-83.0	13
	6.00	13.65	43.90	-87.1	58
	6.00	13.65	70.67	-112.2	30



Feld	X _{rel} [m]	x [m]	M _{y,Ed} [kNm]	V _{z,Ed} [kN]	Lk
	6.00	13.65	130.40	-57.9	59
Feld 3	0.00	13.65	158.96	15.7	13
	0.00	13.65	45.00	46.0	58
	0.00	13.65	72.16	56.5	30
	0.00	13.65	131.80	5.1	59
	0.36	14.01	161.43	0.0	14
	6.00	19.65	-671.13	-332.1	60
	6.00	19.65	-410.95	-191.2	61
	6.00	19.65	-650.39	-343.2	31
Feld 4	0.00	19.65	-413.69	259.9	61
	0.00	19.65	-675.52	441.1	60
	0.00	19.65	-654.52	445.9	32
	0.00	19.65	-413.70	259.8	33
	6.00	25.65	804.37	-1826.2	21
	6.70	26.35	-318.63	-1159.3	36
	6.70	26.35	-509.04	-1871.2	23
Feld 5	0.00	26.35	-310.99	134.2	36
	0.00	26.35	-496.66	202.6	23
	0.00	26.35	-485.47	204.7	35
	3.98	30.33	-30.14	0.0	5
	6.00	32.35	-159.34	-84.2	9
	6.00	32.35	-264.98	-180.7	17
	6.00	32.35	-256.47	-184.4	40
	6.00	32.35	-174.45	-78.9	39
Feld 6	0.00	32.35	-160.19	129.7	9
	0.00	32.35	-266.13	245.3	17
	3.25	35.60	106.35	0.0	25
	5.30	37.65	1.12	-89.6	4
	5.30	37.65	-0.30	-76.4	18
	5.30	37.65	-0.16	-103.8	25
	5.30	37.65	0.98	-63.2	62

Mindestbewehrung EN2 9.2.1.1 (9.1)

Querschnitt	min Mu [kNm]	erf Asu [cm ²]	min Mo [kNm]	erf Aso [cm ²]
130.0/100.0	555.74	12.9	-555.74	12.9
Plattenbreite wurde für die Berechnung von Wy auf 3 * b0 begrenzt.				

Feldbewehrung

Feld	X _{rel} [m]	x [m]	Myd [kNm]	min Myd [kNm]	d [cm]	kx	Asu [cm ²]	Aso [cm ²]		Lk
Kra li	1.59	0.07	-0.11	-0.11	95.5	0.00	0.0	12.9	¹	38
Feld 1	0.70	2.35	-454.20	-454.20	95.5	0.05	0.0	12.9	¹	6
Feld 2	0.70	8.35	-117.13	-117.13	95.5	0.02	0.0	12.9	¹	8
	0.94	8.59	0.09	0.09	95.5	0.00	12.9	0.0	¹	16
	4.14	11.79	232.41	232.41	95.5	0.04	12.9	0.0	¹	6
	5.30	12.95	203.85	203.85	95.5	0.03	12.9	0.0	¹	12
Feld 3	0.45	14.10	161.25	161.25	95.5	0.03	12.9	0.0	¹	14
	2.74	16.39	-0.40	-0.40	95.5	0.00	0.0	12.9	¹	37
	3.28	16.93	0.19	0.19	95.5	0.00	12.9	0.0	¹	11
	3.29	16.94	-67.05	-67.05	95.5	0.02	0.0	12.9	¹	6
Feld 4	0.74	20.39	-383.27	-383.27	95.5	0.05	0.0	12.9	¹	4
	5.97	25.62	801.18	801.18	95.5	0.07	18.9	0.0		21
	6.00	25.65	804.37	804.37	95.5	0.07	19.0	0.0		21

Feld	X _{rel} [m]	x [m]	Myd [kNm]	min Myd [kNm]	d [cm]	k _x	Asu [cm ²]	Aso [cm ²]		Lk
Feld 5	0.70	27.05	-368.35	-368.35	95.5	0.05	0.0	12.9	¹	24
Feld 6	0.67	33.02	-137.77	-137.77	95.5	0.03	0.0	12.9	¹	15
	1.05	33.40	0.06	0.06	95.5	0.00	12.9	0.0	¹	16
	3.25	35.60	106.35	106.35	95.5	0.02	12.9	0.0	¹	25
	4.78	37.13	47.38	47.38	95.5	0.02	12.9	0.0	¹	25

Am ersten Auflager sind mindestens 12.9 cm² zu verankern.

Am letzten Auflager sind mindestens 12.9 cm² zu verankern.

Querkraft VK-Lager ist mit $F = V_{Ed} \cdot \cot(\Theta) / 2$ berücksichtigt.

1 : Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1 9.2.1.1 (1)

Stützbewehrung

Stütze [Nr]		X _{rel} [m]	x [m]	Myd [kNm]	Mydx [kNm]	Bem. Myd [kNm]	Umlag. [%]	d [cm]	k _x	Asu [cm ²]	Aso [cm ²]	Lk
1	links	0.44	1.21	-588.23	-334.29	-334.29	15.0	95.5	0.04		12.9	¹ 2
	rechts	0.44	2.09	-588.23	-500.89	-500.89		95.5	0.06		12.9	¹ 6
2	links	0.44	7.21	-275.41	-211.32	-179.62		95.5	0.03		12.9	¹ 6
	rechts	0.44	8.09	-275.41	-166.13	-191.00 ²		95.5	0.03		12.9	¹ 8
3	links	0.44	13.21	158.96	189.09	189.09	4.1	95.5	0.03	12.9		¹ 12
	rechts	0.44	14.09	158.96	161.27	161.27		95.5	0.03	12.9		¹ 14
4	links	0.44	19.21	-675.52	-536.51	-514.71		95.5	0.06		12.9	¹ 12
	rechts	0.44	20.09	-675.52	-491.29	-471.39		95.5	0.05		12.9	¹ 4
5	links	0.44	25.91	-496.66	161.26	161.26	15.0	95.5	0.03	12.9		¹ 22
	rechts	0.44	26.79	-496.66	-412.97	-351.03		95.5	0.04		12.9	¹ 24
6	links	0.44	31.91	-266.13	-200.83	-191.35 ²		95.5	0.03		12.9	¹ 34
	rechts	0.44	32.79	-266.13	-172.97	-169.42 ²		95.5	0.03		12.9	¹ 15
7	links	0.44	37.21	-0.30	24.96	24.96		95.5	0.01	12.9		¹ 26

Mydx : Moment an Stelle x ohne Umlagerung (für gelenkige Auflager bereits über die Stützenbreite ausgerundet).

1 : Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1 9.2.1.1 (1)

2 : Mindeststützmoment

Querkraftbewehrung

Stütze [Nr]		X _{rel} [m]	x [m]	k _z	V _{Ed} [kN]	θ [°]	VRd,c [kN]	VRd,max [kN]	a max [cm]	asw [cm ² /m]	Lk
1	links	0.44	1.21	0.93	-592.0	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > V _{Ed}		
	links	1.00	0.65	0.93	-563.7	18.4	273.1	3675.5		¹	2
	links	1.00	0.65	0.93	-188.6 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	2
	links	1.40	0.26	0.93	-12.9	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	38
	*	1.64	0.01	0.93	-0.5	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	38
	rechts	0.44	2.09	0.93	194.9	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > V _{Ed}		
	rechts	1.40	3.05	0.93	146.5	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	27
	*	2.35	4.00	0.93	98.2	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	27
	links	0.44	7.21	0.93	-151.3	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > V _{Ed}		
	links	1.00	6.65	0.93	-123.0	18.4	273.1	3675.5		¹	29
2	links	1.00	6.65	0.93	-76.3 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	29
	links	1.40	6.26	0.93	-36.9	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	28
	*	2.35	5.30	0.93	32.4	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	27
	rechts	0.44	8.09	0.93	258.1	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > V _{Ed}		
	rechts	1.00	8.65	0.93	229.8	18.4	273.1	3675.5		¹	7
	rechts	1.00	8.65	0.93	185.4 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	7
	rechts	1.40	9.05	0.93	150.2	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	13
	*	2.35	10.00	0.93	101.8	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	13
	links	0.44	13.21	0.93	-89.9	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > V _{Ed}		
	links	1.40	12.26	0.93	-41.5	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	30
3	*	2.35	11.30	0.93	36.0	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	13
	rechts	0.44	14.09	0.93	34.2	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > V _{Ed}		
	rechts	1.40	15.05	0.93	-55.0	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	13



Stütze [Nr]		Xrel [m]	x [m]	kz	VEd [kN]	θ [°]	VRd,c [kN]	VRd,max [kN]	a max [cm]	asw [cm ² /m]	Lk
4	*	2.35	16.00	0.93	-103.3	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	13
	links	0.44	19.21	0.93	-320.9	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	links	1.00	18.65	0.93	-292.6	18.4	273.1	3675.5	¹		
	links	1.00	18.65	0.93	-248.2 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	31
	links	1.40	18.26	0.93	-217.5	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	13
	*	2.35	17.30	0.93	-169.1	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	13
	rechts	0.44	20.09	0.93	423.6	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	rechts	1.00	20.65	0.93	395.3	18.4	273.1	3675.5	¹		
	rechts	1.00	20.65	0.93	349.7 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	32
	rechts	1.40	21.05	0.93	325.3	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	34
5	*	2.35	22.00	0.93	277.0	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	34
	links	0.44	25.91	0.93	-1848.9	25.1	273.1	4707.6	VRd,max > VEd		
	links	0.70	25.65	0.93	-1835.8	18.4	280.8	3675.5	¹		
	links	0.70	25.65	0.93	-545.3 ²	18.4	280.8	3675.5	30.0	22.23 ³	23
	links	1.40	24.96	0.93	127.4	18.4	273.4	3675.5	¹		
	links	1.40	24.96	0.93	-19.3 ²	18.4	273.4	3675.5	30.0	10.67 ¹	34
	*	2.35	24.00	0.93	175.7	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	34
	rechts	0.44	26.79	0.93	182.4	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	rechts	1.40	27.75	0.93	134.0	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	35
	*	2.35	28.70	0.93	85.7	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	35
6	links	0.44	31.91	0.93	-162.2	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	links	1.00	31.35	0.93	-133.9	18.4	273.1	3675.5	¹		
	links	1.00	31.35	0.93	-89.3 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	40
	links	1.40	30.96	0.93	-50.7	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	38
	*	2.35	30.00	0.93	19.9	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	35
	rechts	0.44	32.79	0.93	223.0	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	rechts	1.00	33.35	0.93	194.7	18.4	273.1	3675.5	¹		
	rechts	1.00	33.35	0.93	149.3 ²	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	17
	rechts	1.40	33.75	0.93	110.5	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	15
	*	2.35	34.70	0.93	62.1	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	15
7	links	0.29	37.36	0.93	-89.0	18.4	273.1	3675.5	VRd,max > VEd		
	links	1.25	36.40	0.93	-40.6	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	25
	*	2.20	35.45	0.93	24.3	18.4	273.1	3675.5	30.0	10.67 ¹	15

* Flächengleicher Einschnitt der Schublinie
Der max. Bügelabstand wird mit $\theta \geq 40^\circ$ ermittelt (Heft 525 DAfStb).

1 : Mindestbügelbewehrung

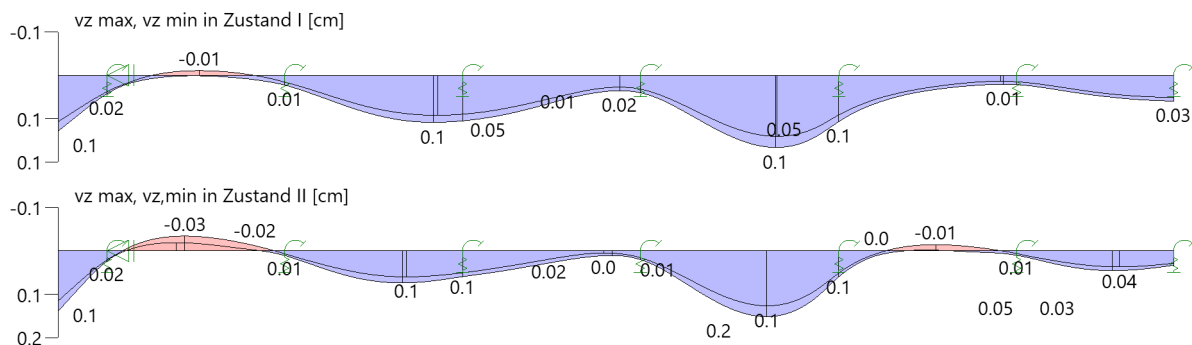
2 : abgeminderte Einzellast

3 : EN1992-1-1 Gl.6.19 massgebend (Auslegung NA Bau 2019)

Gebrauchstauglichkeit

Grafik Verformungen

Umhüllende der Verformungen - Gebrauchstauglichkeit



Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch**Durchbiegungen Zustand I**

Baugruppe	x [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	Lfk
Kra li	0.00	0.0	0.1	43
Feld 1	0.00	0.0	0.02	63
Feld 2	5.05	0.0	0.1	43
Feld 3	0.00	0.0	0.1	64
Feld 4	4.58	0.0	0.1	65
Feld 5	0.00	0.0	0.1	66
Feld 6	5.30	0.0	0.03	67

Durchbiegungen Zustand II

Berechnung mit effektiven Steifigkeiten und effektiver Kriechzahl: $\phi_{eff} = 1.68$ $\epsilon_{cs} = -0.39 \%$

Kombination charakteristisch, Zugversteifung wird angesetzt

Mit Nachweis der relativen Grenzverformung ($l_{eff} / 300$) und Kragarme ($l_{eff} / 150$)

Feld	x [m]	$f_{Ell,z,g}$ [cm]	$f_{Ell,z,g} / l_{eff}$	$f_{Ell,z,\phi\epsilon}$ [cm]	$f_{Ell,z,\phi\epsilon} / l_{eff}$	$f_{Ell,\phi\epsilon}$ [cm]	η
Kra li	0.00	0.1	1/2776	0.1	1/1185	0.1	0.13
Feld 1	0.00	0.02	1/29058	-0.03	1/17667	-0.03	0.02
Feld 2	5.05	0.1	1/11983	0.1	1/8146	0.1	0.04
Feld 3	0.00	0.05	1/12336	0.1	1/10099	0.1	0.03
Feld 4	4.58	0.1	1/8837	0.2	1/4420	0.2	0.07
Feld 5	0.00	0.05	1/12117	0.1	1/10039	0.1	0.03
Feld 6	5.30	0.03	1/18988	0.05	1/11701	0.05	0.03

x : Stelle x
 $f_{Ell,z,g}$: Vertikale Durchbiegung im Zustand II infolge ständiger Lasten
 $f_{Ell,z,\phi\epsilon}$: Maßgebende vertikale Durchbiegung im Zustand II mit Kriechen und Schwinden
 $f_{Ell,\phi\epsilon}$: maßgebende Durchbiegung

Spannungsbegrenzung**Nachweis Gebrauchstauglichkeit: quasi ständ. Kombination**

Nachweis der Rissbreite: $XC1/X0-- > z_{ul} w_k = 0.40 \text{ mm}$
 nach EN2 7.2(3) $s_C = 0.45 \cdot f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$

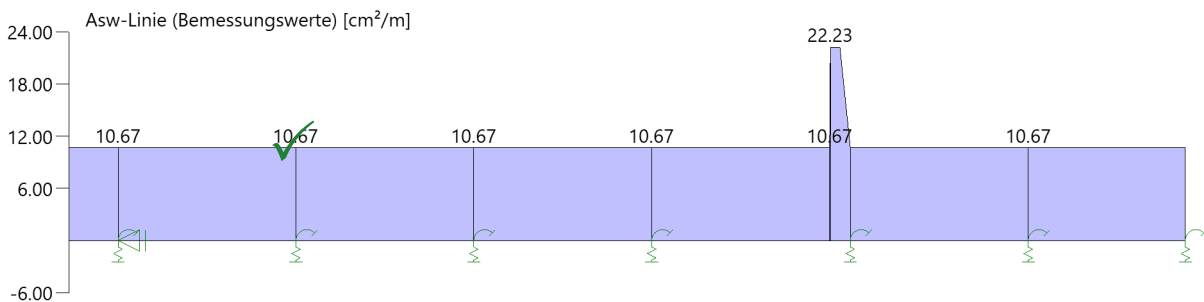
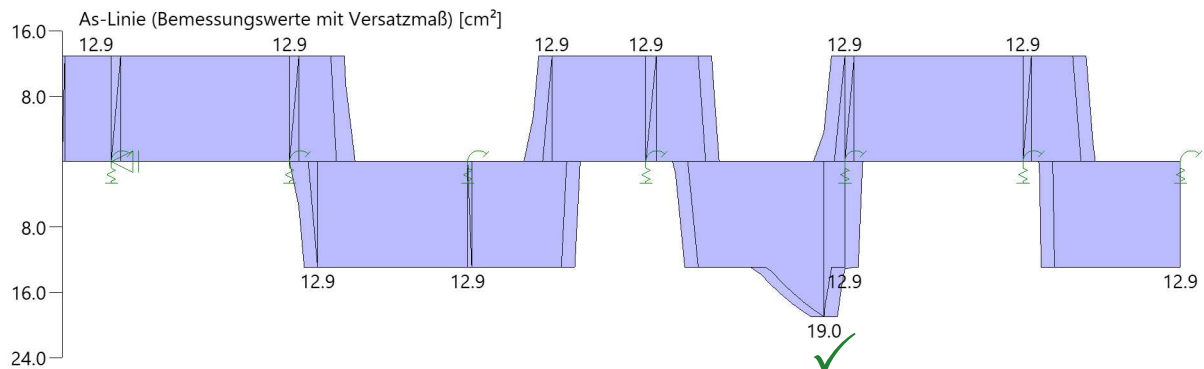
Feld	x [m]	My [kNm]	Asu [cm ²]	Aso [cm ²]	$\sigma_S(t=\infty)$ [N/mm ²]	$\sigma_C(t=0)$ [N/mm ²]	vorh ds [mm]	zul ds [mm]	Lfk
Kra li	0.87	-86.55		12.9	74.77	-1.39	12	85	45
	1.04	-150.35		12.9	129.88	-2.41	12	28	44
	1.21	-213.09		12.9	184.08	-3.41	12	14	44
Feld 1	2.09	-314.26		12.9	271.54	-5.03	12	6	46
	2.28	-289.95		12.9	250.53	-4.64	12	8	46
	2.60	-252.88		12.9	218.50	-4.05	12	10	46
	7.21	-137.68		12.9	118.93	-2.20	12	34	46
Feld 2	8.09	-108.27		12.9	93.53	-1.73	12	55	51
	11.44	145.67	12.9		125.84	-2.33	12	30	46
	11.67	146.70	12.9		126.73	-2.35	12	30	46
	11.98	144.90	12.9		125.18	-2.32	12	30	46
	13.21	104.61	12.9		90.37	-1.67	12	58	52
Feld 3	14.09	87.42	12.9		75.52	-1.40	12	84	51
	18.70	-252.48		12.9	218.16	-4.04	12	10	46
	19.02	-304.88		12.9	263.43	-4.88	12	7	52
	19.21	-338.51		12.9	292.49	-5.42	12	6	52
Feld 4	20.09	-310.73		12.9	268.49	-4.97	12	7	50
	24.23	393.65	15.2		291.12	-5.86	12	7	48
	24.96	448.37	17.3		291.67	-6.29	12	7	53
	25.29	467.83	19.0		278.95	-6.30	12	8	54
	25.65	483.85	19.0		288.50	-6.52	12	8	54
	25.91	187.28	12.9		161.78	-3.00	12	18	47



