1. Treppenhaus 11

1.1 Neubau Wandverkleidung

1.1.1. Allgemein

Die Wände des Treppenhaus 11 sollen mit Lichtbetonelementen verkleidet werden. Es gelten folgende Anforderungen:

- Die Konstruktion muss revisionierbar sein,
- die maximale Tiefe der Wandverkleidung inkl. Unterkonstruktion in den Rampenbereichen beträgt 12,0 cm
- die Lichtbetonplatten sollen eine Stärke von 4,0 cm und maximale Maße von 0,6 x 1,2 m haben.

1.1.2. Lastermittlung

Eigengewicht

Das Eigengewicht wird Programm intern ermittelt.

Anlehnlast

Qk = 1,0 kN bis h = 1,20 m ü. FFB

Aerodynamische Einwirkungen aus Zugfahrten

Die Windlast aus Zugfahrten wird gemäß DIN-EN-1991-2, Kapitel 6.6.2 angesetzt.

Abstand zum Gleis: ca. 4,0 m;

Geschwindigkeit der Züge: v < 120 km/h

qk = 0,1 kN/m²

Vandalismus – Außergewöhnlicher Lastfall

Es wird in Anlehnung an die DIN-EN 1991-1-1 Kapitel 6.4 eine Einzellast angesetzt.

Qk = 2,0 kN bis h = 1,20 m ü FFB

Lastkombinatorik

Gemäß DIN 18516-5.

Nummer	Eigengewicht	Veränderlich	Wind	Außergewöhnlich
1	1,35	1,5	1,5*0,6=0,9	-
2	1,35	1,5*0,7=1,05	1,5	-
3	1,0	0	0	1,0
4	Max/Min-Überlagerung der Lastfallkombinationen 1 – 3			

VORABZUG

1.1.3. Bemessung Lichtbetonplatte – Dornlagerung

Material- und Querschnittswerte

Materialkennwerte

Nr.	Material-Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul	Quer-dehn.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
1	C20/25-EN-D	30000	12500	0,20	1,000e-05	25,000

Kriech- und Schwindbeiwerte

Material	phi.t	rho	epsilon.s
1	0,000	0,800	0,00E-05

Querschnittswerte

Nr. 1 FL d=0,04
A = 4,000e-02 [m²], Iy = 5,333e-06 [m4]

Lagerbedingungen

Die Ankerdorne werden als Linienlager mit einer Länge von 25 mm eingegeben. Die Linienlager am unteren Plattenrand sind Festlager, die am oberen Plattenrand sind Loslager in vertikaler Plattenebene (y-Richtung). Zusätzlich sind an den langen Plattenrändern, im Bereich bis ca. 1,20 m über FFB, Druckunterstützungen in den Fugenmittellagen vorgesehen, um die Stoßbelastung aus dem Lastfall Vandalismus besser aufnehmen zu können. Die Druckunterstützung wird als Punktlager mit Zugausfall senkrecht zur Plattenebene modelliert.

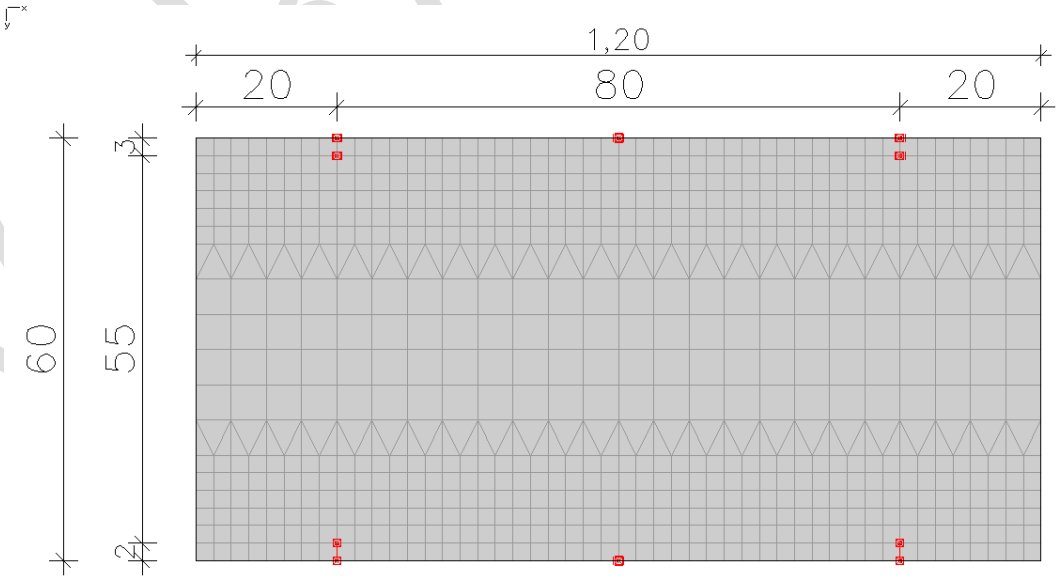


Abbildung 1: Statisches System der Lichtbetonplatte

Nachweis: Plattenbiegung

Vergleichsspannung in der Platte

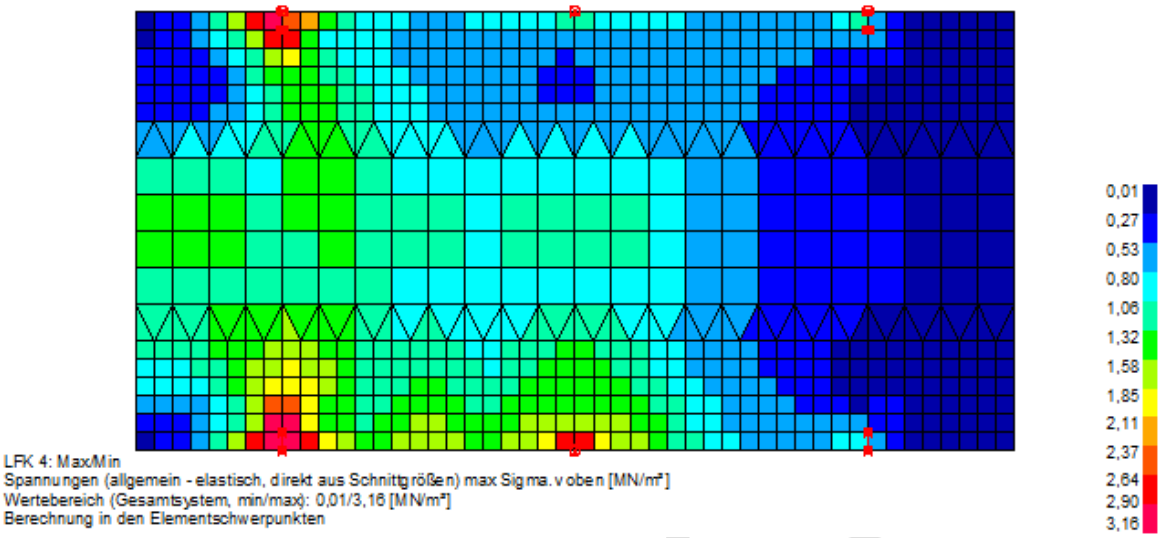


Abbildung 2: Vergleichsspannung oben

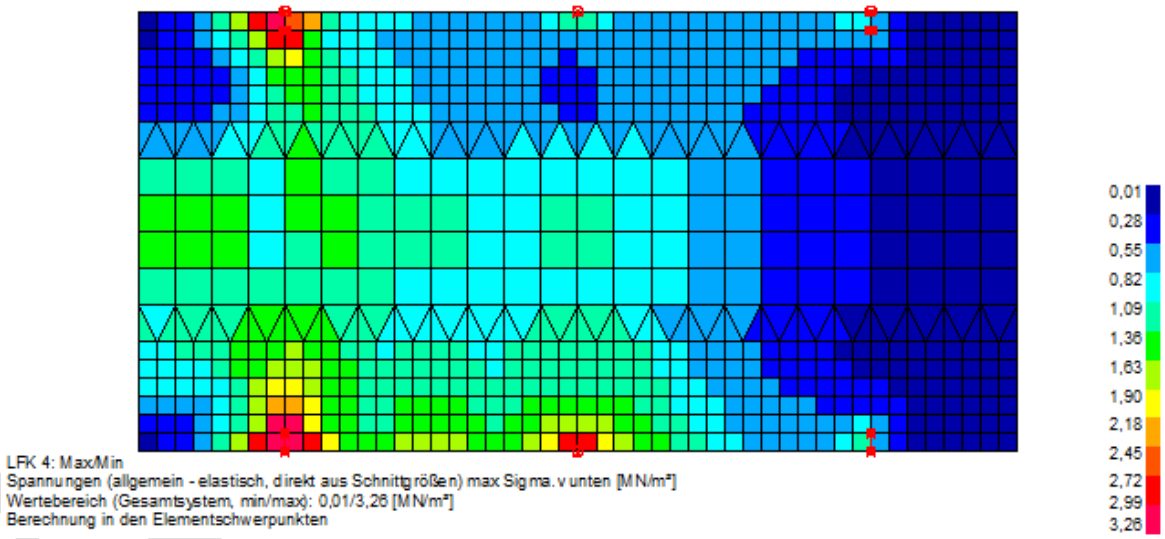


Abbildung 3: Vergleichsspannung unten

$$\sigma_{v,Ed,max} = \max(\sigma_{v,Ed,oben}; \sigma_{v,Ed,unten}) = \max(3{,}16; 3{,}26) = 3{,}26 \text{ N/mm}^2$$

Biegezugfestigkeit gemäß DIN18516-5, Kapitel 4.2.1:

Tabelle 1 — Biegezugfestigkeitswerte

Festigkeitsklasse	Biegezugfestigkeit N/mm²		Charakteristischer Widerstand der Biegezugfestigkeit N/mm²
	$\sigma_{u,min}$	$\sigma_{u,mittel}$	σ_{Rk}
1	≥ 4,0	≥ 5,0	3,2
2	≥ 4,8	≥ 6,0	3,6
3	≥ 6,4	≥ 8,0	4,1
4	≥ 8,0	≥ 10,0	4,5
5	≥ 9,6	≥ 12,0	4,9

Für die **Festigkeitsklasse 5** ergibt sich folgende Biegezugfestigkeit:

$\sigma_{Rd} = \sigma_{Rk} / \gamma = 4{,}9 / 1{,}8 = 2{,}72$ N/mm²

Nachweis der maximalen Vergleichsspannung:

$\sigma_{Rd} = 2{,}72$ N/mm² $\leq \sigma_{v,Ed,max} = 3{,}26$ N/mm² Nachweis <u>nicht</u> erfüllt!

Für den Marienplatz werden die Lichtbetonelemente der Firma Hering-bau verwendet. Die Betonrezepturen von Hering-bau wurden einer Materialprüfung gemäß Merkblatt des ZDB unterzogen. Aus diesen Prüfungen gehen deutlich höhere Biegezugfestigkeiten als in der Norm angegeben hervor. Im Folgenden werden nach Absprache mit Hering-bau die Festigkeiten für rotbraune Elemente angesetzt (vgl. Abbildung 4). Allerdings sind die Festigkeiten von der jeweiligen Rezeptur abhängig, dementsprechend muss, sobald die endgültige Betonrezeptur für den Marienplatz feststeht, eine erneute Materialprüfung durchgeführt werden und die Ergebnisse müssen mit den angesetzten Werten aus dieser Statik verglichen werden.

Ermittlung der charakteristischen Bauteilwiderstände

gemäß Merkblatt des ZDB

Betonrezeptur: LVB 4/21 (rotbraun)

Grundlage: Prüfungszeugnis Nr. 558.x / 22 vom 12.12.2022

1. Charakteristische Biegezugfestigkeit für Bauteildicke 40 mm

Die charakteristische Biegezugfestigkeit ergibt sich wie folgt

$\sigma_{Rk} = \alpha_{exp,B} * \sigma_{u5\%,nass}$

Der Faktor $\alpha_{exp,B}$ ermittelt sich aus den verschiedenen Prüfserien wie folgt

$\alpha_{exp,B} = 1{,}25 \times (\sigma_{um,nd} / \sigma_{um,nass}) \leq 1$ (n = Anzahl der Trocknungstage)

Serie	n	$\sigma_{um,nd}$	$\alpha_{exp,B}$
1	0	10,9	-
2	1	6,4	0,73
3	3	6,3	0,72
4	7	7,6	0,87

$\sigma_{Rk} = \alpha_{exp,B} * \sigma_{u5\%,nass} =$ 0,72 x 9,8 = <u>7,1 N/mm²</u>

Abbildung 4: Biegezugfestigkeiten Hering-bau

$\sigma_{Rd} = \sigma_{Rk} / \gamma = 7{,}1 / 1{,}8 = 3{,}94$ N/mm²

Nachweis der maximalen Vergleichsspannung:

$\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm² $\leq \sigma_{v,Ed,max} = 3{,}26$ N/mm² Nachweis erfüllt!

➔ Bis zur Vollauslastung ist eine Reduktion der charakteristischen Biegezugfestigkeit auf 6,0 N/mm² möglich. Allerdings gilt dies nicht für die Lichtbetonelemente der Brüstung.

VORABZUG

1.1.4. Bemessung der Befestigung

Die Lichtbetonelemente werden mittels Ankerdornen befestigt, vgl. die nachfolgende Skizze und den Plan 55-1033sk250704-001.

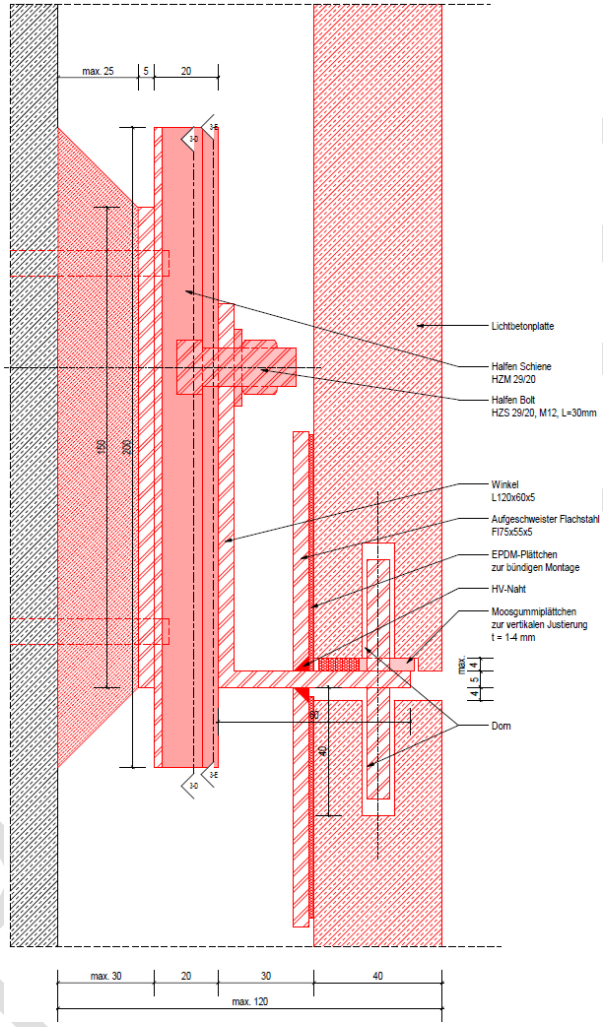


Abbildung 5: Skizze Dornlagerung (Schnitt)

<u>Nachweis: Ausbruch am Ankerdorn</u>

Auflagerkräfte (design)

Auflager im Uhrzeigersinn (Anfang: links oben)	Rx [kN] In Plattenebene horizontal	Ry [kN] In Plattenebene vertikal	Rz [kN] Senkrecht zur Plattenebene
1	0	0	1,12
Druckunterstützung oben	0	0	0,77
2	0	0	0,11
3	0	0,5	0,16
Druckunterstützung unten	0	0	2,19
4	0	0,5	**1,82**

VORABZUG

Ausbruchslast am Ankerdorn gemäß DIN18516-5, Kapitel 4.2.2:

Tabelle 2 — Unterer Erwartungswert des Widerstands des Ankerdorns

Festigkeitsklasse	Biegezugfestigkeit N/mm²		Charakteristischer Widerstand des Ankerdorns gegen Ausbruch $F_{Rk,0}$ N		
	$\sigma_{u,min}$	$\sigma_{u,mittel}$	$d_1 = 10$ mm	$d_1 = 15$ mm	$d_1 = 20$ mm
1	≥ 4,0	≥ 5,0	610	940	1 315
2	≥ 4,8	≥ 6,0	650	1 010	1 410
3	≥ 6,4	≥ 8,0	740	1 140	1 600
4	≥ 8,0	≥ 10,0	800	1 240	1 730
5	≥ 9,6	≥ 12,0	880	1 350	1 895

Charakteristischer Widerstand gemäß DIN18516-5, Kapitel 5.3.2:

$N_{Rk} = 1{,}0 * F_{Rk,0} = 1{,}0 * 1350 = 1{,}35$ kN

Mit folgenden Annahmen:

- Spaltbreite ≤ 4,0 mm
- Restwanddicke $d_1 = 0{,}5 * (d_{Platte} - d_{Dornloch}) = 0{,}5 * (40 - 10) = 15$ mm
- Festigkeitsklasse der Platte: 5

$N_{Rd} = N_{Rk} / \gamma = 1{,}35 / 1{,}8 = 0{,}75$ kN

$\eta = N_{Ed} / N_{Rd} = 1{,}82 / 0{,}75 = 2{,}43$ Nachweis <u>nicht</u> erfüllt!

Für den Marienplatz werden die Lichtbetonelemente der Firma Hering-bau verwendet. Die Betonrezepturen von Hering-bau wurden einer Materialprüfung gemäß Merkblatt des ZDB unterzogen. Aus diesen Prüfungen gehen höhere Ausbruchslasten am Ankerdorn als in der Norm angegeben hervor. Im Folgenden werden nach Absprache mit Hering-bau die Festigkeiten für rotbraune Elemente angesetzt (vgl. Abbildung 4). Allerdings sind die Festigkeiten von der jeweiligen Rezeptur abhängig, dementsprechend muss, sobald die endgültige Betonrezeptur für den Marienplatz feststeht, eine erneute Materialprüfung durchgeführt werden und die Ergebnisse müssen mit den angesetzten Werten aus dieser Statik verglichen werden.

2. Charakteristische Ausbruchlast Ankerdorn

Lastangriffswinkel:	90 Grad
Dornlochdurchmesser:	10 mm
Durchmesser Ankerdorn:	6 mm
Einspannlänge Ankerdorn:	25 mm
Dicke Probekörper:	40 mm

Der charakteristische Widerstand der Ausbruchlast ergibt sich wie folgt

$F_{Rk} = \alpha_{exp,F} * F_{u5\%,3d}$

Der Faktor $\alpha_{exp,F}$ ermittelt sich aus den verschiedenen Prüfserien wie folgt

$\alpha_{exp,F} = 1{,}25 \times (F_{um,nd} / F_{um,3d}) \leq 1$ (n = Anzahl der Trocknungstage)

Serie	n	$F_{um,nd}$	$F_{um,nd}/F_{um,3d}$	$\alpha_{exp,F}$
5	1	2000	0,98	1,00
6	3	2050	1,00	1,00
7	7	2100	1,02	1,00

$F_{Rk} = \alpha_{exp,F} * F_{u5\%,3d} =$ 1,00 x 1500 = <u>1500 N</u>

VORABZUG

Allerdings ist der Nachweis mit der erhöhten Ausbruchslast von 1,5 kN auch nicht erfüllt.

Die Standard Dornlagerungs-Befestigung kann die hohen Kräfte durch den Lastfall Vandalismus nicht abtragen. Dementsprechend wurde das Befestigungssystem angepasst, vgl. Abbildung 5: Hinter die Betonplatte wird ein Flachstahl auf den Winkel aufgeschweißt, sodass die Querkraft nicht über die Platte, sondern direkt über den Flachstahl in den Winkel bzw. die UK geleitet wird.

Somit ist der Dornausbruch konstruktiv ausgeschlossen, es kann auf einen weiteren Nachweis verzichtet werden.

Bei der Montage ist zwingend darauf zu achten, dass der Winkel passgenau hinter der Platte sitzt. Nur so kann gewährleistet werden, dass die Belastung durch die Platte direkt auf die Unterkonstruktion gebracht wird. Die bündige Montage kann z. B. dadurch erreicht werden, dass der Winkel mit einem planmäßigen Abstand von 2 mm zur Platte aufgeschweißt wird und bei der Montage dann EPDM-Plättchen zwischen Winkel und Platte geschoben werden.

Die Montage ist im Rahmen der weiteren Leistungsphasen genauer zu untersuchen.

1.1.5. Bemessung der Unterkonstruktion

Die Unterkonstruktion setzt sich aus mehreren Elementen zusammen, vgl. Abbildung 5. Im Folgenden werden die Einzelteile nachgewiesen.

<u>L-Winkel</u>

Die Lichtbetonelemente werden mittels auf die L-Winkel geschweißter Ankerdornen befestigt. Der L-Winkel wird seinerseits mit einer Schraube über ein Langloch an die Halfenschiene geschraubt.

Geometrie: L120x60x5; Länge 5,5 cm

Statisches System:

Mit: $F_{Ed} = 0{,}5$ kN (aus Auflagerkraft)

Momentennachweis im Anschnitt:

$M_{Ed} = F_{Ed} * l = 0{,}5 \text{ kN} * 6{,}0 \text{ cm} = 3{,}0 \text{ kNcm}$

$M_{pl,Rd} = W_{pl} * f_y / \gamma_{M0} = (5{,}5 * 0{,}5^2 / 6) * 23{,}5 / 1{,}0 = 0{,}23 * 23{,}5 / 1{,}0 = 5{,}4 \text{ kNcm}$

Nachweis:

3,0 kNcm < 5,4 kNcm Nachweis erfüllt

VG ABZUG

Schraube

Gewählt: HZS 29/20, galvanisch verzinkt, mit einer Länge von 3,0 cm.

Einwirkungen: $F_x = R_y = 0{,}5$ kN

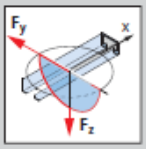
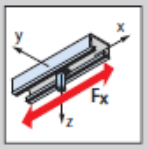
$F_y = R_x = 0$ kN

$F_z = 2 * R_z = 2 * 1{,}82 = 3{,}64$ kN Annahme: 2 Platten pro Befestigung

Nachweis:

$F_{vorh} = \sqrt{(F_x^2 + F_y^2 + F_z^2)} = \sqrt{(0{,}5^2 + 0^2 + 3{,}64^2)} = 3{,}67 \text{ kN} \leq F_{zul} = 8{,}0$ kN Nachweis erfüllt!

Tragfähigkeiten für Halfenschrauben ①

Gewinde Ø		Tragfähigkeiten für Halfenschrauben  F [kN] ①	Längszug  F_x [kN] ①
29/20		HZS	HZS
		8.8	8.8
M12	F_{Rd}	27,2	11,2
	zul. F	19,4	8,0

Halfen-Schiene

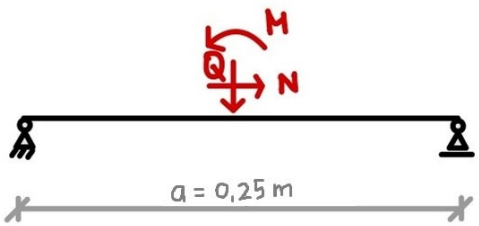
Die Halfen-Schienen werden nicht über die gesamte Länge an die Wand gedübelt. Es werden jeweils an den Auflagerpunkten der Platten je ein Abschnitt mit ca. 20,0 cm Länge angedübelt. Im Folgenden werden auf der sicheren Seite liegend Schienen mit einer Länge von 25,0 cm nachgewiesen.

Nach Herstellerangaben sind die Halfen-Schienen aus S275JR Stahl gefertigt.

Die Schnittkräfte ergeben sich wie folgt:
Die hier angegebenen Schnittkräfte greifen im Schwerpunkt der Platte an. Der Hebelarm zur Halfen Schiene: ergibt sich wie folgt:

$z = 40/2 \text{ mm} + 30 \text{ mm} + 20 \text{ mm} = 70 \text{ mm} = 7{,}0$ cm

Es ergibt sich folgendes System:



Mit: $M = 0{,}5 \text{ kN} * 7{,}0 \text{ cm} = 3{,}5$ kN cm

$Q = 2 * 1{,}82 = 3{,}64$ kN

$N = 0{,}5$ kN (vgl. Auflager im vorherigen Kapitel)

VORABZUG

Nachweise:

Momentennachweis:

M_{Ed} = 3,64 kN * 25 cm/4 + 0,5 kN * 7,0 cm = 26,25 kNcm

$M_{pl,Rd}$ = 1,67 cm^3 27,5/1,0 = 45,92 kNcm

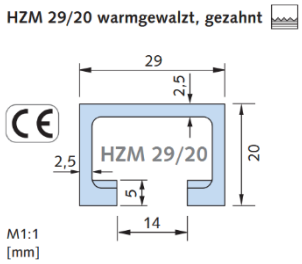
Nachweis:

26,25 kNcm < 45,92 kNcm → Nachweis ok!

Querkraftnachweis:

V_{Ed} = 3,64 kN

$V_{Pl,Rd}$ = (2 * 2 cm * 0,25 cm) * 27,5 kN/cm^2 * 1/(1,73 *1,0) = 15,88 kN



Nachweis:

3,64 < 0,5 * 15,88 kN → NW ok und keine M-V-Interaktion nötig!

Normalkraftnachweis:

N_{Ed} = 0,5 kN

$N_{c,Rd}$ = 1,98 cm^2 * 27,5 kN/cm^2/1,0 = 54,45 kN

0,5 kN < 54,45 kN → Nachweis ok!

Da die Normalkraftauslastung sehr klein ist, wird die M-N-Interaktion vernachlässigt.

Knicken:

Tragfähigkeiten warmgewalzte Montageschienen – Biegeknicken

Typ	Profildaten						N [kN] ①,② bei Stablängen L [mm]									
	A [cm^2]	e_1 [cm]	I_y [cm^4]	W_y [cm^3]	W_{pl} [cm^3]		500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
							[kN]									
HZM 29/20	1,99	1,12	1,02	0,91	1,31	N_{Rd}	*12,5*	*7,1*	*4,3*	*2,8*	–	–	–	–	–	–
						zul. N	8,9	5,1	3,1	2,0	–	–	–	–	–	–

N_{Ed} = 0,5 kN

a = 250 mm < 500 mm (auf der sicheren Seite liegend)

$N_{Rd,500\ mm}$ = 8,9 kN

0,5 kN < 8,9 kN → Nachweis ok!

VORABZUG

Alle Querschnittswerte wurden aus diesem Blatt vom Hersteller entnommen:

Abmessungen und Querschnittswerte									Tragfähigkeiten				
		Länge	Profil-gewicht	Profil-querschnitt	Trägheitsmoment		Widerstands-moment		Maximale-Punkttragfähigkeit		Biegetragfähigkeit bei Spannweite L		
									F_z	e_w	F [kN]		
Material	Bestell-Nr.		G	A	I_y	I_z	W_y	W_z	F_z ①	≤ e_w			
HZM 29/20	0284.	[mm]	[kg/m]	[cm²]	[cm⁴]	[cm⁴]	[cm³]	[cm³]	[kN]	[cm]	0,5 m	1,0 m	1,5 m
WB	050-00001	6070	1,55	1,98	1,02	2,42	0,91	1,67	$F_{z,Rd}$	15,0	F_{Rd}		
									11,2		*3,3*	*1,0*	*0,4*
FV	050-00003								zul. F_z		zul. F		
									8,0		2,4	0,7	0,3

① F_z = max. Tragfähigkeit der Schienenlippen → siehe auch Seite 69

Ankerplatte

Die Halfenschiene wird an beiden Seiten über eine Länge von mind. 50 mm auf die Kopfplatte geschweißt.

Geometrie Schweißnaht: $a_w = 3$ mm

$L_w = 2 * 50$ mm

Nachweis mit dem vereinfachten Verfahren

Schnittgrößen in der Anschlussebene:

$F_{II,Ed} = R_y = 0{,}5$ kN

$F_{\perp,Ed} = R_z = 3{,}64$ kN

$M_{y,Ed} = 0{,}5 * 0{,}2 = 0{,}1$ kNcm

Beanspruchung der Naht pro Längeneinheit:

$V_{II,Ed} = F_{II,Ed} / l_w = 0{,}5 / 0{,}5 = 1{,}0$ kN/cm

$N_{\perp,Ed} = F_{\perp,Ed} / l_w + M_{y,Ed} / (l_w^2 / 6) = 3{,}64 / 0{,}5 + 0{,}1 / (0{,}5^2 / 6) = 9{,}68$ kN/cm

$F_{w,Ed} = \sqrt{(V_{II,Ed}^2 + N_{\perp,Ed}^2)} = \sqrt{(1{,}0^2 + 9{,}68^2)} = 9{,}73$ kN/cm

Grenzkraft pro Längeneinheit für 2 Kehlnähte:

$F_{w,Rd} = (f_u * 2 * a_w) / (\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}) = (36 * 2 * 0{,}3) / (\sqrt{3} * 0{,}8 * 1{,}25) = 12{,}47$ kN/cm

Nachweis: $\eta = F_{w,Ed} / F_{w,Rd} = 9{,}73 / 12{,}47 = 0{,}78 \leq 1{,}0$ Nachweis erfüllt!

VORABZUG

Dübel

Aus den Bestandsunterlagen geht keine Festigkeit für die Mauerwerkswand hervor, deshalb wird im Folgenden von Vollziegeln (Druckfestigkeit 10 N/mm², Gewicht: 1,8 kg/dm³) mit Mörtelgruppe M2.5-M9 ausgegangen. **Diese Annahme ist vor Baubeginn zu prüfen!**

Die Dübel sind mit einer Abstandsmontage (max. 25 mm) nachzuweisen.

