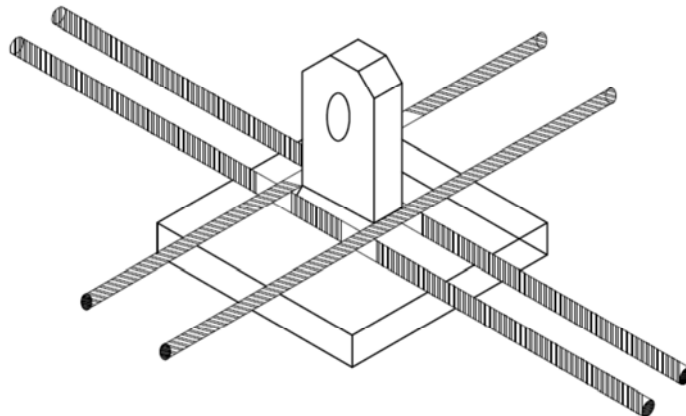


TYPENBERECHNUNG BGW TRANSPORTANKER TEIL 6: PLATTENANKER



Auftraggeber:

BGW-Bohr GmbH
Kastanienstr. 100
97854 Steinfeld



Aufsteller:

Dr.-Ing. N. Kerkeni
Dipl.-Ing. C. Bergholz

Projekt:

TP07-22-6

Datum:

20.03.2014

Diese Typenberechnung umfasst 47 Seiten und 1 Anlage (5 Seiten).

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG	4
2	LITERATUR	5
3	FORMELZEICHEN	6
4	PLATTENANKER	10
4.1	Allgemeines	10
4.2	Ankerbeschreibung	11
4.3	Material	13
4.3.1	Ankerstahl	13
4.3.2	Betonstahl	13
4.3.3	Beton	13
4.4	Konstruktive Anforderungen	14
4.4.1	Allgemeines	14
4.4.2	Betonfestigkeitsklassen	14
4.4.3	Einbaubedingungen	14
4.4.4	Aussparungskörper	15
4.4.5	Hebezeug	15
4.5	Belastungsarten (Lastfälle)	16
4.6	Mindestabmessungen und Mindestabstände	17
4.7	Bewehrung	19
4.7.1	Allgemeines	19
4.7.2	Grundbewehrung	19
4.7.3	Zulagebewehrung	19
4.7.4	Schrägzugbewehrung	20
4.7.5	Zusammenstellung der Bewehrung	20
5	LASTANNAHMEN	21
5.1	Allgemeines	21
5.2	Eigenlasten	21
5.3	Schalungshaftung	21
5.4	Dynamikfaktor	22
6	SICHERHEITSKONZEPT	23
6.1	Grundlage	23
6.2	Einwirkungen	23

6.2.1	Allgemeines	23
6.2.2	Lastfall Abheben mit Schalungshaftung	24
6.2.3	Lastfall Transport	24
6.3	Widerstände	24
6.4	Sicherheitsbeiwerte	25
6.5	Grenzwerte	25
6.6	Nachweise	26
7	BEMESSUNGSKONZEPT	27
7.1	Lastfälle/Kraftgrößen	27
7.2	Kraftgrößen	28
7.3	Tragmodell	29
7.4	Tragelemente	30
8	TRAGFÄHIGKEITEN	32
8.1	Ankerstahl	32
8.1.1	Maßgebende Stahltragfähigkeit	32
8.1.2	Normalkrafttragfähigkeit der Ösenflanken	33
8.1.3	Normalkrafttragfähigkeit des Ösenscheitels	33
8.1.4	Schweißnahttragfähigkeit	35
8.2	Lokale Lasteinleitung	36
8.2.1	Allgemeines	36
8.2.2	Teilflächenpressung der Ankerplatte	36
8.2.3	Biege widerstand der Ankerplatte	37
8.2.4	Teilflächenpressung der Bewehrungsstäbe	37
8.2.5	Zusammenfassung der Tragfähigkeiten	38
8.3	Betonausbruch	40
8.4	Betonpressung	43
8.4.1	Tragfähigkeit LF Zentrischer Zug	43
8.4.2	Tragfähigkeit LF Schrägzug	45
8.5	Schrägzugbewehrung	45
8.5.1	Stahltragfähigkeit	45
8.5.2	Verbundtragfähigkeit	46

ANLAGE A TRAGFÄHIGKEITSTABELLEN

1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG

In der vorliegenden Typenberechnung erfolgt eine Berechnung und Bemessung der BGW-Transportanker vom Typ Plattenanker.