Nachweis der Rissbreite: $XC1/X0-- > \text{zul } w_k = 0.40 \text{ mm}$
nach EN2 7.2(3) $s_C = 0.45 \cdot f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$

Feld	x [m]	My [kNm]	Asu [cm ²]	Aso [cm ²]	$\sigma_S(t=\infty)$ [N/mm ²]	$\sigma_C(t=0)$ [N/mm ²]	vorh ds [mm]	zul ds [mm]	Lfk
Feld 5	26.79	-261.23		12.9	225.72	-4.18	12	9	49
	26.98	-238.26		12.9	205.87	-3.81	12	11	49
	27.30	-203.40		12.9	175.71	-3.26	12	15	49
	31.91	-130.91		12.9	113.09	-2.10	12	37	47
Feld 6	32.79	-112.95		12.9	97.57	-1.81	12	50	45
	33.19	-70.48	12.9	12.9	60.48	-1.09	12	100	45
	35.76	67.06	12.9		57.93	-1.07	12	100	48
	37.36	19.41	12.9		16.74	-0.31	12	100	48

As-Deckungslinien



Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung

Nr	x [m]	Einwirkung	R _{z,min} [kN]	R _{z,max} [kN]	M _{y,min} [kNm]	M _{y,max} [kNm]
1	1.65	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	541.0 -2.0	541.0 6.3 63.0	7.23 -0.48	7.23 0.02 1.46
2	7.65	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	230.7 -2.5 -0.1	230.7 90.6	-3.38 -0.38 -0.65	-3.38 0.48
3	13.65	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	1275.8 -5.2	1275.8 20.8 198.7	1.11 -0.28	1.11 0.27 0.20
4	19.65	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	458.0 -4.6	458.0 89.5 40.7	-2.74 -0.46 -0.44	-2.74 0.43

Nr	x [m]	Einwirkung	R _{z,min} [kN]	R _{z,max} [kN]	M _{y,min} [kNm]	M _{y,max} [kNm]
5	26.35	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	1299.8 -4.2	1299.8 19.2 199.3	7.66 -0.28	7.66 0.26 1.37
6	32.35	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	217.7 -2.5 -2.3	217.7 89.4	-0.77 -0.42 -0.12	-0.77 0.37
7	37.65	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	731.5 -2.4	731.5 7.6 109.1	-0.39 0.00 -0.39	-0.39 0.47

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Auflager	x [m]	Lk	R _z [kN]	M _y [kNm]
1	1.65	Lk 27 Lk 9 Lk 6 Lk 11	831.4 538.0 822.7 550.4	11.46 7.27 11.99 6.51
2	7.65	Lk 29 Lk 26 Lk 11 Lk 6	447.3 226.9 296.8 357.5	-4.49 -3.90 -2.67 -5.94
3	13.65	Lk 41 Lk 42 Lk 10 Lk 11	2042.3 1268.1 1912.6 1287.9	1.79 1.11 2.08 0.69
4	19.65	Lk 32 Lk 33 Lk 11 Lk 6	789.1 451.0 520.6 724.6	-4.14 -2.73 -2.09 -4.84
5	26.35	Lk 23 Lk 36 Lk 20 Lk 5	2073.8 1293.5 2061.4 1311.3	12.39 7.64 12.67 7.24
6	32.35	Lk 40 Lk 39 Lk 5 Lk 19	428.0 211.5 284.5 355.2	-1.05 -1.00 -0.21 -1.79
7	37.65	Lk 20 Lk 5 Lk 18 Lk 4	1159.2 728.0 739.4 1151.2	-0.63 -0.39 0.30 -1.12

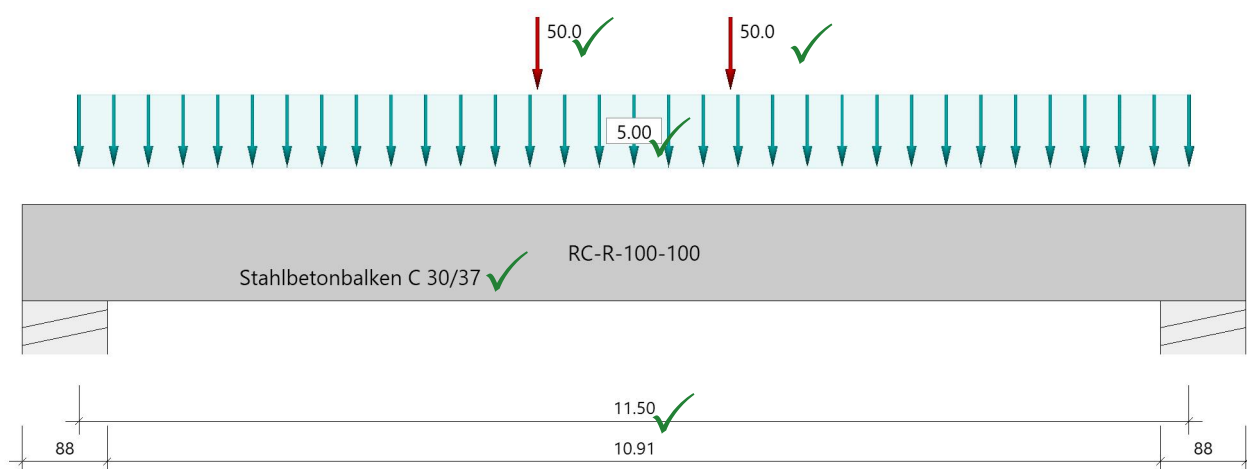


F40-3 Koppelbalken allgemein

Durchlaufträger (x64) DLT+ 02/25 (FRILO R-2025-2/P05)

GrundparameterStahlbetonbalken $E = 33000 \text{ N/mm}^2$

DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

System**Systembild****Material****Materialauswahl**

Beton C 30/37 $f_{ck} = 30.00 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 33000 \text{ N/mm}^2$
 Betonstahl B500A $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
 $k(f_t/f_y) = 1.05$ $\epsilon_{uk} = 25.0 \text{ ‰}$ (Bügel und Längsbewehrung)

Geometrie**Querschnitte**

Nr	Art	b_o [cm]	h_o [cm]	b [cm]	h [cm]	b_u [cm]	h_u [cm]
1	Rechteck			100.0	100.0		

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	u_y [kN/m]	u_z [kN/m]	Verdrehungen*)		
				Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	11.50	-1	-1	0.0	0.0	0.0

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

unabhängig geprüft

Lasten**Einzellasten und Momente**

Bezug	Nr	Art	A [m]	W []	EG	Zus	Alt
System	1	kraft	4.75	50.0 kN	Kat. G	1	
	2	kraft	6.75	50.0 kN	Kat. G	1	
Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast A [m] : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger EG : Lasteinwirkung Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe Alt : Alternativgruppe							

Streckenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	wirkt Feldweise	EG	Zus	Alt
System	3	GL		11.50		5.00		Nein	ständig		
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											

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 28750 kg mit $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ berücksichtigt.

Übersicht der verwendeten Einwirkungen**Einwirkungen**

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig				1.00	1.35
Kat. G: Fahrzeuge $30 \text{ kN} < F \leq 160 \text{ kN}$	0.70	0.50	0.30		1.50
Schadensfolgeklasse CC 2 nach EN 1990 Tab. B1 -> $K_{Fi} = 1.0$ Tab. B3					

Ergebnisse**Bemessungsparameter**

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
Basis	:	EN 1992-1-1:2004/A1:2014
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Schadensfolgeklasse	:	CC 2
$\psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Zugversteifung GZG	:	wird angesetzt
Nachweis Spannungsbegrenzung	:	wird geführt
Überprüfung des lin. Kriechansatzes	:	wird geführt

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

Betonangriff	X0
Bewehrungskorrosion	XC1
Mindestbetonklasse	C 16/20
Bügel	$d_{s,b} = 8 \text{ mm}$
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 12 \text{ mm}$
Vorhaltemaß	$\Delta C_{dev} = 10 \text{ mm}$
Bügel	$c_{min,b} = 10 \text{ mm}$
Betondeckung	$c_{nom,b} = 20 \text{ mm}$
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 12 \text{ mm} \quad *5$
Betondeckung	$c_{nom,l} = 28 \text{ mm} \quad *1$
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 20 \text{ mm}$
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.40 \text{ mm}$

*1: mit $c_{min,b}$

*5: Verbund maßgebend



Kriechzahl und Schwindmaß

Luftfeuchte	LU =	50 %	Zement Typ N,R
Normalbeton	f_{ck} =	30 N/mm ²	
Belastungsalter	t_0 =	28 Tage	t= unendlich
Kriechzahl	$\phi(t_0, t)$ =	2.06	
Schwindmaß	$\epsilon_{cs}(t)$ =	-0.38 ‰	

Betondeckung

Betondeckung	unten =	3.0 cm	oben =	3.0 cm
	links =	3.0 cm	rechts =	3.0 cm
Bewehrungslagen	unten =	4.5 cm	oben =	4.5 cm
Abminderung der Stützmomente	<= 15 %			

Bemessungseinstellungen

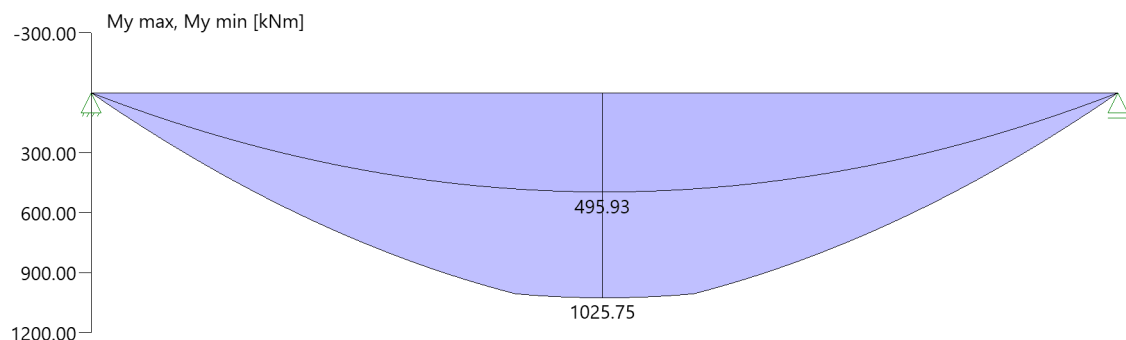
- Die Feldbewehrung ist gestaffelt.
- Die Duktilitätsbewehrung nach 9.2.1.1 ist in erf As enthalten.
- Grenze $k_x < .45$ wird eingehalten.
- Mitwirkende Plattenbreite wird bei der Bemessung berücksichtigt.
- Verankerung am Endauflager ist nur 50% von VEd an VK Endauflager.
- Verankerung am Endauflager von VEd an VK Endauflager mal $\cot(\Theta)/2$.

Auflagerbedingungen

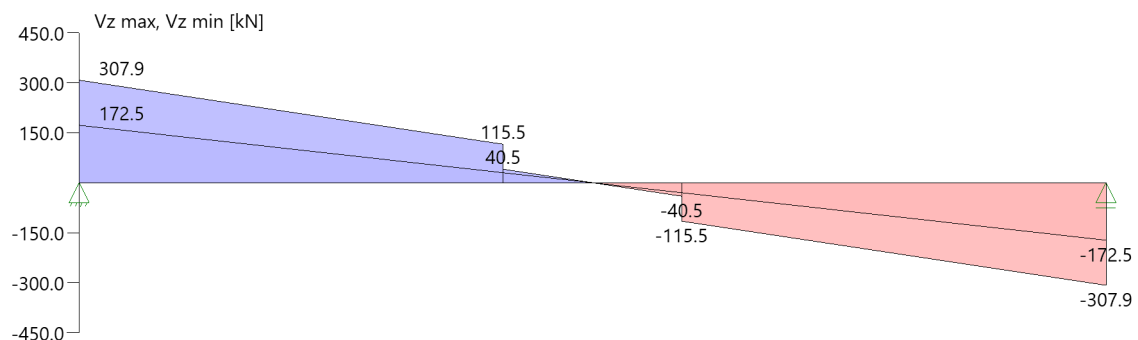
Alle Auflager gleich : Beton mit Mindeststützmoment $b = 88.0$ cm

Tragsicherheit - Lastkombination ständig/vorübergehend**Schnittgrößen**

Umhüllende der Momente



Umhüllende der Querkräfte



Schnittgrößen

Feld	X _{rel} [m]	x [m]	M _{y,Ed} [kNm]	V _{z,Ed} [kN]	Lk
Feld 1	0.00	0.00	0.00	307.9	1
	0.00	0.00	0.00	172.5	2
	5.75	5.75	1025.77	0.0	1
	11.50	11.50	0.00	-172.5	2
	11.50	11.50	0.00	-307.9	1

Mindestbewehrung EN2 9.2.1.1 (9.1)

Querschnitt	min Mu [kNm]	erf Asu [cm ²]	min Mo [kNm]	erf Aso [cm ²]
100.0/100.0	482.74	✓11.2	-482.74	11.2✓

Plattenbreite wurde für die Berechnung von W_y auf 3 * b₀ begrenzt.

Feldbewehrung

Feld	X _{rel} [m]	x [m]	Myd [kNm]	min Myd [kNm]	d [cm]	kx	Asu [cm ²]	Aso [cm ²]	Lk
Feld 1	5.75	5.75	1025.77	1025.77	95.5	0.09	24.4	0.0	1
	10.66	10.66	244.33	244.33	95.5	0.04	11.2	0.0	1

Am ersten Auflager sind mindestens 11.2 cm² zu verankern.

Am letzten Auflager sind mindestens 11.2 cm² zu verankern.

Querkraft VK-Lager ist mit $F = V_{Ed} * \cot(\Theta) / 2$ berücksichtigt.

1 : Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1 9.2.1.1 (1)

Querkraftbewehrung

Stütze [Nr]		X _{rel} [m]	x [m]	kz	V _{Ed} [kN]	θ [°]	VRd,c [kN]	VRd,max [kN]	a max [cm]	asw [cm ² /m]	Lk
1	rechts	0.29	0.29	0.93	296.0	18.4	230.1	3392.8	VRd,max > V _{Ed}		
	rechts	1.25	1.25	0.93	257.3	18.4	230.1	3392.8	30.0	9.27 ¹	1
	*	2.20	2.20	0.93	218.6	18.4	230.1	3392.8	30.0	9.27 ¹	1
2	links	0.29	11.21	0.93	-296.0	18.4	230.1	3392.8	VRd,max > V _{Ed}		
	links	1.25	10.25	0.93	-257.3	18.4	230.1	3392.8	30.0	9.27 ¹	1
	*	2.20	9.30	0.93	-218.6	18.4	230.1	3392.8	30.0	9.27 ¹	1

* Flächengleicher Einschnitt der Schublinie

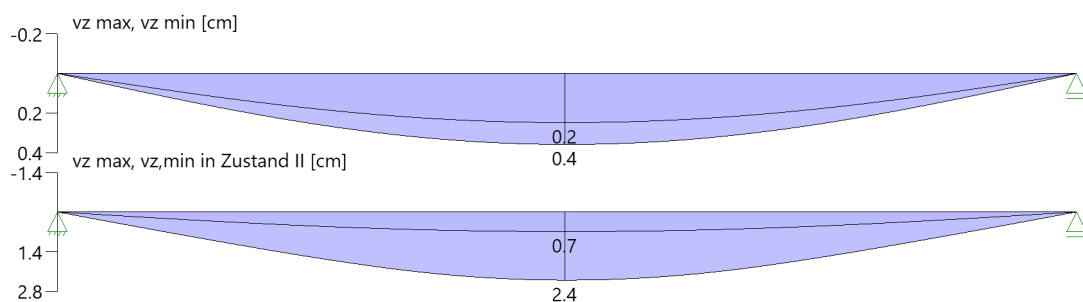
Der max. Bügelabstand wird mit $\theta \geq 40^\circ$ ermittelt (Heft 525 DAfStb).