Pro Platte eine Befestigung an der Wand, dementsprechend wirken folgende Kräfte:

$V_z = R_z = 0{,}5$ kN

Max. $M_y = 0{,}5 * 0{,}1 = 0{,}05$ kNm

Nachweis:

Bemessungsgrundlagen

Anker

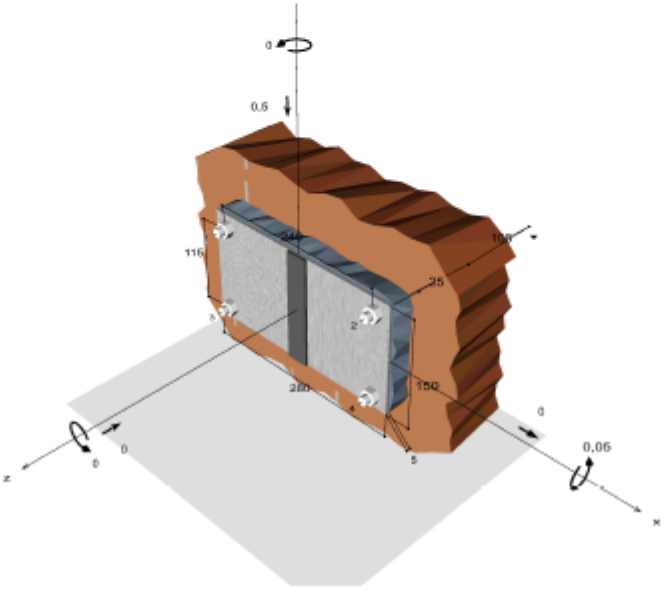
Ankersystem	fischer Injektionssystem FIS V Plus für Mauerwerk
Injektionsmörtel	FIS V Plus 360 S
Befestigungselement	Ankerstange FIS A M 12 x 120 R, nicht rostender Stahl, Festigkeitsklasse R-70
Rechnerische Verankerungstiefe	50 mm
Bemessungsdaten	Ankerbemessung in Mauerwerk nach Europäischer Technischer Bewertung ETA-20/0729, Erteilungsdatum 26.11.2020

Geometrie / Lasten / Maßeinheiten

mm, kN, kNm

Bemessungswert der Einwirkungen

(inkl. Teilsicherheitsbeiwert Last)



Nicht maßstabsgetreu

Eingabedaten

Bemessungsverfahren	ETAG 029
Verankerungsgrund	Vollziegel Mz, 230x108x55, EN 771-1, Druckfestigkeit ≥ 10,0 N/mm², ≥ 1,8 kg/dm³, Mörtelfestigkeit M2.5 - M9, Stoßfugen sichtbar und vermörtelt
Bohrverfahren	Hammerbohren oder Drehbohren mit Hartmetallbohrer
Montageart	Vorsteckmontage
Belastungsart	Statisch oder quasi-statisch
Sigma d	σ_D = 1,0 N/mm²
Einbaubedingungen	Trocken/Trocken (d/d)
Ankerplattenposition	Ankerplatte mit nicht tragender Ausgleichsschicht, g = 25 mm rechn. Hebelarm l = 34 mm Einspanngrad α_M = 1,0 Mörteldruckfestigkeit: 30,0 N/mm²
Ankerplattenmaße	280 mm x 150 mm x 5 mm
Profiltyp	Benutzerdefiniertes Profil

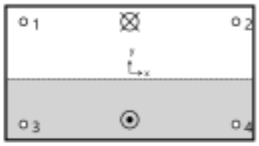
Bemessungslasten *)

#	N_{Sd} kN	$V_{Sd,x}$ kN	$V_{Sd,y}$ kN	$M_{Sd,x}$ kNm	$M_{Sd,y}$ kNm	$M_{T,Sd}$ kNm	Belastungsart
1	0,00	0,00	-0,50	0,05	0,00	0,00	Statisch oder quasi-statisch

*) Incl. Teilsicherheitsbeiwert Last

Resultierende Ankerkräfte

Anker-Nr.	Zugkraft kN	Querkraft kN	Querkraft x kN	Querkraft y kN
1	0,23	0,13	0,00	-0,13
2	0,23	0,13	0,00	-0,13
3	0,00	0,13	0,00	-0,13
4	0,00	0,13	0,00	-0,13



Resultierende Zugkraft : 0,46 kN , X/Y Position (0 / 58)
Resultierende Druckkraft : 0,46 kN , X/Y Position (0 / -52)

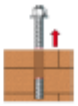
Widerstand gegenüber Zugbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_N %
Stahlversagen '	0,23	31,55	0,7
Herausziehen '	0,23	0,48	**47,4**
Ausbruch des Mauerwerks (Einzeldübel) '	0,23	0,48	47,4
Ausbruch des Mauerwerks (Ankergruppe)	0,46	0,96	47,4
Herausziehen eines Steines / einer Steingruppe	0,23	10,41	2,2

' Ungünstigster Anker

Stahlversagen

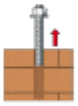
$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}}$$ **($N_{Rd,s}$)**



$N_{Rk,s}$ kN	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,s}$ %
59,00	1,87	31,55	0,23	0,7

Herausziehen

$$N_{Sd} \leq \frac{\alpha_{j,N} \cdot N_{Rk,p}}{\gamma_{M,m}}$$ **($N_{Rd,p}$)**



$\alpha_{j,N}$	$N_{Rk,p}$ kN	$\gamma_{M,m}$	$N_{Rd,p}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,p}$ %
1,00	1,20	2,50	0,48	0,23	47,4

Ausbruch des Mauerwerks (Einzeldübel)

$$N_{Sd} \leq \frac{\alpha_{j,N} \cdot N_{Rk,b}}{\gamma_{M,m}}$$ **($N_{Rd,b}$)**

$\alpha_{j,N}$	$N_{Rk,b}$ kN	$\gamma_{M,m}$	$N_{Rd,b}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,b}$ %
1,00	1,20	2,50	0,48	0,23	47,4

Ausbruch des Mauerwerks (Ankergruppe)

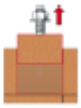
$$N_{Sd} \leq \frac{\alpha_{j,N} \cdot N^{g}_{Rk}}{\gamma_{M,m}}$$ **(N^{g}_{Rd})**

$$N^{g}_{Rk} = N_{Rk,b} \cdot 2 = 1{,}20kN \cdot 2 = 2{,}40kN$$

$\alpha_{j,N}$	N^{g}_{Rk} kN	$\gamma_{M,m}$	N^{g}_{Rd} kN	N_{Sd} kN	$\beta^{g}_{N,b}$ %
1,00	2,40	2,50	0,96	0,46	47,4

Herausziehen eines Steines / einer Steingruppe

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,pb}}{\gamma_{M,m}}$$ **($N_{Rd,pb}$)**



$$N_{Rk,pb} = 2 \cdot l \cdot b \cdot \left(0{,}5 \cdot f_{vk0} + 0{,}4 \cdot \sigma_d\right) + b \cdot h \cdot f_{vk0}$$

$$N_{Rk,pb} = 2 \cdot 230mm \cdot 108mm \cdot \left(0{,}5 \cdot 0{,}20N/mm^2 + 0{,}4 \cdot 1{,}0N/mm^2\right) + 108mm \cdot 55mm \cdot 0{,}20N/mm^2 = 26{,}03kN$$

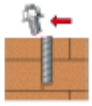
$N_{Rk,pb}$ kN	$\gamma_{M,m}$	$N_{Rd,pb}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,pb}$ %
26,03	2,50	10,41	0,23	2,2

Widerstand gegenüber Querbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_V %
Stahlversagen mit Hebelarm '	0,13	1,76	7,1
Örtliches Versagen des Mauersteins (Einzeldübel) '	0,13	1,80	6,9
Örtliches Versagen des Mauersteins (Ankergruppe)	0,50	7,20	6,9

' Ungünstigster Anker

Stahlversagen mit Hebelarm



$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,st}}{\gamma_{M,st}} \quad (V_{Rd,st})$$

$$V_{Rk,st} = \frac{M_{Rk,s}}{l} = \frac{92{,}0Nm}{0{,}034m} = 2{,}75kN$$

$V_{Rk,st}$ kN	$\gamma_{M,st}$	$V_{Rd,st}$ kN	V_{Sd} kN	$\beta_{V,st}$ %
2,75	1,56	1,76	0,13	7,1

Örtliches Versagen des Mauersteins (Einzeldübel)

$$V_{Sd} \leq \frac{\alpha_{j,V} \cdot V_{Rk,b}}{\gamma_{M,m}} \quad (V_{Rd,b})$$

$\alpha_{j,V}$	$V_{Rk,b}$ kN	$\gamma_{M,m}$	$V_{Rd,b}$ kN	V_{Sd} kN	$\beta_{V,b}$ %
1,00	4,50	2,50	1,80	0,13	6,9

Örtliches Versagen des Mauersteins (Ankergruppe)

$$V_{Sd} \leq \frac{\alpha_{j,V} \cdot V^g_{Rk}}{\gamma_{M,m}} \quad (V^g_{Rd})$$

$$V^g_{Rk} = V_{Rk,b} \cdot 2 \cdot 2 = 4{,}50kN \cdot 2 \cdot 2 = 18{,}00kN$$

$\alpha_{j,V}$	V^0_{Rk} kN	$\gamma_{M,m}$	V^0_{Rd} kN	V_{Sd} kN	$\beta^0_{V,b}$ %
1,00	18,00	2,50	7,20	0,50	6,9

Ausnutzung für Zug- und Querlasten

Zuglasten	Ausnutzung βN %
Stahlversagen '	0,7
Herausziehen '	47,4
Ausbruch des Mauerwerks (Einzeldübel) '	47,4
Ausbruch des Mauerwerks (Ankergruppe)	47,4
Herausziehen eines Steines / einer Steingruppe	2,2

' Ungünstigster Anker

Querlasten	Ausnutzung βV %
Stahlversagen mit Hebelarm '	7,1
Örtliches Versagen des Mauersteins (Einzeldübel) '	6,9
Örtliches Versagen des Mauersteins (Ankergruppe)	6,9

Ausnutzung für kombinierte Zug- und Querbelastung

$$\beta_N = 0{,}47 \leq 1$$
$$\beta_V = 0{,}07 \leq 1$$
$$\frac{\beta_N + \beta_V}{1{,}2} = 0{,}45 \leq 1$$

Nachweis erfolgreich

Gl. C.5.8a
Gl. C.5.8b
Gl. C.5.8c

Angaben zur Ankerplatte

Ankerplattendetails

Vom Anwender ohne Nachweis festgelegte Ankerplattendicke t = 5 mm

Profiltyp Benutzerdefiniertes Profil

Technische Hinweise

Der Nachweis der Lasteinleitung der Ankerlasten in den Verankerungsgrund ist für den Grenzzustand der Tragfähigkeit sowie dem Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit nachzuweisen. Hierfür wird die Überprüfung im Regelfall unter Berücksichtigung der durch die Anker eingeleiteten Anker durchgeführt. Die Regelungen des aktuell gewählten Nachweisverfahrens sind hierbei zu berücksichtigen. Als Grundvoraussetzung ist vom Ebenbleiben der Ankerplatte unter Belastung auszugehen. Hierfür muss die Ankerplatte ausreichend steif sein. Der Ankerplattennachweis in C-FIX ist ein Spannungsnachweis und kann nicht als Nachweis einer ausreichenden Steifigkeit gesehen werden. Ein Steifigkeitsnachweis wird im Rahmen von C-FIX nicht geführt. Die Bemessung setzt ein ebenes Mauerwerk oder eine ebenen Ausgleichsschicht als Auflager für die Ankerplatte voraus.

Allgemeine Hinweise

Sämtliche in den Programmen enthaltenen Informationen und Daten beziehen sich ausschließlich auf die Verwendung von fischer-Produkten und basieren auf den Grundsätzen, Formeln und Sicherheitsbestimmungen gem. den technischen Anweisungen und Bedienungs-, Setz und Montageanleitungen usw. von fischer, die vom Anwender genau eingehalten werden müssen.
Die Anzahl, der Hersteller, die Art und die Geometrie
der Befestigungselemente dürfen nicht geändert werden wenn dies nicht vom verantwortlichen Tragwerksplaner nachgewiesen und gestattet ist.
Sämtliche enthaltenen Werte sind Durchschnittswerte; daher sind vor Anwendung des jeweiligen fischer-Produkts stets einsatzspezifische Tests durchzuführen. Die Ergebnisse der mittels der Software durchgeführten Berechnungen beruhen maßgeblich auf den von Ihnen einzugebenden Daten. Sie tragen daher die alleinige Verantwortung für die Fehlerfreiheit, Vollständigkeit und Relevanz der von Ihnen einzugebenden Daten. Sie sind weiterhin alleine dafür verantwortlich, die

erhaltenen Ergebnisse der Berechnung vor der Verwendung für Ihre spezifische(n) Anlage(n) durch einen Fachmann überprüfen und freigeben zu lassen, insbesondere hinsichtlich der Konformität mit geltenden Normen und Zulassungen. Das Bemessungsprogramm dient lediglich als Hilfsmittel zur Auslegung von Normen und Zulassungen ohne jegliche Gewährleistung auf Fehlerfreiheit, Richtigkeit und Relevanz der Ergebnisse oder Eignung für eine bestimmte Anwendung. Sie haben alle erforderlichen und zumutbaren Maßnahmen zu ergreifen, um Schäden durch das Bemessungsprogramm zu verhindern oder zu begrenzen. Insbesondere müssen Sie für die regelmäßige Sicherung von Programmen und Daten sorgen sowie regelmäßig ggf. von fischer angebotene Updates des Bemessungsprogramms durchführen. Sofern Sie nicht die automatische Update-Funktion der Software nutzen, müssen Sie durch manuelle Updates über die fischer Internetseite sicherstellen, dass Sie jeweils die aktuelle und somit gültige Version des Bemessungsprogramms verwenden. Soweit Sie diese Verpflichtung schuldhaft verletzen, haftet fischer nicht für daraus entstehende Folgen, insbesondere nicht für die Wiederbeschaffung verlorener oder beschädigter Daten oder Programme.

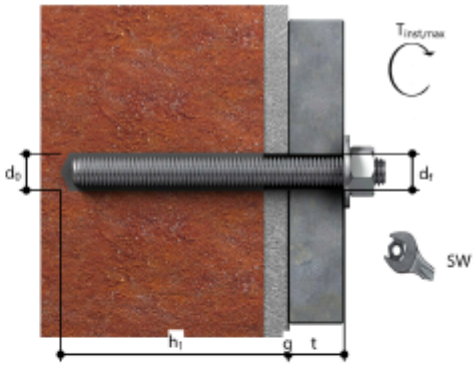
Angaben zur Montage

Anker

Ankersystem	**fischer Injektionssystem FIS V Plus für Mauerwerk**	
Injektionsmörtel	FIS V Plus 360 S (auch in weiteren Kartuschengrößen verfügbar)	Art.-Nr. 558745
Befestigungselement	Ankerstange FIS A M 12 x 120 R, nicht rostender Stahl, Festigkeitsklasse R-70	Art.-Nr. 44974
Zubehör	FIS MR Plus	Art.-Nr. 545853
	FIS DM S Pro	Art.-Nr. 563337
	SDS Plus-V II 14/110/160	Art.-Nr. 531815
Alternative Kartuschen	FIS VW Plus 360 S	Art.-Nr. 558759
	FIS V Plus 410 C	Art.-Nr. 558780
	FIS V Plus 825 S	Art.-Nr. 567511
	Die dargestellten Kartuschen können alternativ zu den hervorgehobenen Kartuschen mit der gleichen Zulassungsnummer verwendet werden.	

Montagedetails

Gewindegröße	M 12
Bohrlochdurchmesser	d_0 = 14 mm
Bohrlochtiefe	h_1 = 50 mm
Rechnerische Verankerungstiefe	h_{ef} = 50 mm
Einbautiefe	h_{nom} = 50 mm
Bohrverfahren	Hammerbohren oder Drehbohren mit Hartmetallbohrer
Montageart	Vorsteckmontage
Montagedrehmoment	$T_{inst,max}$ = 10,0 Nm
Schlüsselweite SW	19 mm
Schlüsselweite SW	19 mm
Ankerplattendicke	t = 5 mm
Dicke der Ausgleichsschicht	g ≤ 25 mm
Gesamte Befestigungsdicke Tfix,max	t_{fix} ≤ 30 mm



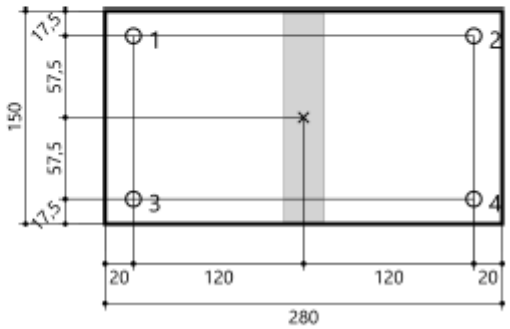
Ankerplattendetails

Material der Ankerplatte	Nicht verfügbar
Ankerplattendicke	t = 5 mm
Durchgangsloch im Anbauteil	d_f=14 mm

Anbauteil

Profiltyp	Benutzerdefiniertes Profil

Profilabmessung	mm
Höhe	150
Breite	29

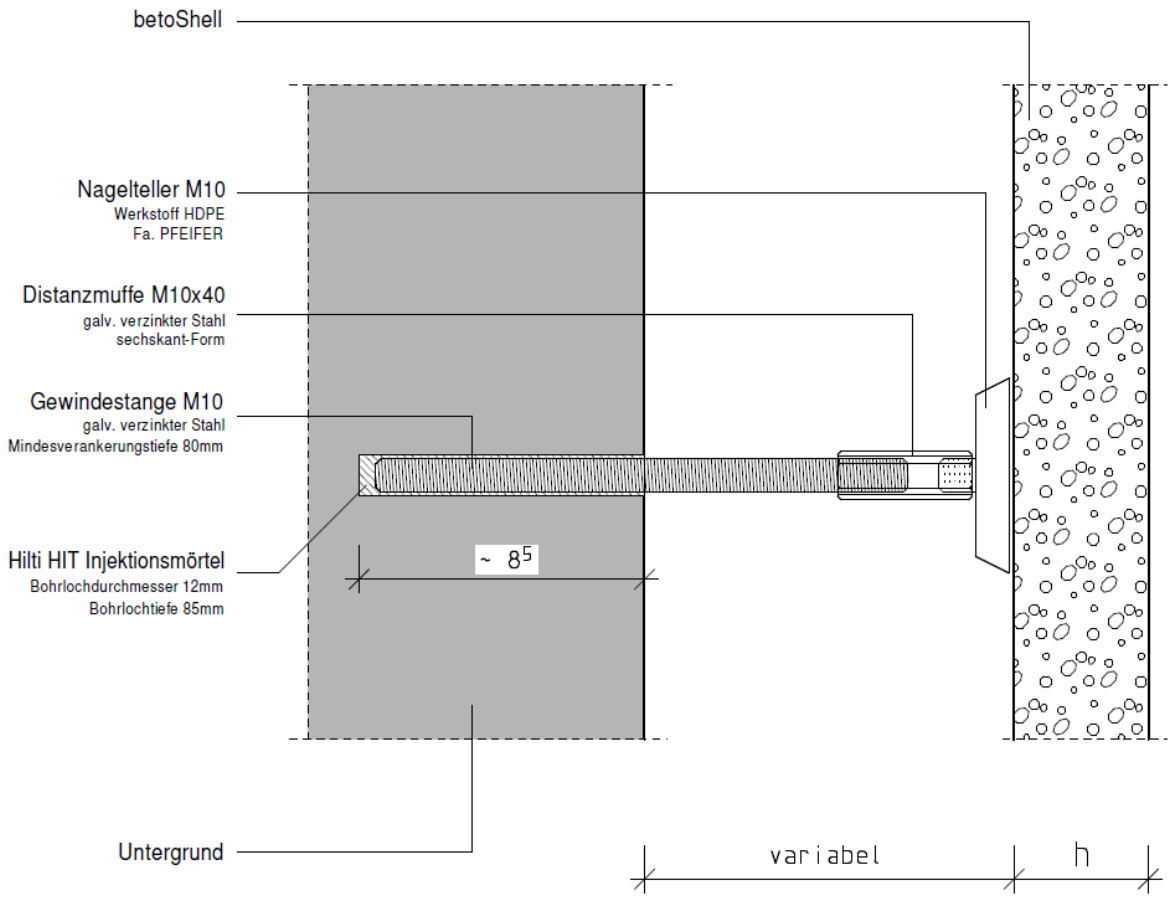


Ankerkoordinaten

Anker-Nr.	x mm	y mm
1	-120	57,5
2	120	57,5
3	-120	-57,5
4	120	-57,5

Druckunterstützung

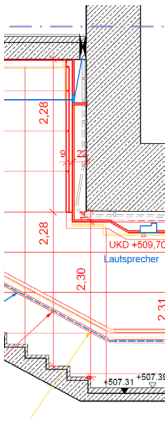
Folgende Skizze zeigt eine mögliche Druckunterstützung für die horizontalen Fugen unten und oben.

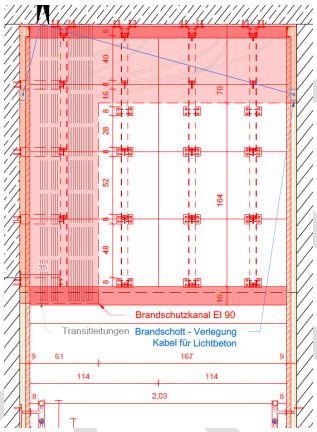


VOR

1.1.6. Sonderlösung: Unterkonstruktion Kabelkanal

An der Stirnwand über der Treppe sollen die Lichtbetonelemente mit einem Abstand von ca. 30 cm von der Wand befestigt werden, damit dahinter ein Kabelkanal verlaufen kann. Für zukünftige Arbeiten am Kabelkanal sollen die Lichtbetonelemente hier revisionierbar sein.





Die Unterkonstruktion ist analog zu Abbildung 5. Es sind Halfenschienen mit einer Länge von ca. 20 cm auf ein RRo 50x30x3 zu schweißen. Das RRo wird in der Decke verdübelt und mit jeweils drei Rückverankerungen (RRo 100x50x4) an der rückseitigen Betonwand befestigt.

Im Normalfall ist die Rückverankerung nach hinten in die Rückwand zu verankern. Bei der Halfenschiene auf der linken Seite ist auf Grund des Kabelkanals kein Platz, deshalb ist die Rückverankerung hier in der Seitenwand zu verankern.

<u>Lichtbetonelemente</u>

Die Vandalismuslast kann entfallen, da die Lichtbetonelemente in einer Höhe über 1,20 m angebracht werden.

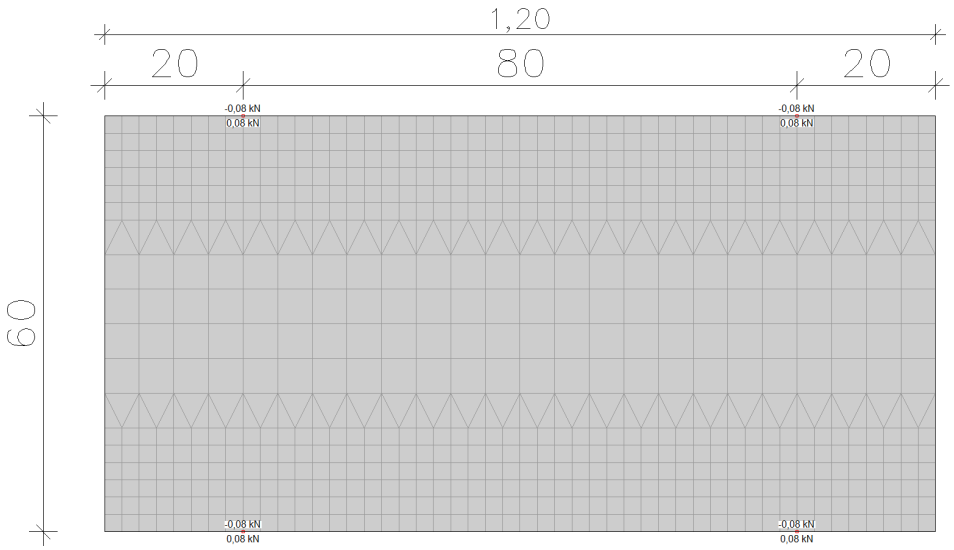


Abbildung 6: Statisches System Lichtbetonelemente, inkl. Auflagerkraft Rz

Die Nachweise für die Halfenschiene, die Schrauben sowie den Winkel sind den vorherigen Kapiteln zu entnehmen.

„Stütze“ RRo 50x30x3

Position: "Stütze" - RRo 50x30x3 Senkrechte Halterung für UK Kabelkanal

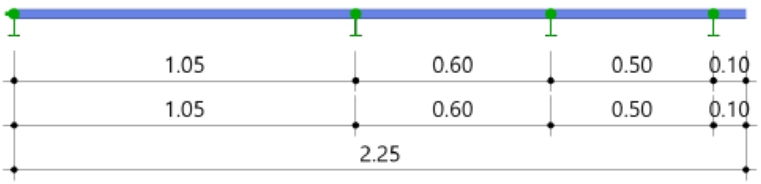
Biegetorsionstheorie (x64) BTII+ 02/2024 (FRILO R-2024-2/P06)

Grundparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Kombination ständiger Lasten	:	untereinander mit $\gamma_{G,sup}$ und $\gamma_{G,inf}$
Querschnittsbemessung	:	plastisch
Systemtragfähigkeit	:	Theorie II. Ordnung
Schubspannungen infolge primärer Torsion	:	berücksichtigt
Schubspannungen infolge sekundärer Torsion	:	berücksichtigt
Nachweis Absolutverformung in y mit	δ_{lim} =	1.5 cm
Nachweis Absolutverformung in z mit	δ_{lim} =	2.5 cm

System

Maßstab 1 : 20



Stabzug

Gesamtlänge = 2.25 m
Material S235

Querschnitte

Statische Werte

Nr	Name	I_y [cm^4]	I_z [cm^4]	I_t [cm^4]	I_w [cm^6]	max$_w$ [cm^2]	A [cm^2]
2	gedreht	5.8	13.1	13.4	1	-0.9	4.2

Abmessungen

Querschnitt Nr. 2 - gedreht

Profil h = 30 mm b = 50 mm
Steg s = 3 mm
Ausrundung r = 5 mm
Fertigungsprozess kalt

Spannungspunkte

Nr Name	Punkt	O-Punkt y_O [mm]	O-Punkt z_O [mm]	S-Punkt y_S [mm]	S-Punkt z_S [mm]	M-Punkt y_M [mm]	M-Punkt z_M [mm]	Verwölbung ω [cm^2]
2 gedreht	1	-20	-15	-20	-15	-20	-15	0.9
	2	0	-15	0	-15	0	-15	0.0
	3	20	-15	20	-15	20	-15	-0.9
	4	-20	15	-20	15	-20	15	-0.9
	5	0	15	0	15	0	15	0.0
	6	20	15	20	15	20	15	0.9
	7	-25	0	-25	0	-25	0	0.0
	8	25	0	25	0	25	0	0.0
	11	-25	-10	-25	-10	-25	-10	0.9
	13	25	-10	25	-10	25	-10	-0.9
	14	-25	10	-25	10	-25	10	-0.9
	16	25	10	25	10	25	10	0.9

System: 4 Abschnitte, Gesamtlänge = 2.25 m

Nr	von x [m]	bis x [m]	Länge [m]	Querschnitt [Nr. Anfang]	Querschnitt [Nr. Ende]
1	0.00	1.05	1.05	2	2
2	1.05	1.65	0.60	2	2
3	1.65	2.15	0.50	2	2
4	2.15	2.25	0.10	2	2

Auflager

Lagerbedingungen - Verschiebung

Nr	x [m]	Verschiebungen*) v [kN/m]	w [kN/m]	Abstände y [mm]	z [mm]
1	0.00	-1	-1	0	0
2	1.05	-1	-1	0	0
3	1.65	-1	-1	0	0
4	2.15	-1	-1	0	0
5	2.25	0.00	0.00	0	0

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

Lagerbedingungen - Verdrehungen

Nr	x [m]	Verdrehungen*) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]	Verwölbung*) $\Omega_{y,z}$ [kNm³]
1	0.00	-1	0.0	0.0	0.00
2	1.05	0.0	0.0	0.0	0.00
3	1.65	0.0	0.0	0.0	0.00
4	2.15	0.0	0.0	0.0	0.00
5	2.25	0.0	0.0	0.0	0.00

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

Belastung

Lastdefinitionen

Art	1 =	Gleichlast	kN/m	5 =	Dreieckslast über l	kN/m
	2 =	Einzellast	kN	6 =	Trapezlast über l	kN/m
	3 =	Einzelmoment	kNm	7 =	Bereichstorsionsmoment	kNm/m
	4 =	Trapezlast	kN/m	8 =	Normalkraftverlauf	kN/m

Lastfall 1: ständige Lasten

Art	in/um	Pli	a [m]	Pre	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Bemerkungen zur Last
8	x	0.5	0.00	0.5	2.15	0	0	
Einwirkungsgruppe 99 - ständig Eigengewicht wird automatisch angesetzt								

Lastfall 2: Verkehrslasten

Art	in/um	Pli	a [m]	Pre	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Bemerkungen zur Last
2	z	0.1	0.10				0	
2	z	0.2	0.50				0	Last
3	y	0.05	0.50					Last(5)
2	z	0.2	1.10				0	Last(1)
2	z	0.2	1.70				0	Last(2)
2	z	0.1	2.20				0	Last(3)
Einwirkungsgruppe 3 - Kat. C: Versammlungsbereiche								

Berechnung nach DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08

Überlagerung 1: 1.35*G + 1.5*Q

Überlagerungsfaktoren

Nr	Lastfall	γ
1	ständige Lasten	1.35
2	Verkehrslasten	1.50

Bemessungswerte der Schnittgrößen für die maßgebende Laststellung nach Theorie II. Ordnung

x [m]	$N_{x,Ed}$ [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	M_{tp} [kNm]	M_{ts} [kNm]	$M_{t,Ed}$ [kNm]	$M_{\omega,Ed}$ [kNcm²]
0.00	-0.7	0.3	0.00	0.0	0.00	0.001	0.00	0.001	0.0
0.04	-0.7	0.3	0.01	0.0	0.00	0.001	0.00	0.001	0.0
0.41	-0.7	0.2	0.09	0.0	0.002	0.001	0.00	0.00	0.0
0.46	-0.7	0.2	0.10	0.0	0.002	0.001	0.00	0.00	0.0
0.48	-0.7	0.2	0.10	0.0	0.002	0.001	0.00	0.00	0.0
	-0.7	0.2	0.10	0.0	0.002	0.001	0.00	0.00	0.0
0.50	-0.7	0.02	0.11	0.0	0.002	0.00	0.00	0.00	0.0
	-0.7	0.02	0.03	0.0	0.002	0.00	0.00	0.00	0.0
0.52	-0.7	-0.1	0.03	0.0	0.002	0.00	0.00	0.00	0.0
0.61	-0.7	-0.1	0.02	0.0	0.002	0.00	0.00	0.00	0.0
0.87	-0.7	-0.1	-0.02	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
0.92	-0.7	-0.1	-0.02	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
0.98	-0.7	-0.1	-0.03	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
1.03	-0.7	-0.2	-0.04	0.0	-0.001	0.00	0.00	0.00	0.0
1.05	-0.7	0.1	-0.04	0.0	-0.001	0.001	-0.001	0.00	0.0
	-0.7	0.1	-0.04	0.0	-0.001	0.001	-0.001	0.00	0.0
1.07	-0.7	0.4	-0.04	0.0	-0.001	0.00	0.00	0.00	0.0
1.10	-0.7	0.2	-0.03	0.0	-0.001	0.00	0.00	0.00	0.0
1.25	-0.7	0.1	-0.02	0.0	-0.002	0.00	0.00	0.00	0.0
1.30	-0.7	0.1	-0.01	0.0	-0.002	0.00	0.00	0.00	0.0
1.32	-0.7	0.1	-0.01	0.0	-0.002	0.00	0.00	0.00	0.0
1.34	-0.7	0.1	-0.01	0.0	-0.002	0.00	0.00	0.00	0.0
1.39	-0.7	0.1	-0.01	0.0	-0.002	0.00	0.00	0.00	0.0
1.61	-0.7	0.04	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
1.63	-0.7	0.04	0.001	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
1.65	-0.7	0.2	0.002	0.0	0.001	0.00	0.00	0.00	0.0
	-0.7	0.2	0.002	0.0	0.001	0.00	0.00	0.00	0.0
1.67	-0.7	0.3	0.01	0.0	0.001	0.00	0.00	0.00	0.0
1.70	-0.7	0.1	0.02	0.0	0.001	0.00	0.00	0.00	0.0
1.84	-0.7	-0.05	0.01	0.0	0.001	0.00	0.00	0.00	0.0
1.86	-0.7	-0.05	0.01	0.0	0.001	0.00	0.00	0.00	0.0
1.88	-0.7	-0.05	0.01	0.0	0.001	0.00	0.00	0.00	0.0
1.90	-0.7	-0.05	0.01	0.0	0.001	0.00	0.00	0.00	0.0
2.11	-0.7	-0.1	-0.01	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2.13	-0.7	-0.1	-0.01	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2.15	-0.7	0.05	-0.01	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
	0.0	0.05	-0.01	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2.17	0.0	0.2	-0.01	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2.18	0.0	0.2	-0.003	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2.20	0.0	0.1	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2.22	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2.23	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
2.25	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0

Querschnittsnachweis nach Gleichung 6.2 - Theorie II. Ordnung γ_{M0} = 1.10

x [m]	Qkl	η_N	η_{Vz}	η_{My}	η_{Vy}	η_{Mz}	η_{MyMz}	η_{Mx}	η_{Mw}	η
0.00	1	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
0.04	1	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
0.41	1	0.01	0.01	0.09	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.10
0.46	1	0.01	0.01	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.11
0.48	1	0.01	0.01	0.11	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11
0.50	1	0.01	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.12
0.50	1	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04
0.52	1	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04

x [m]	Qkl	ηN	ηVz	ηMy	ηVy	ηMz	ηMyMz	ηMx	ηMw	η
0.61	1	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03
0.87	1	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03
0.92	1	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03
0.98	1	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04
1.03	1	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.05
1.05	1	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.05
1.07	1	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.05
1.10	1	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03
1.25	1	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03
1.30	1	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02
1.32	1	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
1.34	1	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
1.39	1	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
1.61	1	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1.63	1	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1.65	1	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1.67	1	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
1.70	1	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02
1.84	1	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
1.86	1	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
1.88	1	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
1.90	1	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
2.11	1	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
2.13	1	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
2.15	1	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
2.15	1	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
2.17	1	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
2.18	1	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2.20	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.23	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.25	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Auflagerkräfte

Nr.	x [m]	R_y [kN]	R_z [kN]	M_t [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Mω [kNcm²]
1	0.00	0.0	0.3	0.001	0.00	0.00	0.0
2	1.05	0.0	0.5	0.00	0.00	0.00	0.0
3	1.65	0.0	0.2	0.00	0.00	0.00	0.0
4	2.15	0.0	0.2	0.00	0.00	0.00	0.0
5	2.25	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0

Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse

Auslastung - Tragsicherheit

Nr	Lastkombination	Querschnitt	Stabilität-Ersatzstabverfahren
1	1.35*G + 1.5*Q	0.12	-

Bei der Berechnung nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung aller maßgebenden Imperfektionen, genügt der Querschnittsnachweis auf Spannungsebene mit γ_{M1} = 1,1.Es sind keine weiteren Stabilitätsnachweise nötig (siehe DIN EN 1993-1-1, 5.2.2(7)a).