Es werden die Tragfähigkeiten und zulässigen Belastungen auf zentrischen Zug, Schrägzug und Querkzug sowie die erforderlichen Mindestbauteilabmessungen, Ankerabstände und Bewehrungsquerschnitte für die lokale Lasteinleitung berechnet und zusammengestellt.

Die Nachweise der Anschlagmittel, der Ausgleichsgehänge und der Lastweiterleitung sowie die globale Bauteilbemessung sind nicht Gegenstand dieser Typenberechnung.

2 LITERATUR

- [1] DIN EN 1990 inkl. NA: Grundlagen der Tragwerksplanung. Dezember 2010.
- [2] DIN EN 1992-1-1 inkl. NA: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Januar 2011.
- [3] DIN EN 1993-1-1 inkl. NA: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Dezember 2010.
- [4] DIN 15018-1 Krane – Teil 1: Grundsätze für Stahltragwerke, Berechnung. Stand: November 1984
- [5] EOTA: ETAG 001 Metalle Dübel zur Verankerung im Beton – Anhang C: Bemessungsverfahren für Verankerungen. Stand: November 2006
- [6] CEN/TC 229/WG 4 „Precast concrete products“: Design and use of Inserts for Lifting and Handling of Precast Concrete Elements – Technical Report – Draft 9. Stand: Oktober 2006
- [7] DIN SPEC 1021-4-1: Bemessung der Verankerung von Befestigungen im Beton – Teil 4-1: Allgemeines; Deutsche Fassung CEN/TS 1992-4-1: 2009. August 2009.
- [8] DIN SPEC 1021-4-2: Bemessung der Verankerung von Befestigungen im Beton – Teil 4-2: Kopfbolzen; Deutsche Fassung CEN/TS 1992-4-2: 2009. August 2009.
- [9] VDI/BV-BS Richtlinie 6205: Transportanker und Transportankersysteme für Betonfertigteile. April 2012
- [10] H+P Ingenieure GmbH & Co. KG: TP07-22-8 Versuchsbericht zu den Ausziehversuchen an BGW-Transportankern. 18.12.2008
- [11] H+P Ingenieure GmbH & Co. KG: TP07-22-9 Ösenzugversuche an BGW-Transportankern. 18.05.2011
- [12] H+P Ingenieure GmbH & Co. KG: B10-07 Schrägzugversuche mit Dehnungsmessstreifen an BGW-Transportankern. 06.08.2010
- [13] MFPA Leipzig GmbH: Prüfbericht PB 1.2/10-118-2. Prüfung von Transportankern, Typ Spreizanker, Laststufe 22,0 t – blank. 28.02.2011
- [14] TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH: Prüfbericht Nr. -69612614/01-. Zugversuche an BGW-Ringkupplungen und BGW-Transportankern-Zweiloch. 07.10.2009
- [15] Dr.-Ing. Christian Petersen: Stahlbau. 3. Auflage 1993

3 FORMELZEICHEN

Geometrische Größen

a_R	Mindestrandabstand der Anker
a_z	Mindestzwischenabstand der Anker
A_f	haftende Schalfläche
A_p	Pressungsfläche Ringkupplung
A_{PI}	Pressungsfläche Ankerplatte
A_{St}	Pressungsfläche Zulagebewehrungsstäbe
$A_{S,S}$	Querschnitt der Schrägzugbewehrung
b	Ankerbreite
b_A	Breite des Aussparungskörpers
b_{RK}	Breite (Dicke) der Ringkupplung
c	Dicke der Ankerplatte
c_{min}	Mindestbetondeckung
c_{nom}	Nennmaß der Betondeckung
d_A	Dicke des Aussparungskörpers
d_{br}	Biegerollendurchmesser eines Bewehrungsstabs
$d_{br,S}$	Biegerollendurchmesser der Schrägzugbewehrung
d_L	Durchmesser (Breite) des Ösenlochs
d_R	Durchmesser des Ringkupplungsriegels
d_{RK}	Durchmesser der Ringkupplung
$d_{S,S}$	Bewehrungsstabdurchmesser Schrägzugbewehrung
d_S	Bewehrungsstabdurchmesser Zulagebewehrung
e	Breite der Ankerplatte
H_{min}	Mindestbauteildicke
f	Ösenflankenbreite
g	Abstand der Ösenlöcher
h_1	Höhe des oberen Ösenlochs
h_2	Höhe des unteren Ösenlochs
h_A	Höhe des Aussparungskörpers
h_E	effektive Einbindetiefe der Anker
h_{ef}	effektive Verankerungstiefe der Anker im Beton
h_G	Mindesthöhe der Grundbewehrung im Ankerbereich
h_K	Mindestbauteilhöhe, Versuchskörperhöhe
k	Ankerkopfabstand zur Bauteiloberfläche
l	Ankerlänge
L_1, L_2	Grundrisslängen des Betonausbruchkegels (Mehrfachverankerung)
l_b	Verankerungslänge
l_{br}	Stababschnittslänge im gebogenen Bereich