1 : Mindestbügelbewehrung

Gebrauchstauglichkeit

Grafik Verformungen

Umhüllende der Verformungen - Gebrauchstauglichkeit



Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch**Durchbiegungen Zustand I**

Baugruppe	x [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	Lfk
Feld 1	5.75	0.0	0.4	3

Durchbiegungen Zustand II

Berechnung mit effektiven Steifigkeiten und effektiver Kriechzahl: $\phi_{eff} = 1.71$ $\epsilon_{cs} = -0.38 \%$

Kombination charakteristisch

Mit Nachweis der relativen Grenzverformung ($l_{eff} / 300$)

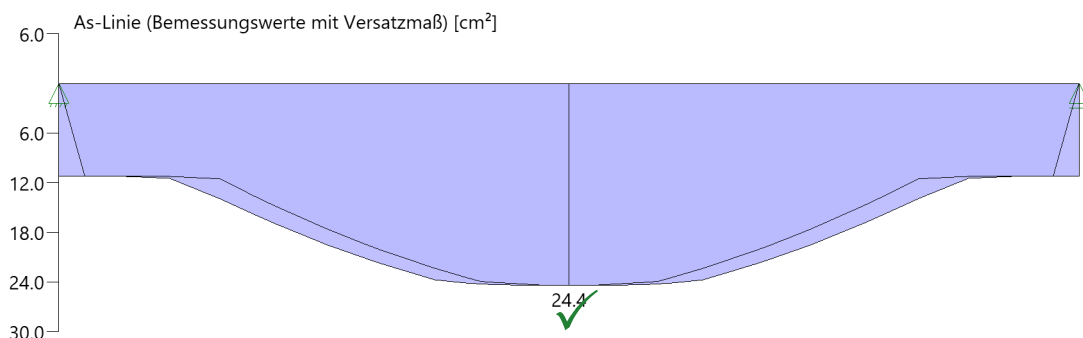
Feld	x [m]	$f_{Ellz,g}$ [cm]	$f_{Ellz,g} / l_{eff}$	$f_{Ellz,\phi\epsilon}$ [cm]	$f_{Ellz,\phi\epsilon} / l_{eff}$	$f_{Ell,\phi\epsilon}$ [cm]	η
Feld 1	5.75	0.2	1/4768	2.4	1/477	2.4	0.63 ✓

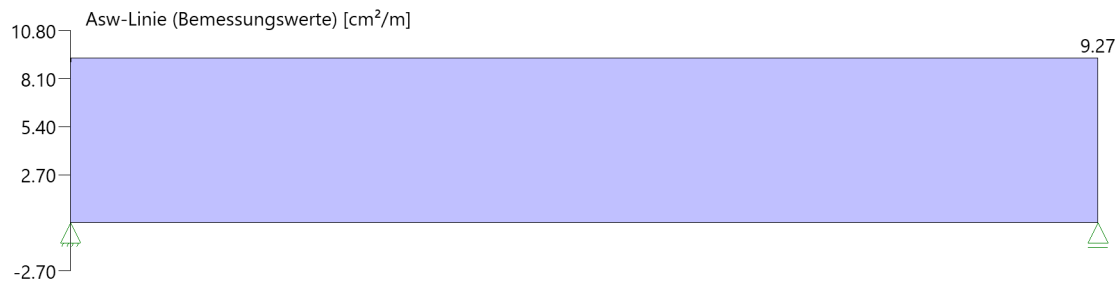
x : Stelle x
 $f_{Ellz,g}$: Vertikale Durchbiegung im Zustand II infolge ständiger Lasten
 $f_{Ellz,\phi\epsilon}$: Maßgebende vertikale Durchbiegung im Zustand II mit Kriechen und Schwinden
 $f_{Ell,\phi\epsilon}$: maßgebende Durchbiegung

Spannungsbegrenzung**Nachweis Gebrauchstauglichkeit: quasi ständ. Kombination**

Nachweis der Rissbreite: $XC1/X0-- > \text{zul } w_k = 0.40 \text{ mm}$
 nach EN2 7.2(3) $s_C = 0.45 \cdot f_{ck} = 13.50 \text{ N/mm}^2$

Feld	x [m]	M_y [kNm]	A_{su} [cm ²]	A_{so} [cm ²]	$\sigma_S(t=\infty)$ [N/mm ²]	$\sigma_C(t=0)$ [N/mm ²]	vorh d_s [mm]	zul d_s [mm]	Lfk
Feld 1	0.29	53.71	11.2		53.41	-1.09	12	100	4
	2.20	340.30	14.1		271.22	-6.22	12	9	4
	5.45	565.81	24.4		266.06	-8.13	12	13	4
	5.75	567.19	24.4		266.70	-8.15	12	13	4
	6.05	565.81	24.4		266.53	-8.14	12	13	4
	8.47	430.06	17.6		276.93	-7.13	12	10	4
	9.30	340.30	13.6		280.85	-6.32	12	8	4
	11.21	53.71	11.2		53.41	-1.09	12	100	4

As-Deckungslinien

**Auflagerkräfte****Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung**

Nr	x [m]	Einwirkung	R _{z,min} [kN]	R _{z,max} [kN]	M _{y,min} [kNm]	M _{y,max} [kNm]
1	0.00	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN	172.5	172.5 50.0		
2	11.50	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN	172.5	172.5 50.0		

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Auflager	x [m]	Lk	R _z [kN]	M _y [kNm]
1	0.00	Lk 1 Lk 2	307.9 172.5	
2	11.50	Lk 1 Lk 2	307.9 172.5	

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	Grp	orig. Last	W1	W2	A [m]	L [m]
L 1	*	ständig	0	3	5.00	5.00	0.00	11.50
L 2	1	Kat. G	1	1	50.00	*	4.75	*
				2	50.00	*	6.75	*

gen. Last	Lk 1	Lk 2	Lk 3	Lk 4
L 1	1.35	1.00	1.00	1.00
L 2	1.50		1.00	0.30
Eigengewicht	1.35	1.00	1.00	1.00

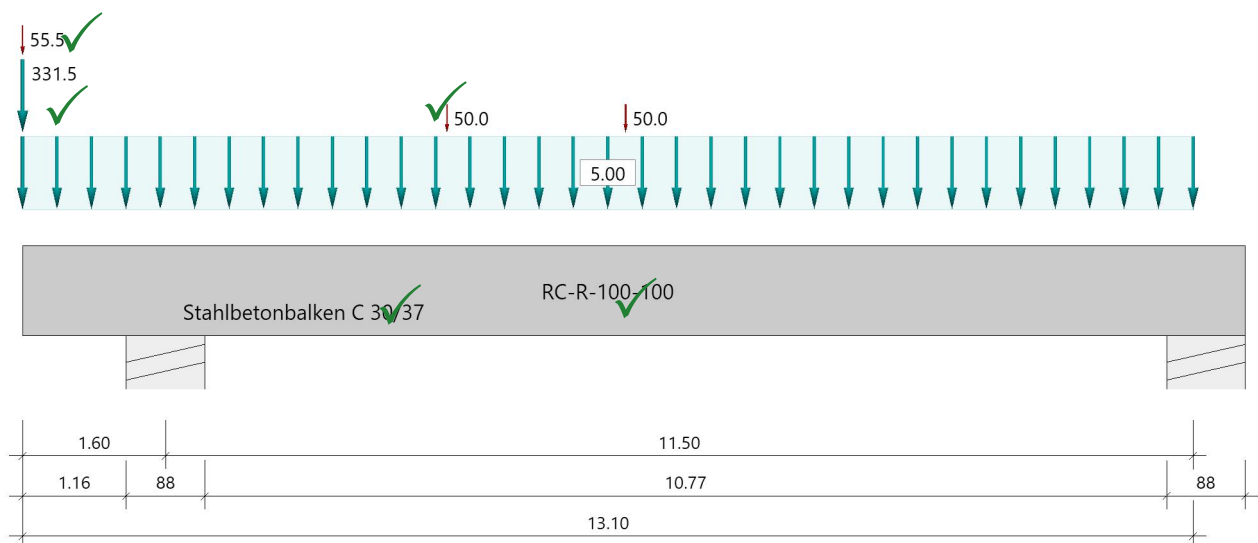


F40-4 Koppelbalken West

Durchlaufträger (x64) DLT+ 02/25 (FRILO R-2025-2/P06)

GrundparameterStahlbetonbalken $E = 33000 \text{ N/mm}^2$

DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

System**Systembild****Material****Materialauswahl**Beton C 30/37
Betonstahl B500A
 $f_{ck} = 30.00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$
 $k(f_t/f_y) = 1.05$
 $E_{cm} = 33000 \text{ N/mm}^2$
 $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
 $\epsilon_{uk} = 25.0 \text{ ‰}$

(Bügel und Längsbewehrung)

Geometrie**Querschnitte**

Nr	Art	b_o [cm]	h_o [cm]	b [cm]	h [cm]	b_u [cm]	h_u [cm]
1	Rechteck			100.0	100.0		

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	u _y [kN/m]	u _z [kN/m]	Verdrehungen *)		
				Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	1.60	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	13.10	-1	-1	0.0	0.0	0.0

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

unabhängig geprüft

Lasten**Einzellasten und Momente**

Bezug	Nr	Art	A [m]	W []	Faktor	EG	Zus	Alt
Kragarm links	1	kraft	0.00	663.0 kN	0.50	ständig		
	2	kraft	0.00	111.0 kN	0.50	Wind		
Feld 1	3	kraft	3.15	50.0 kN	1.00	Kat. G	1	
	4	kraft	5.15	50.0 kN	1.00	Kat. G	1	
Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast A [m] : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger EG : Lasteinwirkung Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe Alt : Alternativgruppe								

Streckenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	wirkt Feldweise	EG	Zus	Alt
System	5	GL		13.10		5.00		Nein	ständig		
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											

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 32750 kg mit $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ berücksichtigt.

Übersicht der verwendeten Einwirkungen**Einwirkungen**

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig				1.00	1.35
Kat. G: Fahrzeuge $30 \text{ kN} < F \leq 160 \text{ kN}$	0.70	0.50	0.30		1.50
Windlasten	0.60	0.20	0.00		1.50
Schadensfolgeklasse CC 2 nach EN 1990 Tab. B1 -> $K_{fi} = 1.0$ Tab. B3					

Ergebnisse**Bemessungsparameter**

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
Basis	:	EN 1992-1-1:2004/A1:2014
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Schadensfolgeklasse	:	CC 2
$\psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Zugversteifung GZG	:	wird angesetzt
Nachweis Spannungsbegrenzung	:	wird geführt
Überprüfung des lin. Kriechansatzes	:	wird geführt



Anforderungen Dauerhaftigkeit:

Betonangriff	X0
Bewehrungskorrosion	XC1
Mindestbetonklasse	C 16/20
Bügel	$d_{s,b} = 8 \text{ mm}$
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 12 \text{ mm}$
Vorhaltemaß	$\Delta C_{dev} = 10 \text{ mm}$
Bügel	$c_{min,b} = 10 \text{ mm}$
Betondeckung	$c_{nom,b} = 20 \text{ mm}$
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 12 \text{ mm} \quad *5$
Betondeckung	$c_{nom,l} = 28 \text{ mm} \quad *1$
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 20 \text{ mm}$
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.40 \text{ mm}$

*1: mit $c_{min,b}$

*5: Verbund maßgebend

Kriechzahl und Schwindmaß

Luftfeuchte	LU = 50 %	Zement Typ N,R
Normalbeton	$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$	
Belastungsalter	$t_0 = 28 \text{ Tage}$	$t = \text{unendlich}$
Kriechzahl	$\phi(t_0, t) = 2.06$	
Schwindmaß	$\epsilon_{cs}(t) = -0.38 \text{ ‰}$	

Betondeckung

Betondeckung	unten = 3.0 cm	oben = 3.0 cm
	links = 3.0 cm	rechts = 3.0 cm
Bewehrungslagen	unten = 4.5 cm	oben = 4.5 cm
Abminderung der Stützmomente	$\leq 15 \%$	

Bemessungseinstellungen

- Die Feldbewehrung ist gestaffelt.
- Die Duktilitätsbewehrung nach 9.2.1.1 ist in erf As enthalten.
- Grenze $k_x < .45$ wird eingehalten.
- Mitwirkende Plattenbreite wird bei der Bemessung berücksichtigt.
- Verankerung am Endauflager ist nur 50% von VEd an VK Endauflager.
- Verankerung am Endauflager von VEd an VK Endauflager mal $\cot(\Theta)/2$.

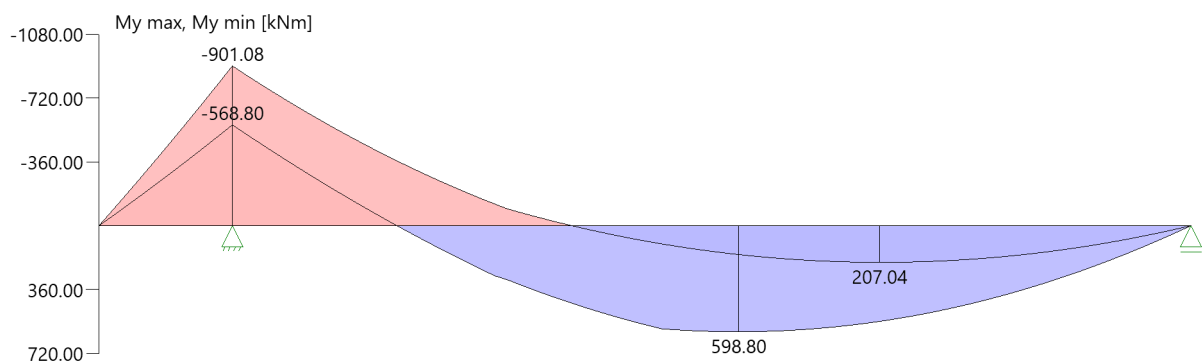
Auflagerbedingungen

Alle Auflager gleich : Beton mit Mindeststützmoment $b = 88.0 \text{ cm}$

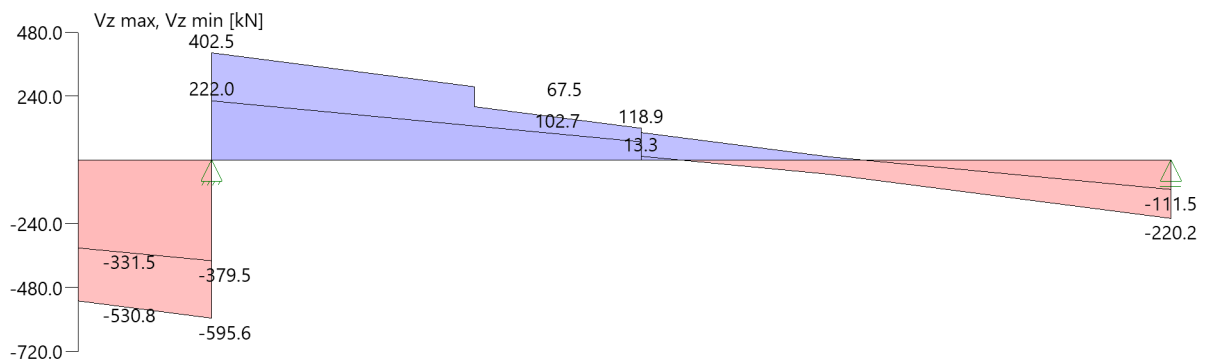
Tragsicherheit - Lastkombination ständig/vorübergehend

Schnittgrößen

Umhüllende der Momente



Umhüllende der Querkräfte



Schnittgrößen

Feld	Xrel [m]	x [m]	M _{y,Ed} [kNm]	V _{z,Ed} [kN]	Lk
Kra li	0.00	0.00	0.00	-331.5	1
	0.00	0.00	0.00	-530.8	2
	1.60	1.60	-901.08	-595.6	2
	1.60	1.60	-568.80	-379.5	1
Feld 1	0.00	1.60	-568.80	222.0	1
	0.00	1.60	-901.08	311.2	2
	0.00	1.60	-847.80	402.5	5
	6.06	7.66	598.80	0.0	3
	11.50	13.10	0.00	-111.5	4
	11.50	13.10	0.00	-220.2	3

Mindestbewehrung EN2 9.2.1.1 (9.1)

Querschnitt	min Mu [kNm]	erf Asu [cm²]	min Mo [kNm]	erf Aso [cm²]
100.0/100.0	482.74	✓11.2	-482.74	✓11.2
Plattenbreite wurde für die Berechnung von Wy auf 3 * b0 begrenzt.				

Feldbewehrung

Feld	Xrel [m]	x [m]	Myd [kNm]	min Myd [kNm]	d [cm]	kx	Asu [cm²]	Aso [cm²]		Lk
Kra li	1.54	0.06	-31.92	-31.92	95.5	0.01	0.0	11.2	1	2
	0.50	1.10	-608.35	-608.35	95.5	0.07	0.0	14.3		2
Feld 1	0.98	2.58	-615.52	-615.52	95.5	0.07	0.0	14.5		2
	6.06	7.66	598.80	598.80	95.5	0.06	14.1	0.0		3
	10.66	12.26	170.71	170.71	95.5	0.03	11.2	0.0	1	3

Am ersten Auflager sind mindestens 13.3 cm² zu verankern.

Am letzten Auflager sind mindestens 11.2 cm² zu verankern.

Querkraft VK-Lager ist mit $F = V_{Ed} \cdot \cot(\Theta) / 2$ berücksichtigt.

1 : Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1 9.2.1.1 (1)



Stützbewehrung

Stütze [Nr]		Xrel [m]	x [m]	Myd [kNm]	Mydx [kNm]	Bem. Myd [kNm]	Umlag. [%]	d [cm]	kx	Asu [cm ²]	Aso [cm ²]	Lk
1	links	0.44	1.16	-901.08	-642.95	-642.95		95.5	0.07		15.1	2
	rechts	0.44	2.04	-901.08	-768.06	-768.06		95.5	0.08		18.1	2
2	links	0.00	13.10	0.00	0.00	0.00			0.00			3

Mydx : Moment an Stelle x ohne Umlagerung (für gelenkige Auflager bereits über die Stützenbreite ausgerundet).

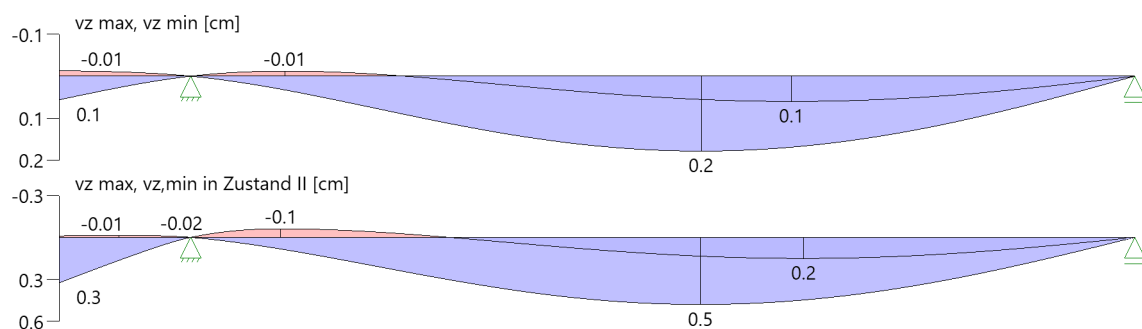
Querkraftbewehrung

Stütze [Nr]		Xrel [m]	x [m]	kz	VEd [kN]	θ [°]	VRd,c [kN]	VRd,max [kN]	a max [cm]	asw [cm ² /m]	Lk
1	links	0.44	1.16	0.93	-577.8	18.4	234.0	3392.8	VRd,max > VEd		
	links	1.40	0.21	0.93	-539.1	18.4	230.1	3392.8			2
	links	1.40	0.21	0.93	-330.7 ²	18.4	230.1	3392.8	30.0	9.27 ¹	2
	*	1.59	0.01	0.93	-531.2	18.4	230.1	3392.8	30.0	9.27 ¹	2
	rechts	0.44	2.04	0.93	384.6	18.4	237.9	3392.8	VRd,max > VEd		
	rechts	1.40	3.00	0.93	346.0	18.4	230.1	3392.8	30.0	9.27 ¹	5
	*	2.35	3.95	0.93	307.3	18.4	230.1	3392.8	30.0	9.27 ¹	5
2	links	0.29	12.81	0.93	-208.4	18.4	230.1	3392.8	VRd,max > VEd		
	links	1.25	11.85	0.93	-169.7	18.4	230.1	3392.8	30.0	9.27 ¹	3
	*	2.20	10.90	0.93	-131.0	18.4	230.1	3392.8	30.0	9.27 ¹	3

* Flächengleicher Einschnitt der Schublinie
Der max. Bügelabstand wird mit $\theta \geq 40^\circ$ ermittelt (Heft 525 DAfStb).