Anschluss an die Decke

Bemessungsgrundlagen

Anker

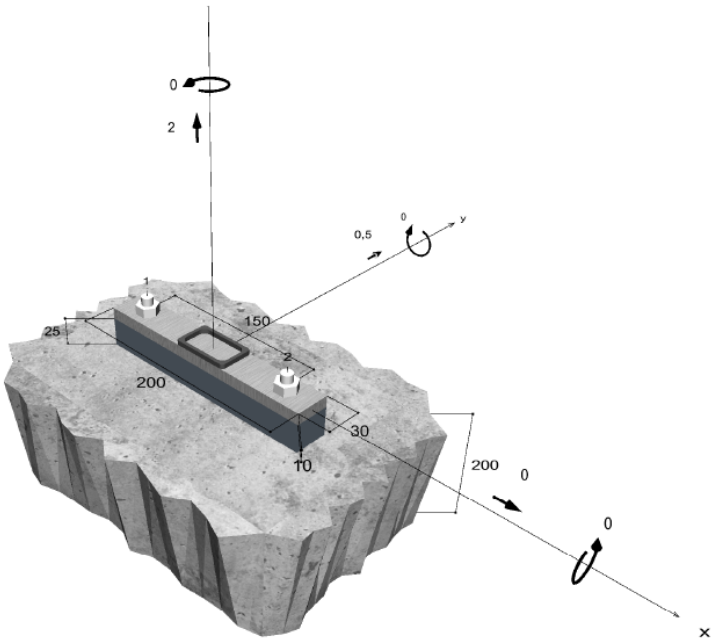
Ankersystem	fischer Bolzenanker FAZ II Plus
Anker	Bolzenanker FAZ II Plus 10/20, galvanisch verzinkter Stahl
Rechnerische Verankerungstiefe	40 mm
Bemessungsdaten	Ankerbemessung in Beton nach Europäischer Technischer Bewertung ETA-19/0520, Option 1, Erteilungsdatum 24.05.2023

Geometrie / Lasten / Maßeinheiten

mm, kN, kNm

Bemessungswert der Einwirkungen

(inkl. Teilsicherheitsbeiwert Last)



Nicht maßstabsgetreu

Eingabedaten

Bemessungsverfahren	EN 1992-4:2018 mechanische Befestigungselemente
Verankerungsgrund	C20/25, EN 206
Betonzustand	Gerissen, Trockenes Bohrloch
Bewehrung	Keine oder normale Bewehrung. Ohne Randbewehrung. Mit Spaltbewehrung
Bohrverfahren	Hammerbohren
Montageart	Durchsteckmontage
Ringspalt	gemäß Benutzereingabe
Belastungsart	Statisch oder quasi-statisch
Ankerplattenposition	Ankerplatte mit nicht tragender Ausgleichsschicht, g = 25 mm rechn. Hebelarm l_a = 35 mm Einspanngrad α_M = 1,0 Mörteldruckfestigkeit: 30,0 N/mm²
Ankerplattenmaße	200 mm x 30 mm x 10 mm
Profiltyp	Rechteckiges Hohlprofil kaltgefertigt (50x30x3)

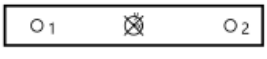
Bemessungslasten *)

#	N_{Ed} kN	$V_{Ed,x}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{T,Ed}$ kNm	Belastungsart
1	2,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	Statisch oder quasi-statisch

*) Incl. Teilsicherheitsbeiwert Last

Resultierende Ankerkräfte

Anker-Nr.	Zugkraft kN	Querkraft kN	Querkraft x kN	Querkraft y kN
1	1,00	0,25	0,00	0,25
2	1,00	0,25	0,00	0,25



Max. Betonstauchung : 0,00 ‰
Max. Betondruckspannung : 0,0 N/mm²
Resultierende Zugkraft : 2,00 kN , X/Y Position (0 / 0)
Resultierende Druckkraft : 0,00 kN , X/Y Position (0 / 0)

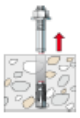
Widerstand gegenüber Zugbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_N %
Stahlversagen *	1,00	23,36	4,3
Herausziehen *	1,00	8,67	11,5
Betonausbruch	1,00	5,81	**17,2**

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen

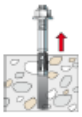
$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,s}$ %
32,70	1,40	23,36	1,00	4,3

Anker-Nr.	$\beta_{N,s}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	4,3	1	$\beta_{N,s;1}$
2	4,3	2	$\beta_{N,s;2}$

Herausziehen



$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$

$N_{Rk,p}$ kN	Ψ_c	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,p}$ %
13,00	1,000	1,50	8,67	1,00	11,5

Der Psi,c-Faktor wurde eventuell durch Interpolation ermittelt.

Anker-Nr.	$\beta_{N,p}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1, 2	11,5	1	$\beta_{N,p;1}$

Betonausbruch

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N}$$ Gl. (7.1)

$$N_{Rk,c} = 8{,}71kN \cdot \frac{14.400mm^2}{14.400mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 8{,}71kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(40mm\right)^{1,5} = 8{,}71kN$$ Gl. (7.2)

$$\Psi_{s,N} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{\infty}{60mm}\right) = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.4)

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000$$ Gl. (7.5)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_n}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{120mm}} = 1{,}000 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{120mm}} = 1{,}000 \leq 1$$

$$\Psi_{M,N} = 1{,}00 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$N_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,c}$ %
8,71	1,50	5,81	1,00	17,2

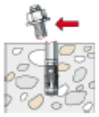
Anker-Nr.	$\beta_{N,c}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	17,2	1	$\beta_{N,c;1}$
2	17,2	2	$\beta_{N,c;2}$

Widerstand gegenüber Querbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_V %
Stahlversagen mit Hebelarm *	0,25	1,23	**20,4**
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	0,25	15,10	1,7

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen mit Hebelarm



$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,s,M}}{\gamma_{Ms}} \quad (V_{Rd,s,M})$$

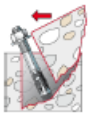
$$V_{Rk,s,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} = \frac{1 \cdot 53{,}6Nm}{0{,}035m} \div \left(1000\frac{N}{kN}\right) = 1{,}53kN$$ Gl. (7.37)

$$M_{Rk,s} = M^0_{Rk,s} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}}\right) = 56{,}0Nm \cdot \left(1 - \frac{1{,}00kN}{23{,}36kN}\right) = 53{,}6Nm$$ Gl. (7.38)

$V_{Rk,s,M}$ kN	γ_{Ms}	$V_{Rd,s,M}$ kN	V_{Ed} kN	β_{Vs} %
1,53	1,25	1,23	0,25	20,4

Anker-Nr.	β_{Vs} %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	20,4	1	$\beta_{Vs;1}$
2	20,4	2	$\beta_{Vs;2}$

Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite



$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} \quad (V_{Rd,cp})$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 2{,}6 \cdot 8{,}71kN = 22{,}65kN$$ Gl. (7.39a)

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N}$$ Gl. (7.1)

$$N_{Rk,c} = 8{,}71kN \cdot \frac{14.400mm^2}{14.400mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 8{,}71kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(40mm\right)^{1,5} = 8{,}71kN$$ Gl. (7.2)

$$\Psi_{s,N} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{\infty}{60mm}\right) = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.4)

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000$$ Gl. (7.5)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{M,N} = 1{,}00 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$V_{Rk,cp}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,cp}$ kN	V_{Ed} kN	$\beta_{V,cp}$ %
22,65	1,50	15,10	0,25	1,7

Anker-Nr.	$\beta_{V,cp}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	1,7	1	$\beta_{V,cp;1}$
2	1,7	2	$\beta_{V,cp;2}$

Ausnutzung für Zug- und Querlasten

Zuglasten	Ausnutzung βN %
Stahlversagen *	4,3
Herausziehen *	11,5
Betonausbruch	**17,2**

Querlasten	Ausnutzung βV %
Stahlversagen mit Hebelarm *	**20,4**
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	1,7

* Ungünstigster Anker

Ausnutzung für kombinierte Zug- und Querbelastung

Ausnutzung Stahl

$$\beta_{N,s} = \beta_{N,s;1} = 0{,}04 \leq 1$$
$$\beta_{V,s} = \beta_{Vs;1} = 0{,}20 \leq 1$$

Gl.

Ausnutzung Beton

$$\beta_{N,c} = \beta_{N,c;2} = 0{,}17 \leq 1$$
$$\beta_{V,cp} = \beta_{V,cp;1} = 0{,}02 \leq 1$$
$$\beta_N^{1,5} + \beta_V^{1,5} = \beta_{N,c;1}^{1,5} + \beta_{V,cp;1}^{1,5} = 0{,}07 \leq 1$$ Gl. (7.56)

Nachweis erfolgreich

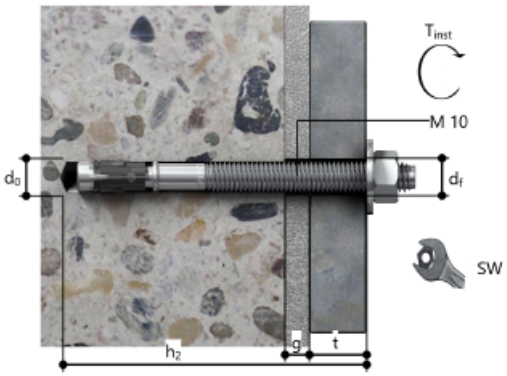
Angaben zur Montage

Anker

Ankersystem	**fischer Bolzenanker FAZ II Plus**	
Anker	Bolzenanker FAZ II Plus 10/20, galvanisch verzinkter Stahl	Art.-Nr. 564580
Zubehör	Handausbläser Groß ABG	Art.-Nr. 567792
	Quattric II 10/100/165	Art.-Nr. 549923

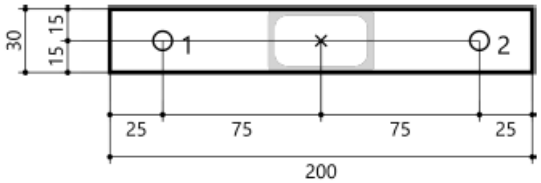
Montagedetails

Gewindegröße	M 10
Bohrlochdurchmesser	d_0 = 10 mm
Bohrlochtiefe	h_2 = 95 mm
Rechnerische Verankerungstiefe	h_{ef} = 40 mm
Einbautiefe	h_{nom} = 52 mm
Bohrverfahren	Hammerbohren
Bohrlochreinigung	Bohrloch mit Handausbläser ausblasen. Die Montageanleitung sollte beachtet werden, wenn die Installation ohne Bohrlochreinigung erfolgt.
Montageart	Durchsteckmontage
Ringspalt	gemäß Benutzereingabe
Montagedrehmoment	T_{inst} = 45,0 Nm
Schlüsselweite SW	17 mm
Ankerplattendicke	t = 10 mm
Dicke der Ausgleichsschicht	g ≤ 25 mm
Gesamte Befestigungsdicke	t_{fix} ≤ 35 mm
Tfix,max	$t_{fix,\,max}$ = 40 mm



Ankerplattendetails

Material der Ankerplatte	Nicht verfügbar
Ankerplattendicke	t = 10 mm
Durchgangsloch im Anbauteil	d_f=12 mm



Anbauteil

Profiltyp	Rechteckiges Hohlprofil kaltgefertigt (50x30x3)

Ankerkoordinaten

Anker-Nr.	x mm	y mm
1	-75	0
2	75	0

Anschluss der Halfenschiene an die „Stütze"

Die Halfenschiene wird an beiden Seiten über eine Länge von mind. 50 mm auf das RRo geschweißt.

Geometrie Schweißnaht: $a_w = 3$ mm

$L_w = 2 * 50$ mm

Nachweis mit dem vereinfachten Verfahren

Schnittgrößen in der Anschlussebene:

$F_{II,Ed} = R_y = 0{,}5$ kN

$F_{\perp,Ed} = R_z = 0{,}2$ kN

$M_{y,Ed} = 0{,}5 * 0{,}2 = 0{,}1$ kNcm

Beanspruchung der Naht pro Längeneinheit:

$V_{II,Ed} = F_{II,Ed} / l_w = 0{,}5 / 0{,}5 = 1{,}0$ kN/cm

$N_{\perp,Ed} = F_{\perp,Ed} / l_w + M_{y,Ed} / (l_w^2 / 6) = 0{,}2 / 0{,}5 + 0{,}1 / (0{,}5^2 / 6) = 2{,}8$ kN/cm

$F_{w,Ed} = \sqrt{(V_{II,Ed}^2 + N_{\perp,Ed}^2)} = \sqrt{(1{,}0^2 + 2{,}8^2)} = 2{,}97$ kN/cm

Grenzkraft pro Längeneinheit für 2 Kehlnähte:

$F_{w,Rd} = (f_u * 2 * a_w) / (\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}) = (36 * 2 * 0{,}3) / (\sqrt{3} * 0{,}8 * 1{,}25) = 12{,}47$ kN/cm

Nachweis: $\eta = F_{w,Ed} / F_{w,Rd} = 2{,}97 / 12{,}47 = 0{,}24 \leq 1{,}0$ Nachweis erfüllt!

VORABZUG

Rückwärtige Verankerung

Die Rückverankerung erfolgt im Regelfall durch ein RRo 100x50x4, welches an der Rückwand festgedübelt wird. Auf Grund der geringen Lasten kann auf einen Nachweis des Rohres verzichtet werden.

Dübelnachweise

Es wird von einem Beton C20/25 ausgegangen. **Diese Annahme ist vor Baubeginn zu prüfen!**

Bemessungsgrundlagen

Anker

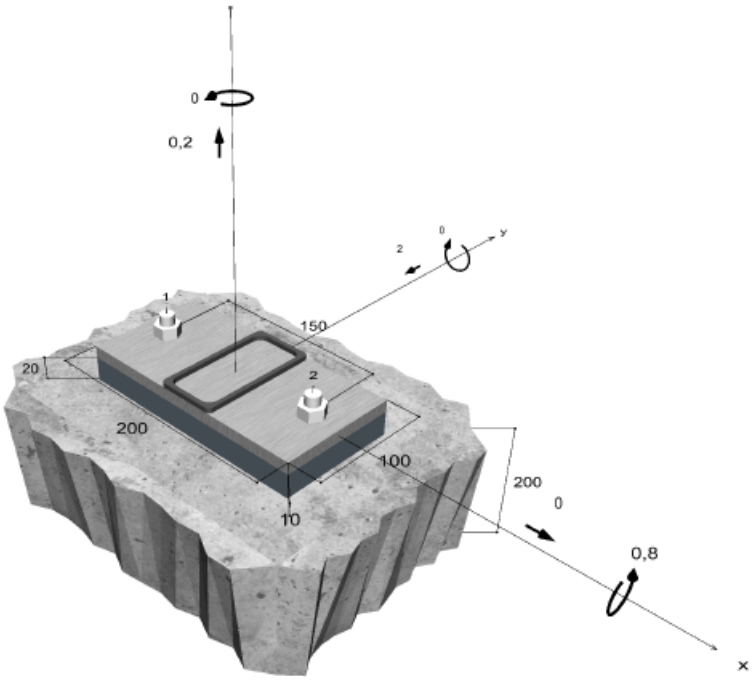
Ankersystem	fischer Bolzenanker FAZ II Plus
Anker	Bolzenanker FAZ II Plus 12/10, galvanisch verzinkter Stahl
Rechnerische Verankerungstiefe	50 mm
Bemessungsdaten	Ankerbemessung in Beton nach Europäischer Technischer Bewertung ETA-19/0520, Option 1, Erteilungsdatum 24.05.2023

Geometrie / Lasten / Maßeinheiten

mm, kN, kNm

Bemessungswert der Einwirkungen

(inkl. Teilsicherheitsbeiwert Last)



Nicht maßstabsgetreu

Eingabedaten

Bemessungsverfahren	EN 1992-4:2018 mechanische Befestigungselemente
Verankerungsgrund	C20/25, EN 206
Betonzustand	Gerissen, Trockenes Bohrloch
Bewehrung	Keine oder normale Bewehrung. Ohne Randbewehrung. Mit Spaltbewehrung
Bohrverfahren	Hammerbohren
Montageart	Durchsteckmontage
Ringspalt	gemäß Benutzereingabe
Belastungsart	Statisch oder quasi-statisch
Ankerplattenposition	Ankerplatte mit nicht tragender Ausgleichsschicht, g = 20 mm rechn. Hebelarm l_a = 31 mm Einspanngrad α_M = 1,0 Mörteldruckfestigkeit: 30,0 N/mm²
Ankerplattenmaße	200 mm x 100 mm x 10 mm
Profiltyp	Rechteckiges Hohlprofil kaltgefertigt (100x50x4)

Bemessungslasten *)

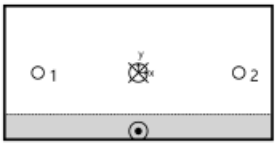
#	N_{Ed} kN	$V_{Ed,x}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{T,Ed}$ kNm	Belastungsart
1	0,00	0,20	-2,00	0,00	0,10	0,00	Statisch oder quasi-statisch
2	**0,20**	**0,00**	**-2,00**	**0,80**	**0,00**	**0,00**	**Statisch oder quasi-statisch**

1: seitliche Halterung
2: Normalfall

*) Incl. Teilsicherheitsbeiwert Last

Maßgebende Dübellasten

Anker-Nr.	Zugkraft kN	Querkraft kN	Querkraft x kN	Querkraft y kN
1	9,26	1,00	0,00	-1,00
2	9,26	1,00	0,00	-1,00



Max. Betonstauchung :	0,32 ‰	
Max. Betondruckspannung :	9,6 N/mm²	
Resultierende Zugkraft :	18,52 kN ,	X/Y Position (0 / 0)
Resultierende Druckkraft :	18,32 kN ,	X/Y Position (0 / -44)

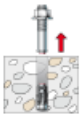
Widerstand der maßgebenden Zuglasten.

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_N %
Stahlversagen *	9,26	35,21	26,3
Herausziehen *	9,26	13,33	69,5
Betonausbruch	18,52	23,02	**80,5**

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$

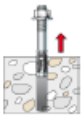


$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,s}$ %
49,30	1,40	35,21	9,26	26,3

Anker-Nr.	$\beta_{N,s}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	26,3	1	$\beta_{N,s;1}$
2	26,3	2	$\beta_{N,s;2}$

Herausziehen

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$N_{Rk,p}$ kN	Ψ_c	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,p}$ %
20,00	1,000	1,50	13,33	9,26	69,5

Der Psi,c-Faktor wurde eventuell durch Interpolation ermittelt.

Anker-Nr.	$\beta_{N,p}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1, 2	69,5	1	$\beta_{N,p;1}$

Betonausbruch

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N} \qquad \text{Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c} = 12{,}17kN \cdot \frac{45.000mm^2}{22.500mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}418 = 34{,}53kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(50mm\right)^{1,5} = 12{,}17kN \qquad \text{Gl. (7.2)}$$

$$\Psi_{s,N} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{\infty}{75mm}\right) = 1{,}000 \leq 1 \qquad \text{Gl. (7.4)}$$

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000 \qquad \text{Gl. (7.5)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1+\frac{2e_n}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 0mm}{150mm}} = 1{,}000 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 0mm}{150mm}} = 1{,}000 \leq 1$$

$$\Psi_{M,N} = 2 - \frac{z}{1.5 \cdot h_{ef}} = 2 - \frac{44mm}{1.5 \cdot 50mm} = 1{,}42 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$N_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,c}$ %
34,53	1,50	23,02	18,52	80,5

Anker-Nr.	$\beta_{N,c}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1, 2	80,5	1	$\beta_{N,c;1}$

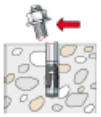
Widerstand der maßgebenden Querlasten.

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_V %
Stahlversagen mit Hebelarm *	1,00	2,00	**50,1**
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	2,00	50,32	4,0

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen mit Hebelarm

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,s,M}}{\gamma_{Ms}} \quad (V_{Rd,s,M})$$



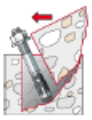
$$V_{Rk,s,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} = \frac{1 \cdot 77{,}4Nm}{0{,}031m} \div \left(1000\frac{N}{kN}\right) = 2{,}50kN$$ Gl. (7.37)

$$M_{Rk,s} = M^0_{Rk,s} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}}\right) = 105{,}0Nm \cdot \left(1 - \frac{9{,}26kN}{35{,}21kN}\right) = 77{,}4Nm$$ Gl. (7.38)

$V_{Rk,s,M}$ kN	γ_{Ms}	$V_{Rd,s,M}$ kN	V_{Ed} kN	β_{Vs} %
2,50	1,25	2,00	1,00	50,1

Anker-Nr.	β_{Vs} %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	50,1	1	$\beta_{Vs;1}$
2	50,1	2	$\beta_{Vs;2}$

Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite



$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} \quad (V_{Rd,cp})$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 3{,}1 \cdot 24{,}35kN = 75{,}48kN$$ Gl. (7.39a)

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N}$$ Gl. (7.1)

$$N_{Rk,c} = 12{,}17kN \cdot \frac{45.000mm^2}{22.500mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 24{,}35kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(50mm\right)^{1,5} = 12{,}17kN$$ Gl. (7.2)

$$\Psi_{s,N} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{\infty}{75mm}\right) = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.4)

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000$$ Gl. (7.5)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{M,N} = 1{,}00 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$V_{Rk,cp}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,cp}$ kN	V_{Ed} kN	$\beta_{V,cp}$ %
75,48	1,50	50,32	2,00	4,0

Anker-Nr.	$\beta_{V,cp}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1, 2	4,0	1	$\beta_{V,cp;1}$

Maßgebendes Ergebnis aus Zug- und Querlasten

Zuglasten	Ausnutzung β_N %	Querlasten	Ausnutzung β_V %
Stahlversagen *	26,3	Stahlversagen mit Hebelarm *	**50,1**
Herausziehen *	69,5	Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	4,0
Betonausbruch	**80,5**		

* Ungünstigster Anker

Widerstand der maßgebenden Lastüberlagerung.

Ausnutzung Stahl

$$\beta_{N,s} = \beta_{N,s;1} = 0{,}26 \leq 1$$
$$\beta_{V,s} = \beta_{Vs;1} = 0{,}50 \leq 1$$

Gl.

Ausnutzung Beton

$$\beta_{N,c} = \beta_{N,c;1} = 0{,}80 \leq 1$$
$$\beta_{V,cp} = \beta_{V,cp;1} = 0{,}04 \leq 1$$
$$\frac{\beta_N + \beta_V}{1{,}2} = \frac{\beta_{N,c;1} + \beta_{V,cp;1}}{1{,}2} = 0{,}70 \leq 1$$ Gl. (7.57)

Nachweis erfolgreich

Seitliche Verankerung

Die seitliche Verankerung erfolgt aus platztechnischen Gründen über ein ungleichschenkliges C-Profil. Im Folgenden wird das C-Prodil auf der sicheren Seite liegend als Flachstahl nachgewiesen.

Position: Seitliche Halterung C-Profil

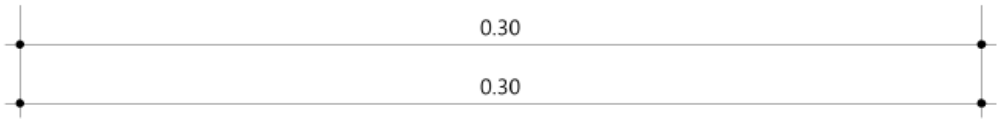
Biegetorsionstheorie (x64) BTII+ 02/2024 (FRILO R-2024-2/P06)

Grundparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Kombination ständiger Lasten	:	untereinander mit $\gamma_{G,sup}$ und $\gamma_{G,inf}$
Querschnittsbemessung	:	plastisch
Systemtragfähigkeit	:	Theorie II. Ordnung
Schubspannungen infolge primärer Torsion	:	berücksichtigt
Schubspannungen infolge sekundärer Torsion	:	berücksichtigt
Nachweis Absolutverformung in y mit	δ_{lim} =	1.5 cm
Nachweis Absolutverformung in z mit	δ_{lim} =	2.5 cm

System

Maßstab 1 : 2



Stabzug

Gesamtlänge = 0.30 m
Material S235

Querschnitte

Statische Werte

Nr	Name	I_y [cm^4]	I_z [cm^4]	I_t [cm^4]	I_w [cm^6]	max_w [cm^2]	A [cm^2]
2	Flachstahl 10/100	83.3	0.8	3.1	7		10.0

Abmessungen

Querschnitt Nr. 2 - Flachstahl 10/100

Profil h = 100 mm b = 10 mm

Spannungspunkte

Nr Name	Punkt	O-Punkt		S-Punkt		M-Punkt		Verwölbung
		y_O [mm]	z_O [mm]	y_S [mm]	z_S [mm]	y_M [mm]	z_M [mm]	ω [cm²]
2 Flachstahl 10/100	1	-5	-50	-5	-50	-5	-50	0.0
	2	0	-50	0	-50	0	-50	0.0
	3	5	-50	5	-50	5	-50	0.0
	4	5	50	5	50	5	50	0.0
	5	0	50	0	50	0	50	0.0
	6	-5	50	-5	50	-5	50	0.0
	7	5	0	5	0	5	0	0.0
	8	-5	0	-5	0	-5	0	0.0

System: 1 Abschnitte, Gesamtlänge = 0.30 m

Nr	von x [m]	bis x [m]	Länge [m]	Querschnitt [Nr. Anfang]	Querschnitt [Nr. Ende]
1	0.00	0.30	0.30	2	2

Auflager

Lagerbedingungen - Verschiebung

Nr	x [m]	Verschiebungen*)		Abstände	
		v [kN/m]	w [kN/m]	y [mm]	z [mm]
1	0.00	-1	-1	0	0
2	0.30	0.00	0.00	0	0

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

Lagerbedingungen - Verdrehungen

Nr	x [m]	Verdrehungen*)			Verwölbung*)
		Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]	$\Omega_{y,z}$ [kNm³]
1	0.00	-1	-1	-1	-1
2	0.30	0.0	0.0	0.0	0.00

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

Belastung

Lastdefinitionen

Art	1 =	Gleichlast	kN/m	5 =	Dreieckslast über l	kN/m
	2 =	Einzellast	kN	6 =	Trapezlast über l	kN/m
	3 =	Einzelmoment	kNm	7 =	Bereichstorsionsmoment	kNm/m
	4 =	Trapezlast	kN/m	8 =	Normalkraftverlauf	kN/m

Lastfall 1: ständige Lasten

Art	in/um	Pli	a [m]	Pre	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Bemerkungen zur Last
Einwirkungsgruppe 99 - ständig Eigengewicht wird automatisch angesetzt								

Lastfall 2: Verkehrslasten

Art	in/um	Pli	a [m]	Pre	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Bemerkungen zur Last
2	z	0.5	0.30				0	Last
2	y	0.2	0.30			0		Last(1)
Einwirkungsgruppe 3 - Kat. C: Versammlungsbereiche								

Berechnung nach DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08

Überlagerung 1: 1.35*G + 1.5*Q

Überlagerungsfaktoren

Nr	Lastfall	γ
1	ständige Lasten	1.35
2	Verkehrslasten	1.50

Bemessungswerte der Schnittgrößen für die maßgebende Laststellung nach Theorie II. Ordnung

x [m]	$N_{x,Ed}$ [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	M_{tp} [kNm]	M_{ts} [kNm]	$M_{t,Ed}$ [kNm]	$M_{\omega,Ed}$ [kNcm²]
0.00	0.0	0.8	-0.23	0.3	-0.09	0.00	0.001	0.001	0.4
0.04	0.0	0.8	-0.20	0.3	-0.08	-0.001	0.002	0.001	0.03
0.12	0.0	0.8	-0.14	0.3	-0.05	-0.001	0.001	0.00	-0.04
0.24	0.0	0.8	-0.05	0.3	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.02
0.29	0.0	0.8	-0.01	0.3	-0.003	0.00	0.00	0.00	0.0
0.30	0.0	0.8	0.00	0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0

Querschnittsnachweis nach Gleichung 6.2 - Theorie II. Ordnung γ_{M0} = 1.10

x [m]	Qkl	η_N	η_{Vz}	η_{My}	η_{Vy}	η_{Mz}	η_{MyMz}	η_{Mx}	η_{Mw}	η
0.00	1	0.00	0.01	0.04	0.00	0.17	0.21	0.00	0.00	0.21
0.04	1	0.00	0.01	0.04	0.00	0.15	0.18	0.00	0.00	0.18
0.12	1	0.00	0.01	0.03	0.00	0.10	0.13	0.00	0.00	0.13
0.24	1	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.04
0.30	1	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Auflagerkräfte

Nr.	x [m]	R_y [kN]	R_z [kN]	M_t [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	M_ω [kNcm²]
1	0.00	0.3	0.8	0.001	-0.23	0.09	-0.4
2	0.30	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0

Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse

Auslastung - Tragsicherheit

Nr	Lastkombination	Querschnitt	Stabilität-Ersatzstabverfahren
1	1.35*G + 1.5*Q	0.21	-

Bei der Berechnung nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung aller maßgebenden Imperfektionen, genügt der Querschnittsnachweis auf Spannungsebene mit γ_{M1} = 1,1.Es sind keine weiteren Stabilitätsnachweise nötig (siehe DIN EN 1993-1-1, 5.2.2(7)a).