l_d	Bogenlänge einer Bewehrungsschleufe
l_H	Länge der geraden Schenkel der Schrägzugbewehrung
$l_{s,s}$	Länge der Zulagebewehrung
$l_{s,s}$	Gesamtlänge der Schrägzugbewehrung
n	Anzahl der Bewehrungspositionen
s	Ösenscheitelhöhe
s_h	horizontale Bogenlänge der gekrümmten Pressungsfläche
s_v	vertikale Bogenlänge der gekrümmten Pressungsfläche
t	Ankerstahlblechdicke (Schaftdicke)
V	Volumen der Betonschalen
z	Schrägzugfaktor
β	Neigungswinkel der Lastrichtung zur Ankerachse bei Schrägzug
δ	Spreizwinkel zwischen den Gehängesträngen
δ	Neigungswinkel der Betonpressungskraft zur Horizontalen
$\Delta\delta$	Winkelsektor der Betonpressungen

Baustoffkenngrößen

f_{15}	Reduktionsfaktor für Verankerungslängen, bezogen auf Beton C12/15
f_b	Verbundfestigkeit des Betons (abgeleiteter Messwert)
f_{bk}	charakteristischer Wert der Verbundspannung
$f_{bk,15}$	charakteristischer Wert der Verbundspannung von Beton C12/15
$f_{ck}, f_{ck,cyl}$	charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons
$f_{ck,15}$	charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit von Beton C12/15
$f_{cc,cube}$	Messwert der Betonwürfeldruckfestigkeit (Würfel 150 mm)
$f_{ck,cube}$	charakteristischer Wert der Betonwürfeldruckfestigkeit
$f_{cc,cube,equ}$	äquivalente Würfeldruckfestigkeit des Betons (abgeleitet aus den Messwerten der Spaltzugfestigkeit)
$f_{cc,cyl}$	Zylinderdruckfestigkeit des Betons (abgeleiteter Messwert)
$f_{cc,cyl,equ}$	äquivalente Zylinderdruckfestigkeit des Betons (abgeleitet aus den Messwerten der Spaltzugfestigkeit)
f_{cpk}	Betonteilflächenpressungsfestigkeit
$f_{ctk;0,05}$	charakteristischer Wert des 5%-Quantils der Betonzugfestigkeit
$f_{ctk;0,05,15}$	charakt. Wert des 5%-Quantils der Zugfestigkeit von Beton C12/15
f_{ctm}	Mittelwert der Betonzugfestigkeit
$f_{oct,sp}$	Betonspaltzugfestigkeit (Messwert)
$f_{oct,z}$	zentrische Betonzugfestigkeit (abgeleiteter Messwert)
f_{sk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls
f_{uk}	charakteristischer Wert / Mindestwert der Zugfestigkeit des Ankerstahls
f_{yk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze des Ankerstahls
F_{Rk}	rechnerische Ankertraglast im Versuch

H_{Rk}	charakteristische Ankerhorizontaltraglast
$H_{Rk,S,b}$	Ankerhorizontaltraglast inf. Verbundtragfähigkeit der Schrägzugbewehrung (LF Schrägzug)
$H_{Rk,S,s}$	Ankerhorizontaltraglast inf. Stahltragfähigkeit der Schrägzugbewehrung (LF Schrägzug)
N_{Rk}	charakteristische Ankernormaltraglast
$N_{Rk,A,F}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit der Ösenflanken
$N_{Rk,A,S}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit des Ösenskeitels
$N_{Rk,A,W}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit der Schweißnaht zwischen Ankerplatte und Ankerschaft
$N_{Rk,C}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit auf Betonausbruch
$N_{Rk,L}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit der lokalen Lasteinleitung
$N_{Rk,L,B}$	Ankernormaltraglast inf. Ankerplattenbiegetragfähigkeit
$N_{Rk,L,Pl}$	Ankernormaltraglast inf. Pressungstragfähigkeit der Ankerplatte
$N_{Rk,L,St}$	Ankernormaltraglast inf. Pressungstragfähigkeit der Zulagebewehrungsstäbe
P_{Rk}	Teilflächenpressungstragfähigkeit
R_k	allgemeiner Bauteilwiderstand
$Z_{Rk,P}$	Ankernormaltraglast ($\beta=30^\circ$) infolge Grenzbetonteilflächenpressung
γ_{Beton}	Wichte von Stahlbeton
η	Verhältnis zwischen rechnerisch zulässiger Last und Nennlast
η_U	Bruchsicherheitsverhältnis zwischen Bruchlast u. maßg. rechn. Traglast