1 : Mindestbügelbewehrung

2 : abgeminderte Einzellast

Gebrauchstauglichkeit**Grafik Verformungen****Umhüllende der Verformungen - Gebrauchstauglichkeit****Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch****Durchbiegungen Zustand I**

Baugruppe	x [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	Lfk
Kra li	0.00	0.0	0.1	7
Feld 1	6.20	0.0	0.2	11

Durchbiegungen Zustand II

Berechnung mit effektiven Steifigkeiten und effektiver Kriechzahl: $\phi_{eff} = 2.06$ $\epsilon_{cs} = -0.38 \%$

Kombination charakteristisch

Mit Nachweis der relativen Grenzverformung ($l_{eff} / 300$) und Kragarme ($l_{eff} / 150$)



Feld	x [m]	f _{Ellz,g} [cm]	f _{Ellz,g} / l _{eff}	f _{Ellz,φε} [cm]	f _{Ellz,φε} / l _{eff}	f _{Ell,φε} [cm]	η
Kra li	0.00	0.1	1/3140	0.3	1/494	0.3	0.30
Feld 1	6.90	0.1	1/14345	0.5	1/2398	0.5	0.13

x : Stelle x
 f_{Ellz,g} : Vertikale Durchbiegung im Zustand II infolge ständiger Lasten
 f_{Ellz,φε} : Maßgebende vertikale Durchbiegung im Zustand II mit Kriechen und Schwinden
 f_{Ell,φε} : maßgebende Durchbiegung

Spannungsbegrenzung

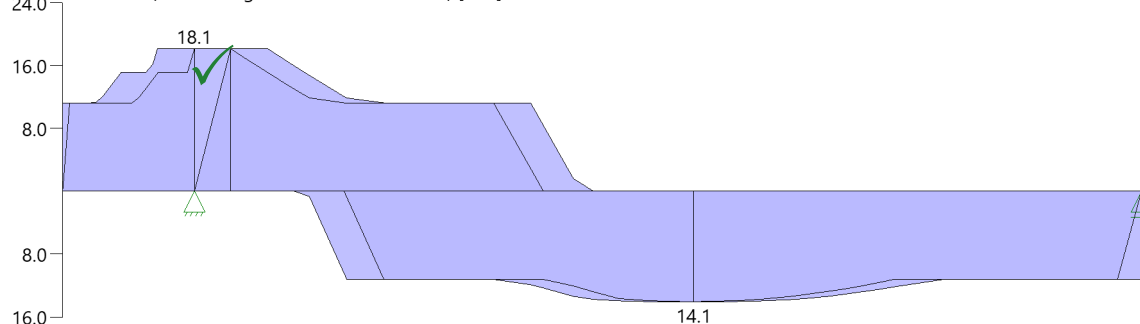
Nachweis Gebrauchstauglichkeit: quasi ständ. Kombination

Nachweis der Rissbreite: $XC1/X0-- > \text{zul } w_k = 0.40 \text{ mm}$
 nach EN2 7.2(3) $s_C = 0.45 \cdot f_{ck} = 13.50 \text{ N/mm}^2$

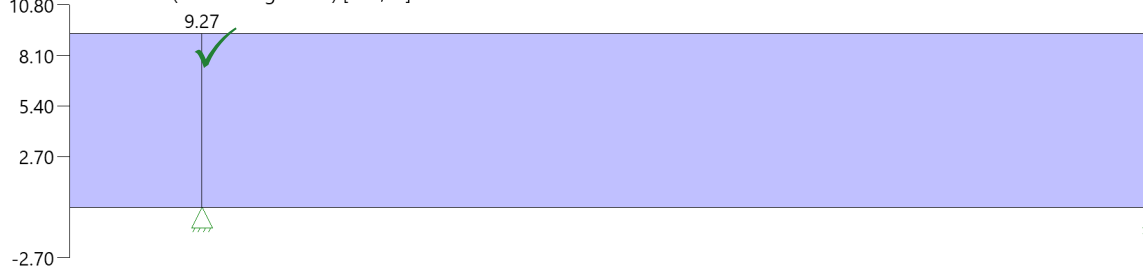
Feld	x [m]	M _y [kNm]	A _{su} [cm ²]	A _{so} [cm ²]	σ _S (t=∞) [N/mm ²]	σ _C (t=0) [N/mm ²]	vorh ds [mm]	zul ds [mm]	L _{fk}
Kra li	0.76	-259.86		11.2	258.45	-5.26	12	8	8
	0.93	-319.95		12.4	289.51	-6.20	12	7	8
	1.16	-404.72		15.1	301.85	-7.18	12	8	8
Feld 1	2.04	-474.04		18.1	296.75	-7.76	12	9	8
	2.21	-439.95		18.1	275.38	-7.20	12	10	8
	2.81	-322.09	11.2	13.0	276.05	-5.88	12	8	8
	12.81	37.98	11.2		37.76	-0.77	12	100	9

As-Deckungslinien

As-Linie (Bemessungswerte mit Versatzmaß) [cm²]



Asw-Linie (Bemessungswerte) [cm²/m]



Auflagerkräfte**Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung**

Nr	x [m]	Einwirkung	R _{z,min} [kN]	R _{z,max} [kN]	M _{y,min} [kNm]	M _{y,max} [kNm]
1	1.60	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	601.5	601.5 63.9 63.2		
2	13.10	ständig Kat. G: Fahrzeuge 30 kN < F ≤ 160 kN Windlasten	123.0 -7.7	123.0 36.1		

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Auflager	x [m]	Lk	R _z [kN]	M _y [kNm]
1	1.60	Lk 6 Lk 1	973.9 601.5	
2	13.10	Lk 3 Lk 4	220.2 111.5	

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	Grp	orig. Last	W1	W2	A [m]	L [m]
L 1	*	ständig	0	4	5.00	5.00	0.00	13.10
L 2	1	Kat. G	1	2	50.00	*	3.15	*
				3	50.00	*	5.15	*
L 3	0	ständig	0	1	331.50	*	0.00	*
L 4	0	Wind	0	1	55.50	*	0.00	*

Teil 1/2 - maßgebliche Kombinationen

gen. Last	Lk 1	Lk 2	Lk 3	Lk 4	Lk 5	Lk 6	Lk 7	Lk 8
L 1	1.00	1.35	1.35	1.00	1.35	1.35	1.00	1.00
L 2			1.50		1.50	1.05		
L 3	1.00	1.35	1.35	1.00	1.35	1.35	1.00	1.00
L 4		1.50		1.50	0.90	1.50	1.00	
Eigengewicht	1.00	1.35	1.35	1.00	1.35	1.35	1.00	1.00

Teil 2/2 - maßgebliche Kombinationen

gen. Last	Lk 9	Lk 11
L 1	1.00	1.00
L 2	0.30	1.00
L 3	1.00	1.00
L 4		
Eigengewicht	1.00	1.00



Pos. F41 Bohrpfehlgründung Luftkondensator

Statisches System siehe Berechnung

Lastzusammenstellung :

Pfahl-Nr.:	aus Pos.	Auflager Nr.:	Achslage (außen)	G _k [kN]	Q _k [kN]	F _{zd} [kN]	Lastgruppe
39/46	F40-1	1	/	704	109	1114	G
40/47	F40-1	2	/	481	131	846	H
41/48	F40-1	3	/	1285	221	2067	F
42/49	F40-2	4	/	458	131	815	H
43/50	F40-1	5	/	1304	224	2097 ✓	F
44/51	F40-1	6	/	324	105	595	H
45/52	F40-2	7	/	732	117	1164 ✓	G
54	F40-4	1	/	602	108	974	G

Lastansatz für die Bohrpfähle nach Typ F : $F_{zd} = 2097 \text{ kN}$ ✓
 Lastansatz für die Bohrpfähle nach Typ G : $F_{zd} = 1164 \text{ kN}$ ✓
 Lastansatz für die Bohrpfähle nach Typ H : $F_{zd} = 846 \text{ kN}$ ✓

siehe Position F41-1

siehe Position F41-2

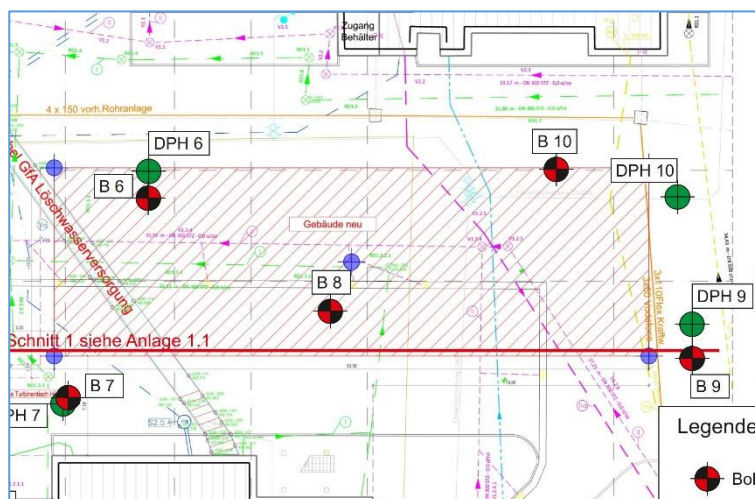
siehe Position F41-3

Es wird definiert, dass alle horizontalen Lasten über den Balkenrost in den Baugrund abgeleitet werden. Die Bohrpfähle müssen keine horizontal gerichteten Lasten abtragen.

Für die Bemessung wird von einer zulässigen Setzung von 1,8 cm ausgegangen.

„Die Mindesteinbindetiefe eines Bohrpfahls in die Tragschicht sollte mindestens 2,5 m betragen, wenn Erfahrungswerte zur Tragfähigkeit herangezogen werden.“
 Im Baugrundgutachten werden dafür 3,0 m empfohlen.

„Zusätzlich sollte die Mächtigkeit der tragfähigen Schicht unter dem Pfahlfuß mindestens 1,5 m und das 3-fache des Pfahldurchmessers betragen.“



Auszug aus Baugrundgutachten von ACI,
 16.09.2025



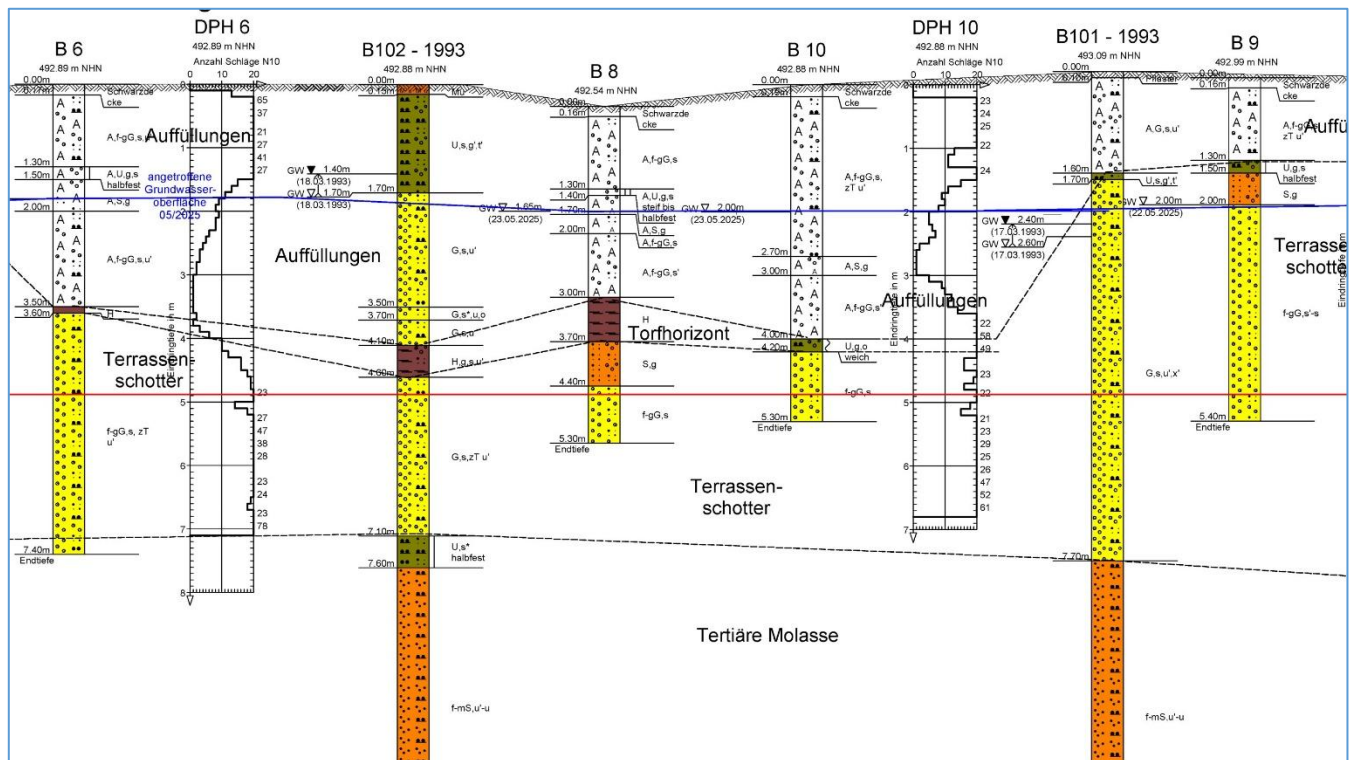


Tabelle 5: Rechenwerte

Bodenschicht	γ_k	γ'_k	ϕ'_k	c'_k	c_{uk}	E_{sk}
gewachsener quartärer Kies, locker bis mitteldicht	19	11	32,5	--	--	30-80
gewachsener quartärer Kies, mindestens mitteldicht	20	12	35,0	--	--	80-100
Molassesand, mitteldicht bis dicht	19	11	35	--	--	20-30
Molassemergel, halbfest bis fest	21	11	27,5	5	40	10-15

Es bedeuten:

γ_k	char. Wichte über Wasser	in kN/m ³
γ'_k	char. Wichte unter Wasser	in kN/m ³
ϕ'_k	char. Reibungswinkel	in °
c'_k	char. Kohäsion	in kN/m ²
c_{uk}	char. Kohäsion (undrained)	in kN/m ²
E_{sk}	char. Steifemodul	in MN/m ²

Wird als zutreffend vorausgesetzt

Auszüge aus Baugrundgutachten von ACI, 16.09.2025

Schnittkräfte / Bemessung

vergl. elektron. Berechnung

Beton: C 30/37 WU
Betonstahl: B 500B

Expositionsclassen: XC2, WF
Betondeckungen: $c_{nom} = 3,5 \text{ cm}$



DIN EN 1536:2015-10 Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Bohrpfähle

7.5.2.2 Mindestlängsbewehrung $0,5 \text{ m}^2 < A_c < 1,0 \text{ m}^2$ $A_c = \pi 0,88^2 / 4 = 0,61 \text{ m}^2$
 $A_{S \text{ erf}} \geq 0,0025 \text{ m}^2$
 $A_{S \text{ erf}} \geq 25,0 \text{ cm}^2$ ✓

Pos. F41-1 Bohrpfähle Lastgruppe F

OK FFB = -0.20 m = +492.92 m NHN

Bodenprofil nach Bohrsondierung B8 (2025):

UK Pfahlkopfbalken +491,72 m NHN
darunter anstehend: Auffüllungen, Torf – nicht tragend
OK Tertiäre Molasse +488,84 m NHN
OK Terrassenschotter, mitteldicht (Bohrung B8) +488,00 m NHN
OK Tertiäre Molasse (Annahme Gutachter) +485,53 m NHN
Grundwasser HW (Bemessung) = OK Gelände

gewählt: **ø 88 cm, Länge 17,0 m** (ab UK Pfahlkopfbalken) ✓Bewehrung: Längsbewehrung : 10 ø 20 /23 ✓
Bügel oder Wendelbewehrung : ø 10 /15 ✓Pos. F41-2 Bohrpfähle Lastgruppe G

OK FFB = -0.20 m = +492.92 m NHN

UK Pfahlkopfbalken = +491,72 m NHN

Bodenprofil wie Pos. F41-1

gewählt: **ø 88 cm, Länge 9,0 m** (ab UK Pfahlkopfbalken) ✓Bewehrung: Längsbewehrung : 10 ø 20 /23 ✓
Bügel oder Wendelbewehrung : ø 10 /15 ✓Pos. F41-3 Bohrpfähle Lastgruppe H

OK FFB = -0.20 m = +492.92 m NHN

UK Pfahlkopfbalken = +491,72 m NHN

Bodenprofil wie Pos. F41-1

gewählt: **ø 88 cm, Länge 9,0 m** (ab UK Pfahlkopfbalken) ✓Bewehrung: Längsbewehrung : 10 ø 20 /23 ✓
Bügel oder Wendelbewehrung : ø 10 /15 ✓Es werden 14 Bohrpfähle mit der gleichen Bewehrung in 2 unterschiedlichen Längen ausgeführt !