VOR

Dübelnachweise

Es wird von einem Beton C20/25 ausgegangen. **Diese Annahme ist vor Baubeginn zu prüfen!**

Bemessungsgrundlagen

Anker

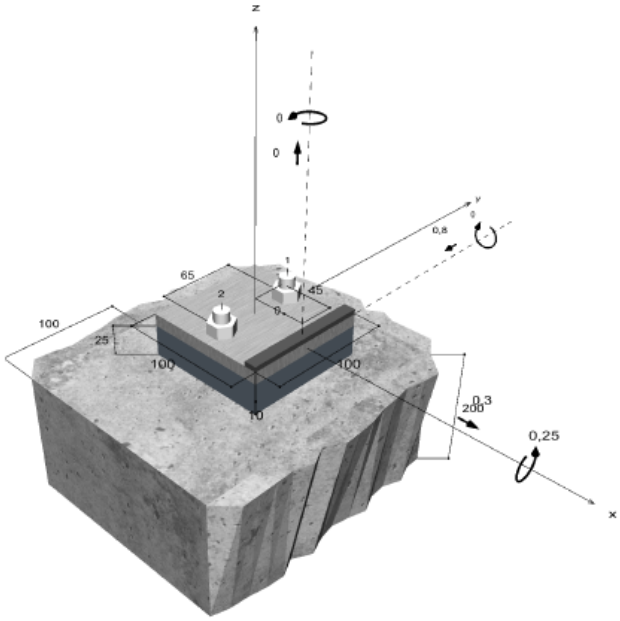
Ankersystem	fischer Bolzenanker FAZ II Plus
Anker	Bolzenanker FAZ II Plus 12/20, galvanisch verzinkter Stahl
Rechnerische Verankerungstiefe	50 mm
Bemessungsdaten	Ankerbemessung in Beton nach Europäischer Technischer Bewertung ETA-19/0520, Option 1, Erteilungsdatum 24.05.2023

Geometrie / Lasten / Maßeinheiten

mm, kN, kNm

Bemessungswert der Einwirkungen

(inkl. Teilsicherheitsbeiwert Last)



Nicht maßstabsgetreu

Eingabedaten

Bemessungsverfahren	in Anlehnung an EN 1992-4:2018 mechanische Befestigungselemente
Verankerungsgrund	C20/25, EN 206
Betonzustand	Gerissen, Trockenes Bohrloch
Bewehrung	Keine oder normale Bewehrung. Ohne Randbewehrung. Mit Spaltbewehrung
Bohrverfahren	Hammerbohren
Montageart	Durchsteckmontage
Ringspalt	gemäß Benutzereingabe
Belastungsart	Statisch oder quasi-statisch
Ankerplattenposition	Ankerplatte mit nicht tragender Ausgleichsschicht, g = 25 mm rechn. Hebelarm l_a = 36 mm Einspanngrad α_M = 1,0 Mörteldruckfestigkeit: 30,0 N/mm²
Ankerplattenmaße	100 mm x 100 mm x 10 mm
Profiltyp	Benutzerdefiniertes Profil

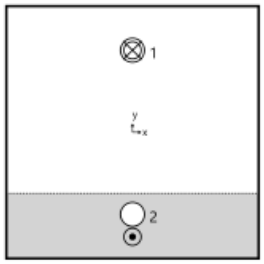
Bemessungslasten *)

#	N_{Ed} kN	$V_{Ed,x}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{T,Ed}$ kNm	Belastungsart
1	0,00	0,30	-0,80	0,25	0,00	0,00	Statisch oder quasi-statisch

*) Incl. Teilsicherheitsbeiwert Last

Resultierende Ankerkräfte

Anker-Nr.	Zugkraft kN	Querkraft kN	Querkraft x kN	Querkraft y kN
1	3,38	0,81	0,70	-0,40
2	0,00	0,57	-0,40	-0,40



Max. Betonstauchung :	0,09 ‰
Max. Betondruckspannung :	2,6 N/mm²
Resultierende Zugkraft :	3,38 kN , X/Y Position (0 / 33)
Resultierende Druckkraft :	3,38 kN , X/Y Position (0 / -41)

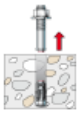
Widerstand gegenüber Zugbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_N %
Stahlversagen *	3,38	35,21	9,6
Herausziehen *	3,38	13,33	25,4
Betonausbruch	3,38	8,24	**41,1**

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$

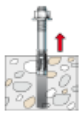


$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,s}$ %
49,30	1,40	35,21	3,38	9,6

Anker-Nr.	$\beta_{N,s}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	9,6	1	$\beta_{N,s;1}$
2	0,0	2	$\beta_{N,s;2}$

Herausziehen

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$N_{Rk,p}$ kN	Ψ_c	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,p}$ %
20,00	1,000	1,50	13,33	3,38	25,4

Der Psi,c-Faktor wurde eventuell durch Interpolation ermittelt.

Anker-Nr.	$\beta_{N,p}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	25,4	1	$\beta_{N,p;1}$

Betonausbruch

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N} \qquad \text{Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c} = 12{,}17kN \cdot \frac{22.500mm^2}{22.500mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}015 = 12{,}36kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(50mm\right)^{1,5} = 12{,}17kN$$ Gl. (7.2)

$$\Psi_{s,N} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{165mm}{75mm}\right) = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.4)

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000$$ Gl. (7.5)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_a}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{150mm}} = 1{,}000 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{150mm}} = 1{,}000 \leq 1$$

$$\Psi_{M,N} = 2 - \frac{z}{1.5 \cdot h_{ef}} = 2 - \frac{74mm}{1.5 \cdot 50mm} = 1{,}01 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$N_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,c}$ %
12,36	1,50	8,24	3,38	41,1

Anker-Nr.	$\beta_{N,c}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	41,1	1	$\beta_{N,c;1}$

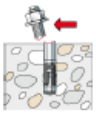
Widerstand gegenüber Querbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_V %
Stahlversagen mit Hebelarm *	0,81	2,11	**38,4**
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	0,81	18,03	4,5
Betonkantenbruch	0,90	8,48	10,6

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen mit Hebelarm

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,s,M}}{\gamma_{Ms}} \quad (V_{Rd,s,M})$$



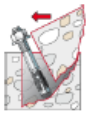
$$V_{Rk,s,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} = \frac{1 \cdot 94{,}9Nm}{0{,}036m} \div \left(1000\frac{N}{kN}\right) = 2{,}64kN$$ Gl. (7.37)

$$M_{Rk,s} = M^0_{Rk,s} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}}\right) = 105{,}0Nm \cdot \left(1 - \frac{3{,}38kN}{35{,}21kN}\right) = 94{,}9Nm$$ Gl. (7.38)

$V_{Rk,s,M}$ kN	γ_{Ms}	$V_{Rd,s,M}$ kN	V_{Ed} kN	β_{Vs} %
2,64	1,25	2,11	0,81	38,4

Anker-Nr.	β_{Vs} %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	38,4	1	$\beta_{Vs;1}$
2	24,4	2	$\beta_{Vs;2}$

Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite



$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} \qquad (V_{Rd,cp})$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 3{,}1 \cdot 8{,}73kN = 27{,}05kN$$ Gl. (7.39a)

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N}$$ Gl. (7.1)

$$N_{Rk,c} = 12{,}17kN \cdot \frac{16.125mm^2}{22.500mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 8{,}73kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(50mm\right)^{1,5} = 12{,}17kN$$ Gl. (7.2)

$$\Psi_{s,N} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{165mm}{75mm}\right) = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.4)

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000$$ Gl. (7.5)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{M,N} = 1{,}00 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$V_{Rk,cp}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,cp}$ kN	V_{Ed} kN	$\beta_{V,cp}$ %
27,05	1,50	18,03	0,81	4,5

Anker-Nr.	$\beta_{V,cp}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	4,5	1	$\beta_{V,cp;1}$

Betonkantenbruch

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \qquad (V_{Rd,c})$$

$$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{\alpha,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{re,V}$$ Gl. (7.40)

$$V_{Rk,c} = 11{,}71kN \cdot \frac{45.000mm^2}{45.000mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}086 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 12{,}72kN$$

$$V^0_{Rk,c} = k_9 \cdot d^{\alpha}_{nom} \cdot l^{\beta}_f \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1,5}$$ Gl. (7.41)

$$V^0_{Rk,c} = 1{,}7 \cdot \left(12mm\right)^{0,071} \cdot \left(50mm\right)^{0,065} \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(100mm\right)^{1,5} = 11{,}71kN$$

$$\alpha = 0{,}1 \cdot \sqrt{\frac{l_f}{c_1}} = 0{,}1 \cdot \sqrt{\frac{50mm}{100mm}} = 0{,}071 \qquad \beta = 0{,}1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1}\right)^{0,2} = 0{,}1 \cdot \left(\frac{12mm}{100mm}\right)^{0,2} = 0{,}065$$ Gl. (7.42/7.43)

$$\Psi_{s,V} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c_2}{1{,}5c_1} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{150mm}{1{,}5 \cdot 100mm} = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.45)

$$\Psi_{h,V} = max\left(1; \sqrt{\frac{1{,}5c_1}{h}}\right) = max\left(1; \sqrt{\frac{1{,}5 \cdot 100mm}{200mm}}\right) = 1{,}000 \geq 1$$ Gl. (7.46)

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{\left(cos\ \alpha_V\right)^2 + \left(0.5 \cdot sin\ \alpha_V\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{\left(cos\ 26{,}8\right)^2 + \left(0.5 \cdot sin\ 26{,}8\right)^2}} = 1{,}086 \geq 1$$ Gl. (7.48)

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2\ e_v}{3\ c_1}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{3 \cdot 100mm}} = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.47)

$$\Psi_{re,V} = 1{,}000$$

$V_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ kN	V_{Ed} kN	$\beta_{V,c}$ %
12,72	1,50	8,48	0,90	10,6

Anker-Nr.	$\beta_{V,c}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	6,3	1	$\beta_{V,c;1}$
2	10,6	2	$\beta_{V,c;2}$

Ausnutzung für Zug- und Querlasten

Zuglasten	Ausnutzung β_N %
Stahlversagen *	9,6
Herausziehen *	25,4
Betonausbruch	**41,1**

Querlasten	Ausnutzung β_V %
Stahlversagen mit Hebelarm *	**38,4**
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	4,5
Betonkantenbruch	10,6

* Ungünstigster Anker

Ausnutzung für kombinierte Zug- und Querbelastung

Ausnutzung Stahl

$$\beta_{N,s} = \beta_{N,s;1} = 0{,}10 \leq 1$$
$$\beta_{V,s} = \beta_{Vs;1} = 0{,}38 \leq 1$$

Gl.

Ausnutzung Beton

$$\beta_{N,c} = \beta_{N,c;1} = 0{,}41 \leq 1$$
$$\beta_{V,c} = \beta_{V,c;2} = 0{,}11 \leq 1$$
$$\beta_N^{1,5} + \beta_V^{1,5} = \beta_{N,c;1}^{1,5} + \beta_{V,c;2}^{1,5} = 0{,}30 \leq 1$$ Gl. (7.56)

Nachweis erfolgreich

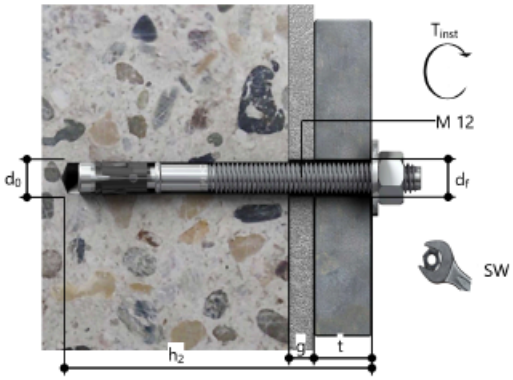
Angaben zur Montage

Anker

Ankersystem	**fischer Bolzenanker FAZ II Plus**	
Anker	Bolzenanker FAZ II Plus 12/20, galvanisch verzinkter Stahl	Art.-Nr. 564587
Zubehör	Handausbläser Groß ABG	Art.-Nr. 567792
	Quattric II 12/110/160	Art.-Nr. 549932

Montagedetails

Gewindegröße	M 12
Bohrlochdurchmesser	d_0 = 12 mm
Bohrlochtiefe	h_2 = 109 mm
Rechnerische Verankerungstiefe	h_{ef} = 50 mm
Einbautiefe	h_{nom} = 64 mm
Bohrverfahren	Hammerbohren
Bohrlochreinigung	Bohrloch mit Handausbläser ausblasen. Die Montageanleitung sollte beachtet werden, wenn die Installation ohne Bohrlochreinigung erfolgt.
Montageart	Durchsteckmontage
Ringspalt	gemäß Benutzereingabe
Montagedrehmoment	T_{inst} = 60,0 Nm
Schlüsselweite SW	19 mm
Ankerplattendicke	t = 10 mm
Dicke der Ausgleichsschicht	g ≤ 25 mm
Gesamte Befestigungsdicke	t_{fix} ≤ 35 mm
Tfix,max	$t_{fix,\,max}$ = 40 mm



Ankerplattendetails

Material der Ankerplatte	Nicht verfügbar
Ankerplattendicke	t = 10 mm
Durchgangsloch im Anbauteil	d_f=14 mm

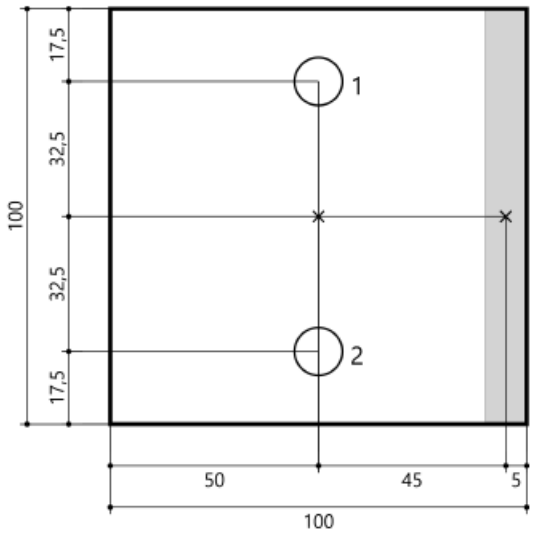
Anbauteil

Profiltyp	Benutzerdefiniertes Profil

Profilabmessung	mm
Höhe	10
Breite	100

Ankerkoordinaten

Anker-Nr.	x mm	y mm
1	0	32,5
2	0	-32,5

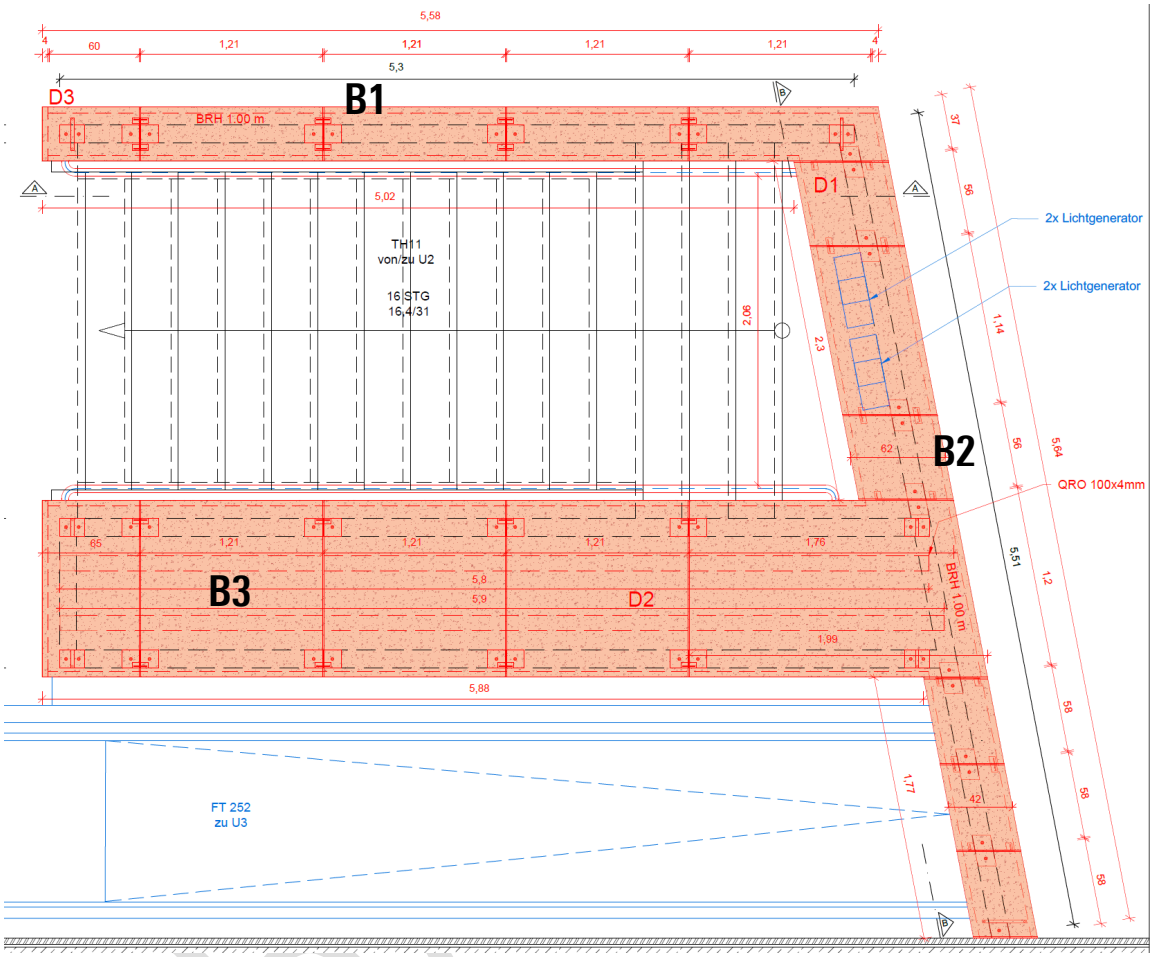


Anschluss an die „Stütze“ RRo 50x30x3

Umlaufend geschweißt mit a_w = 4,0 mm.

1.2 Neubau Brüstungsverkleidung

Für die Brüstung werden 3 verschiedene Bereich nachgewiesen.



Im Bestand war die Brüstung mit Natursteinplatten mit einer Dicke von 4,0 cm verkleidet. Die neuen Lichtbetonelemente haben ebenfalls eine Dicke von 4,0 cm. Die Wichte von Naturstein und Beton unterscheidet sich kaum, dementsprechend kann ein Nachweis für den Rohbau entfallen.

VORL.

1.2.1. Vertikale Platten

Lastannahmen

Es gelten die gleichen Annahmen wie fürs Treppenhaus 11.

Bemessung

Material- und Querschnittswerte

Materialkennwerte

Nr.	Material-Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul	Quer-dehn.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
1	C20/25-EN-D	30000	12500	0,20	1,000e-05	25,000

Kriech- und Schwindbeiwerte

Material	phi.t	rho	epsilon.s
1	0,000	0,800	0,00E-05

Querschnittswerte

Nr. 1 FL d=0,04
A = 4,000e-02 [m²], Iy = 5,333e-06 [m4]

Lagerbedingungen

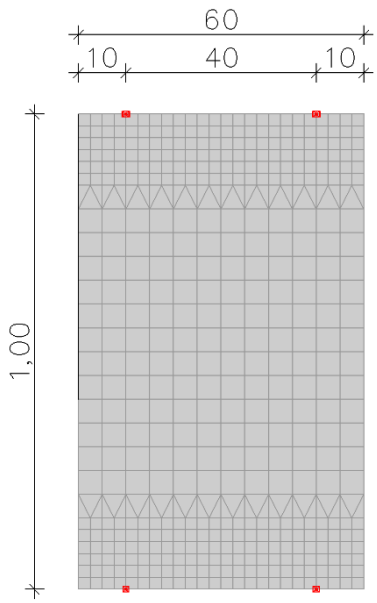
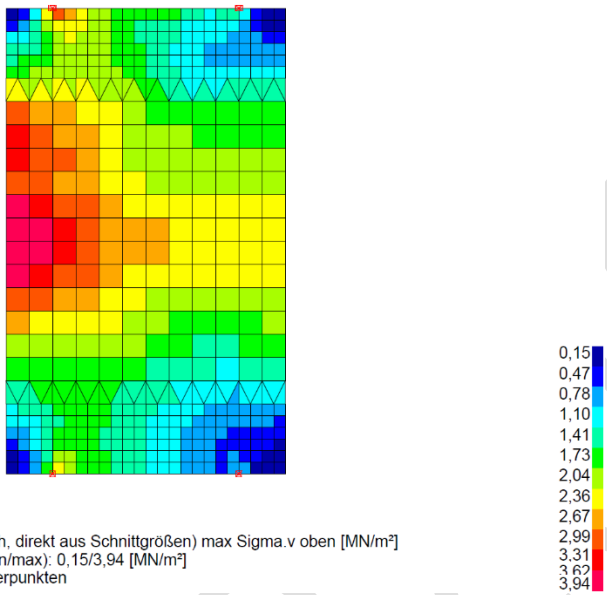


Abbildung 7: statisches System

Die Ankerdorne werden als Linienlager mit einer Länge von 25 mm eingegeben. Die Linienlager am unteren Plattenrand sind Festlager, die am oberen Plattenrand sind Loslager in vertikaler Plattenebene (y-Richtung).

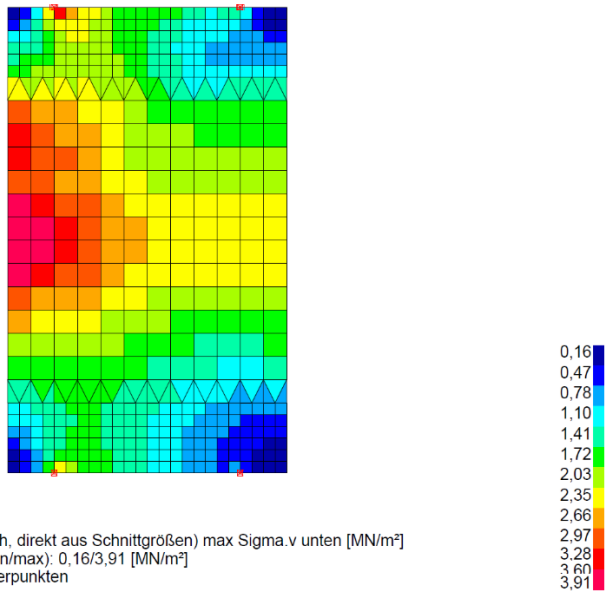
Nachweis: Plattenbiegung

Vergleichsspannung in der Platte



LFK 4: Max/Min
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) max Sigma.v oben [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,15/3,94 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten

Abbildung 8: Vergleichsspannung oben



LFK 4: Max/Min
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) max Sigma.v unten [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,16/3,91 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten

Abbildung 9: Vergleichsspannung unten

$\sigma_{v,Ed,max} = \max(\sigma_{v,Ed,oben}; \sigma_{v,Ed,unten}) = \max(3{,}94; 3{,}91) = 3{,}94$ N/mm²

Maximale Vergleichsspannung gemäß vorherigem Kapitel: $\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm²

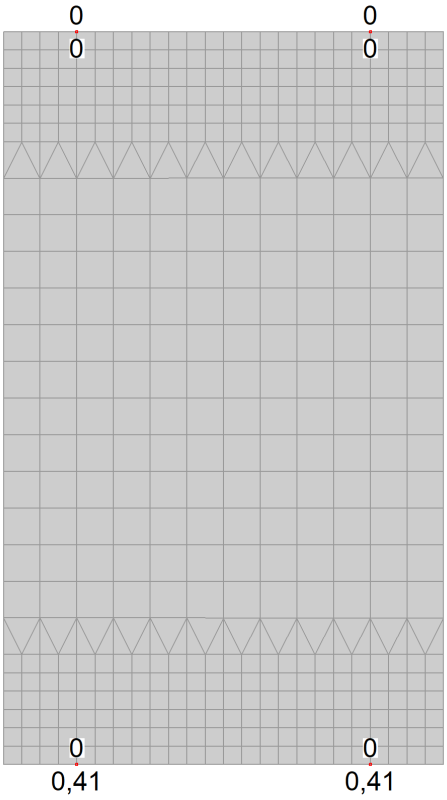
Nachweis der maximalen Vergleichsspannung:

$\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm² $\leq \sigma_{v,Ed,max} = 3{,}94$ N/mm² Nachweis erfüllt!

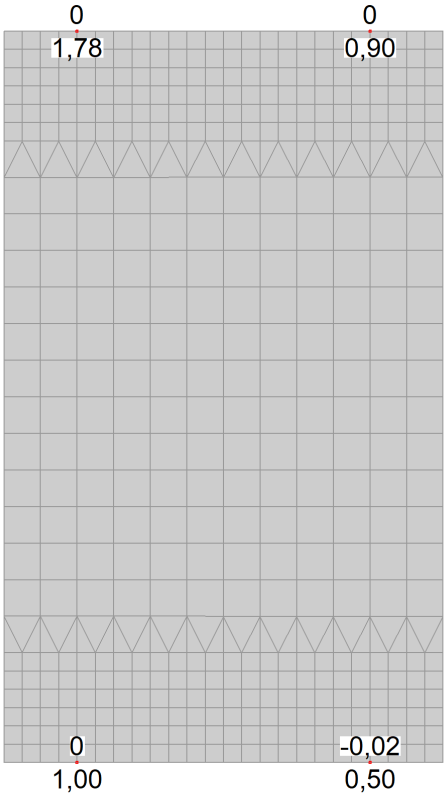
➔ Auf Grund der hohen Auslastung sind Druckunterstützungen mittig in den vertikalen Fugen zu empfehlen.

Auflagerkräfte (design)

Aus Eigengewicht (vertikal)



Aus Nutzlasten (senkrecht zur Plattenebene)



Nachweis der Befestigung

L-Winkel

Die Lichtbetonelemente werden mittels auf die L-Winkel geschweißter Ankerdornen befestigt. Der L-Winkel wird seinerseits mit einer Schraube über ein Langloch an die RRo geschraubt. Dafür ist rückseitig im RRo ein Loch mit einem Durchmesser von 40 mm vorgesehen.

Geometrie: L120x120x5; Länge 5,5 cm

Mit: $F_{Ed} = 0{,}41$ kN (aus Auflagerkraft)

Momentennachweis im Anschnitt:

$M_{Ed} = F_{Ed} * l = 0{,}41 \text{ kN} * 12{,}0 \text{ cm} = 4{,}92 \text{ kNcm}$

$M_{pl,Rd} = W_{pl} * f_y / \gamma_{M0} = (5{,}5 * 0{,}5^2 / 6) * 23{,}5 / 1{,}0 = 0{,}23 * 23{,}5 / 1{,}0 = 5{,}4 \text{ kNcm}$

Nachweis:

4,92 kNcm < 5,4 kNcm Nachweis erfüllt

VORAB

1.2.2. Horizontale Platten

Randbedingungen

Eigengewicht

Das Eigengewicht wird Programm intern ermittelt.

Mannlast

Qk = 1,0 kN auf einer Fläche von 20 x 20 cm;

Dadurch ist abgebildet, dass eine Person auf der Brüstung stehen bzw. laufen kann.

Aerodynamische Einwirkungen aus Zugfahrten

entfällt

Vandalismus – Außergewöhnlicher Lastfall

Es wird in Anlehnung an die DIN-EN 1991-1-1 Kapitel 6.4 eine Einzellast angesetzt.

Qk = 2,0 kN auf einer Fläche von 20 x 20 cm

Lastkombinatorik

Gemäß DIN 18516-5.

Nummer	Eigengewicht	Veränderlich	Außergewöhnlich
1	1,35	1,5	-
3	1,0	0	1,0
4	Max/Min-Überlagerung der Lastfallkombinationen 1 – 2		

Material- und Querschnittswerte

Materialkennwerte

Nr.	Material-Art	E-Modul [MN/m²]	G-Modul	Quer-dehn.	alpha.t [1/K]	gamma [kN/m³]
1	C20/25-EN-D	30000	12500	0,20	1,000e-05	25,000

Kriech- und Schwindbeiwerte

Material	phi.t	rho	epsilon.s
1	0,000	0,800	0,00E-05

Querschnittswerte

Nr. 1 FL d=0,04
A = 4,000e-02 [m²], Iy = 5,333e-06 [m4]

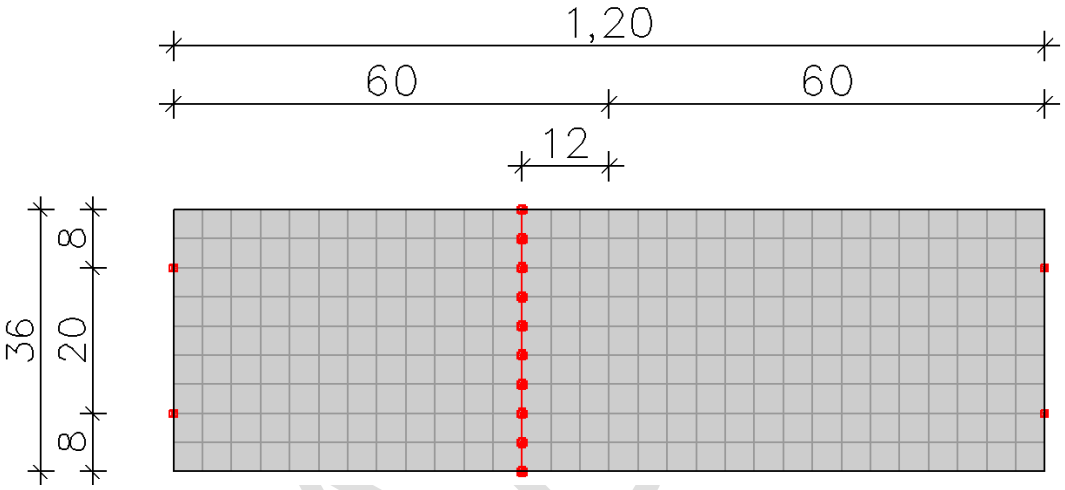
VORABZUG

Brüstung B1

Lagerbedingungen

Die Ankerdorne werden als Linienlager mit einer Länge von 25 mm eingegeben.

Zusätzlich ist eine Druckunterstützung für die hohen Lasten aus dem Lastfall Vandalismus erforderlich. Die Druckunterstützung ist an der Auflagerung der vertikalen Brüstungsplatten anzubringen, mit einer maximalen Exzentrizität von 12,0 cm zur Plattenmitte. Die Druckunterstützung wird als Linienlager mit Zugausfall senkrecht zur Plattenebene modelliert.