Kraftgrößen

F	Versuchslast
F_{adh}	Schalungshaftkraft
F_u	Maximale Versuchslast / Bruchlast
F_{zul}	zulässige Ankerlast (allgemein)
F_G	Eigengewichtskraft eines Betonelements
F_Q	Ankerlast
H	horizontale Ankerlast ($\beta=90^\circ$) / Horizontalkraftkomponente
N	vertikale Ankerlast ($\beta=0^\circ$) / Vertikalkraftkomponente
$80\% N_N$	auf $80\% N_N$ reduzierte Schrägzugenntraglast der Anker ($=S_N$)
N_N	Nenntraglast der Anker auf zentrische Zuglasten ($\beta \leq 30^\circ$)
N_{zul}	zulässige, charakteristische, zentrische Ankerzuglast ($\beta \leq 30^\circ$)
p	Teilflächenpressung, Druckspannung
P	Pressungskraft
q_{adh}	Flächenwert der Schalungshaftung
S	Ankerlast im LF Schrägzug ($\beta > 30^\circ$)
S_N	Nenntraglast der Anker auf Schrägzuglasten ($\beta > 30^\circ$)

S_{zul}	zulässige Anker-Schrägzuglast ($\beta > 30^\circ$)
Z	Ankerlast im LF Zentrischer Zug ($\beta \leq 30^\circ$)
Z_{zul}	zulässige Ankerlast (LF Zentrischer Zug ($\beta \leq 30^\circ$))
σ	Normalspannung
Ψ_{dyn}	Dynamikfaktor

Sonstige Größen

γ	Globalsicherheitsbeiwert
γ_A	Globalsicherheitsbeiwert Ankerstahl (Stahlbruch)
γ_C	Globalsicherheitsbeiwert Betonausbruch/Verbundversagen
γ_D	Globalsicherheitsbeiwert Gebrauchstauglichkeit
γ_S	Globalsicherheitsbeiwert Betonstahlversagen (Fließen)

Indizes

15	Betonfestigkeitsklasse C12/15
A	Ankerstahl
b	Verbund Betonstahl-Beton
B	Biegung
C	Beton / Betonausbruch
F	Ösenflanke
G	Grundbewehrung (Bewehrungsmatte)
GB	Grund- und Steckbügelbewehrung
H	Schrägzugbewehrung (Horizontalschlaufe)
k	Charakteristischer Wert
L	Lokale Lasteinleitung
max	Maximum
min	Minimum
mind	Mindestwert
P	Pressung
Pl	Ankerplatte
Rk	charakteristischer Widerstand
S	Betonstahl
S	Ösenscheitel
St	Bewehrungsstab
W	Schweißnaht
Z	Zugbewehrung
zul	zulässiger Wert

4 PLATTENANKER

4.1 ALLGEMEINES

Die Plattenanker gehören zur Gruppe der Transportanker. Transportanker sind zum Zweck des Transports temporär genutzte Einbauteile in Betonfertigteilen. Die Transportanker werden bei der Herstellung der Fertigteile mit in den Beton eingegossen. Die Plattenanker erfordern eine zusätzliche lokale und globale Bewehrung, die zusammen mit dem Bewehrungskorb infolge Bauteilbemessung vor der Betonage in der Fertigteil-schalung einzubauen ist.

Transportanker dienen nach dem Erhärten des Betons sowohl zum Aufrichten als auch zum Heben und Transportieren von Fertigteilelementen. Das Anheben der Elemente erfolgt mittels Einzelseilen, eines schrägen Seilgehänges oder eines Traversengehänges. Die Seile werden über spezielle Anschlagmittel in den freiliegenden Teil der Transportanker eingehängt. Nach der Montage der Fertigteile kann der freistehende Ankerteil mit Ortbeton vergossen werden. Dabei verbleiben die Transportanker in den Fertigteilelementen. Transportanker sind keine Dauerbefestigungselemente.