Auslastung:	Lastgruppe F (4 Stück):	$\eta = 1,00$ ✓	S41, S43, S48, S50
	Lastgruppe G (5 Stück):	$\eta = 0,93$ ✓	S39, S46, S45, S52, S54
	Lastgruppe H (6 Stück):	$\eta = 0,70$ ✓	S40, S42, S44, S47, S49, S51



F41-1 Bohrpfahl Typ F

Pfahlgründung Pfahl+ (FRILO 2026-0-4)

Einstellungen und Berechnungsparameter**Parameter für die geotechnische Bemessung**

Grundbaunorm : DIN EN 1997:2010

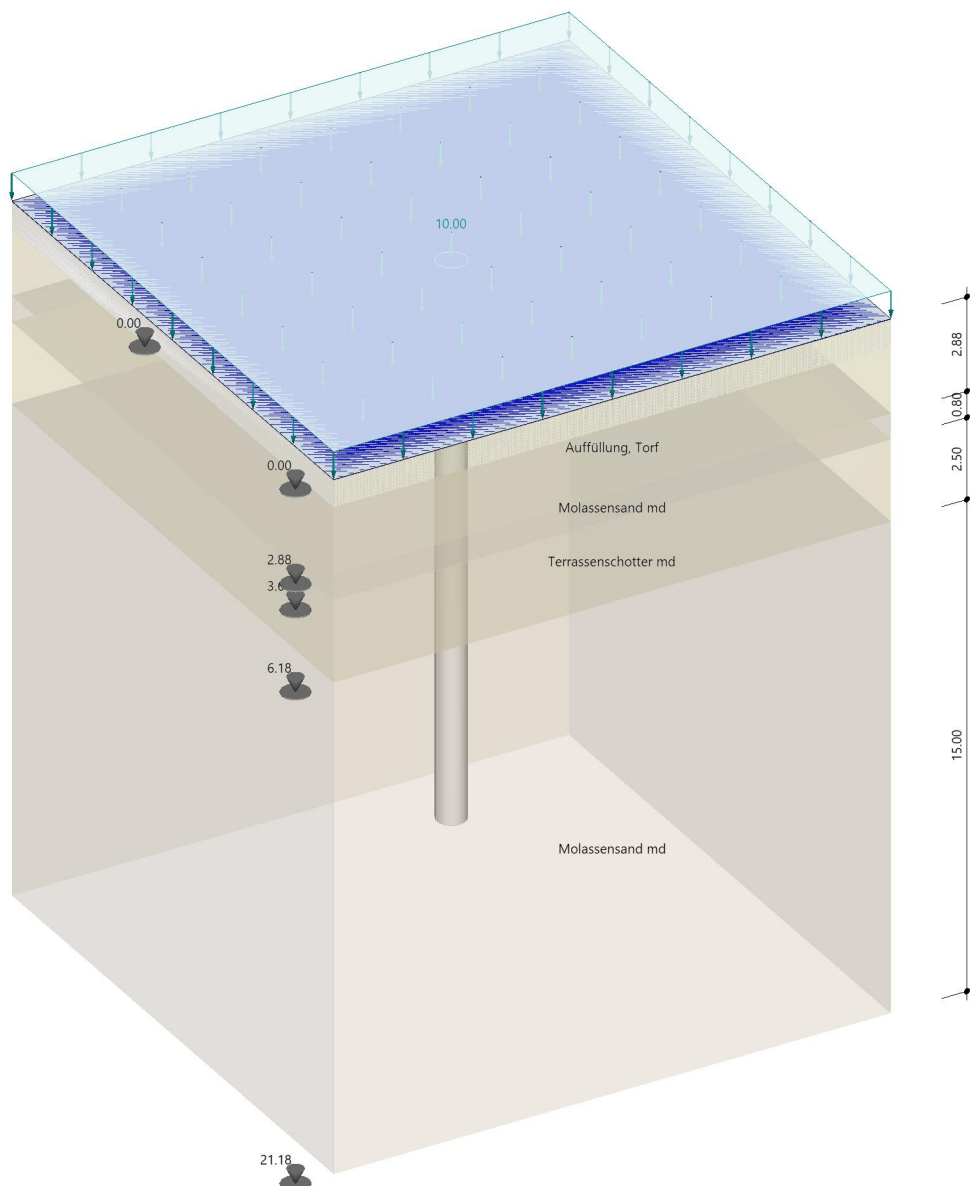
Bemessungsnorm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm : DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik : DIN EN 1990/NA:2010-12

 $\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE) : nicht angesetztKombination ständiger Lasten : alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)**System****Grafik zum Pfahlsystem**

Maßstab 1 : 200



unabhängig geprüft



Pfahlsystem

Pfahlart	Stabsystem		Querschnitt	
	L_s [m]	α [°]	D_s [cm]	d_1 [cm]
Bohrpfahl	17,00 ✓	0,0	88,0 ✓	5,2 ✓

Materialdefinitionen**Materialauswahl**

Beton C 30/37 ✓ $f_{ck} = 30.00 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 33000 \text{ N/mm}^2$
 Betonstahl B500B $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
 $k(f_t/f_y) = 1.08$ $\epsilon_{uk} = 50.0 \text{ ‰}$ (Bügel und Längsbewehrung)

Material Bemessungswerte

Bemessungssituation	Beton C 30/37 $\alpha_{cc} = 0.85$ $\alpha_{ct} = 0.85$			Betonstahl B500B		
	γ_c	f_{cd} N/mm ²	f_{ctd} N/mm ²	γ_s	f_{yd} N/mm ²	$f_{td} = f_{tk,cal} / \gamma_s$ N/mm ²
ständig/vorübergehend	1.50	17.00	1.15	1.15	434.78	456.52
Erdbeben	1.50	17.00	1.15	1.15	434.78	456.52
außergewöhnlich	1.30	19.62	1.33	1.00	500.00	525.00

Kriechzahl:

Umgebungsbedingungen:

Bodenfeuchte: $B_u = 50 \text{ ‰}$ Zementtyp: ZEM_N_RBelastungsalter: $t_o = 28 \text{ Tage}$ Endkriechzahl: $\phi(t_o, \infty) = 2.10$ **Anforderungen Dauerhaftigkeit:**

Betonangriff WF
 Bewehrungskorrosion XC2
 Mindestbetonklasse C 16/20
 Bügel $d_{s,b} = 10 \text{ mm}$
 Längsbewehrung $d_{s,l} = 20 \text{ mm}$
 Vorhaltemaß $\Delta C_{dev} = 10 \text{ mm}$
 reduziertes $c_{min} \geq C 16/20$
 Bügel $c_{min,b} = 15 \text{ mm}$
 Betondeckung $c_{nom,b} = 30 \text{ mm}$
 Längsbewehrung $c_{min,l} = 20 \text{ mm} \text{ *5}$
 Betondeckung $c_{nom,l} = 40 \text{ mm} \text{ *1}$
 Verlegemaß Bügel $c_{v,b} = 30 \text{ mm}$
 zul. Rissbreite $w_{max} = 0.30 \text{ mm}$

*1: mit $c_{min,b}$

*5: Verbund maßgebend

Baugrund

Es liegt Grundwasser an. Höhenkote: 0,00 m unter OK Gelände.

Schicht	Benennung	Dicke [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	ϕ_u [°]	$C_{u,k}$ [kN/m ²]	E_s [kN/m ²]
1	Auffüllung, Torf	2,88	10,40	0,40	24,0	15,00	0,0	-	500,00
2	Molassensand md	0,80	19,00	11,00	35,0	-	0,0	-	30000,00
3	Terrassenschotter md	2,50	20,00 ✓	12,00 ✓	35,0 ✓	-	0,0	-	80000,00
4	Molassensand md	15,00	21,00 ✓	11,00 ✓	27,5 ✓	5,00	0,0	-	20000,00 ✓



Belastung

Lastparameter

Eigengewicht Pfahl : Eigengewicht wird mit 155,1 kN am Pfahlkopf automatisch angesetzt.
 Großflächige Geländelast : 10,00 kN/m²

Einwirkungen

ID	Bezeichnung	Grenzzustand	ψ_0	ψ_1	ψ_2	P		T		A/E	
						$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
99	ständig	STR	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,00	1,20	1,00	1,10
		GEO-2				1,00	1,35	1,00	1,20	1,00	1,10
		SERV				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Kat. E: Lagerflächen	STR	1,00	0,90	0,80		1,50		1,30		1,10
		GEO-2					1,50		1,30		1,10
		SERV					1,00		1,00		1,00

Pfahllasten

Nr.	V_k [kN]	e_x [cm]	e_y [cm]	$F_{x,k}$ [kN]	$F_{y,k}$ [kN]	$M_{x,k}$ [kNm]	$M_{y,k}$ [kNm]	EGrp	ZGrp	Alt	Beschreibung
1	1304,0 ✓	0,0	0,0					99			
2	224,0 ✓	0,0	0,0					5			

Widerstände

Axialer Druckwiderstand aus Erfahrungswerten

$R_{c,k}$ (ULS) = 3243,4 kN $R_{c,k}$ (SLS) = 2986,3 kN

Grenzsetzung s_k (SLS) = 2,0 cm Setzungsdifferenz κ = 0,00

Pfahlwiderstand aus Pfahlmantelreibung

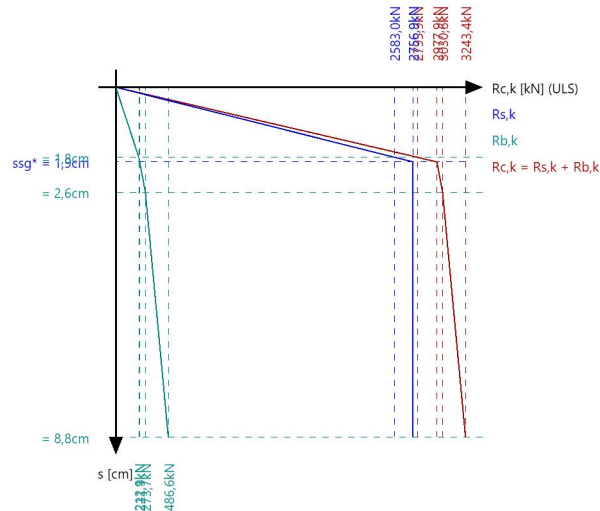
Obere Kote [m]	Untere Kote [m]	Schichthöhe [m]	Umfang [m]	$A_{s,i}$ [m ²]	$q_{s,k,i}$ (ssg*) [kN/m ²]	$R_{s,k,i}$ (ssg*) [kN]
0,00	2,88	2,88	2,76	7,96	0,00	0,0
2,88	3,68	0,80	2,76	2,21	60,00 ✓	132,7
3,68	6,18	2,50	2,76	6,91	120,00 ✓	829,4
6,18	17,00	10,82	2,76	29,91	60,00 ✓	1794,8
						2756,9

Pfahldruckwiderstand aus Spitzendruck

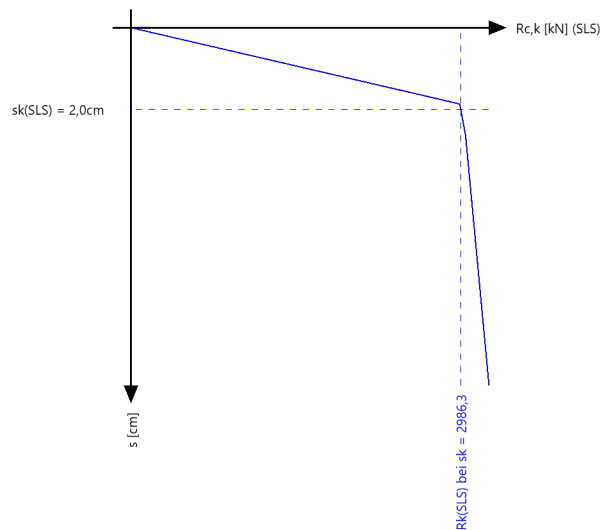
S_k / D_{eq}	S_k [cm]	A_q [m ²]	$q_{b,k,i}$ [kN/m ²]	$R_{b,k,i}$ [kN]
0,02	1,8	0,61	350,00 ✓	212,9
0,03	2,6	0,61	450,00 ✓	273,7
0,10	8,8	0,61	800,00 ✓	486,6



Maßstab 1 : 20



Maßstab 1 : 20



Grenzzustände in der ständigen Bemessungssituation

Nachweis Druckpfahl

Überlagerungsfaktoren

Nachweisverfahren 2 nach EN 1997-1, Abs. 2.4.7.3.4.3(1)P - Kombination: A1+M1+R2

Grenzzustand	Bemessungssituation	Lastfall	γ_F	ψ	Faktor
GEO-2	ständig	Eigengewicht $G_{v,z,k}$ ($F_{v,g,k}$)	1,35	1,00	1,35 ✓
		Kopflast $F_{v,g,k}$	1,35	1,00	1,35 ✓
		Kopflast $F_{v,p,k}$	1,50	1,00	1,50 ✓



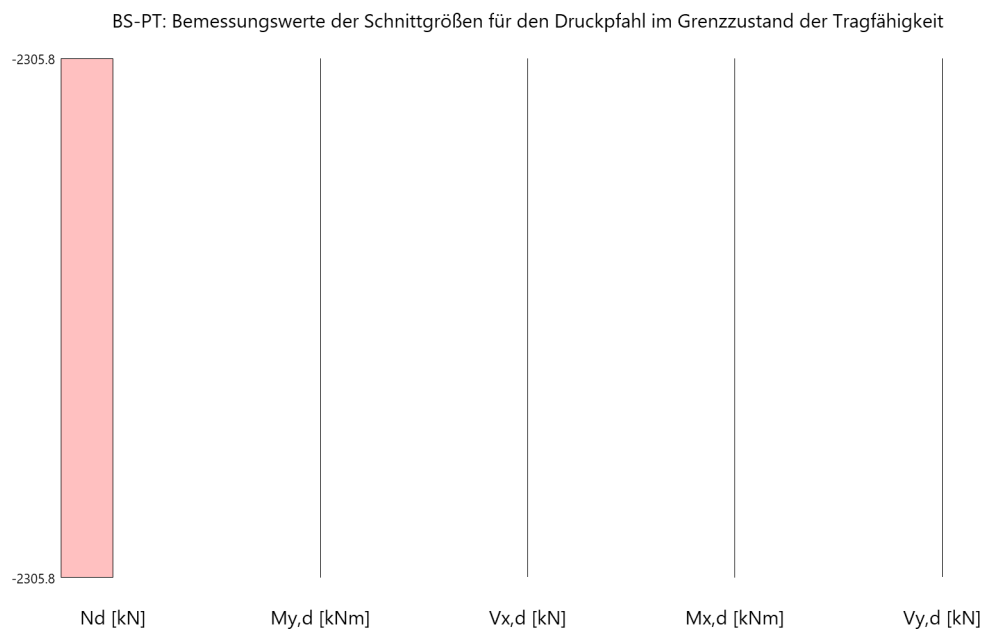
Bemessungswerte der Lasten

Pfahllasten

Nr.	V _d [kN]	e _x [cm]	e _y [cm]	F _{x,d} [kN]	F _{y,d} [kN]	M _{x,d} [kNm]	M _{y,d} [kNm]	aus Last
1	209,4 ✓	0,0	0,0					Eigengewicht G _{v,z,k} (F _{v,g,k})
2	1760,4 ✓	0,0	0,0					Kopflast F _{v,g,k}
3	336,0 ✓	0,0	0,0					Kopflast F _{v,p,k}

Grafik zu den Bemessungswerten der Schnittgrößen

Maßstab 1 : 250



Äußere Bemessung des axial beanspruchten Druckpfahls

Nachweis $F_{c,d} / R_{c,d} = 1,00 \checkmark < 1$ Nachweis erfüllt.

Dabei sind:

Bemessungswert der Einwirkung $F_{c,d} = 2305,8 \text{ kN} \checkmark$

Charakteristischer Widerstand $R_{c,k} = 3243,4 \text{ kN}$

Gesamtwiderstand Druckpfahl $\gamma_t = 1,40$

$F_{c,d} = 2305,8 \text{ kN} \checkmark$

$R_{c,k} = 3243,4 \text{ kN}$

$\gamma_t = 1,40$

Bemessungswert $R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_t = 2316,7 \text{ kN}$

Häufige Bemessungssituation

Setzungsnachweis

Überlagerungsfaktoren

Grenzzustand	Bemessungssituation	Lastfall	γ_F	Ψ	Faktor
SERV	häufig	Eigengewicht G _{v,z,k} (F _{v,g,k})	1,00	1,00	1,00 ✓
		Kopflast F _{v,g,k}	1,00	1,00	1,00 ✓
		Kopflast F _{v,p,k}	1,00	0,90	0,90 ✓

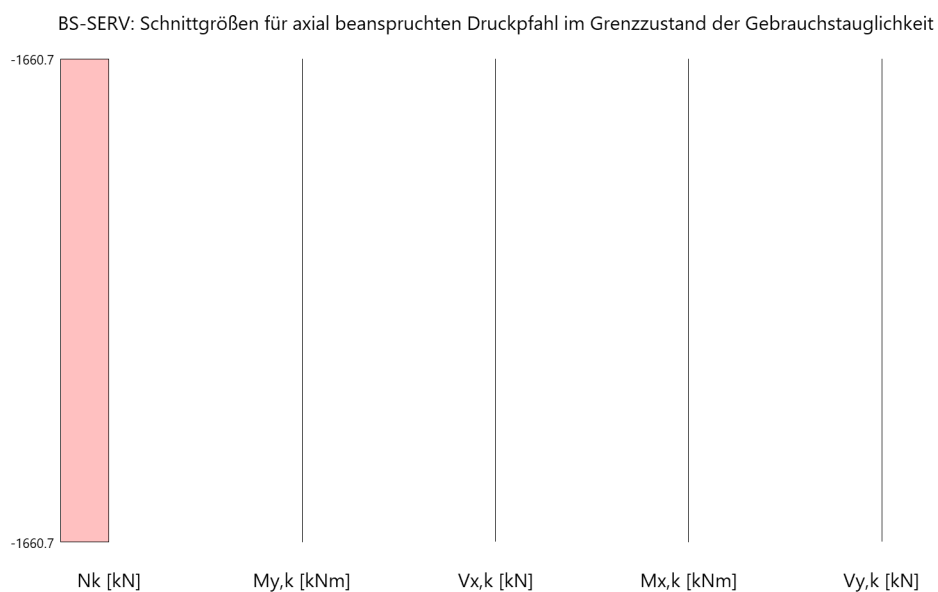


Charakteristische Lasten**Pfahllasten**

Nr.	V _k [kN]	e _x [cm]	e _y [cm]	F _{x,k} [kN]	F _{y,k} [kN]	M _{x,k} [kNm]	M _{y,k} [kNm]	aus Last
1	155,1 ✓	0,0	0,0					Eigengewicht G _{v,z,k} (F _{v,g,k})
2	1304,0 ✓	0,0	0,0					Kopflast F _{v,g,k}
3	201,6 ✓	0,0	0,0					Kopflast F _{v,p,k}