Nachweis: Plattenbiegung

Vergleichsspannung in der Platte

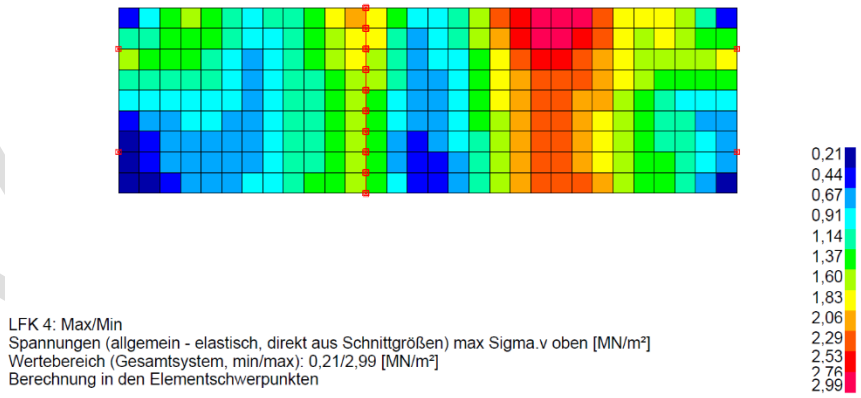


Abbildung 10: Vergleichsspannung oben

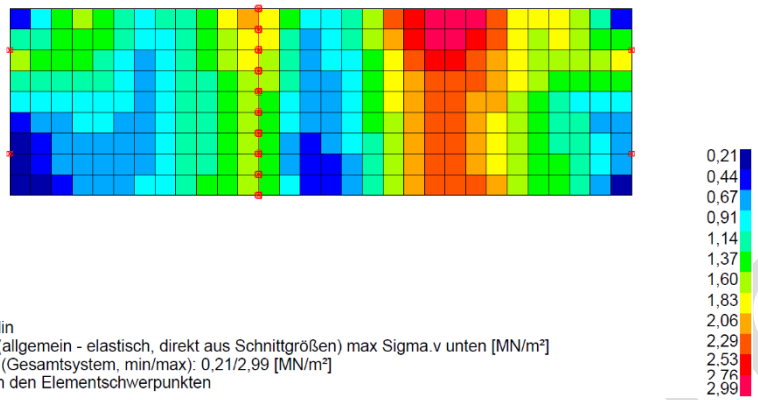


Abbildung 11: Vergleichsspannung unten

$\sigma_{v,Ed,max} = \max(\sigma_{v,Ed,oben}; \sigma_{v,Ed,unten}) = \max(2{,}99; 2{,}99) = 2{,}99$ N/mm²

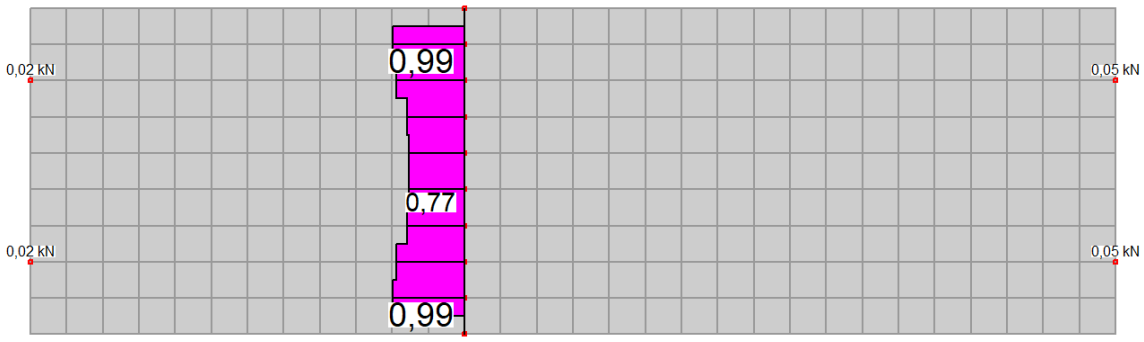
Maximale Vergleichsspannung gemäß vorherigem Kapitel: $\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm²

Nachweis der maximalen Vergleichsspannung:

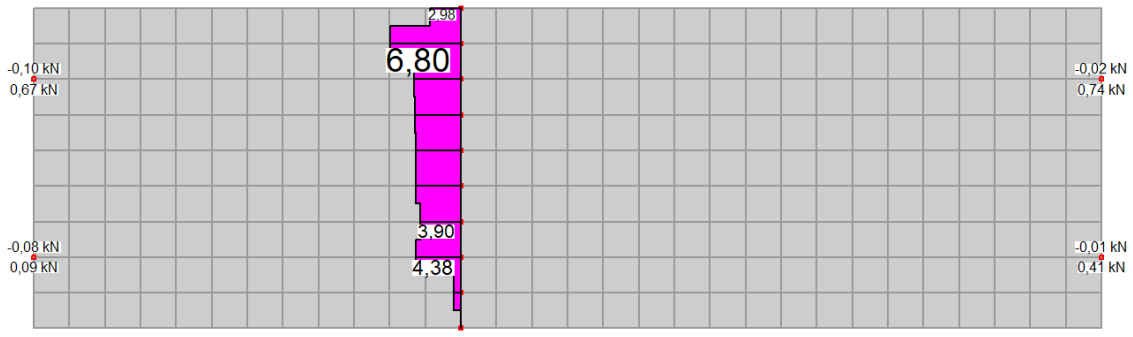
$\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm² $\leq \sigma_{v,Ed,max} = 2{,}99$ N/mm² Nachweis erfüllt!

<u>Auflagerkräfte (charakteristisch)</u>

Aus Eigengewicht (senkrecht zur Plattenebene)



Aus Nutzlasten (senkrecht zur Plattenebene)



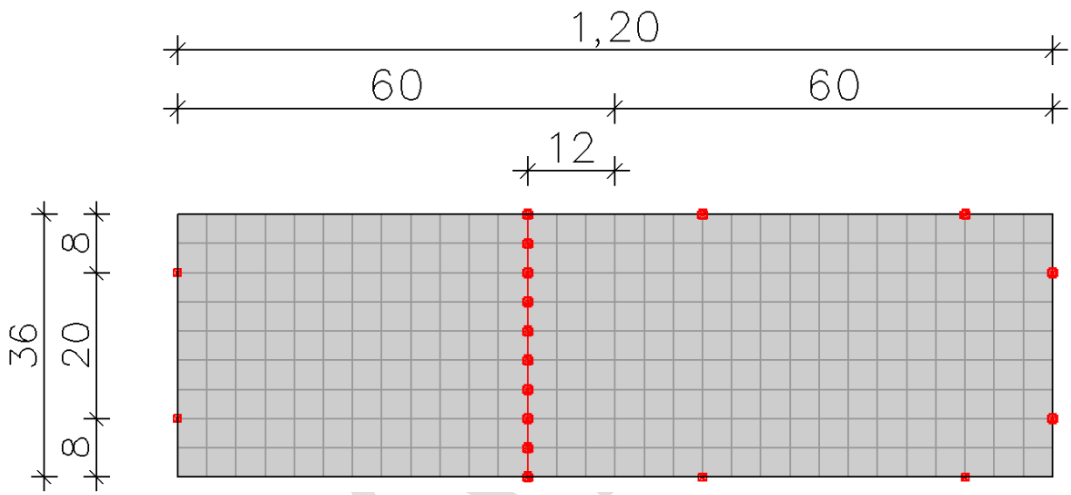
WIDERZUG

Randplatte

Lagerbedingungen

Die Ankerdorne werden als Linienlager mit einer Länge von 25 mm eingegeben.

Zusätzlich ist eine Druckunterstützung für die hohen Lasten aus dem Lastfall Vandalismus erforderlich. Die Druckunterstützung ist an der Auflagerung der vertikalen Brüstungsplatten anzubringen, mit einer maximalen Exzentrizität von 12,0 cm zur Plattenmitte. Die Druckunterstützung wird als Linienlager mit Zugausfall senkrecht zur Plattenebene modelliert. Zudem sind die RRo der UK der vertikalen Platten in den Ecken als Druckunterstützung für die Platte auszubilden. D. h. es ist eine Kopfplatte aufzuschweißen und mit einem Elastomer zu versehen.



Nachweis: Plattenbiegung

Vergleichsspannung in der Platte

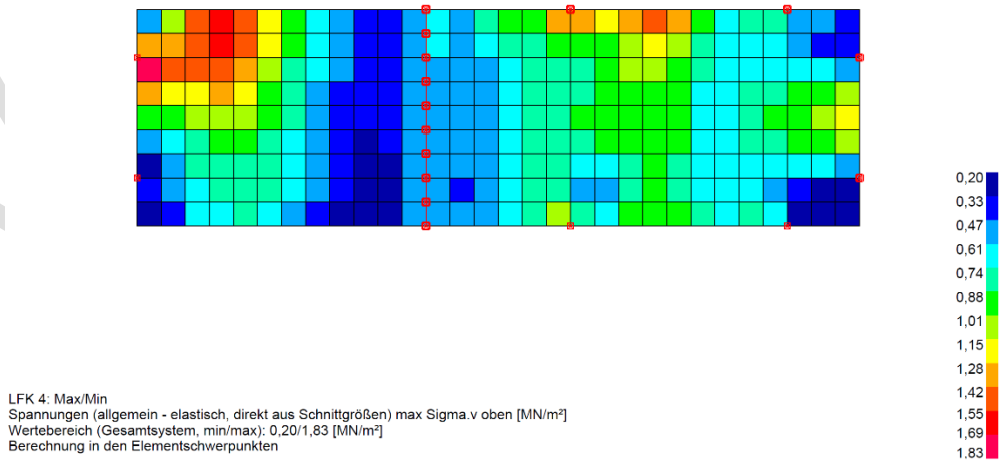


Abbildung 12: Vergleichsspannung oben

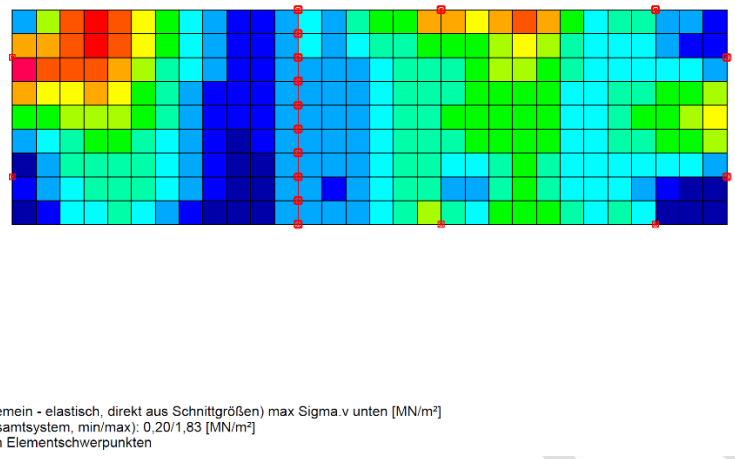


Abbildung 13: Vergleichsspannung unten

$\sigma_{v,Ed,max} = \max(\sigma_{v,Ed,oben}; \sigma_{v,Ed,unten}) = \max(1{,}83; 1{,}83) = 1{,}83$ N/mm²

Maximale Vergleichsspannung gemäß vorherigem Kapitel: $\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm²

Nachweis der maximalen Vergleichsspannung:

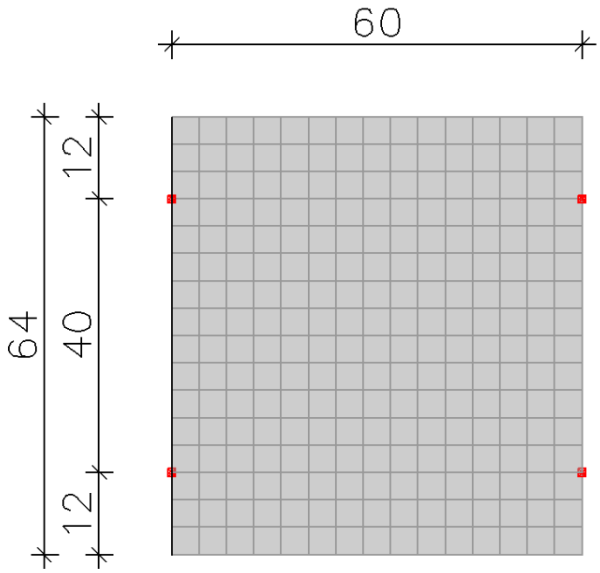
$\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm² $\leq \sigma_{v,Ed,max} = 1{,}83$ N/mm² Nachweis erfüllt!

VORABZUG

Brüstung B2

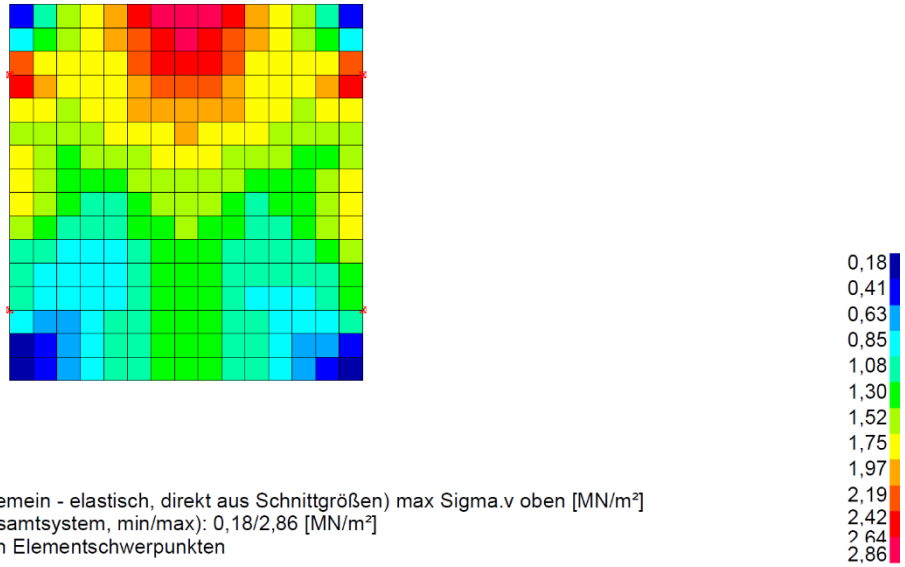
Lagerbedingungen

Die Ankerdorne werden als Linienlager mit einer Länge von 25 mm eingegeben.



Nachweis: Plattenbiegung

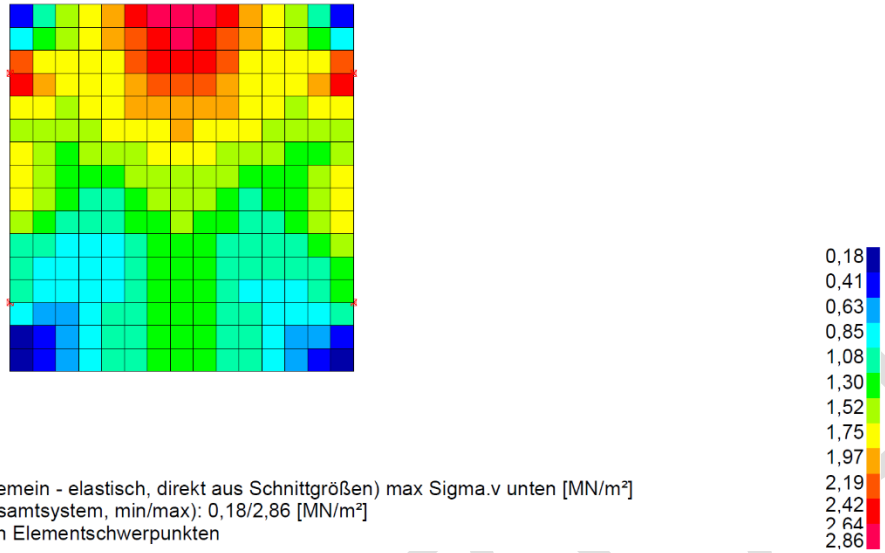
Vergleichsspannung in der Platte



LFK 4: Max/Min
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) max Sigma.v oben [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,18/2,86 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten

Abbildung 14: Vergleichsspannung oben

VORABZUG



LFK 4: Max/Min
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) max Sigma.v unten [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,18/2,86 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten

Abbildung 15: Vergleichsspannung unten

$\sigma_{v,Ed,max} = \max(\sigma_{v,Ed,oben}; \sigma_{v,Ed,unten}) = \max(2{,}86; 2{,}86) = 2{,}84$ N/mm²

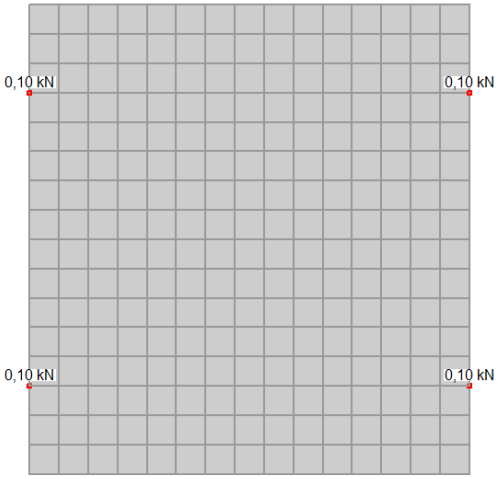
Maximale Vergleichsspannung gemäß vorherigem Kapitel: $\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm²

Nachweis der maximalen Vergleichsspannung:

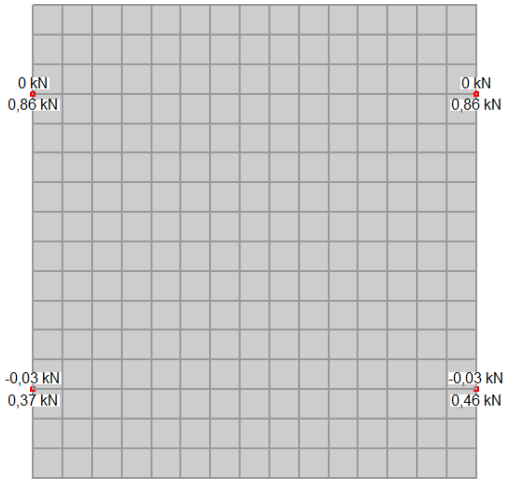
$\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm² $\leq \sigma_{v,Ed,max} = 2{,}86$ N/mm² Nachweis erfüllt!

<u>Auflagerkräfte (charakteristisch)</u>

Aus Eigengewicht
(senkrecht zur Plattenebene)



Aus Nutzlasten
(senkrecht zur Plattenebene)

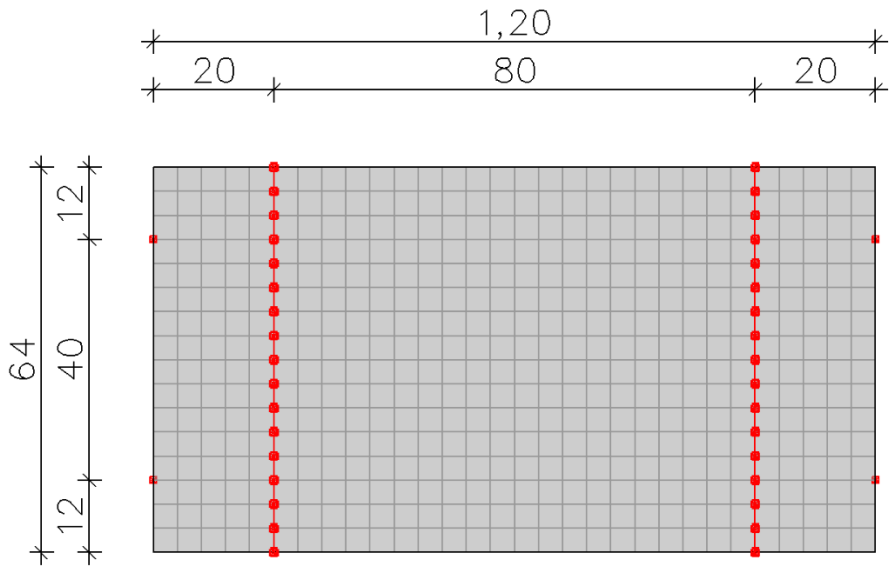


Sonderfall: Große Platte bei den Lichtgeneratoren

Lagerbedingungen

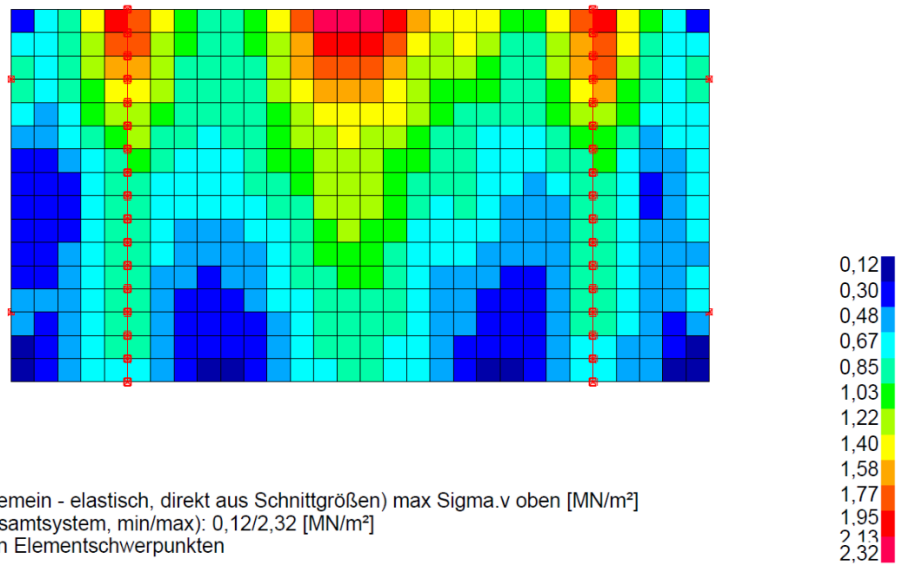
Die Ankerdorne werden als Linienlager mit einer Länge von 25 mm eingegeben.

Zusätzlich sind zwei Druckunterstützungen für die hohen Lasten aus dem Lastfall Vandalismus erforderlich, diese sind an den Auflagerungspunkten der vertikalen Brüstungsplatten anzubringen. Die Druckunterstützung wird als Linienlager mit Zugausfall senkrecht zur Plattenebene modelliert.



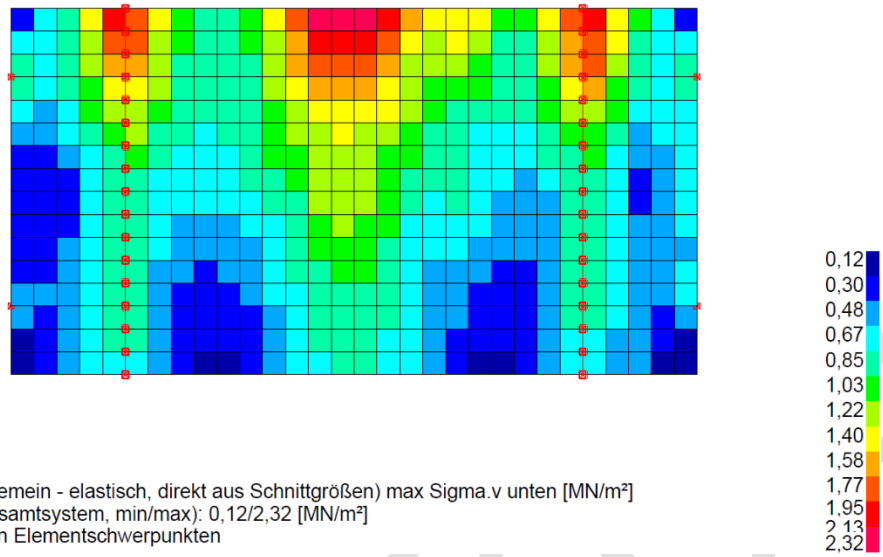
Nachweis: Plattenbiegung

Vergleichsspannung in der Platte



LFK 4: Max/Min
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) max Sigma.v oben [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,12/2,32 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten

Abbildung 16: Vergleichsspannung oben



LFK 4: Max/Min
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) max Sigma.v unten [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,12/2,32 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten

Abbildung 17: Vergleichsspannung unten

$\sigma_{v,Ed,max} = \max(\sigma_{v,Ed,oben}; \sigma_{v,Ed,unten}) = \max(2{,}32; 2{,}32) = 2{,}32$ N/mm²

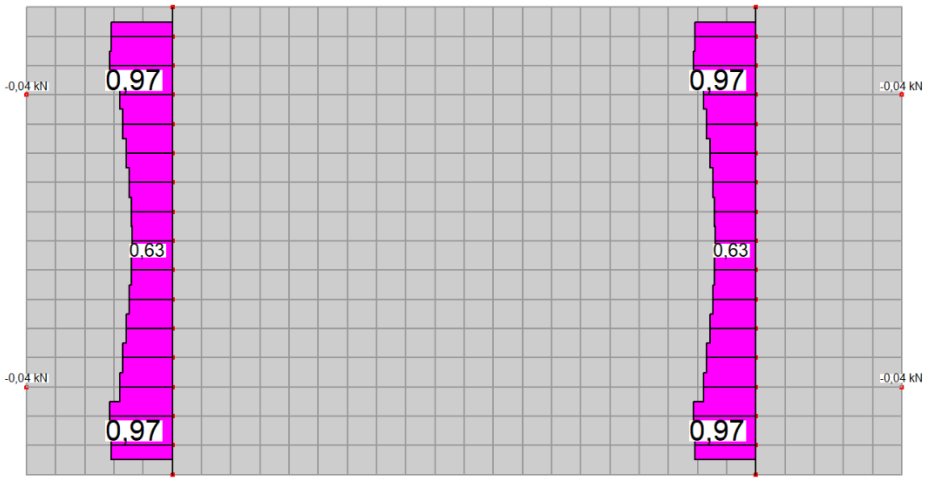
Maximale Vergleichsspannung gemäß vorherigem Kapitel: $\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm²

Nachweis der maximalen Vergleichsspannung:

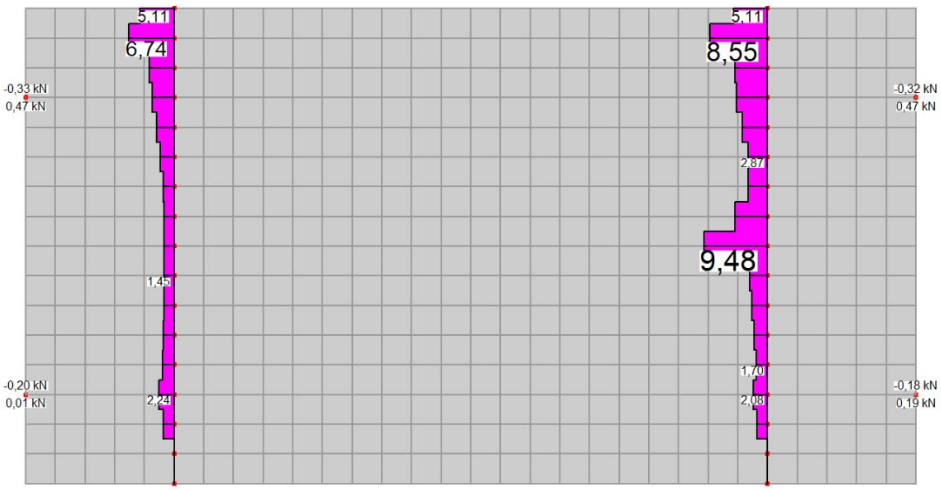
$\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm² $\leq \sigma_{v,Ed,max} = 2{,}32$ N/mm² Nachweis erfüllt!

<u>Auflagerkräfte (charakteristisch)</u>

Aus Eigengewicht (senkrecht zur Plattenebene)



Aus Nutzlasten (senkrecht zur Plattenebene)

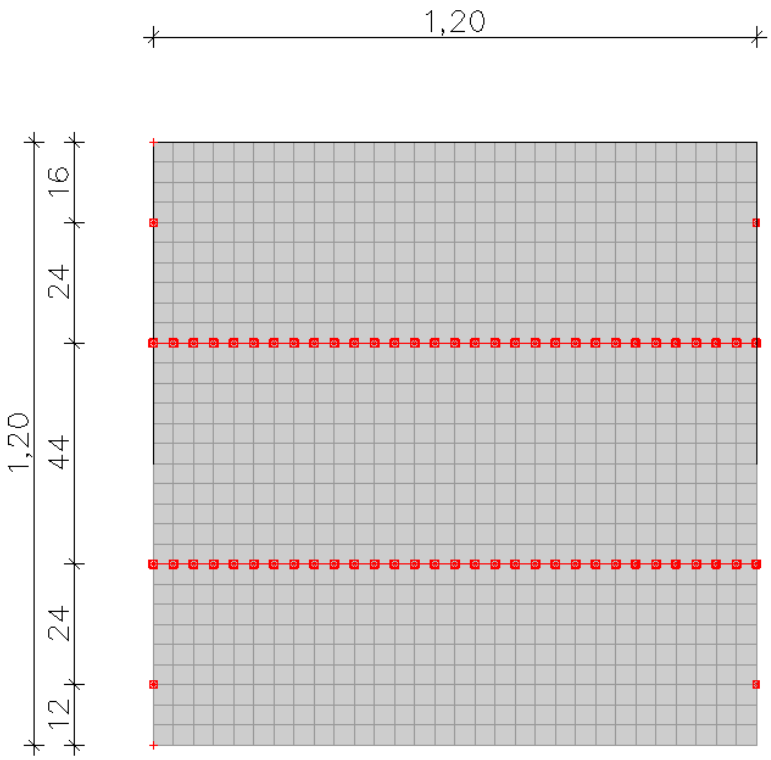


Brüstung B3

Lagerbedingungen

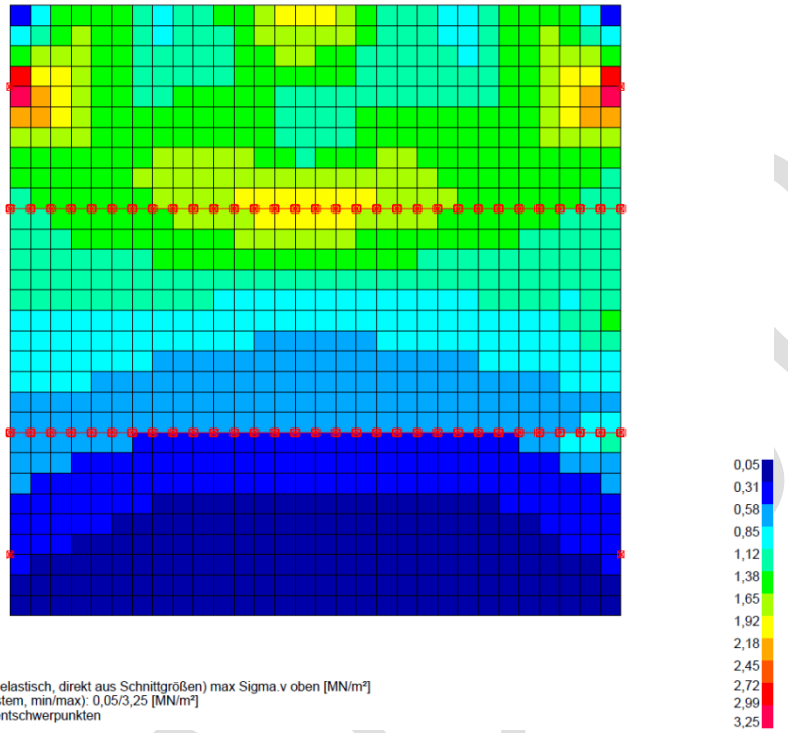
Die Ankerdorne werden als Linienlager mit einer Länge von 25 mm eingegeben.