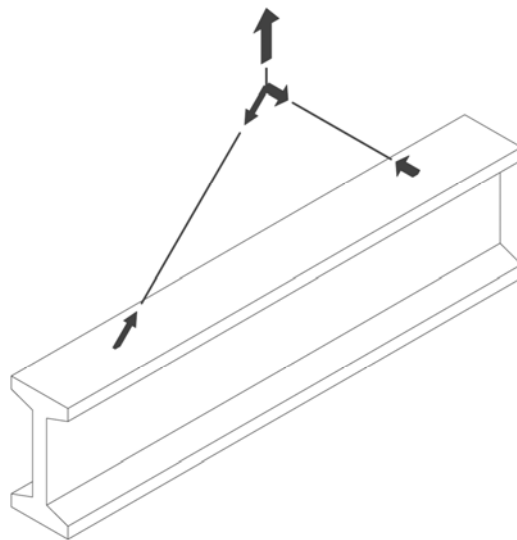


Bild 1: Fertigteilelement mit eingebauten Transportankern und schrägem Seilgehänge

4.2 ANKERBESCHREIBUNG

Die in der vorliegenden Typenberechnung behandelten Plattenanker sind in vier verschiedenen Größen verfügbar. Jede Ankergröße entspricht einer Laststufe in Tonnen [t], aus der die Ankernennlast in [kN] zu ermitteln ist. Die Laststufen sind hier in drei Lastgruppen gebündelt. Die Nennlast entspricht der zulässigen Ankerstahltraglast bei zentrischer Zuglast. In Tabelle 1 sind die Laststufen, Lastgruppen und die Nenntraglasten in Abhängigkeit von den Ankergrößen dargestellt.

Tabelle 1: Ankerübersicht

Anker	Laststufe	Lastgruppe	Nennlast N_N
TPA-P-1,4-5	1,4 t	2,5 t	14 kN
TPA-P-2,5-8	2,5 t		25 kN
TPA-P-5,0-12	5,0 t	5,0 t	50 kN
TPA-P-10,0-16	10,0 t	10,0 t	100 kN

Die maßgebenden Abmessungen sind in Bild 2 bezeichnet sowie in Tabelle 2 und

Tabelle 3 aufgeführt.

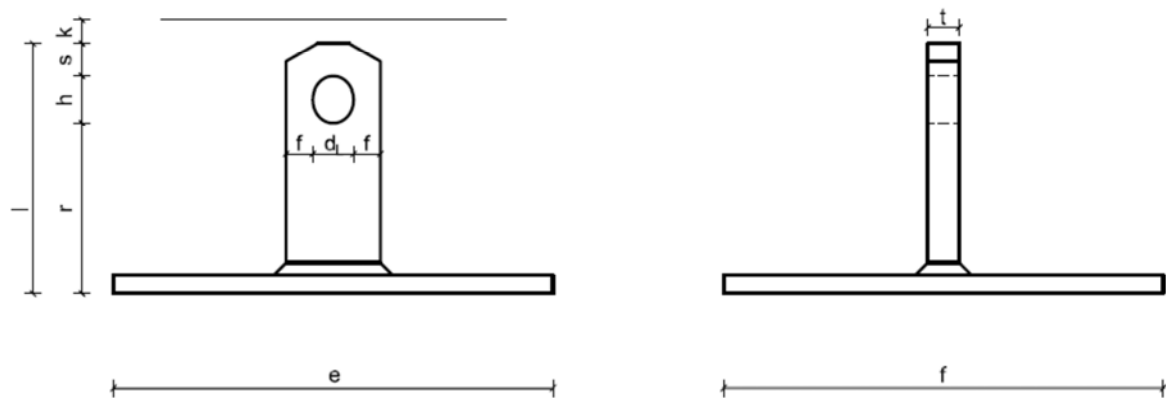


Bild 2: Bezeichnung der Ankerabmessungen

Tabelle 2: Äußere Ankerabmessungen [mm]