Grafik zu den charakteristischen Werten der Schnittgrößen

Maßstab 1 : 269.0

**Setzungsnachweis für axial beanspruchten Druckpfehl**

Nachweis $s_k / s_{R,k} = 0,52 \checkmark < 1$ Nachweis erfüllt.
 Vorhandene Setzung $s_k = 1,0 \text{ cm}$ zulässige Setzung $s_{R,k} = 2,0 \text{ cm}$

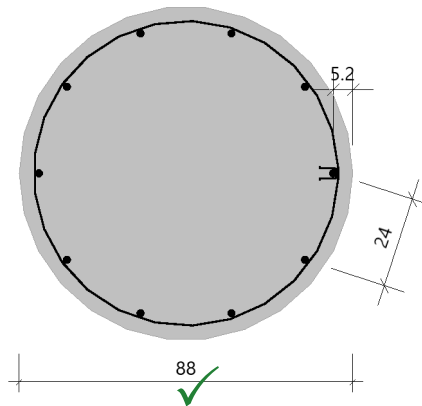
bzw. $F_k / R_k = 0,56 \checkmark < 1$ Nachweis erfüllt.
 Vorhandene Einwirkung $F_k = 1660,7 \text{ kN}$ zulässige Einwirkung $R_k = 2986,3 \text{ kN}$

Bewehrung**Bewehrungsanordnung im Querschnitt**

Stützenabschnitt	Stabnummer	Ø mm	Fläche cm ²	y cm	z cm
Abschnitt 1 Bügel: 102Ø10 mm	1	20	3.1	38.8	0.0
	2	20	3.1	31.4	22.8
	3	20	3.1	12.0	36.9
	4	20	3.1	-12.0	36.9
	5	20	3.1	-31.4	22.8
	6	20	3.1	-38.8	0.0
	7	20	3.1	-31.4	-22.8
	8	20	3.1	-12.0	-36.9
	9	20	3.1	12.0	-36.9
	10	20	3.1	31.4	-22.8
			31.4		

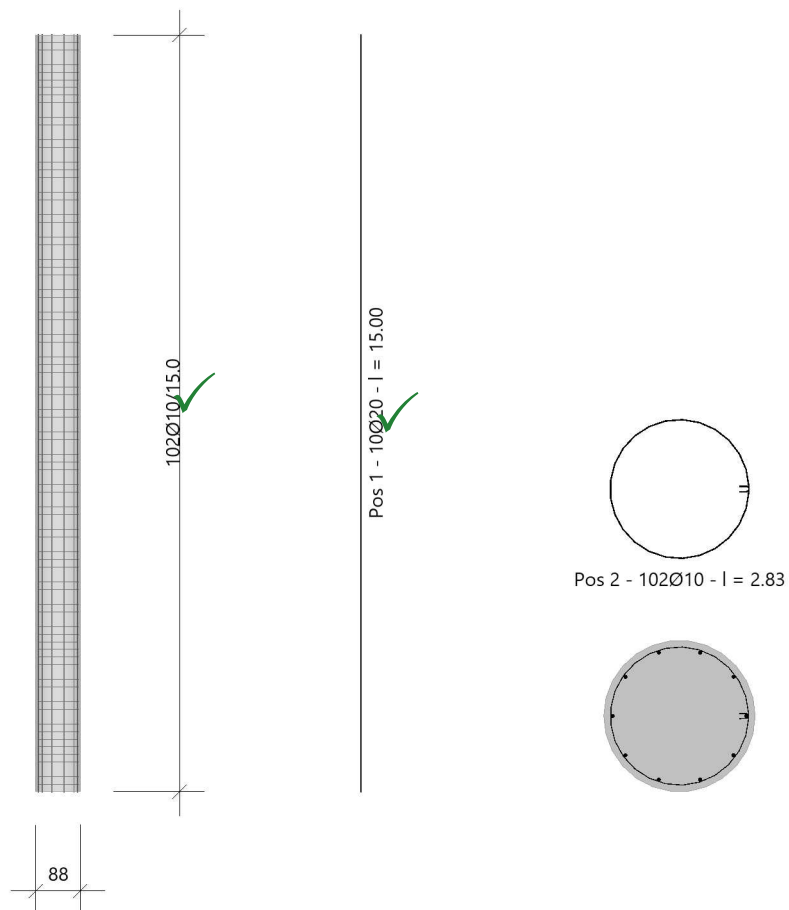


Maßstab 1 : 20



Rundstahlliste

Maßstab 1 : 150



F41-2 Bohrpfahl Typ G

Pfahlgründung Pfahl+ (FRILO 2026-0-4)

Einstellungen und Berechnungsparameter

Parameter für die geotechnische Bemessung

Grundbaunorm : DIN EN 1997:2010

Bemessungsnorm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm : DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik : DIN EN 1990/NA:2010-12

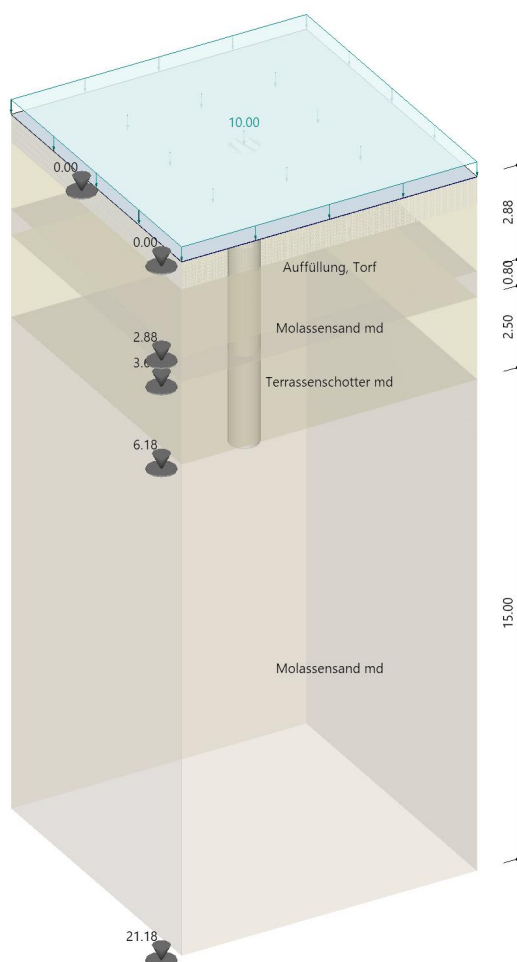
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE) : nicht angesetzt

Kombination ständiger Lasten : alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

System

Grafik zum Pfahlsystem

Maßstab 1 : 200



Pfahlsystem

Pfahlart	Stabsystem		Querschnitt	
	L_s [m]	α [°]	D_s [cm]	d_1 [cm]
Bohrpfahl	9,00 ✓	0,0	88,0 ✓	5,2 ✓

unabhängig geprüft ✓

Materialdefinitionen**Materialauswahl**

Beton C 30/37  $f_{ck} = 30.00 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 33000 \text{ N/mm}^2$
 Betonstahl B500B $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
 $k(f_t/f_y) = 1.08$ $\epsilon_{uk} = 50.0 \text{ ‰}$ (Bügel und Längsbewehrung)

Material Bemessungswerte

Bemessungssituation	Beton C 30/37 $\alpha_{cc} = 0.85$ $\alpha_{ct} = 0.85$			Betonstahl B500B		
	γ_c	f_{cd} N/mm ²	f_{ctd} N/mm ²	γ_s	f_{yd} N/mm ²	$f_{td} = f_{tk,cal} / \gamma_s$ N/mm ²
ständig/vorübergehend	1.50	17.00	1.15	1.15	434.78	456.52
Erdbeben	1.50	17.00	1.15	1.15	434.78	456.52
außergewöhnlich	1.30	19.62	1.33	1.00	500.00	525.00

Kriechzahl:

Umgebungsbedingungen:

Bodenfeuchte: $B_u = 50 \%$ Zementtyp: ZEM_N_RBelastungsalter: $t_0 = 28$ TageEndkriechzahl: $\phi(t_0, \infty) = 2.10$ **Anforderungen Dauerhaftigkeit:**

Betonangriff WF
 Bewehrungskorrosion XC2
 Mindestbetonklasse C 16/20
 Bügel $d_{s,b} = 10 \text{ mm}$
 Längsbewehrung $d_{s,l} = 20 \text{ mm}$
 Vorhaltemaß $\Delta C_{dev} = 10 \text{ mm}$
 reduziertes $c_{min} \geq C 16/20$
 Bügel $c_{min,b} = 15 \text{ mm}$
 Betondeckung $c_{nom,b} = 30 \text{ mm}$
 Längsbewehrung $c_{min,l} = 20 \text{ mm} \text{ *5}$
 Betondeckung $c_{nom,l} = 40 \text{ mm} \text{ *1}$
 Verlegemaß Bügel $c_{v,b} = 30 \text{ mm}$
 zul. Rissbreite $w_{max} = 0.30 \text{ mm}$

*1: mit $c_{min,b}$

*5: Verbund maßgebend

Baugrund

Es liegt Grundwasser an. Höhenkote: 0,00 m unter OK Gelände.

Schicht	Benennung	Dicke [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	ϕ_u [°]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	E_s [kN/m ²]
1	Auffüllung, Torf	2,88	10,40	0,40	24,0	15,00	0,0	-	500,00
2	Molassensand md	0,80	19,00	11,00	35,0	-	0,0	-	30000,00
3	Terrassenschotter md	2,50	20,00 	12,00 	35,0 	-	0,0	-	80000,00
4	Molassensand md	15,00	21,00 	11,00 	27,5 	5,00	0,0	-	20000,00 

Belastung**Lastparameter**

Eigengewicht Pfahl : Eigengewicht wird mit 82,1 kN am Pfahlkopf automatisch angesetzt.
 Großflächige Geländelast : 10,00 kN/m²



Einwirkungen

ID	Bezeichnung	Grenzzustand	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	P		T		A/E	
						$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
99	ständig	STR	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,00	1,20	1,00	1,10
		GEO-2				1,00	1,35	1,00	1,20	1,00	1,10
		SERV				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Kat. E: Lagerflächen	STR	1,00	0,90	0,80		1,50		1,30		1,10
		GEO-2					1,50		1,30		1,10
		SERV					1,00		1,00		1,00

Pfahllasten

Nr.	V_k [kN]	e_x [cm]	e_y [cm]	$F_{x,k}$ [kN]	$F_{y,k}$ [kN]	$M_{x,k}$ [kNm]	$M_{y,k}$ [kNm]	EGrp	ZGrp	Alt	Beschreibung
1	732,0	0,0	0,0					99			
2	117,0	0,0	0,0					5			

Widerstände**Axialer Druckwiderstand aus Erfahrungswerten**
 $R_{c,k}(\text{ULS}) = 1916,4 \text{ kN}$ $R_{c,k}(\text{SLS}) = 1659,3 \text{ kN}$

 Grenzsetzung $s_k(\text{SLS}) = 2,0 \text{ cm}$ Setzungsdifferenz $\kappa = 0,00$
Pfahlwiderstand aus Pfahlmantelreibung

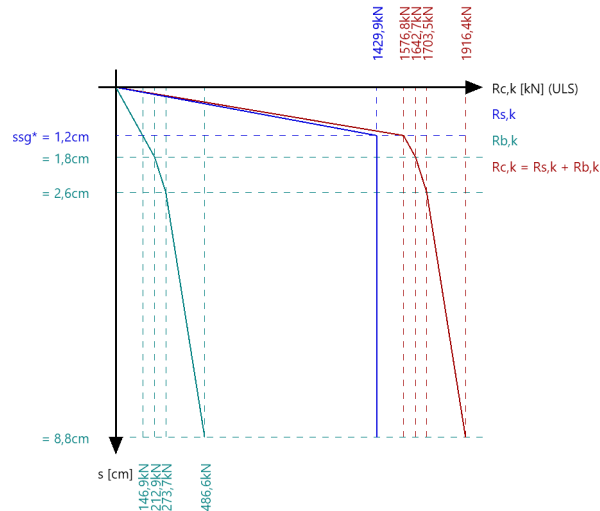
Obere Kote [m]	Untere Kote [m]	Schichthöhe [m]	Umfang [m]	$A_{s,i}$ [m ²]	$q_{s,k,i}(\text{ssg}^*)$ [kN/m ²]	$R_{s,k,i}(\text{ssg}^*)$ [kN]
0,00	2,88	2,88	2,76	7,96	0,00	0,0
2,88	3,68	0,80	2,76	2,21	60,00	132,7
3,68	6,18	2,50	2,76	6,91	120,00	829,4
6,18	9,00	2,82	2,76	7,80	60,00	467,8
						1429,9

Pfahldruckwiderstand aus Spitzendruck

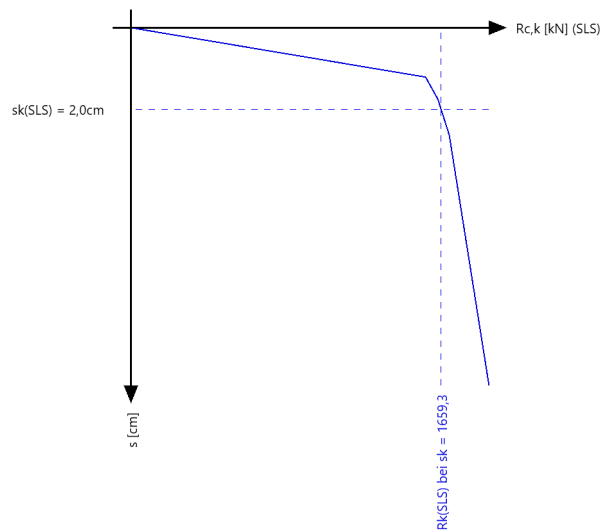
s_k / D_{eq}	s_k [cm]	A_q [m ²]	$q_{b,k,i}$ [kN/m ²]	$R_{b,k,i}$ [kN]
0,02	1,8	0,61	350,00	212,9
0,03	2,6	0,61	450,00	273,7
0,10	8,8	0,61	800,00	486,6



Maßstab 1 : 20



Maßstab 1 : 20



Grenzzustände in der ständigen Bemessungssituation

Nachweis Druckpfahl

Überlagerungsfaktoren

Nachweisverfahren 2 nach EN 1997-1, Abs. 2.4.7.3.4.3(1)P - Kombination: A1+M1+R2

Grenzzustand	Bemessungssituation	Lastfall	γ_F	Ψ	Faktor
GEO-2	ständig	Eigengewicht $G_{v,z,k}$ ($F_{v,g,k}$)	1,35	1,00	1,35 ✓
		Kopflast $F_{v,g,k}$	1,35	1,00	1,35 ✓
		Kopflast $F_{v,p,k}$	1,50	1,00	1,50 ✓

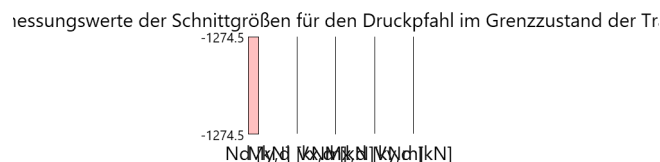


Bemessungswerte der Lasten**Pfahllasten**

Nr.	V _d [kN]	e _x [cm]	e _y [cm]	F _{x,d} [kN]	F _{y,d} [kN]	M _{x,d} [kNm]	M _{y,d} [kNm]	aus Last
1	110,8 ✓	0,0	0,0					Eigengewicht G _{v,z,k} (F _{v,g,k})
2	988,2 ✓	0,0	0,0					Kopflast F _{v,g,k}
3	175,5 ✓	0,0	0,0					Kopflast F _{v,p,k}

Grafik zu den Bemessungswerten der Schnittgrößen

Maßstab 1 : 250

**Äußere Bemessung des axial beanspruchten Druckpfahls**
 Nachweis $F_{c,d} / R_{c,d} = 0,93 \checkmark < 1$ Nachweis erfüllt.