Zusätzlich sind zwei Druckunterstützungen für die hohen Lasten aus dem Lastfall Vandalismus erforderlich. Die Druckunterstützung wird als Linienlager mit Zugausfall senkrecht zur Plattenebene modelliert.



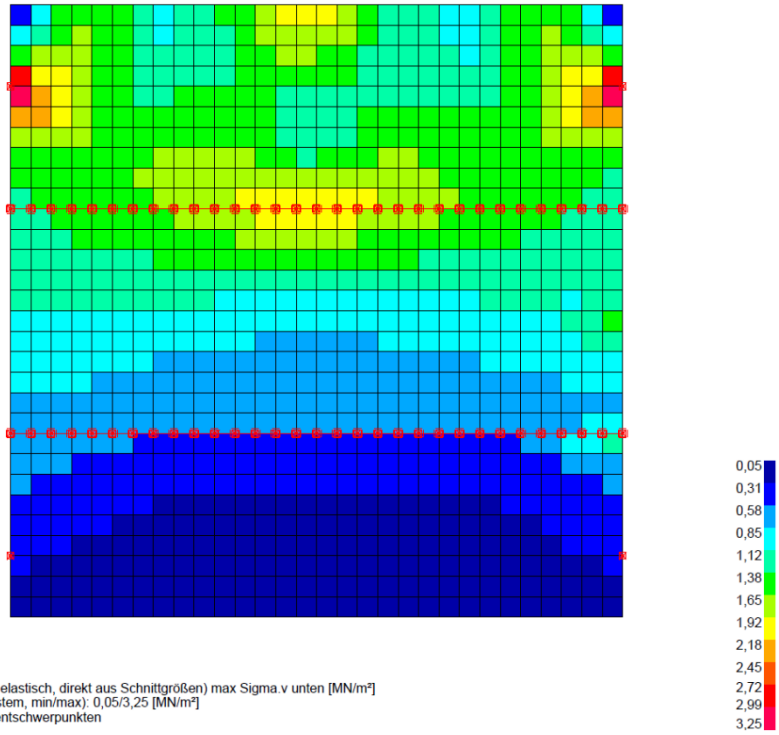
Nachweis: Plattenbiegung

Vergleichsspannung in der Platte



LFK 4: Max/Min
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) max Sigma.v oben [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,05/3,25 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten

Abbildung 18: Vergleichsspannung oben



LFK 4: Max/Min
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) max Sigma.v unten [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,05/3,25 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten

Abbildung 19: Vergleichsspannung unten

$\sigma_{v,Ed,max} = \max(\sigma_{v,Ed,oben}; \sigma_{v,Ed,unten}) = \max(3{,}25; 3{,}25) = 3{,}25$ N/mm²

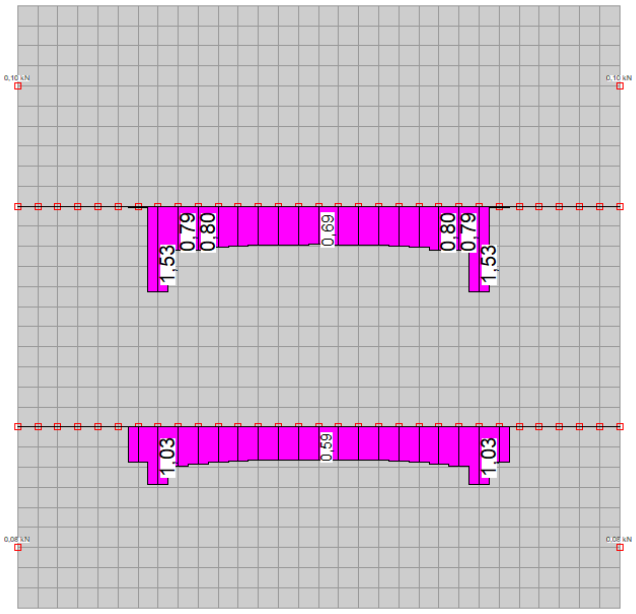
Maximale Vergleichsspannung gemäß vorherigem Kapitel: $\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm²

Nachweis der maximalen Vergleichsspannung:

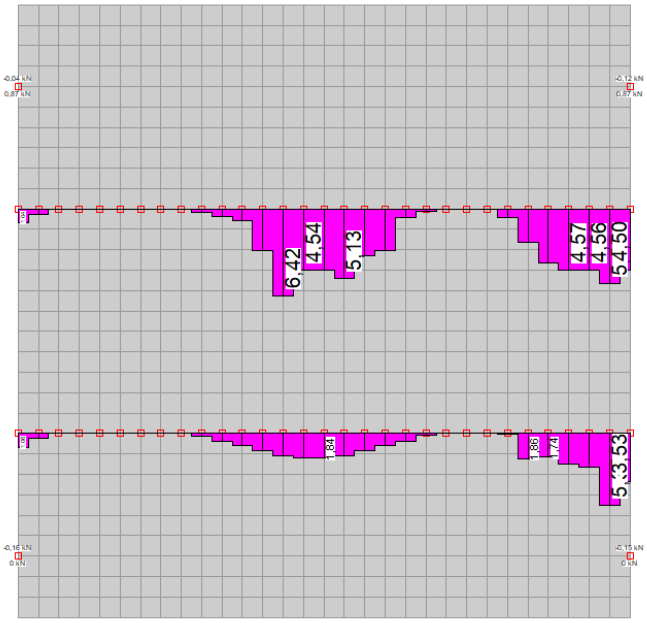
$\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm² $\leq \sigma_{v,Ed,max} = 3{,}25$ N/mm² Nachweis erfüllt!

<u>Auflagerkräfte (charakteristisch)</u>

Aus Eigengewicht (senkrecht zur Plattenebene)



Aus Nutzlasten (senkrecht zur Plattenebene)



Sonderfall: Randplatte

Lagerbedingungen

Die Ankerdorne werden als Linienlager mit einer Länge von 25 mm eingegeben.

Zusätzlich sind zwei Druckunterstützungen für die hohen Lasten aus dem Lastfall Vandalismus erforderlich. Die Druckunterstützung wird als Linienlager mit Zugausfall senkrecht zur Plattenebene modelliert.

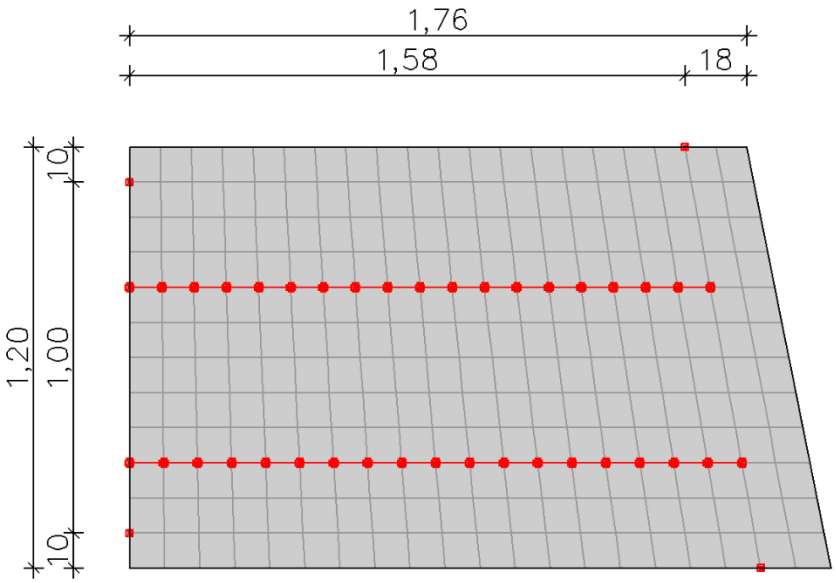
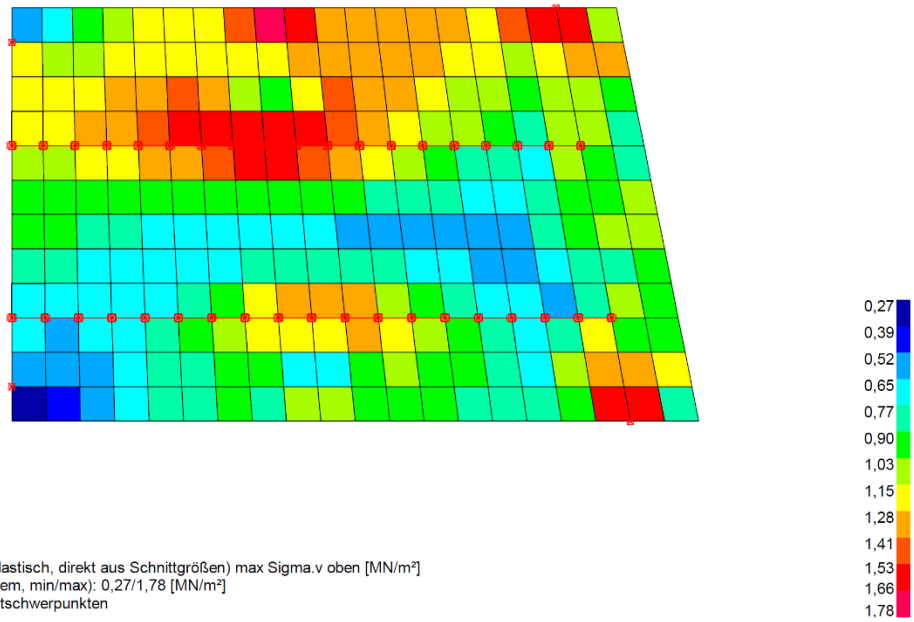


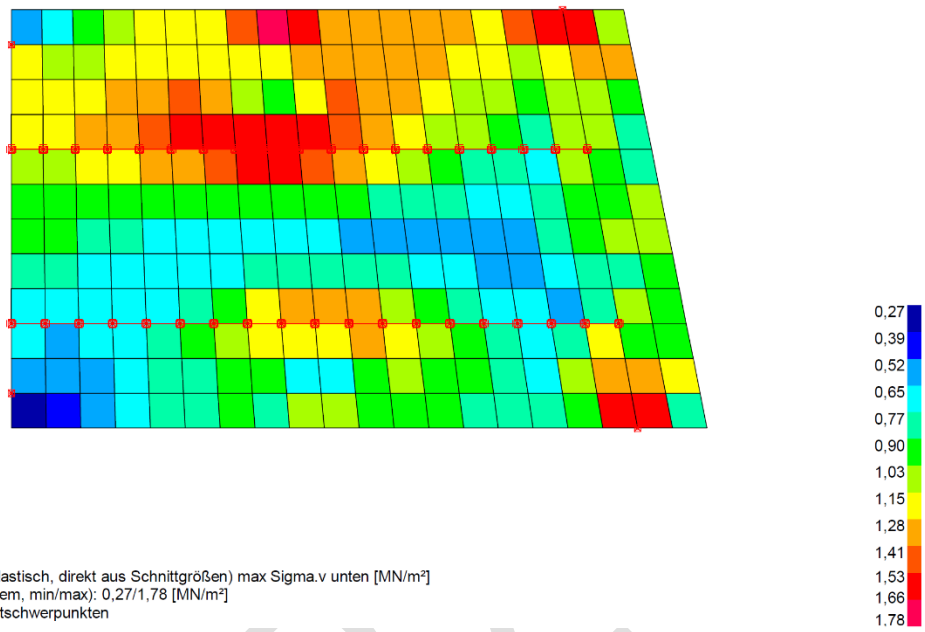
Abbildung 20: statisches System

Nachweis: Plattenbiegung

Vergleichsspannung in der Platte



LFK 4: Max/Min
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) max Sigma.v oben [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,27/1,78 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten



LFK 4: Max/Min
Spannungen (allgemein - elastisch, direkt aus Schnittgrößen) max Sigma.v unten [MN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,27/1,78 [MN/m²]
Berechnung in den Elementschwerpunkten

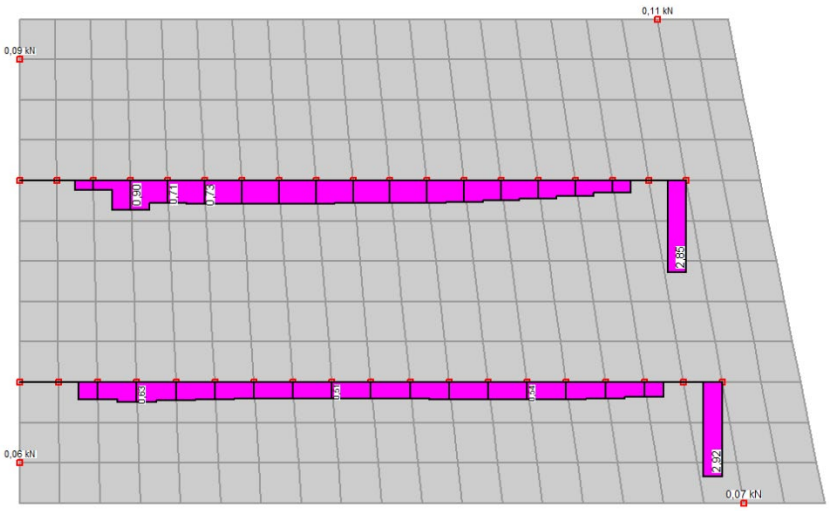
$\sigma_{v,Ed,max} = \max(\sigma_{v,Ed,oben}; \sigma_{v,Ed,unten}) = \max(1{,}78; 1{,}78) = 1{,}78$ N/mm²

Nachweis der maximalen Vergleichsspannung:

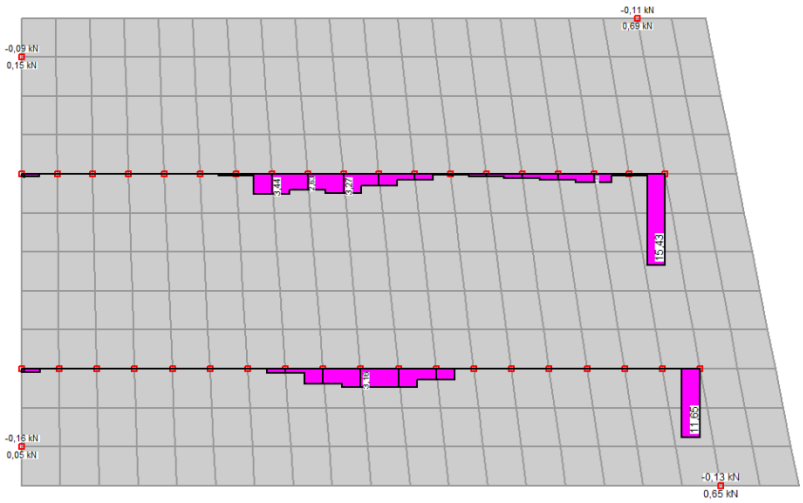
$\sigma_{Rd} = 3{,}94$ N/mm² $\leq \sigma_{v,Ed,max} = 1{,}78$ N/mm² Nachweis erfüllt!

<u>Auflagerkräfte (charakteristisch)</u>

Aus Eigengewicht (senkrecht zur Plattenebene)



Aus Nutzlasten (senkrecht zur Plattenebene)



Nachweis der Befestigung

Dornlagerung

Die Dornlager sind analog zu Kapitel 1.1.4 auszubilden. D. h. der Dornausbruch ist konstruktiv auszuschließen.

Hinterschnittanker

Die Hinterschnittanker können keine Lasten aus Vandalismus aufnehmen!

An allen Randplatten, an denen aus bautechnischen Gründen Hinterschnittanker einzubauen sind, müssen konstruktiv punktuell Druckunterstützungen eingebaut werden.

VORABZUG

1.2.3. Unterkonstruktion

Standardfall: gedrehtes T-Profil mit aufgeschweißten Dornen

Profil: T 100x100x8 o.glw.

Die Bemessung erfolgt elastisch, da QK3

c/t = 100/8 = 12,5 $< 14 * \varepsilon = 14 * 1{,}0 = 14$

Position: T-Profil Ankerdorne mit umgedrehtem T

Durchlaufträger (x64) DLT+ 02/24B (FRILO R-2024-2/P06)

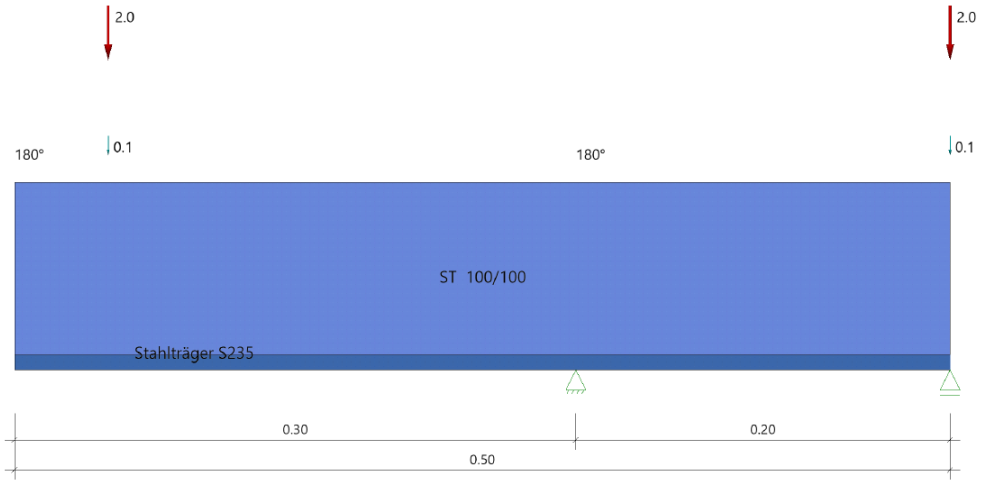
Grundparameter

Stahlträger, DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08

Stahlgüte: S235

System

Systembild



Material

Material S235

	E_k =	210000	N/mm²	G_k =	80769	N/mm²
	γ =	78.50	kN/m³	μ =	0.30	
				β_w =	0.80	
Streckgrenze	t ≤	40	mm	f_{yk} =	235.00	N/mm²
Zugfestigkeit	t ≤	40	mm	f_{uk} =	360.00	N/mm²

Geometrie

Querschnitte

Name	I_y [cm⁴]	I_z [cm⁴]	W_y [cm³]	W_z [cm³]	A [cm²]
ST 100/100	152	70	21	14	16.5
Querschnitt ist konstant über gesamte Trägerlänge.					

Querschnittsabmessungen

Name	h [cm]	b_o [cm]	t_o [cm]	t_s [cm]	r [cm]	b_u [cm]	t_u [cm]
ST 100/100	10.0	10.0	0.8	0.8	0.9	10.0	0.8

Felder

Feld	Länge [m]	Querschnitt	Gedreht
1	0.20	ST 100/100	180°
Kra Links	0.30	ST 100/100	180°

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φx [kNm/rad]	Φy [kNm/rad]	Φz [kNm/rad]
1	0.30	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	0.50	-1	-1	0.0	0.0	0.0

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

Lasten

Einzellasten und Momente

Bezug	Nr	Art	A [m]	W	[ ]	EG	Zus	Alt
System	1	kraft	0.05	0.1	kN	ständig		
	2	kraft	0.50	0.1	kN	ständig		
	3	kraft	0.05	2.0	kN	außergewöhnlich		
	4	kraft	0.50	2.0	kN	außergewöhnlich		

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

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 6 kg mit Gamma = 78.50 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
außergewöhnliche Einwirkungen					1.00

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

Ergebnisse

Bemessungsparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Basis	:	EN 1993-1-1:2010
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Schadensfolgeklasse	:	CC 2
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	5.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	Kragarm l_{eff}/ 150
	δ_{lim} =	Felder l_{eff}/ 300

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	η_{Qs}	η_{Stabi}	$\eta_{Verformung}$
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.01	-	
Tragfähigkeit	außergewöhnlich	0.11	-	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.00

1) Stabilitätsnachweis wurde nicht geführt weil Obergurt kontinuierlich gehalten.

Tragsicherheit je Querschnitt (kompakt)

Bemessungssituation	Querschnitt	Stelle	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	η_{Qs}	η_{Stabi}	Lk
ständig/vorübergehend	ST 100/100	Kragarm links, x = 0.30	-0.2	-0.04	0.01		1
außergewöhnlich	ST 100/100	Kragarm links, x = 0.30	-2.1	-0.53	0.11		2

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 5.0 cm

Feld	x [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
Kra li	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	4
Feld 1	0.08	0.0	0.0	0.0	0.00	4

Verformungsnachweis - Relativverformung in z Feld: $f_{Cd} = l_{eff}/300$, Kragarm: $f_{Cd} = l_{eff}/150$

Feld	x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,g}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
Kra li	0.00	0.30	0.00	0.30	0.0	0.0	0.2	0.00	0
Feld 1	0.08	0.20	0.00	0.20		0.0	0.1	0.00	4

Feld : Bezeichnung
x : Koordinate X der berechneten Stelle
l_{eff} : effektive Länge dieses Abschnittes
$l_{eff,x0}$: Beginn effektive Länge dieses Abschnittes (Wendepunkt in Biegelinie)
$l_{eff,x1}$: Ende effektive Länge dieses Abschnittes (Wendepunkt in Biegelinie)
$f_{z,g}$: Ende effektive Länge dieses Abschnittes (Wendepunkt in Biegelinie)
$f_{z,Ed}$: Bemessungswert der Verschiebung
$f_{z,Cd}$: zulässige Verschiebung aus leff
η : größte Auslastung der berechneten Stelle
Lfk : Lastfallkombination

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	0.30	ständig	0.3	0.3		
		außergewöhnliche Einwirkungen		4.5		
2	0.50	ständig	-0.04	-0.04		
		außergewöhnliche Einwirkungen	-2.5	2.0		

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Auflager	x [m]	Lk	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
1	0.30	Lk 2	4.8			
		Lk 3	0.3			
2	0.50	Lk 3	2.0			
		Lk 2	-2.5			

Lokales Knicken an der Lasteinleitung (Ersatzstabverfahren)

Länge: l = 10,0 cm (Höhe T-Profil)

Knicklänge: $L_{cr} = \beta * l = 2 * 10{,}0 = 20{,}0$ cm (Kragstütze)

Bezogener Schlankheitsgrad:

$\bar{\lambda} = L_{cr} / (i_y * \lambda_1) = 20{,}0 / (0{,}23 * 93{,}9) = 0{,}92$

Mit: $i_y = \sqrt{(I_y / A)} = \sqrt{(0{,}85 / 16{,}0)} = 0{,}23$ cm

$A = 20{,}0 * 0{,}8 = 16{,}0$ cm²

$I_y = (b * h^3) / 12 = (20 * 0{,}8^3) / 12 = 0{,}85$ cm⁴

$\lambda_1 = 93{,}9$

Abminderungsfaktor χ

$\chi = 1 / [\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \bar{\lambda}^2)}] = 1 / [1{,}10 + \sqrt{(1{,}10^2 - 0{,}92^2)}] = 0{,}59$

Mit: $\Phi = 0{,}5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0{,}20) + \bar{\lambda}^2] = 0{,}5 * [1 + 0{,}49 * (0{,}92 - 0{,}20) + 0{,}92^2] = 1{,}10$

$\alpha = 0{,}49$ Knicklinie c

Nachweis:

$N_{b,Rd} = \chi * A * f_y / \gamma_{M1} = 0{,}59 * 16{,}0 * 23{,}5 / 1{,}10 = 200$ kN

$N_{Ed} = 5{,}1$ kN $< N_{b,Rd} = 200$ kN Nachweis erfüllt!

<u>Winkel zur Befestigung an der Brüstung</u>

Profil: L100x50x6

Mit: $F_{Ed} = 1{,}0 * 0{,}3 + 2{,}0 * 4{,}8 = 5{,}1$ kN (aus max. Auflagerkraft T-Profil)

Momentennachweis im Anschnitt:

Einordnung Querschnittsklasse:

$c/t = 50/6 = 8{,}4 < 9 * \varepsilon = 9 * 1{,}0 = 9$ → QK1

$M_{Ed} = F_{Ed} * l = 5{,}1$ kN $* 2{,}5$ cm $= 12{,}75$ kNcm

$M_{pl,Rd} = W_{pl} * f_y / \gamma_{M0} = (10{,}0 * 0{,}6^2 / 6) * 23{,}5 / 1{,}0 = 0{,}6 * 23{,}5 / 1{,}0 = 14{,}1$ kNcm

Nachweis:

12,75 kNcm < 14,1 kNcm Nachweis erfüllt

Normalkraftnachweis:

Es wird die gesamte Breite angesetzt, da das T-Profil auf der gesamten Breite aufliegt. Die Höhe wird nur bis zu den Dübeln auf halber Profilhöhe angesetzt.

Einordnung Querschnittsklasse:

$c/t = 50/6 = 8{,}4 < 9 * \varepsilon = 9 * 1{,}0 = 9$ → QK1

$N_{Ed} = F_{Ed} = 5{,}1$ kN

$Nc,Rd = A * f_y / \gamma_{M0} = 10 * 0{,}6 * 23{,}5 / 1{,}0 = 141$ kN

Nachweis:

5,1 kN < 141 kN Nachweis erfüllt

Auf Grund der geringen Auslastung wird kein Interaktionsnachweis geführt.

Stabilitätsnachweis: Biegeknicken entfällt, auf Grund der geringen Höhe.

VORABZUG

Dübelbefestigung

Es darf keine Ausgleichsschicht vorgesehen werden!

Bemessungsauflagerlasten:

$F_{Ed} = 1{,}0 * 0{,}3 + 2{,}0 * 4{,}8 = 5{,}1$ kN

$M_{Ed} = F_{Ed} * 0{,}025 = 0{,}15$ kNm

Bemessungsgrundlagen

Anker

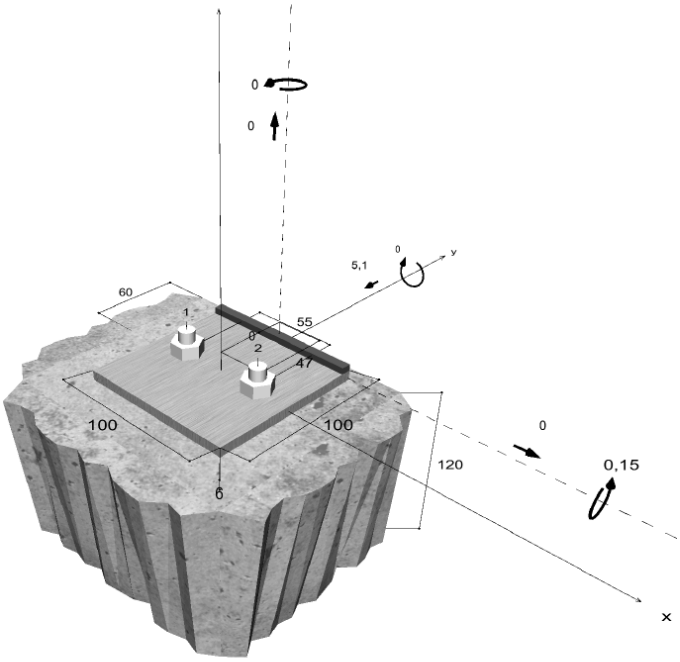
Ankersystem	fischer Bolzenanker FAZ II Plus
Anker	Bolzenanker FAZ II Plus 10/10, galvanisch verzinkter Stahl
Rechnerische Verankerungstiefe	40 mm
Bemessungsdaten	Ankerbemessung in Beton nach Europäischer Technischer Bewertung ETA-19/0520, Option 1, Erteilungsdatum 24.05.2023

Geometrie / Lasten / Maßeinheiten

mm, kN, kNm

Bemessungswert der Einwirkungen

(inkl. Teilsicherheitsbeiwert Last)



Nicht maßstabsgetreu

Eingabedaten

Bemessungsverfahren	EN 1992-4:2018 mechanische Befestigungselemente
Verankerungsgrund	C20/25, EN 206
Betonzustand	Gerissen, Trockenes Bohrloch
Bewehrung	Keine oder normale Bewehrung. Ohne Randbewehrung. Mit Spaltbewehrung
Bohrverfahren	Hammerbohren
Montageart	Durchsteckmontage
Ringspalt	gemäß Benutzereingabe
Belastungsart	Statisch oder quasi-statisch
Ankerplattenposition	Bündig montierte Ankerplatte
Ankerplattenmaße	100 mm x 100 mm x 6 mm
Profiltyp	Benutzerdefiniertes Profil

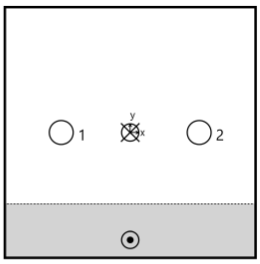
Bemessungslasten *)

#	N_{Ed} kN	$V_{Ed,x}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{T,Ed}$ kNm	Belastungsart
1	0,00	0,00	-5,10	0,15	0,00	0,00	Statisch oder quasi-statisch

*) Incl. Teilsicherheitsbeiwert Last

Resultierende Ankerkräfte

Anker-Nr.	Zugkraft kN	Querkraft kN	Querkraft x kN	Querkraft y kN
1	1,75	2,55	0,00	-2,55
2	1,75	2,55	0,00	-2,55

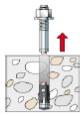


Max. Betonstauchung :	0,11 ‰
Max. Betondruckspannung :	3,3 N/mm²
Resultierende Zugkraft :	3,50 kN , X/Y Position (0 / 0)
Resultierende Druckkraft :	3,50 kN , X/Y Position (0 / -43)

Widerstand gegenüber Zugbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_N %
Stahlversagen *	1,75	23,36	7,5
Herausziehen *	1,75	8,67	20,2
Betonausbruch	3,50	10,89	**32,2**

Stahlversagen

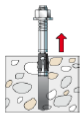


$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$

$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,s}$ %
32,70	1,40	23,36	1,75	7,5

Anker-Nr.	$\beta_{N,s}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	7,5	1	$\beta_{N,s;1}$
2	7,5	2	$\beta_{N,s;2}$

Herausziehen



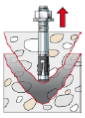
$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$

$N_{Rk,p}$ kN	Ψ_c	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,p}$ %
13,00	1,000	1,50	8,67	1,75	20,2

Der Psi,c-Faktor wurde eventuell durch Interpolation ermittelt.

Anker-Nr.	$\beta_{N,p}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1, 2	20,2	1	$\beta_{N,p;1}$

Betonausbruch



$$N_{Rk,c} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N} \qquad \text{Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c} = 8{,}71kN \cdot \frac{21.000mm^2}{14.400mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}286 = 16{,}34kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(40mm\right)^{1,5} = 8{,}71kN \qquad \text{Gl. (7.2)}$$

$$\Psi_{s,N} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{60mm}{60mm}\right) = 1{,}000 \leq 1 \qquad \text{Gl. (7.4)}$$

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000 \qquad \text{Gl. (7.5)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1+\frac{2e_n}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 0mm}{120mm}} = 1{,}000 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 0mm}{120mm}} = 1{,}000 \leq 1$$

$$\Psi_{M,N} = 2 - \frac{z}{1.5 \cdot h_{ef}} = 2 - \frac{43mm}{1.5 \cdot 40mm} = 1{,}29 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$N_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,c}$ %
16,34	1,50	10,89	3,50	32,2

Anker-Nr.	$\beta_{N,c}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1, 2	32,2	1	$\beta_{N,c;1}$

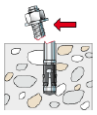
Widerstand gegenüber Querbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_V %
Stahlversagen ohne Hebelarm *	2,55	20,96	12,2
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	5,10	22,02	**23,2**

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen ohne Hebelarm

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \qquad (V_{Rd,s})$$

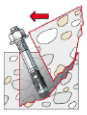


$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V^0_{Rk,s} = 1{,}00 \cdot 26{,}20kN = 26{,}20kN$$ Gl. (7.35)/(7.36)

$V_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ kN	V_{Ed} kN	β_{Vs} %
26,20	1,25	20,96	2,55	12,2

Anker-Nr.	β_{Vs} %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	12,2	1	$\beta_{Vs;1}$
2	12,2	2	$\beta_{Vs;2}$

Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite



$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} \quad (V_{Rd,cp})$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 2{,}6 \cdot 12{,}70kN = 33{,}03kN$$ Gl. (7.39a)

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N}$$ Gl. (7.1)

$$N_{Rk,c} = 8{,}71kN \cdot \frac{21.000mm^2}{14.400mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 12{,}70kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(40mm\right)^{1,5} = 8{,}71kN$$ Gl. (7.2)

$$\Psi_{s,N} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{60mm}{60mm}\right) = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.4)

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000$$ Gl. (7.5)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{M,N} = 1{,}00 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$V_{Rk,cp}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,cp}$ kN	V_{Ed} kN	$\beta_{V,cp}$ %
33,03	1,50	22,02	5,10	23,2

Anker-Nr.	$\beta_{V,cp}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1, 2	23,2	1	$\beta_{V,cp;1}$

Ausnutzung für Zug- und Querlasten

Zuglasten	Ausnutzung βN %
Stahlversagen *	7,5
Herausziehen *	20,2
Betonausbruch	**32,2**

Querlasten	Ausnutzung βV %
Stahlversagen ohne Hebelarm *	12,2
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	**23,2**

* Ungünstigster Anker

Ausnutzung für kombinierte Zug- und Querbelastung

Ausnutzung Stahl

$$\beta_{N,s} = \beta_{N,s;1} = 0{,}07 \leq 1$$
$$\beta_{V,s} = \beta_{Vs;1} = 0{,}12 \leq 1$$
$$\beta_N^2 + \beta_V^2 = \beta_{N,s;1}^2 + \beta_{Vs;1}^2 = 0{,}02 \leq 1$$ Gl. (7.55)

Ausnutzung Beton

$$\beta_{N,c} = \beta_{N,c;1} = 0{,}32 \leq 1$$
$$\beta_{V,cp} = \beta_{V,cp;1} = 0{,}23 \leq 1$$
$$\beta_N^{1,5} + \beta_V^{1,5} = \beta_{N,c;1}^{1,5} + \beta_{V,cp;1}^{1,5} = 0{,}29 \leq 1$$ Gl. (7.56)

Nachweis erfolgreich

Sonderfall: L-Profil mit aufgeschweißten Dornen (Brüstung B3)

Profil: L130x65x8, Länge 10 cm

Momentennachweis im Anschnitt:

Mit: $M_{Ed} = (1{,}0 * 0{,}1 + 2{,}0 * 1{,}0) * 2{,}5 = 2{,}1 * 2{,}5 = 5{,}25$ kNcm
(aus max. Auflagerkraft Platten)

$M_{pl,Rd} = W_{pl} * f_y / \gamma_{M0} = (10{,}0 * 0{,}8^2 / 6) * 23{,}5 / 1{,}0 = 1{,}07 * 23{,}5 / 1{,}0 = 25{,}1$ kNcm

Nachweis:

5,25 kNcm < 25,1 kNcm Nachweis erfüllt

Lokales Knicken an der Lasteinleitung (Ersatzstabverfahren)

Länge: l = 13,0 cm (Höhe L-Profil)

Knicklänge: $L_{cr} = \beta * l = 2 * 13{,}0 = 26{,}0$ cm (Kragstütze)

Bezogener Schlankheitsgrad:

$\bar{\lambda} = L_{cr} / (i_y * \lambda_1) = 26{,}0 / (0{,}23 * 93{,}9) = 1{,}20$

Mit: $i_y = \sqrt{(I_y / A)} = \sqrt{(0{,}43 / 8{,}0)} = 0{,}23$ cm

$A = 10{,}0 * 0{,}8 = 8{,}0$ cm²

$I_y = (b * h^3) / 12 = (10 * 0{,}8^3) / 12 = 0{,}43$ cm⁴

$\lambda_1 = 93{,}9$

Abminderungsfaktor χ

$\chi = 1 / [\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \bar{\lambda}^2)}] = 1 / [1{,}46 + \sqrt{(1{,}46^2 - 1{,}20^2)}] = 0{,}43$

Mit: $\Phi = 0{,}5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0{,}20) + \bar{\lambda}^2] = 0{,}5 * [1 + 0{,}49 * (1{,}20 - 0{,}20) + 1{,}20^2] = 1{,}46$

$\alpha = 0{,}49$ Knicklinie c

Nachweis:

$N_{b,Rd} = \chi * A * f_y / \gamma_{M1} = 0{,}43 * 8{,}0 * 23{,}5 / 1{,}10 = 74{,}2$ kN

$N_{Ed} = 2{,}1$ kN $< N_{b,Rd} = 74{,}2$ kN Nachweis erfüllt!

VORABZUG

Dübelnachweis

Die Auflagerkraft von 2,1 kN werden auf der sicheren Seite als Zugkraft eingegeben, obwohl in der Realität nur ein kleiner Teil der Zugkraft bei den Dübeln ankommen wird.

Bemessungsgrundlagen

Anker

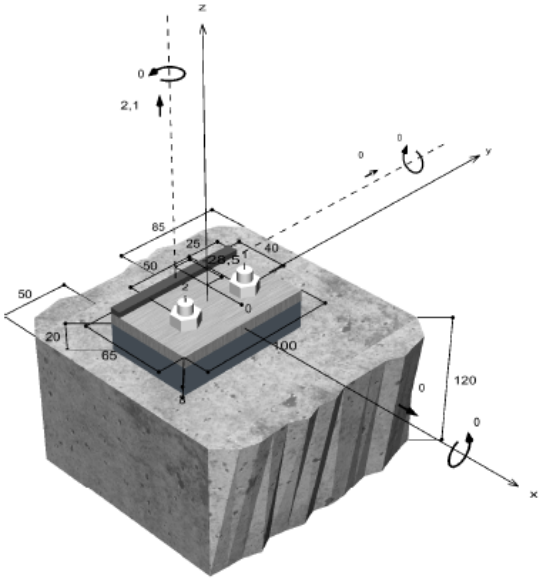
Ankersystem	fischer Bolzenanker FAZ II Plus
Anker	Bolzenanker FAZ II Plus 10/10, galvanisch verzinkter Stahl
Rechnerische Verankerungstiefe	40 mm
Bemessungsdaten	Ankerbemessung in Beton nach Europäischer Technischer Bewertung ETA-19/0520, Option 1, Erteilungsdatum 24.05.2023

Geometrie / Lasten / Maßeinheiten

mm, kN, kNm

Bemessungswert der Einwirkungen

(inkl. Teilsicherheitsbeiwert Last)



Nicht maßstabsgetreu

Eingabedaten

Bemessungsverfahren	EN 1992-4:2018 mechanische Befestigungselemente
Verankerungsgrund	C20/25, EN 206
Betonzustand	Gerissen, Trockenes Bohrloch
Bewehrung	Keine oder normale Bewehrung. Ohne Randbewehrung. Mit Spaltbewehrung
Bohrverfahren	Hammerbohren
Montageart	Durchsteckmontage
Ringspalt	gemäß Benutzereingabe
Belastungsart	Statisch oder quasi-statisch
Ankerplattenposition	Ankerplatte mit nicht tragender Ausgleichsschicht, g = 20 mm Mörteldruckfestigkeit: 30,0 N/mm²
Ankerplattenmaße	65 mm x 100 mm x 8 mm
Profiltyp	Benutzerdefiniertes Profil

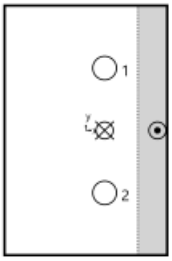
Bemessungslasten *)

#	N_{Ed} kN	$V_{Ed,x}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{T,Ed}$ kNm	Belastungsart
1	2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Statisch oder quasi-statisch

*) Incl. Teilsicherheitsbeiwert Last

Resultierende Ankerkräfte

Anker-Nr.	Zugkraft kN	Querkraft kN	Querkraft x kN	Querkraft y kN
1	2,84	0,00	0,00	0,00
2	2,84	0,00	0,00	0,00



Max. Betonstauchung :	0,20 ‰
Max. Betondruckspannung :	6,1 N/mm²
Resultierende Zugkraft :	5,68 kN , X/Y Position (7 / 0)
Resultierende Druckkraft :	3,58 kN , X/Y Position (29 / 0)

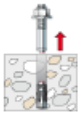
Widerstand gegenüber Zugbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_N %
Stahlversagen *	2,84	23,36	12,2
Herausziehen *	2,84	8,67	32,8
Betonausbruch	5,68	7,36	**77,2**

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$

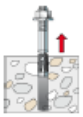


$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,s}$ %
32,70	1,40	23,36	2,84	12,2

Anker-Nr.	$\beta_{N,s}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	12,2	1	$\beta_{N,s;1}$
2	12,2	2	$\beta_{N,s;2}$

Herausziehen

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$N_{Rk,p}$ kN	Ψ_c	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,p}$ %
13,00	1,000	1,50	8,67	2,84	32,8

Der Psi,c-Faktor wurde eventuell durch Interpolation ermittelt.

Anker-Nr.	$\beta_{N,p}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1, 2	32,8	1	$\beta_{N,p;1}$

Betonausbruch

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N} \qquad \text{Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c} = 8{,}71kN \cdot \frac{19.200mm^2}{14.400mm^2} \cdot 0{,}950 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 11{,}03kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(40mm\right)^{1,5} = 8{,}71kN \qquad \text{Gl. (7.2)}$$

$$\Psi_{s,N} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{50mm}{60mm} = 0{,}950 \leq 1 \qquad \text{Gl. (7.4)}$$

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000 \qquad \text{Gl. (7.5)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1+\frac{2e_n}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 0mm}{120mm}} = 1{,}000 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 0mm}{120mm}} = 1{,}000 \leq 1$$

$$\Psi_{M,N} = 1{,}00 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$N_{Rk,c}$ kN	V_{Mc}	$N_{Rd,c}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,c}$ %
11,03	1,50	7,36	5,68	77,2

Anker-Nr.	$\beta_{N,c}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1, 2	77,2	1	$\beta_{N,c;1}$

Ausnutzung für kombinierte Zug- und Querbelastung

$$\beta_N = \beta_{N,c;1} = 0{,}77 \leq 1$$ **Nachweis erfolgreich**

VORABZ

Druckunterstützung: gedrehtes L-Profil (Brüstung B1)

Geometrie: L100x50x6; Länge 60 cm

Statisches System:

Mit: $F_{Ed} = 1{,}0 * 1{,}0 + 2{,}0 * 10{,}0 = 21$ kN (aus max. Auflagerkraft Platten)

Momentennachweis im Anschnitt:

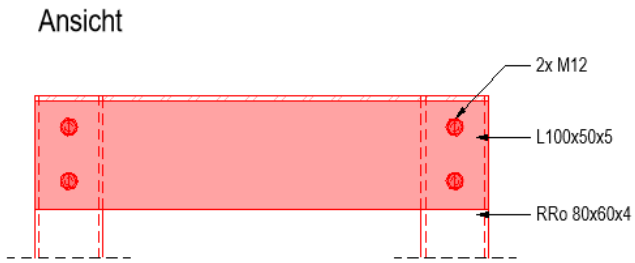
$M_{Ed} = F_{Ed} * l = 21$ kN * 2,5 cm = 52,5 kNcm

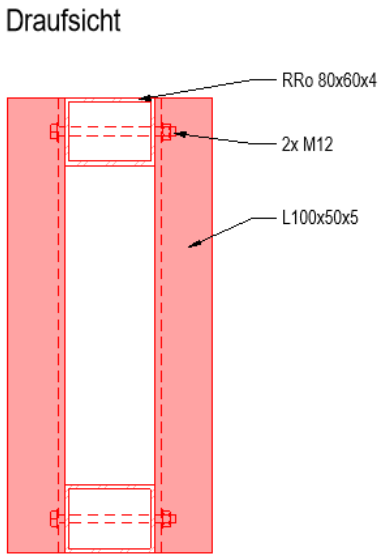
$M_{pl,Rd} = W_{pl} * f_y / \gamma_{M0} = (60{,}0 * 0{,}6^2 / 6) * 23{,}5 / 1{,}0 = 3{,}6 * 23{,}5 / 1{,}0 = 84{,}6$ kNcm

Nachweis:

52,5 kNcm < 84,6 kNcm Nachweis erfüllt

Skizze





VORBZUG

Stütze: RRo 50x30x4

Auf der sicheren Seite liegend wird die Unterkonstruktion mit den maximal Auflagerlasten aus den vertikalen, sowie horizontalen Platten nachgewiesen.

Einwirkung aus der Druckunterstützung:

Eigengewicht: $F_A = q * l / 2 = 1{,}0 * 0{,}6 / 2 = 0{,}3$ kN

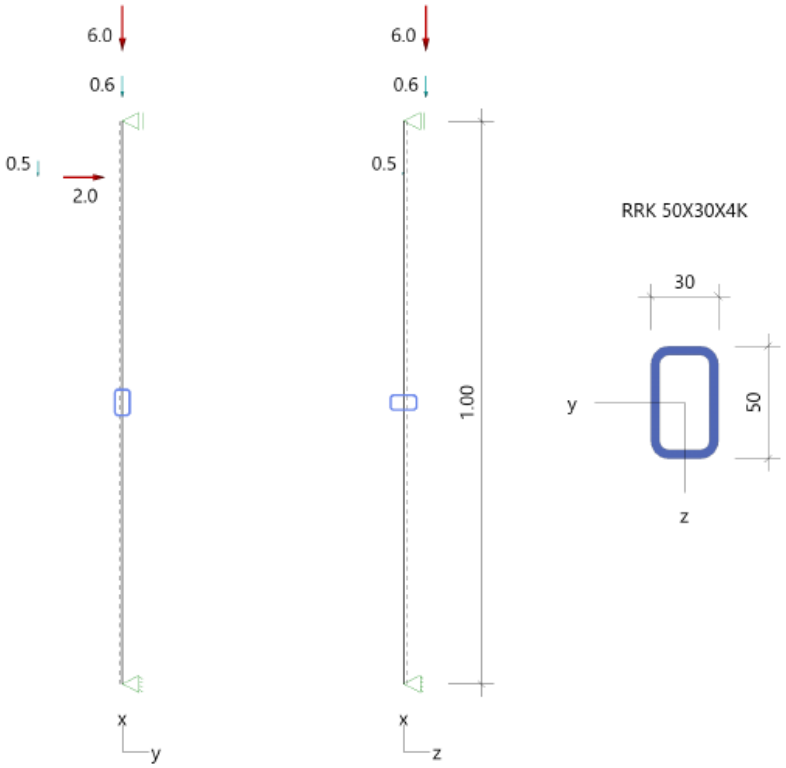
Außergewöhnliche Einwirkung: $F_A = q * l / 2 = 10{,}0 * 0{,}6 / 2 = 3{,}0$ kN

Stahlstütze (x64) STS+ 02/2024 (FRILO R-2024-2/P06)

Grundparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 für Kranlasten	:	0.90
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Querschnittsbemessung	:	plastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	5.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	l_{eff}/ 300

System Pendelstütze



Stütze: Höhe = 1.00 m Material: S235 Querschnitt: RRK 50X30X4K(kalt)

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen*) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen*) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	1.00	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0

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

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
		außergewöhnlich/Erdbeben		1.00	1.00			
15	A	ständig/vorübergehend	außergewöhnliche Einwirkungen	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		außergewöhnlich/Erdbeben		1.00	0.00			

Lasten

Lastarten

Art 14 = Kopflast kN 3 = Einzellast bei a kN
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

Standard-Lastfälle und Lasten

Beschreibung	Nr	Art	in/um	pi	a [m]	pj	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Ew
x2	1	14	in x-Richtung	0.6	1.00		-		40	99
x2	2	14	in x-Richtung	6.0	1.00		-		40	15
	3	3	in x-Richtung	0.5	0.90		0.01	-150		99
	4	3	in y-Richtung	2.0	0.90		0.01			15

Ergebnisse

Zusammenfassung

Bemessungssituation	Lfk	Nachweis	η
außergewöhnlich	4	Querschnitt	0,19
außergewöhnlich	3	Stabilität	0,20
charakteristisch	5	Relativverformung	0,08

Tragfähigkeit ständig/vorübergehend

Schnittgrößen - Lfk 1

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-1.5	-0.03	0.00	0.1	0.00
0.90	-1.5	-0.03	-0.03	0.1	-0.09
0.90	-0.8	-0.03	-0.03	0.1	0.01
1.00	-0.8	-0.03	-0.03	0.1	0.00

Querschnittstragfähigkeit nach Abschnitt 6.2 ff - Lfk 1 γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	η_N	η_{Vz}	η_{My}	η_{Vy}	η_{Mz}	η_{MyMz}	η
0.00	1	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
0.90	1	0.01	0.00	0.02	0.00	0.07	0.01	0.07
0.90	1	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02
1.00	1	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
1.00	1	1.5	0.03	0.09	6.62	0.10	1

Tragfähigkeit außergewöhnlich

Schnittgrößen - Lfk 4

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-1.1	-0.02	0.00	0.3	0.00
0.05	-1.1	-0.02	-0.001	0.3	-0.01
0.90	-1.1	-0.02	-0.02	0.3	-0.25
0.90	-0.6	-0.02	-0.02	-1.7	-0.17
0.95	-0.6	-0.02	-0.02	-1.7	-0.09
1.00	-0.6	-0.02	-0.02	-1.7	0.00

Querschnittstragfähigkeit nach Abschnitt 6.2 ff - Lfk 4 γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	η_N	η_{Vz}	η_{My}	η_{Vy}	η_{Mz}	η_{MyMz}	η
0.00	1	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
0.05	1	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
0.90	1	0.01	0.00	0.01	0.01	0.19	0.06	0.19
0.90	1	0.00	0.00	0.01	0.08	0.13	0.04	0.13
0.95	1	0.00	0.00	0.01	0.08	0.07	0.01	0.08
1.00	1	0.00	0.00	0.01	0.08	0.00	0.01	0.08

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
1.00	1	7.1	0.26	0.07	6.62	0.20	3

Gebrauchstauglichkeit

Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 5.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
0.58	0.0	0.03	0.0	0.03	0.01	5

Verformungsnachweis - Relativverformung in z $f_{Cd} = l_{eff}/300$

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
0.58	1.00	0.00	1.00	0.0	0.3	0.01	5

Verformungsnachweis - Relativverformung in y $f_{Cd} = l_{eff}/300$

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{y,Cd}$ [cm]	η	Lfk
0.53	0.90	0.00	0.90	0.02	0.3	0.08	5
0.95	0.10	0.90	1.00	0.0	0.03	0.00	5

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-0.04	-	-	-	-
		x2	99	-0.6	-0.02	-	-	-
		x2	15	-6.0	-0.2	-	-	-
		Lf 3	99	-0.5	-	-	0.1	-
		Lf 4	15	-	-	-	0.2	-
Kopf	1.00	x2	99	-	0.02	-	-	-
		x2	15	-	0.2	-	-	-
		Lf 3	99	-	-	-	-0.1	-
		Lf 4	15	-	-	-	1.8	-

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Lager	x [m]	Lk	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Kopf	1.00	Lfk 4	-	0.02	-	1.7	-
		Lfk 1	-	0.03	-	-0.1	-
		Lfk 3	-	0.3	-	-0.1	-
Fuss	0.00	Lfk 3	-7.1	-0.3	-	0.1	-
		Lfk 4	-1.1	-0.02	-	0.3	-

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Lastfall:Faktor]
1	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1,35 + 1:1,35 + 3:1,35
4	außergewöhnlich	Eigengewicht:1,00 + 1:1,00 + 3:1,00 + 4:1,00
3	außergewöhnlich	Eigengewicht:1,00 + 1:1,00 + 2:1,00 + 3:1,00
5	charakteristisch	Eigengewicht:1,00 + 1:1,00 + 3:1,00

Dübelbemessung

Die Rechteckrohre, welche als Auflager für die Druckunterstützung herangezogen werden, benötigen zwei Auflagerwinkel.

Dementsprechend wird die einwirkende Druckkraft halbiert.

Bemessungsgrundlagen

Anker

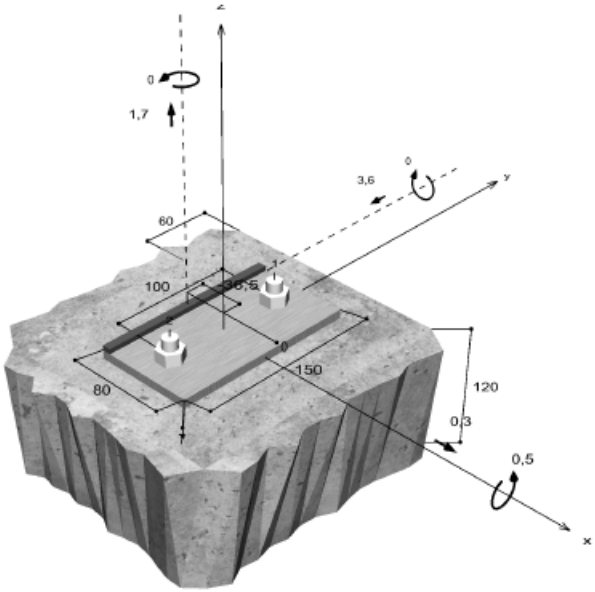
Ankersystem	fischer Bolzenanker FAZ II Plus
Anker	Bolzenanker FAZ II Plus 12/10, galvanisch verzinkter Stahl
Rechnerische Verankerungstiefe	50 mm
Bemessungsdaten	Ankerbemessung in Beton nach Europäischer Technischer Bewertung ETA-19/0520, Option 1, Erteilungsdatum 24.05.2023

Geometrie / Lasten / Maßeinheiten

mm, kN, kNm

Bemessungswert der Einwirkungen

(inkl. Teilsicherheitsbeiwert Last)



Nicht maßstabsgetreu

Eingabedaten

Bemessungsverfahren	EN 1992-4:2018 mechanische Befestigungselemente
Verankerungsgrund	C20/25, EN 206
Betonzustand	Gerissen, Trockenes Bohrloch
Bewehrung	Keine oder normale Bewehrung. Ohne Randbewehrung. Mit Spaltbewehrung
Bohrverfahren	Hammerbohren
Montageart	Durchsteckmontage
Ringspalt	gemäß Benutzereingabe
Belastungsart	Statisch oder quasi-statisch
Ankerplattenposition	Bündig montierte Ankerplatte
Ankerplattenmaße	80 mm x 150 mm x 7 mm
Profiltyp	Benutzerdefiniertes Profil

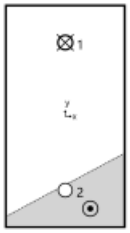
Bemessungslasten *)

#	N_{Ed} kN	$V_{Ed,x}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{T,Ed}$ kNm	Belastungsart
1	1,70	0,30	-3,60	0,50	0,00	0,00	Statisch oder quasi-statisch

*) Incl. Teilsicherheitsbeiwert Last

Resultierende Ankerkräfte

Anker-Nr.	Zugkraft kN	Querkraft kN	Querkraft x kN	Querkraft y kN
1	5,39	2,14	-1,16	-1,80
2	0,00	2,32	1,46	-1,80



Max. Betonstauchung :	0,16 ‰
Max. Betondruckspannung :	4,7 N/mm²
Resultierende Zugkraft :	5,39 kN , X/Y Position (0 / 50)
Resultierende Druckkraft :	3,69 kN , X/Y Position (17 / -62)

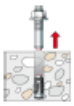
Widerstand gegenüber Zugbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_N %
Stahlversagen *	5,39	35,21	15,3
Herausziehen *	5,39	13,33	40,4
Betonausbruch	5,39	6,87	**78,5**

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$

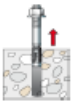


$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,s}$ %
49,30	1,40	35,21	5,39	15,3

Anker-Nr.	$\beta_{N,s}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	15,3	1	$\beta_{N,s;1}$
2	0,0	2	$\beta_{N,s;2}$

Herausziehen

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$N_{Rk,p}$ kN	Ψ_c	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,p}$ %
20,00	1,000	1,50	13,33	5,39	40,4

Der Psi,c-Faktor wurde eventuell durch Interpolation ermittelt.

Anker-Nr.	$\beta_{N,p}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	40,4	1	$\beta_{N,p;1}$

Betonausbruch

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N} \qquad \text{Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c} = 12{,}17kN \cdot \frac{20.250mm^2}{22.500mm^2} \cdot 0{,}940 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 10{,}30kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(50mm\right)^{1,5} = 12{,}17kN \qquad \text{Gl. (7.2)}$$

$$\Psi_{s,N} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{60mm}{75mm} = 0{,}940 \leq 1 \qquad \text{Gl. (7.4)}$$

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000 \qquad \text{Gl. (7.5)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1+\frac{2e_N}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 0mm}{150mm}} = 1{,}000 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 0mm}{150mm}} = 1{,}000 \leq 1$$

$$\Psi_{M,N} = 1{,}00 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$N_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,c}$ %
10,30	1,50	6,87	5,39	78,5

Anker-Nr.	$\beta_{N,c}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	78,5	1	$\beta_{N,c;1}$

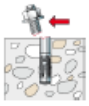
Widerstand gegenüber Querbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_V %
Stahlversagen ohne Hebelarm *	2,32	29,60	7,8
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	2,14	17,34	12,4
Betonkantenbruch	1,16	7,85	**14,8**

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen ohne Hebelarm

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}}$$ ($V_{Rd,s}$)



$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V^0_{Rk,s} = 1{,}00 \cdot 37{,}00kN = 37{,}00kN$$ Gl. (7.35)/(7.36)

$V_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ kN	V_{Ed} kN	β_{Vs} %
37,00	1,25	29,60	2,32	7,8

Anker-Nr.	β_{Vs} %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	7,2	1	$\beta_{Vs;1}$
2	7,8	2	$\beta_{Vs;2}$

Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}}$$ ($V_{Rd,cp}$)

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 3{,}1 \cdot 8{,}39kN = 26{,}02kN$$ Gl. (7.39a)

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N}$$ Gl. (7.1)

$$N_{Rk,c} = 12{,}17kN \cdot \frac{16.500mm^2}{22.500mm^2} \cdot 0{,}940 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 8{,}39kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(50mm\right)^{1,5} = 12{,}17kN$$ Gl. (7.2)

$$\Psi_{s,N} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{60mm}{75mm} = 0{,}940 \leq 1$$ Gl. (7.4)

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000$$ Gl. (7.5)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{M,N} = 1{,}00 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$V_{Rk,cp}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,cp}$ kN	V_{Ed} kN	$\beta_{V,cp}$ %
26,02	1,50	17,34	2,14	12,4

Anker-Nr.	$\beta_{V,cp}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	12,4	1	$\beta_{V,cp;1}$

Betonkantenbruch

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (V_{Rd,c})$$

$$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{\alpha,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{re,V}$$ Gl. (7.40)

$$V_{Rk,c} = 5{,}89kN \cdot \frac{16.200mm^2}{16.200mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 2{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 11{,}77kN$$

$$V^0_{Rk,c} = k_9 \cdot d^{\alpha}_{nom} \cdot l_f^{\beta} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1,5}$$ Gl. (7.41)

$$V^0_{Rk,c} = 1{,}7 \cdot \left(12mm\right)^{0,091} \cdot \left(50mm\right)^{0,072} \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(60mm\right)^{1,5} = 5{,}89kN$$

$$\alpha = 0{,}1 \cdot \sqrt{\frac{l_f}{c_1}} = 0{,}1 \cdot \sqrt{\frac{50mm}{60mm}} = 0{,}091 \qquad \beta = 0{,}1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1}\right)^{0,2} = 0{,}1 \cdot \left(\frac{12mm}{60mm}\right)^{0,2} = 0{,}072$$ Gl. (7.42/7.43)

$$\Psi_{s,V} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c_2}{1{,}5c_1} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{90mm}{1{,}5 \cdot 60mm} = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.45)

$$\Psi_{h,V} = max\left(1; \sqrt{\frac{1{,}5c_1}{h}}\right) = max\left(1; \sqrt{\frac{1{,}5 \cdot 60mm}{120mm}}\right) = 1{,}000 \geq 1$$ Gl. (7.46)

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(cos\ \alpha_V)^2 + (0.5 \cdot sin\ \alpha_V)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(cos\ 90{,}0)^2 + (0.5 \cdot sin\ 90{,}0)^2}} = 2{,}000 \geq 1$$ Gl. (7.48)

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2}{3}\frac{e_c}{c_1}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{3 \cdot 60mm}} = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.47)

$$\Psi_{re,V} = 1{,}000$$

$V_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ kN	V_{Ed} kN	$\beta_{V,c}$ %
11,77	1,50	7,85	1,16	14,8

Anker-Nr.	$\beta_{V,c}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	14,8	1	$\beta_{V,c;1}$
2	7,0	2	$\beta_{V,c;2}$

Ausnutzung für Zug- und Querlasten

Zuglasten	Ausnutzung βN %
Stahlversagen *	15,3
Herausziehen *	40,4
Betonausbruch	**78,5**

Querlasten	Ausnutzung βV %
Stahlversagen ohne Hebelarm *	7,8
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	12,4
Betonkantenbruch	**14,8**

* Ungünstigster Anker

Ausnutzung für kombinierte Zug- und Querbelastung

Ausnutzung Stahl

$$\beta_{N,s} = \beta_{N,s;1} = 0{,}15 \leq 1$$
$$\beta_{V,s} = \beta_{Vs;2} = 0{,}08 \leq 1$$
$$\beta_N^2 + \beta_V^2 = \beta_{N,s;1}^2 + \beta_{Vs;1}^2 = 0{,}03 \leq 1$$ Gl. (7.55)

Ausnutzung Beton

$$\beta_{N,c} = \beta_{N,c;1} = 0{,}79 \leq 1$$
$$\beta_{V,c} = \beta_{V,c;1} = 0{,}15 \leq 1$$
$$\beta_N^{1,5} + \beta_V^{1,5} = \beta_{N,c;1}^{1,5} + \beta_{V,c;1}^{1,5} = 0{,}75 \leq 1$$ Gl. (7.56)

Nachweis erfolgreich

1.2.4. UK-Stütze RRo 80x30x3

Um einen Toleranzausgleich an der Rohbauwand zu realisieren werden die Stützen im Regelfall mit einem planmäßigen Abstand von ca. 1,5 cm von der Wand aufgestellt. Die Stützen sind mit Bohrschrauben an Winkeln zu befestigen, die Winkel sind an die Wand zu dübeln.