Dabei sind:

Bemessungswert der Einwirkung

 $F_{c,d} = 1274,5 \checkmark \text{ kN}$

Charakteristischer Widerstand

 $R_{c,k} = 1916,4 \text{ kN}$ Bemessungswert $R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_t = 1368,9 \text{ kN}$

Gesamtwiderstand Druckpfahl

 $\gamma_t = 1,40$ **Häufige Bemessungssituation****Setzungsnachweis****Überlagerungsfaktoren**

Grenzzustand	Bemessungssituation	Lastfall	γ_F	ψ	Faktor
SERV	häufig	Eigengewicht G _{v,z,k} (F _{v,g,k})	1,00	1,00	1,00
		Kopflast F _{v,g,k}	1,00	1,00	1,00
		Kopflast F _{v,p,k}	1,00	0,90	0,90

Charakteristische Lasten**Pfahllasten**

Nr.	V _k [kN]	e _x [cm]	e _y [cm]	F _{x,k} [kN]	F _{y,k} [kN]	M _{x,k} [kNm]	M _{y,k} [kNm]	aus Last
1	82,1	0,0	0,0					Eigengewicht G _{v,z,k} (F _{v,g,k})
2	732,0	0,0	0,0					Kopflast F _{v,g,k}
3	105,3	0,0	0,0					Kopflast F _{v,p,k}



Grafik zu den charakteristischen Werten der Schnittgrößen

Maßstab 1 : 250

: Schnittgrößen für axial beanspruchten Druckpfahl im Grenzzustand der Gebrauchstau



Setzungsnachweis für axial beanspruchten Druckpfahl

Nachweis $s_k / s_{R,k} = 0,35 \checkmark 1$ Nachweis erfüllt.
Vorhandene Setzung $s_k = 0,7 \text{ cm}$ zulässige Setzung $s_{R,k} = 2,0 \text{ cm}$

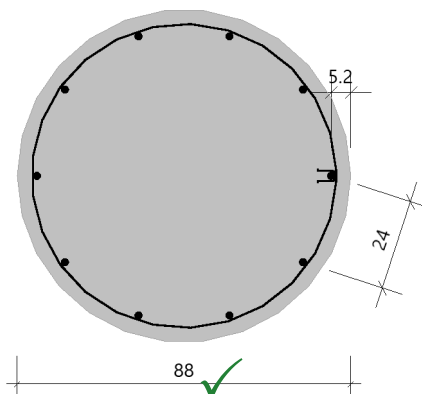
bzw. $F_k / R_k = 0,55 \checkmark 1$ Nachweis erfüllt.
Vorhandene Einwirkung $F_k = 919,4 \text{ kN}$ zulässige Einwirkung $R_k = 1659,3 \text{ kN}$

Bewehrung

Bewehrungsanordnung im Querschnitt

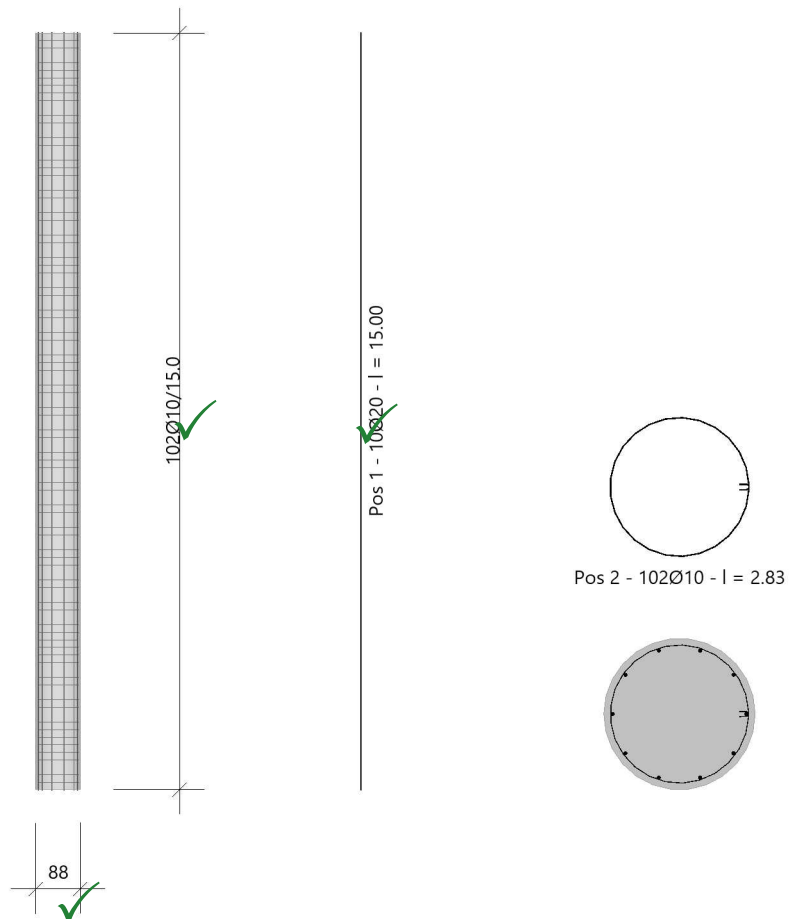
Stützenabschnitt	Stabnummer	Ø mm	Fläche cm ²	y cm	z cm
Abschnitt 1 Bügel: 102Ø10 mm	1	20	3.1	38.8	0.0
	2	20	3.1	31.4	22.8
	3	20	3.1	12.0	36.9
	4	20	3.1	-12.0	36.9
	5	20	3.1	-31.4	22.8
	6	20	3.1	-38.8	0.0
	7	20	3.1	-31.4	-22.8
	8	20	3.1	-12.0	-36.9
	9	20	3.1	12.0	-36.9
	10	20	3.1	31.4	-22.8
			31.4		

Maßstab 1 : 20



Rundstahlliste

Maßstab 1 : 150



F41-3 Bohrpfahl Typ H

Pfahlgründung Pfahl+ (FRILO 2026-0-4)

Einstellungen und Berechnungsparameter

Parameter für die geotechnische Bemessung

Grundbaunorm : DIN EN 1997:2010

Bemessungsnorm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm : DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik : DIN EN 1990/NA:2010-12

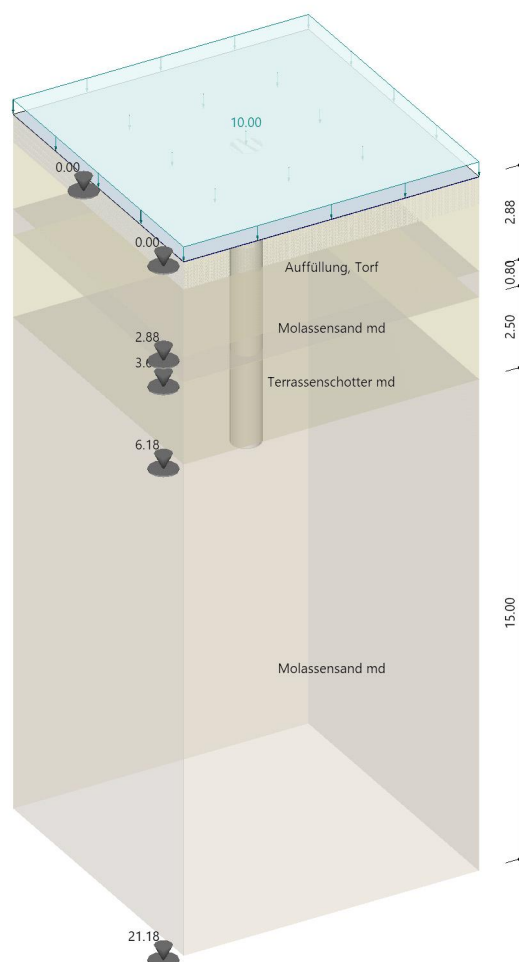
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE) : nicht angesetzt

Kombination ständiger Lasten : alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

System

Grafik zum Pfahlsystem

Maßstab 1 : 200



Pfahlsystem

Pfahlart	Stabsystem		Querschnitt	
	L_s [m]	α [°]	D_s [cm]	d_1 [cm]
Bohrpfahl	9,00 ✓	0,0	88,0 ✓	52 ✓

unabhängig geprüft



Materialdefinitionen**Materialauswahl**

Beton C 30/37  $f_{ck} = 30.00 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 33000 \text{ N/mm}^2$
 Betonstahl B500B $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
 $k(f_t/f_y) = 1.08$ $\epsilon_{uk} = 50.0 \text{ ‰}$ (Bügel und Längsbewehrung)

Material Bemessungswerte

Bemessungssituation	Beton C 30/37 $\alpha_{cc} = 0.85$ $\alpha_{ct} = 0.85$			Betonstahl B500B		
	γ_c	f_{cd} N/mm ²	f_{ctd} N/mm ²	γ_s	f_{yd} N/mm ²	$f_{td} = f_{tk,cal} / \gamma_s$ N/mm ²
ständig/vorübergehend	1.50	17.00	1.15	1.15	434.78	456.52
Erdbeben	1.50	17.00	1.15	1.15	434.78	456.52
außergewöhnlich	1.30	19.62	1.33	1.00	500.00	525.00

Kriechzahl:

Umgebungsbedingungen:

Bodenfeuchte: $B_u = 50 \%$ Zementtyp: ZEM_N_RBelastungsalter: $t_0 = 28$ TageEndkriechzahl: $\phi(t_0, \infty) = 2.10$ **Anforderungen Dauerhaftigkeit:**

Betonangriff WF
 Bewehrungskorrosion XC2
 Mindestbetonklasse C 16/20
 Bügel $d_{s,b} = 10 \text{ mm}$
 Längsbewehrung $d_{s,l} = 20 \text{ mm}$
 Vorhaltemaß $\Delta C_{dev} = 10 \text{ mm}$
 reduziertes $c_{min} \geq C 16/20$
 Bügel $c_{min,b} = 15 \text{ mm}$
 Betondeckung $c_{nom,b} = 30 \text{ mm}$
 Längsbewehrung $c_{min,l} = 20 \text{ mm} \text{ *5}$
 Betondeckung $c_{nom,l} = 40 \text{ mm} \text{ *1}$
 Verlegemaß Bügel $c_{v,b} = 30 \text{ mm}$
 zul. Rissbreite $w_{max} = 0.30 \text{ mm}$

*1: mit $c_{min,b}$

*5: Verbund maßgebend

Baugrund

Es liegt Grundwasser an. Höhenkote: 0,00 m unter OK Gelände.

Schicht	Benennung	Dicke [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	ϕ_u [°]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	E_s [kN/m ²]
1	Auffüllung, Torf	2,88	10,40	0,40	24,0	15,00	0,0	-	500,00
2	Molassensand md	0,80	19,00	11,00	35,0	-	0,0	-	30000,00
3	Terrassenschotter md	2,50	20,00	12,00	35,0	-	0,0	-	80000,00
4	Molassensand md	15,00	21,00	11,00	27,5	5,00	0,0	-	20000,00

Belastung**Lastparameter**

Eigengewicht Pfahl : Eigengewicht wird mit 82,1 kN am Pfahlkopf automatisch angesetzt.
 Großflächige Geländelast : 10,00 kN/m²



Einwirkungen

ID	Bezeichnung	Grenzzustand	ψ_0	ψ_1	ψ_2	P		T		A/E	
						$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
99	ständig	STR	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,00	1,20	1,00	1,10
		GEO-2				1,00	1,35	1,00	1,20	1,00	1,10
		SERV				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Kat. E: Lagerflächen	STR	1,00	0,90	0,80		1,50		1,30		1,10
		GEO-2					1,50		1,30		1,10
		SERV					1,00		1,00		1,00

Pfahllasten

Nr.	V_k [kN]	e_x [cm]	e_y [cm]	$F_{x,k}$ [kN]	$F_{y,k}$ [kN]	$M_{x,k}$ [kNm]	$M_{y,k}$ [kNm]	EGrp	ZGrp	Alt	Beschreibung
1	481,0	0,0	0,0					99			
2	131,0	0,0	0,0					5			

Widerstände**Axialer Druckwiderstand aus Erfahrungswerten**
 $R_{c,k}(\text{ULS}) = 1916,4 \text{ kN}$ $R_{c,k}(\text{SLS}) = 1659,3 \text{ kN}$

 Grenzsetzung $s_k(\text{SLS}) = 2,0 \text{ cm}$ Setzungsdifferenz $\kappa = 0,00$
Pfahlwiderstand aus Pfahlmantelreibung

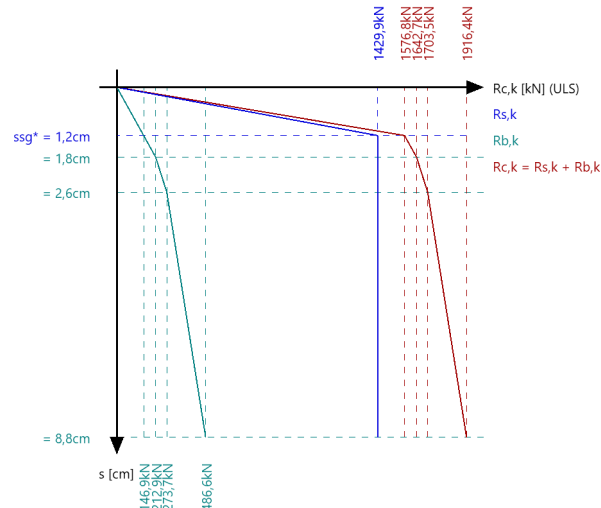
Obere Kote [m]	Untere Kote [m]	Schichthöhe [m]	Umfang [m]	$A_{s,i}$ [m ²]	$q_{s,k,i}(\text{ssg}^*)$ [kN/m ²]	$R_{s,k,i}(\text{ssg}^*)$ [kN]
0,00	2,88	2,88	2,76	7,96	0,00	0,0
2,88	3,68	0,80	2,76	2,21	60,00	132,7
3,68	6,18	2,50	2,76	6,91	120,00	829,4
6,18	9,00	2,82	2,76	7,80	60,00	467,8
						1429,9

Pfahldruckwiderstand aus Spitzendruck

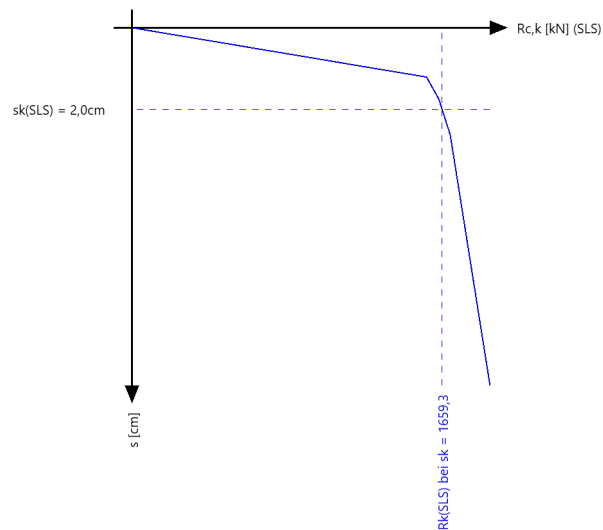
s_k / D_{eq}	s_k [cm]	A_q [m ²]	$q_{b,k,i}$ [kN/m ²]	$R_{b,k,i}$ [kN]
0,02	1,8	0,61	350,00	212,9
0,03	2,6	0,61	450,00	273,7
0,10	8,8	0,61	800,00	486,6



Maßstab 1 : 20



Maßstab 1 : 20



Grenzzustände in der ständigen Bemessungssituation

Nachweis Druckpfahl

Überlagerungsfaktoren

Nachweisverfahren 2 nach EN 1997-1, Abs. 2.4.7.3.4.3(1)P - Kombination: A1+M1+R2

Grenzzustand	Bemessungssituation	Lastfall	γ_F	Ψ	Faktor
GEO-2	ständig	Eigengewicht $G_{v,z,k}$ ($F_{v,g,k}$)	1,35	1,00	1,35 ✓
		Kopflast $F_{v,g,k}$	1,35	1,00	1,35 ✓
		Kopflast $F_{v,p,k}$	1,50	1,00	1,50 ✓



Bemessungswerte der Lasten**Pfahllasten**

Nr.	V _d [kN]	e _x [cm]	e _y [cm]	F _{x,d} [kN]	F _{y,d} [kN]	M _{x,d} [kNm]	M _{y,d} [kNm]	aus Last
1	110,8	0,0	0,0					Eigengewicht G _{v,z,k} (F _{v,g,k})
2	649,4	0,0	0,0					Kopflast F _{v,g,k}
3	196,5	0,0	0,0					Kopflast F _{v,p,k}

Grafik zu den Bemessungswerten der Schnittgrößen

Maßstab 1 : 250

Bemessungswerte der Schnittgrößen für den Druckpfehl im Grenzzustand der Tr

**Äußere Bemessung des axial beanspruchten Druckpfahls**

Nachweis

$$F_{c,d} / R_{c,d} = 0,70 < 1 \quad \text{Nachweis erfüllt.}$$

Dabei sind:

Bemessungswert der Einwirkung

$$F_{c,d} = 956,7 \text{ kN}$$

Charakteristischer Widerstand

$$R_{c,k} = 1916,4 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungswert } R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_t = 1368,9 \text{ kN}$$

Gesamtwiderstand Druckpfehl

$$\gamma_t = 1,40$$

Häufige Bemessungssituation**Setzungsnachweis****Überlagerungsfaktoren**

Grenzzustand	Bemessungssituation	Lastfall	γ_F	ψ	Faktor
SERV	häufig	Eigengewicht G _{v,z,k} (F _{v,g,k})	1,00	1,00	1,00
		Kopflast F _{v,g,k}	1,00	1,00	1,00
		Kopflast F _{v,p,k}	1,00	0,90	0,90

Charakteristische Lasten**Pfahllasten**

Nr.	V _k [kN]	e _x [cm]	e _y [cm]	F _{x,k} [kN]	F _{y,k} [kN]	M _{x,k} [kNm]	M _{y,k} [kNm]	aus Last
1	82,1	0,0	0,0					Eigengewicht G _{v,z,k} (F _{v,g,k})
2	481,0	0,0	0,0					Kopflast F _{v,g,k}
3	117,9	0,0	0,0					Kopflast F _{v,p,k}



Grafik zu den charakteristischen Werten der Schnittgrößen

Maßstab 1 : 250

: Schnittgrößen für axial beanspruchten Druckpfahl im Grenzzustand der Gebrauchstau



Setzungsnachweis für axial beanspruchten Druckpfahl

Nachweis $s_k / s_{R,k} = 0,26 < 1$ Nachweis erfüllt.
Vorhandene Setzung $s_k = 0,5 \text{ cm}$ zulässige Setzung $s_{R,k} = 2,0 \text{ cm}$

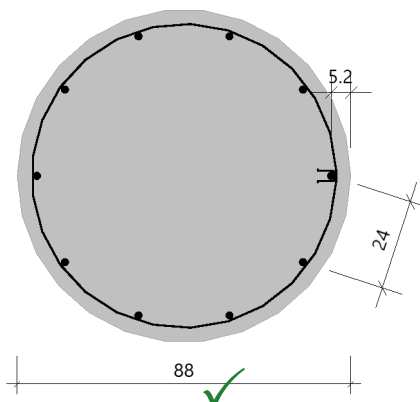
bzw. $F_k / R_k = 0,41 < 1$ Nachweis erfüllt.
Vorhandene Einwirkung $F_k = 681,0 \text{ kN}$ zulässige Einwirkung $R_k = 1659,3 \text{ kN}$

Bewehrung

Bewehrungsanordnung im Querschnitt

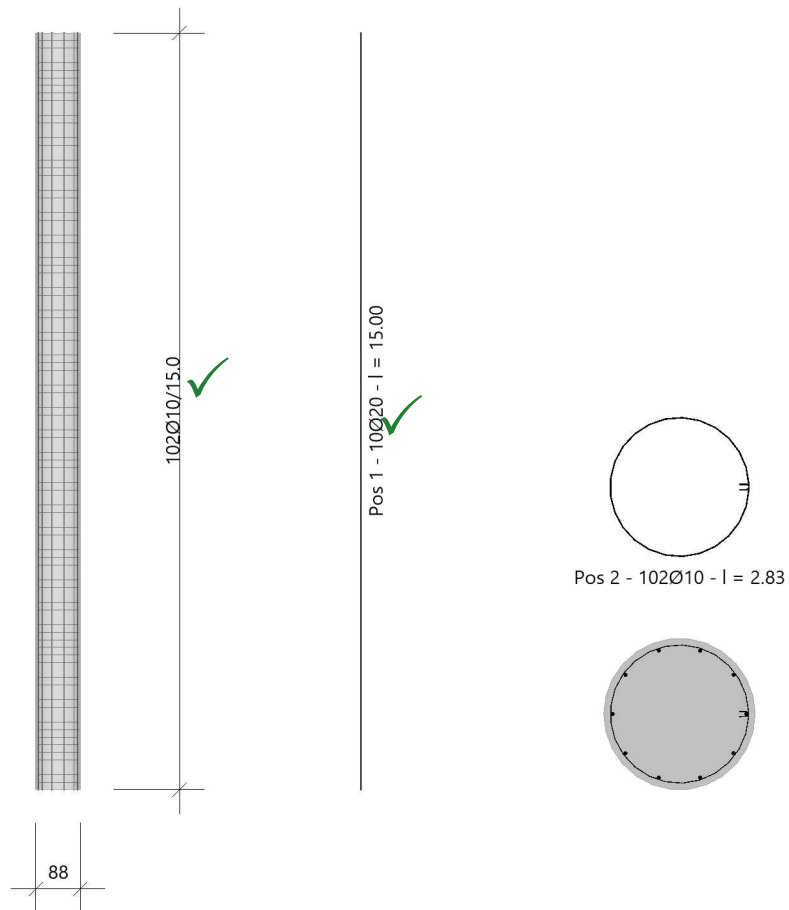
Stützenabschnitt	Stabnummer	Ø mm	Fläche cm ²	y cm	z cm
Abschnitt 1 Bügel: 102Ø10 mm	1	20	3.1	38.8	0.0
	2	20	3.1	31.4	22.8
	3	20	3.1	12.0	36.9
	4	20	3.1	-12.0	36.9
	5	20	3.1	-31.4	22.8
	6	20	3.1	-38.8	0.0
	7	20	3.1	-31.4	-22.8
	8	20	3.1	-12.0	-36.9
	9	20	3.1	12.0	-36.9
	10	20	3.1	31.4	-22.8
			31.4		

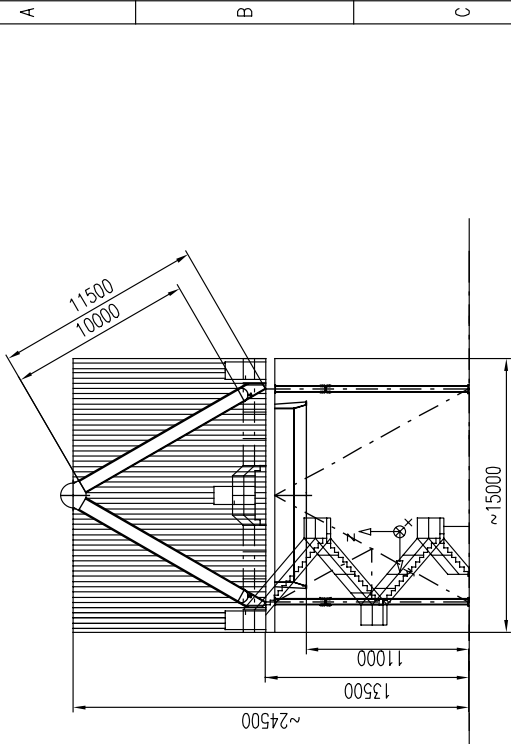
Maßstab 1 : 20



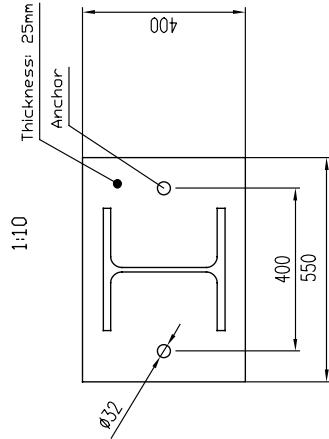
Rundstahlliste

Maßstab 1 : 150



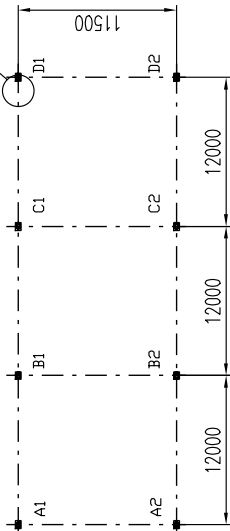


DETAIL A



PRELIMINARY WEIGHT: 490 000 kg

PRELIMINARY ANCHORING PLAN



Rev. No.	Revision		Date	Signature
Project:	Scale:	N.T.S.		BRONSWERK® HEAT TRANSFER Dynamic Heat Exchange Solutions
Checked:	Date:			
Approved:	Project name:			
Customer:				
Location:			Drawing No.: 424481-D001-0	
Designation:		AIR-COOLED CONDENSER		Sheet: 1
		Preliminary sketch		Of: 1

Wind auf Luko

Lasten aus Wind und Schnee (x64) LWS+ 02/25A (FRILO R-2025-2/P05)

System

Basiswerte

Land Deutschland
 Schnee-Norm DIN EN 1991-1-3/NA:2019-04
 Wind-Norm DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12

Gemeinde 82140 Olching
 Geländehöhe $h_{NN} = 502.00$ m
 Klimaregion Zentral-Ost
 Schneezone 1a
 Windzone 2
 Geländekategorie Kategorie II ✓

(Eine Gemeindezuordnung ist in den Schnee- und Windnormen nicht rechtsverbindlich geregelt!)

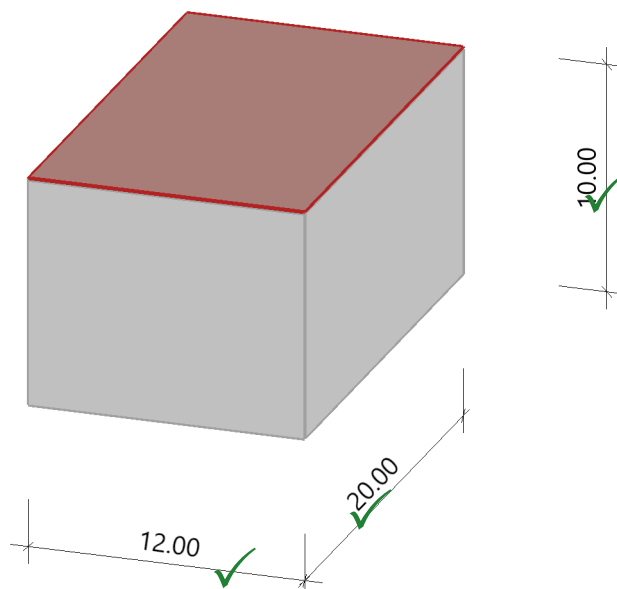
Beiwerte

Faktor für Schneetraufast $k = 0.40$

Geometrie Flachdach

Gebäudehöhe $h = 10.00$ m
 Gebäudelänge $l = 20.00$ m
 Gebäudebreite $b = 12.00$ m
 mit Flachdach - scharfkantig
 Dachneigung $\alpha_{li} = 0.0^\circ$
 Überstand $\ddot{u}_{li} = 0.00$ m $\ddot{u}_{re} = 0.00$ m
 Überstand $\ddot{u}_1 = 0.00$ m $\ddot{u}_2 = 0.00$ m
 Dachbreite/länge $dx = 12.00$ m $dy = 20.00$ m

Grafik



Lasten

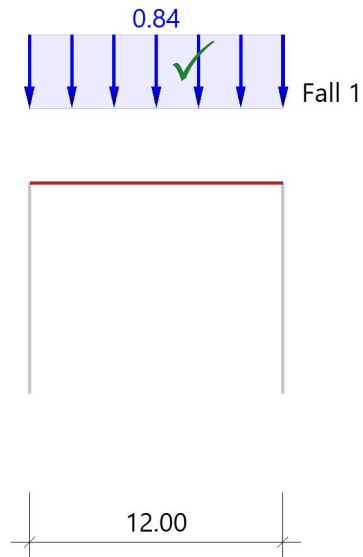
Bodenschneelast $s_k = 1.05$ kN/m²
 Basiswindgeschwindigkeit $v_{b0} = 25.0$ m/s
 Basisgeschwindigkeitsdruck $q_{b0} = 0.39$ kN/m²
 Referenzhöhe $z_e = 10.00$ m
 Geschwindigkeitsstaudruck $q_{p,0}(h) = 0.82$ kN/m²
 Geschwindigkeitsstaudruck $q_{p,90}(h) = 0.82$ kN/m² ✓



Ergebnisse

Schnee

Grafik, Querschnitt



Tabelle, Querschnitt

Sit	μ	S_i [kN/m ²]	$S_{e,li}$ [kN/m]	$S_{e,re}$ [kN/m]
P/T	0.80	0.84		
Alle Werte sind charakteristische Werte. Sit: P/T=persistent/transient, excp=exceptional				

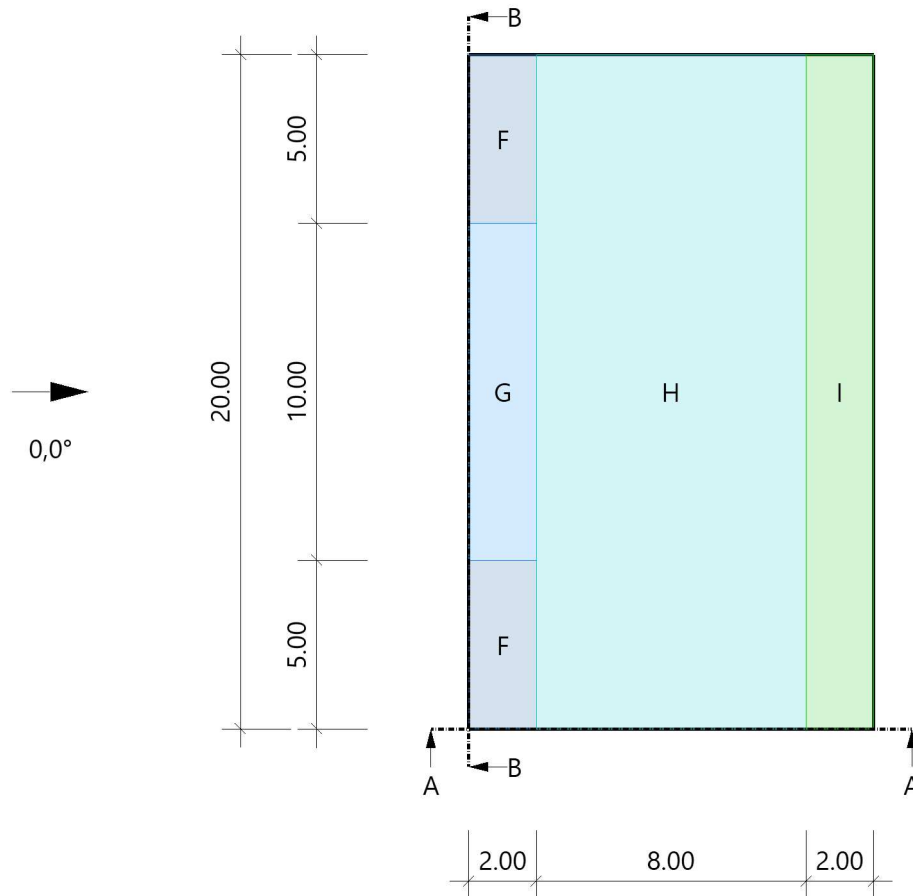
Wind

Hinweis

Die Windlasten werden immer auf Basis des Winddruckbeiwert-Verfahrens ermittelt.
Diese Windlasten sind für die Bauteilbemessung relevant!



Grafik, 0°, Draufsicht



Tabelle, 0°, Draufsicht

Referenzeinflußbreite $e = 20.00 \text{ m}$

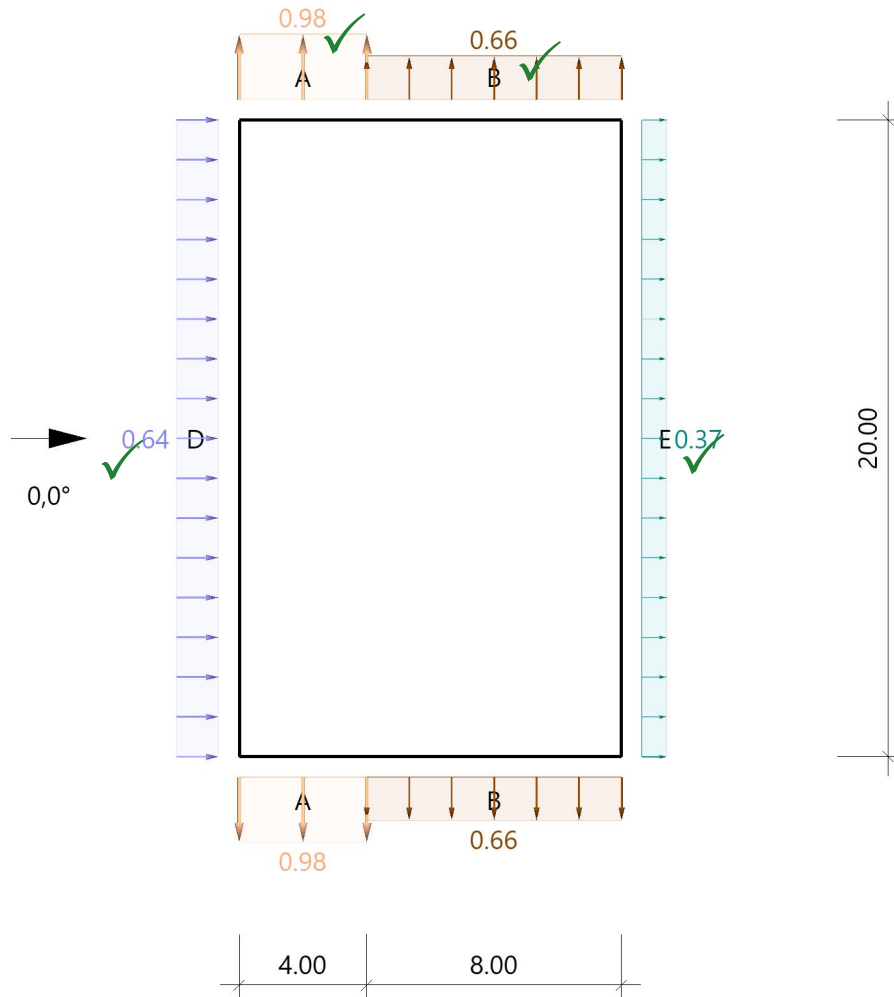
Bereich	Bauteil	$C_{pe,10+}$	$C_{pe,10-}$	$C_{pe,1+}$	$C_{pe,1-}$	$W_{e,10+}$ [kN/m²]	$W_{e,10-}$ [kN/m²]	$W_{e,1+}$ [kN/m²]	$W_{e,1-}$ [kN/m²]	l_x [m]	l_y [m]
F	DF	0.00	-1.80	0.00	-2.50	0.00	-1.47	0.00	-2.05	2.00	5.00
G	DF	0.00	-1.20	0.00	-2.00	0.00	-0.98	0.00	-1.64	2.00	10.00
H	DF	0.00	-0.70	0.00	-1.20	0.00	-0.57	0.00	-0.98	8.00	20.00
I	DF	0.20	-0.60	0.20	-0.60	0.16	-0.49	0.16	-0.49	2.00	20.00

Alle Werte sind charakteristische Werte.

An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen.



Grafik, 0°, Schnitt durch die Wände



Lasteinzugsfläche für die grafische Darstellung = 10.00 m²

Tabelle, 0°, Schnitt durch die Wände

Referenzeinflußbreite e = 20.00 m

Verhältnis h/d = 0.833 h/b = 0.500 d/b = 0.600

Bereich	Bauteil	Cpe,10+	Cpe,10-	Cpe,1+	Cpe,1-	We,10+ [kN/m ²]	We,10- [kN/m ²]	We,1+ [kN/m ²]	We,1- [kN/m ²]	lx [m]	ly [m]
D	1 Wand links	0.78	0.00	1.00	0.00	0.64	0.00	0.82	0.00		20.00
E	Wand rechts	0.00	-0.46	0.00	-0.50	0.00	-0.37	0.00	-0.41		20.00
A	2 Wand vorne	0.00	-1.20	0.00	-1.40	0.00	-0.98	0.00	-1.15	4.00	
B	2 Wand vorne	0.00	-0.80	0.00	-1.10	0.00	-0.66	0.00	-0.90	8.00	

Alle Werte sind charakteristische Werte.

1 : für die luvseitige Wand gilt die Bezugshöhe ze nach Bild 7.4

2 : Wand hinten enthält die gleichen Werte



Schlussbemerkungen

Statisch geringer beanspruchte Bauteile wurden nicht nachgewiesen. Sie werden in der Werkplanung konstruktiv berücksichtigt.

Tragende Bauteile dürfen nicht ohne vorherigen statischen Nachweis geschwächt oder verändert werden.

Sollten Änderungen in der Ausführung durch die beauftragten Firmen vorgenommen werden, sind diese Änderungen durch die Firma selbst statisch nachzuweisen und zur Prüfung vorzulegen.

Alle hier getroffenen Annahmen müssen bei Vorlage neuer Lastangaben, zusätzlichen Erkundungen des Baugrundgutachters, der weiterführenden Ausführungsplanung usw. auf ihre Richtigkeit und Aktualität hin überprüft werden.

Der Aufsteller dieser Statik ist über den Eingang von neuen, zusätzlichen Bauangaben und über Änderungen in der Planung zu informieren !

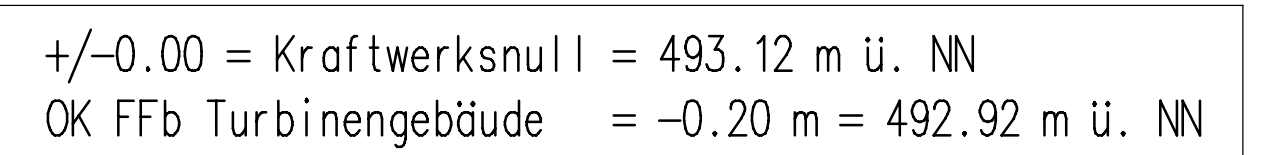
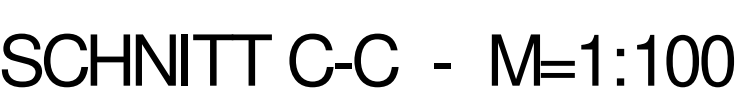
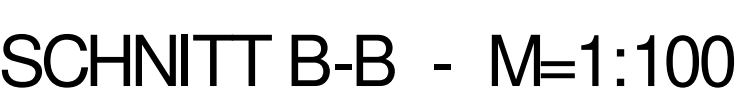
Gegebenenfalls wird eine Änderung oder Weiterbearbeitung der Statik erforderlich.

Dresden, den 17.10.2025



Dipl.-Ing. Axel Fichtner



[illegible]