Die Stütze der Unterkonstruktion wird für den maßgebenden Fall nachgewiesen, der Nachweis gilt damit für alle Stützen die die folgenden Randbedingungen nicht überschreiten:

- Querschnitt: RRo 80x30x3 (kaltgefertigt)
- Höhe: max. 3,70 m
- Länge zwischen zwei Auflagern: max. 1,00 m
- Belastung: Einzellast von 2,0 kN (Vandalismuslast)

Stahlstütze (x64) STS+ 02/2024 (FRILO R-2024-2/P06)

Grundparameter

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 für Kranlasten	:	0.90
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

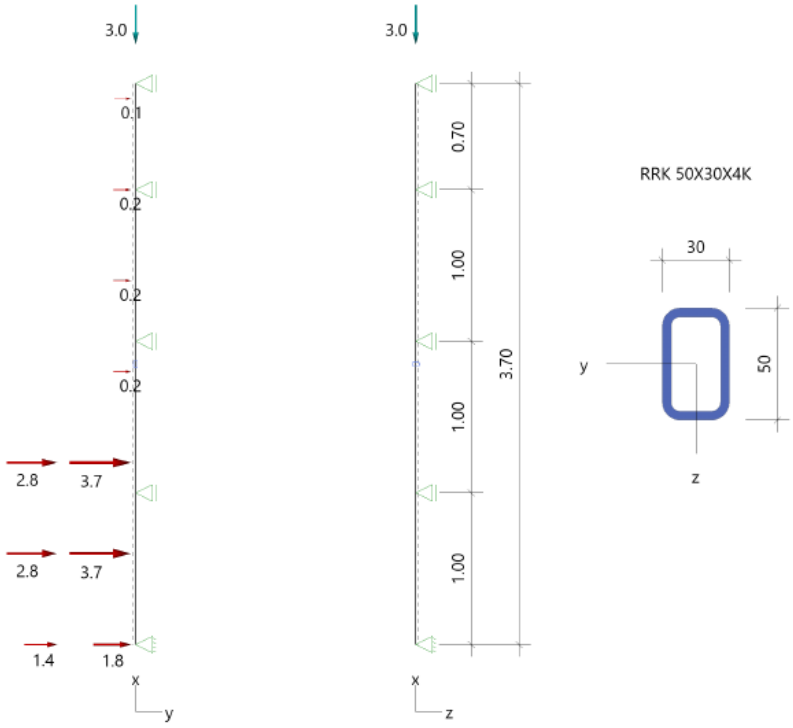
Einstellungen zur Tragsicherheit

Querschnittsbemessung	:	plastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B

Einstellungen zur Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit		:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =		5.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =		l_{eff}/ 300

System Pendelstütze



Die Lasten stammen aus der Übergabe der Plattenauflagern.

Stütze: Höhe = 3.70 m
Seitliche Halterung in y-Richtung : im Abstand x0 = 1.00 m am Schubmittelpunkt

Material S235

	E_k =	210000	N/mm²	G_k =	80769	N/mm²
	γ =	78.50	kN/m³	μ =	0.30	
				β_w =	0.80	
Streckgrenze	t ≤	40	mm	f_{yk} =	235.00	N/mm²
Zugfestigkeit	t ≤	40	mm	f_{uk} =	360.00	N/mm²

Querschnitt - RRK 50X30X4K

Profil	h =	50	mm	b =	30	mm
Steg	s =	4	mm			
Ausrundung	r =	8	mm			
Fertigungsprozess		kalt				
Fläche	A =	5.3	cm²			
Statische Werte	I_y =	15.3	cm⁴	W_y =	6.1	cm³
	I_z =	6.7	cm⁴	W_z =	4.5	cm³

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen*) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen*) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	3.70	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0
10	1.00	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0
11	2.00	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0
12	3.00	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0
30	1.00	0.00	0.00	-1	0.0	0.0	0.0
31	2.00	0.00	0.00	-1	0.0	0.0	0.0
32	3.00	0.00	0.00	-1	0.0	0.0	0.0

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

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
		außergewöhnlich/Erdbeben		1.00	1.00			
3	Q	ständig/vorübergehend	Kat. C: Versammlungsbereiche	1.50	0.00	0.70	0.70	0.60
		außergewöhnlich/Erdbeben		1.00	0.00			
9	Q	ständig/vorübergehend	Windlasten	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00
		außergewöhnlich/Erdbeben		1.00	0.00			
15	A	ständig/vorübergehend	außergewöhnliche Einwirkungen	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		außergewöhnlich/Erdbeben		1.00	0.00			

Lasten

Lastarten

Art 14 = Kopflast kN 3 = Einzellast bei a kN
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

Standard-Lastfälle und Lasten

Nr	Art	in/um	pi	a [m]	pj	l [m]	Ew	Zus
1	14	in x-Richtung	3.0	3.70		-	99	
2	3	in y-Richtung	1.8	-		0.01	15	
3	3	in y-Richtung	1.4	-		0.01	3	2
4	3	in y-Richtung	3.7	0.60		0.01	15	
5	3	in y-Richtung	2.8	0.60		0.01	3	2
6	3	in y-Richtung	3.7	1.20		0.01	15	
7	3	in y-Richtung	2.8	1.20		0.01	3	2
8	3	in y-Richtung	0.2	1.80		0.01	9	1
9	3	in y-Richtung	0.2	2.40		0.01	9	1
10	3	in y-Richtung	0.2	3.00		0.01	9	1
11	3	in y-Richtung	0.1	3.60		0.01	9	1

Ergebnisse

Zusammenfassung

Bemessungssituation	Lfk	Nachweis	η
außergewöhnlich	13	Querschnitt	0,72
außergewöhnlich	21	Stabilität	0,72
charakteristisch	29	Relativverformung	0,50

Tragfähigkeit ständig/vorübergehend

Schnittgrößen - Lfk 1

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-4.3	0.0	0.00	1.0	0.00
0.60	-4.2	0.0	0.00	1.0	-0.59
0.60	-4.2	0.0	0.00	-3.2	-0.59
1.00	-4.2	0.0	0.00	-3.2	0.70
1.00	-4.2	0.0	0.00	4.0	0.70
1.17	-4.2	0.0	0.00	4.0	0.02
1.20	-4.2	0.0	0.00	4.0	-0.11
1.20	-4.2	0.0	0.00	-0.2	-0.11
1.80	-4.2	0.0	0.00	-0.2	-0.01
1.80	-4.2	0.0	0.00	-0.3	-0.01
2.00	-4.1	0.0	0.00	-0.3	0.06
2.00	-4.1	0.0	0.00	0.2	0.06
2.40	-4.1	0.0	0.00	0.2	-0.01
2.40	-4.1	0.0	0.00	-0.02	-0.01
3.00	-4.1	0.0	0.00	-0.02	0.003
3.70	-4.1	0.0	0.00	-0.1	0.00

Querschnittstragfähigkeit nach Abschnitt 6.2 ff - Lfk 1 γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	η_N	η_{Vz}	η_{My}	η_{Vy}	η_{Mz}	η_{MyMz}	η
0.00	1	0.03	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05
0.60	1	0.03	0.00	0.00	0.05	0.45	0.45	0.45
0.60	1	0.03	0.00	0.00	0.15	0.45	0.45	0.45
1.00	1	0.03	0.00	0.00	0.15	0.54	0.54	0.54
1.00	1	0.03	0.00	0.00	0.19	0.54	0.54	0.54
1.17	1	0.03	0.00	0.00	0.19	0.02	0.02	0.19
1.20	1	0.03	0.00	0.00	0.19	0.08	0.08	0.19
1.20	1	0.03	0.00	0.00	0.01	0.08	0.08	0.08
1.80	1	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03
1.80	1	0.03	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03
2.00	1	0.03	0.00	0.00	0.02	0.04	0.04	0.04
2.00	1	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04	0.04	0.04
2.40	1	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03
2.40	1	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03
3.00	1	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
3.70	1	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03

Nachweis für maximale Auslastung bei x = 1.00 m

N_{pld}	= 125.7	kN	N_{Rd}	= 125.7	kN
N_{Ed}	= -4.2	kN	η_N	= 0.03	
$M_{y,pld}$	= 1.88	kNm	$M_{y,Rd}$	= 1.88	kNm
$M_{y,Ed}$	= 0.00	kNm	η_{My}	= 0.00	
$V_{z,pld}$	= 42.7	kN	$V_{z,Rd}$	= 42.7	kN
$V_{z,Ed}$	= 0.0	kN	η_{Vz}	= 0.00	
$M_{z,pld}$	= 1.30	kNm	$M_{z,Rd}$	= 1.30	kNm
$M_{z,Ed}$	= 0.70	kNm	η_{Mz}	= 0.54	
$V_{y,pld}$	= 21.5	kN	$V_{y,Rd}$	= 21.5	kN
$V_{y,Ed}$	= -3.2	kN	η_{Vy}	= 0.15	
			η	**= 0.54**	

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
1.00	1	4.3	0.00	0.70	6.62	0.64	1

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.61)

$N_{Ed} / (\chi_y * N_{Rd}) + k_{yy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{yz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.39**

N_{Ed}	=	4.3	kN	N_{Rk}	=	125.7	kN
$N_{cr,y}$	=	346.2	kN				
s_{ky}	=	0.96	m				
λ_y	=	0.60					
χ_y	=	0.78					
k_{yy}	=	0.00		k_{yz}	=	0.58	
$M_{y,Ed}$	=	0.00	kNm	$M_{z,Ed}$	=	0.70	kNm
M_{cr}	=	54.96	kNm				
χ_{lt}	=	1.00					
$M_{y,Rk}$	=	1.88	kNm	$M_{z,Rk}$	=	1.30	kNm
γ_{M1}	=	1.10					

Nachweis für Lfk 1 bei x = 1.00 m nach Gl. (6.61) erfüllt.

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.62)

$N_{Ed} / (\chi_z * N_{Rd}) + k_{zy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{zz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.64**

N_{Ed}	=	4.3	kN	N_{Rk}	=	125.7	kN
$N_{cr,z}$	=	151.9	kN				
s_{kz}	=	0.96	m				
λ_z	=	0.91					
χ_z	=	0.59					
k_{zy}	=	0.00		k_{zz}	=	0.97	
$M_{y,Ed}$	=	0.00	kNm	$M_{z,Ed}$	=	0.70	kNm
M_{cr}	=	54.96	kNm				
χ_{lt}	=	1.00					
$M_{y,Rk}$	=	1.88	kNm	$M_{z,Rk}$	=	1.30	kNm
γ_{M1}	=	1.10					

Nachweis für Lfk 1 bei x = 1.00 m nach Gl. (6.62) erfüllt.

Tragfähigkeit außergewöhnlich

Schnittgrößen - Lfk 13

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-3.2	0.0	0.00	1.6	0.00
0.60	-3.1	0.0	0.00	1.6	-0.93
0.60	-3.1	0.0	0.00	-4.1	-0.93
1.00	-3.1	0.0	0.00	-4.1	0.71
1.00	-3.1	0.0	0.00	2.4	0.71
1.20	-3.1	0.0	0.00	2.4	0.23
1.20	-3.1	0.0	0.00	0.4	0.23
2.00	-3.1	0.0	0.00	0.4	-0.09
2.00	-3.1	0.0	0.00	-0.1	-0.09
3.00	-3.0	0.0	0.00	-0.1	0.03
3.00	-3.0	0.0	0.00	0.04	0.03
3.70	-3.0	0.0	0.00	0.04	0.00

Querschnittstragfähigkeit nach Abschnitt 6.2 ff - Lfk 13 γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	η_N	η_{Vz}	η_{My}	η_{Vy}	η_{Mz}	η_{MyMz}	η
0.00	1	0.03	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.07
0.60	1	0.02	0.00	0.00	0.07	0.72	0.72	0.72
0.60	1	0.02	0.00	0.00	0.19	0.72	0.72	0.72
1.00	1	0.02	0.00	0.00	0.19	0.54	0.54	0.54
1.00	1	0.02	0.00	0.00	0.11	0.54	0.54	0.54
1.20	1	0.02	0.00	0.00	0.11	0.18	0.18	0.18
1.20	1	0.02	0.00	0.00	0.02	0.18	0.18	0.18

x [m]	Qkl	η_N	η_{Vz}	η_{My}	η_{Vy}	η_{Mz}	η_{MyMz}	η
2.00	1	0.02	0.00	0.00	0.02	0.07	0.07	0.07
2.00	1	0.02	0.00	0.00	0.01	0.07	0.07	0.07
3.00	1	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02
3.00	1	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
3.70	1	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02

Nachweis für maximale Auslastung bei x = 0.60 m

N_{pld}	= 125.7	kN	N_{Rd}	= 125.7	kN
N_{Ed}	= -3.1	kN	η_N	= 0.02	
$M_{y,pld}$	= 1.88	kNm	$M_{y,Rd}$	= 1.88	kNm
$M_{y,Ed}$	= 0.00	kNm	η_{My}	= 0.00	
$V_{z,pld}$	= 42.7	kN	$V_{z,Rd}$	= 42.7	kN
$V_{z,Ed}$	= 0.0	kN	η_{Vz}	= 0.00	
$M_{z,pld}$	= 1.30	kNm	$M_{z,Rd}$	= 1.30	kNm
$M_{z,Ed}$	= -0.93	kNm	η_{Mz}	= 0.72	
$V_{y,pld}$	= 21.5	kN	$V_{y,Rd}$	= 21.5	kN
$V_{y,Ed}$	= 1.6	kN	η_{Vy}	= 0.07	
			η	**= 0.72**	

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
0.60	1	3.2	0.00	0.93	6.62	0.72	21

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.61)

$N_{Ed} / (\chi_y * N_{Rd}) + k_{yy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{yz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.44**

N_{Ed}	= 3.2	kN	N_{Rk}	= 125.7	kN
$N_{cr,y}$	= 346.2	kN			
s_{ky}	= 0.96	m			
λ_y	= 0.60				
χ_y	= 0.78				
k_{yy}	= 0.00		k_{yz}	= 0.57	
$M_{y,Ed}$	= 0.00	kNm	$M_{z,Ed}$	= 0.93	kNm
M_{cr}	= 52.85	kNm			
χ_{lt}	= 1.00				
$M_{y,Rk}$	= 1.88	kNm	$M_{z,Rk}$	= 1.30	kNm
γ_{M1}	= 1.00				

Nachweis für Lfk 21 bei x = 0.60 m nach Gl. (6.61) erfüllt.

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.62)

$N_{Ed} / (\chi_z * N_{Rd}) + k_{zy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{zz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.72**

N_{Ed}	= 3.2	kN	N_{Rk}	= 125.7	kN
$N_{cr,z}$	= 151.9	kN			
s_{kz}	= 0.96	m			
λ_z	= 0.91				
χ_z	= 0.59				
k_{zy}	= 0.00		k_{zz}	= 0.95	
$M_{y,Ed}$	= 0.00	kNm	$M_{z,Ed}$	= 0.93	kNm
M_{cr}	= 52.85	kNm			
χ_{lt}	= 1.00				
$M_{y,Rk}$	= 1.88	kNm	$M_{z,Rk}$	= 1.30	kNm
γ_{M1}	= 1.00				

Nachweis für Lfk 21 bei x = 0.60 m nach Gl. (6.62) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit

Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 5.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
0.58	0.0	0.2	0.0	0.2	0.03	29

Verformungsnachweis - Relativverformung in y $f_{Cd} = l_{eff}/300$

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{y,Cd}$ [cm]	η	Lfk
0.39	0.78	0.00	0.78	0.1	0.3	0.50	29
0.97	0.39	0.78	1.17	0.04	0.1	0.32	29
1.56	0.69	1.17	1.86	0.01	0.2	0.06	29
2.34	1.02	1.86	2.87	0.01	0.3	0.03	29
3.31	0.83	2.87	3.70	0.0	0.3	0.01	29

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-0.2	-	-	-	-
		Lf 1	99	-3.0	-	-	-	-
		Lf 2	15	-	-	-	1.8	-
		Lf 4	15	-	-	-	1.1	-
		Lf 6	15	-	-	-	-0.2	-
		Lasten mit Zus 2	3	-	-	-	2.1	-
		Lasten mit Zus 1	9	-	-	-	0.0	-
Halterung	1.00	Lf 4	15	-	-	-	3.1	-
		Lf 6	15	-	-	-	3.3	-
		Lasten mit Zus 2	3	-	-	-	4.8	-
		Lasten mit Zus 1	9	-	-	-	0.01	-
Halterung	2.00	Lf 4	15	-	-	-	-0.6	-
		Lf 6	15	-	-	-	0.8	-
		Lasten mit Zus 2	3	-	-	-	0.1	-
		Lasten mit Zus 1	9	-	-	-	0.3	-
Halterung	3.00	Lf 4	15	-	-	-	0.2	-
		Lf 6	15	-	-	-	-0.2	-
		Lasten mit Zus 2	3	-	-	-	-0.03	-
		Lasten mit Zus 1	9	-	-	-	0.3	-
Kopf	3.70	Lf 4	15	-	-	-	-0.04	-
		Lf 6	15	-	-	-	0.1	-
		Lasten mit Zus 2	3	-	-	-	0.01	-
		Lasten mit Zus 1	9	-	-	-	0.1	-

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Lager	x [m]	Lk	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Kopf	3.70	Lfk 2	-	-	-	0.1	-
		Lfk 24	-	-	-	-0.04	-
Halterung	3.00	Lfk 3	-	-	-	0.4	-
		Lfk 15	-	-	-	-0.2	-
Halterung	2.00	Lfk 16	-	-	-	0.9	-
		Lfk 24	-	-	-	-0.6	-
Halterung	1.00	Lfk 1	-	-	-	7.3	-
Fuss	0.00	Lfk 1	-4.3	-	-	3.1	-
		Lfk 11	-3.2	-	-	3.2	-
		Lfk 19	-3.2	-	-	-0.2	-

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Lastfall:Faktor]
1	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1,35 + 1:1,35 + 3:1,50 + 5:1,50 + 7:1,50 + 8:0,90 + 9:0,90 + 10:0,90 + 11:0,90
13	außergewöhnlich	Eigengewicht:1,00 + 1:1,00 + 3:0,70 + 4:1,00 + 5:0,70 + 7:0,70
21	außergewöhnlich	Eigengewicht:1,00 + 1:1,00 + 3:0,70 + 4:1,00 + 5:0,70 + 7:0,70
29	charakteristisch	Eigengewicht:1,00 + 1:1,00 + 3:1,00 + 5:1,00 + 7:1,00
2	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1,35 + 1:1,35 + 3:1,05 + 5:1,05 + 7:1,05 + 8:1,50 + 9:1,50 + 10:1,50 + 11:1,50
24	außergewöhnlich	Eigengewicht:1,00 + 1:1,00 + 4:1,00
3	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1,35 + 1:1,35 + 8:1,50 + 9:1,50

Lfk	Bemessungssituation	[Lastfall:Faktor]
15	außergewöhnlich	+ 10:1,50 + 11:1,50 Eigengewicht:1,00 + 1:1,00 + 3:0,70 + 5:0,70 + 6:1,00 + 7:0,70
16	außergewöhnlich	Eigengewicht:1,00 + 1:1,00 + 3:0,60 + 5:0,60 + 6:1,00 + 7:0,60 + 8:0,20 + 9:0,20 + 10:0,20 + 11:0,20
11	außergewöhnlich	Eigengewicht:1,00 + 1:1,00 + 2:1,00 + 3:0,70 + 5:0,70 + 7:0,70
19	außergewöhnlich	Eigengewicht:1,00 + 1:1,00 + 6:1,00 + 8:0,20 + 9:0,20 + 10:0,20 + 11:0,20

Dübelbemessung

Bemessungsgrundlagen

Anker

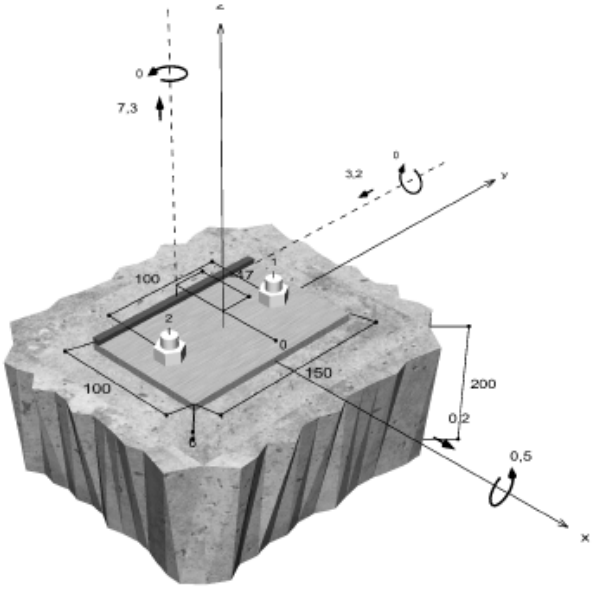
Ankersystem	fischer Bolzenanker FAZ II Plus
Anker	Bolzenanker FAZ II Plus 12/10, galvanisch verzinkter Stahl
Rechnerische Verankerungstiefe	63 mm
Bemessungsdaten	Ankerbemessung in Beton nach Europäischer Technischer Bewertung ETA-19/0520, Option 1, Erteilungsdatum 24.05.2023

Geometrie / Lasten / Maßeinheiten

mm, kN, kNm

Bemessungswert der Einwirkungen

(inkl. Teilsicherheitsbeiwert Last)



Nicht maßstabsgetreu

Eingabedaten

Bemessungsverfahren	EN 1992-4:2018 mechanische Befestigungselemente
Verankerungsgrund	C20/25, EN 206
Betonzustand	Gerissen, Trockenes Bohrloch
Bewehrung	Keine oder normale Bewehrung. Ohne Randbewehrung. Mit Spaltbewehrung
Bohrverfahren	Hammerbohren
Montageart	Durchsteckmontage
Ringspalt	gemäß Benutzereingabe
Belastungsart	Statisch oder quasi-statisch
Ankerplattenposition	Bündig montierte Ankerplatte
Ankerplattenmaße	100 mm x 150 mm x 6 mm
Profiltyp	Benutzerdefiniertes Profil

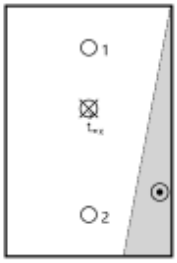
Bemessungslasten *)

#	N_{Ed} kN	$V_{Ed,x}$ kN	$V_{Ed,y}$ kN	$M_{Ed,x}$ kNm	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{T,Ed}$ kNm	Belastungsart
1	7,30	0,20	-3,20	0,50	0,00	0,00	Statisch oder quasi-statisch

*) Incl. Teilsicherheitsbeiwert Last

Resultierende Ankerkräfte

Anker-Nr.	Zugkraft kN	Querkraft kN	Querkraft x kN	Querkraft y kN
1	9,73	2,13	-1,40	-1,60
2	5,60	2,27	1,60	-1,60



Max. Betonstauchung :	0,36 ‰
Max. Betondruckspannung :	10,8 N/mm²
Resultierende Zugkraft :	15,33 kN , X/Y Position (0 / 13)
Resultierende Druckkraft :	8,03 kN , X/Y Position (43 / -37)

Widerstand gegenüber Zugbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_N %
Stahlversagen *	9,73	35,21	27,6
Herausziehen *	9,73	13,33	73,0
Betonausbruch	15,33	15,36	**99,8**

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen

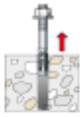
$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$

$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,s}$ %
49,30	1,40	35,21	9,73	27,6

Anker-Nr.	$\beta_{N,s}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	27,6	1	$\beta_{N,s;1}$
2	15,9	2	$\beta_{N,s;2}$

Herausziehen

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$N_{Rk,p}$ kN	Ψ_o	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,p}$ %
20,00	1,000	1,50	13,33	9,73	73,0

Der Psi,c-Faktor wurde eventuell durch Interpolation ermittelt.

Anker-Nr.	$\beta_{N,p}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	73,0	1	$\beta_{N,p;1}$
2	42,0	2	$\beta_{N,p;2}$

Betonausbruch

$$N_{Ed} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N} \qquad \text{Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c} = 17{,}22kN \cdot \frac{54.621mm^2}{35.721mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 0{,}875 \cdot 1{,}000 = 23{,}04kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(63mm\right)^{1,5} = 17{,}22kN \qquad \text{Gl. (7.2)}$$

$$\Psi_{s,N} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{\infty}{95mm}\right) = 1{,}000 \leq 1 \qquad \text{Gl. (7.4)}$$

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000 \qquad \text{Gl. (7.5)}$$

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1+\frac{2e_c}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 0{,}875 = 0{,}875 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 0mm}{189mm}} = 1{,}000 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1+\frac{2 \cdot 13mm}{189mm}} = 0{,}875 \leq 1$$

$$\Psi_{M,N} = 1{,}00 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$N_{Rk,o}$ kN	γ_{Mo}	$N_{Rd,o}$ kN	N_{Ed} kN	$\beta_{N,o}$ %
23,04	1,50	15,36	15,33	99,8

Anker-Nr.	$\beta_{N,o}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1, 2	99,8	1	$\beta_{N,c;1}$

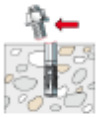
Widerstand gegenüber Querbeanspruchungen

Nachweis	Last kN	Tragfähigkeit kN	Ausnutzung β_V %
Stahlversagen ohne Hebelarm *	2,27	29,60	7,7
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	2,27	27,21	8,3

* Ungünstigster Anker

Stahlversagen ohne Hebelarm

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \qquad (V_{Rd,c})$$



$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V^0_{Rk,s} = 1{,}00 \cdot 37{,}00kN = 37{,}00kN$$ Gl. (7.35)/(7.36)

$V_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ kN	V_{Ed} kN	β_{Vc} %
37,00	1,25	29,60	2,27	7,7

Anker-Nr.	β_{Vc} %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
1	7,2	1	$\beta_{Vs;1}$
2	7,7	2	$\beta_{Vs;2}$

Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} \qquad (V_{Rd,cp})$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 3{,}1 \cdot 13{,}17kN = 40{,}81kN$$ Gl. (7.39a)

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{M,N}$$ Gl. (7.1)

$$N_{Rk,c} = 17{,}22kN \cdot \frac{27.311mm^2}{35.721mm^2} \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 13{,}17kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7{,}7 \cdot \sqrt{20{,}0N/mm^2} \cdot \left(63mm\right)^{1,5} = 17{,}22kN$$ Gl. (7.2)

$$\Psi_{s,N} = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}}\right) = min\left(1;\ 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{\infty}{95mm}\right) = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.4)

$$\Psi_{re,N} = 1{,}000$$ Gl. (7.5)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1{,}000 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 \leq 1$$ Gl. (7.6)

$$\Psi_{M,N} = 1{,}00 \geq 1$$ Gl. (7.7)

$V_{Rk,op}$ kN	γ_{Mo}	$V_{Rd,op}$ kN	V_{Ed} kN	$\beta_{V,op}$ %
40,81	1,50	27,21	2,27	8,3

Anker-Nr.	$\beta_{V,op}$ %	Gruppe Nr.	Maßgebendes Beta
2	8,3	1	$\beta_{V,cp;1}$

Ausnutzung für Zug- und Querlasten

Zuglasten	Ausnutzung βN %
Stahlversagen *	27,6
Herausziehen *	73,0
Betonausbruch	99,8

Querlasten	Ausnutzung βV %
Stahlversagen ohne Hebelarm *	7,7
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	8,3

* Ungünstigster Anker

Ausnutzung für kombinierte Zug- und Querbelastung

Ausnutzung Stahl

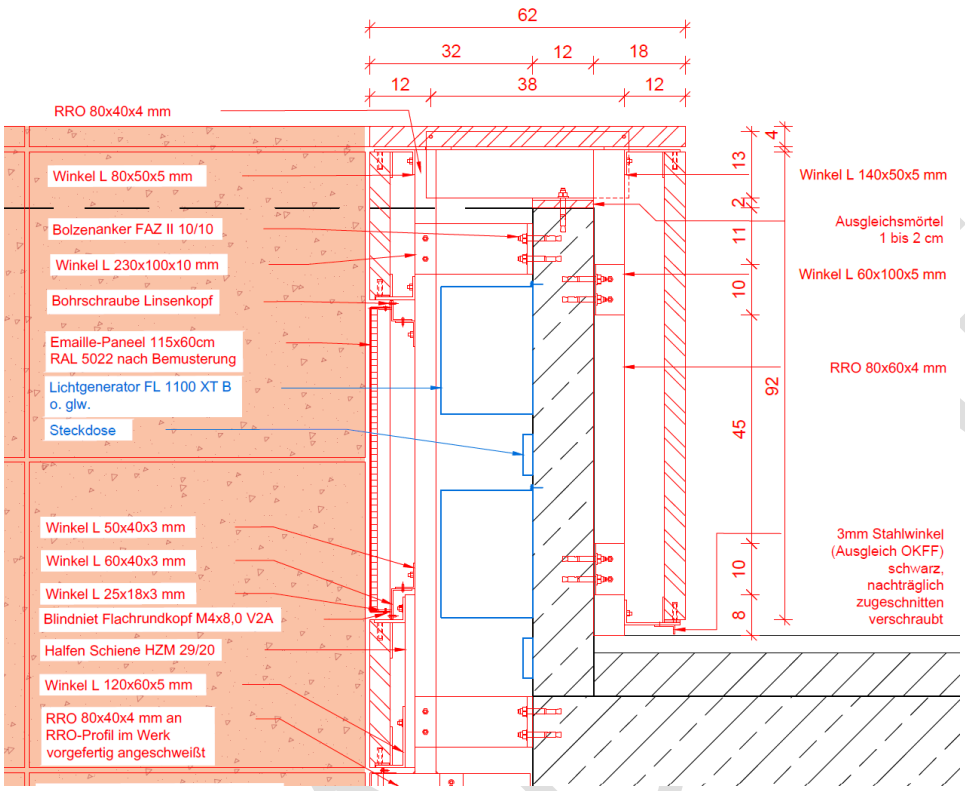
$$\beta_{N,s} = \beta_{N,s;1} = 0{,}28 \leq 1$$
$$\beta_{V,s} = \beta_{Vs;2} = 0{,}08 \leq 1$$
$$\beta_N^2 + \beta_V^2 = \beta_{N,s;1}^2 + \beta_{Vs;1}^2 = 0{,}08 \leq 1$$ Gl. (7.55)

Ausnutzung Beton

$$\beta_{N,c} = \beta_{N,c;1} = 1{,}00 \leq 1$$
$$\beta_{V,cp} = \beta_{V,cp;1} = 0{,}08 \leq 1$$
$$\frac{\beta_N + \beta_V}{1{,}2} = \frac{\beta_{N,c;1} + \beta_{V,cp;1}}{1{,}2} = 0{,}90 \leq 1$$ Gl. (7.57)

Nachweis erfolgreich

1.2.5. Max. Auskragung



Geometrie: max. L500x100x10

Statisches System:

Mit: $F_{Ed} = 3{,}0$ kN (maximale Auflagerkraft)

Momentennachweis im Anschnitt:

$M_{Ed} = F_{Ed} * l = 3{,}0 \text{ kN} * 50{,}0 \text{ cm} = 150 \text{ kNcm}$

$M_{pl,Rd} = W_{pl} * f_y / \gamma_{M0} = (1{,}0 * 10{,}0^2 / 6) * 23{,}5 / 1{,}0 = 16{,}67 * 23{,}5 / 1{,}0 = 391{,}6 \text{ kNcm}$

Nachweis:

150 kNcm < 391,6 kNcm Nachweis erfüllt