Anker	Laststufe	Lastgruppe	Länge	Breite	Ankerdicke	Platte	Anker-Bauteilok.
			l	b	t	e x f x c	k
TPA-P-1,4-5	1,4 t	2,5 t	50 mm	30 mm	6 mm	80x80x8 mm	10 mm
TPA-P-2,5-8	2,5 t		80 mm	30 mm	10 mm	100x100x8 mm	
TPA-P-5,0-12	5,0 t	5,0 t	120 mm	40 mm	15 mm	100x100x10 mm	10 mm
TPA-P-10,0-16	10,0 t	10,0 t	160 mm	60 mm	20 mm	100x100x12 mm	15 mm

Tabelle 3: Innere Ankerabmessungen [mm]

Anker	Lochbreite	Breite Ösenflanke	Höhe Ösenskeitel	Höhe Loch oben	Riegel-Ø
	d _L	f	s	h	d _R
TPA-P-1,4-5	14 mm	8 mm	9 mm	20 mm	13,0 mm
TPA-P-2,5-8	14 mm	8 mm	9 mm	20 mm	13,0 mm
TPA-P-5,0-12	18 mm	11 mm	14 mm	22 mm	16,5 mm
TPA-P-10,0-16	26 mm	17 mm	21 mm	30 mm	23,5 mm

4.3 MATERIAL

4.3.1 Ankerstahl

Die Plattenanker werden aus Baustahl S355 J2 hergestellt.

Die Streckgrenze f_{yk} des Ankerstahls wird gemäß DIN EN 1993-1-1 [3] für die Tragsicherheitsnachweise wie folgt angesetzt:

$$f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

Der Ankerstahl muss über DIN 18800 hinaus folgende erhöhte Mindestzugfestigkeit f_{uk} aufweisen:

$$f_{uk} = 510 \text{ N/mm}^2$$

Bei der Ankerherstellung ist zwingend darauf zu achten, dass der verwendete Baustahl zusätzlich zu den Anforderungen für S355 J2 die Mindestzugfestigkeit $R_m \geq f_{uk}$ einhält.

4.3.2 Betonstahl

Die Verankerungs- und die Zulagebewehrung der Plattenanker besteht aus Betonstahl BSt 500 S/M (A) oder (B).

Die Streckgrenze des Betonstahls f_{sk} wird gemäß DIN EN 1992-1-1 [2] für die Tragsicherheitsnachweise wie folgt angesetzt:

$$f_{sk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

4.3.3 Beton

Die Materialkennwerte von Beton werden für die Tragsicherheitsnachweise gemäß DIN EN 1992-1-1 [2] gewählt. Es werden die folgenden charakteristischen Kennwerte der Mindestbetonfestigkeitsklasse C12/15 angesetzt:

$$f_{ck,15} = 12 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Druckfestigkeit})$$

$$f_{ctk,0,05,15} = 1,1 \text{ N/mm}^2 \quad (5\text{-Quantilwert der Zugfestigkeit})$$

$$f_{bk,15} = 2,52 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Verbundfestigkeit})$$

4.4 KONSTRUKTIVE ANFORDERUNGEN

4.4.1 Allgemeines

Die Verwendung der Plattenanker unter Ausnutzung der in dieser Typenberechnung angegebenen Tragfähigkeiten unterliegt den folgenden konstruktiven Mindestanforderungen.

4.4.2 Betonfestigkeitsklassen

Die Mindestfestigkeitsklasse des Betons zum Zeitpunkt des Transports ist C12/15. In der Typenberechnung werden die Betontragfähigkeiten für drei verschiedene Erhärtungsfestigkeitsklassen angegeben, die den Festigkeitsklassen C12/15, C20/25 und C30/37 bzw. $f_{cc,cube} = 15, 25$ oder 35 N/mm^2 entsprechen. Der verwendete Beton muss zum Zeitpunkt des Anhebens oder Transports mindestens die charakteristischen Druck- und Zugfestigkeiten der jeweiligen Festigkeitsklasse nach DIN EN 1992-1-1 [2], Tab. 3.1 aufweisen (vgl. 4.3.3):

$$f_{cc,cube} \geq f_{ck,cube} \quad \text{Würfeldruckfestigkeit}$$

$$f_{ctt} \geq f_{ctk,0.05} \quad \text{Zugfestigkeit (5%-Quantilwert)}$$

4.4.3 Einbaubedingungen

Die Verwendung von Plattenankern ist für Platten vorgesehen. Die Plattenanker sind dabei stets mit dem Ankerschaft orthogonal und bündig zur Bauteiloberfläche einzubauen.

Beim Einbau sind die Mindestrand- und Mindestachsabstände der Anker einzuhalten (vgl. Abs. 4.6). Die Anordnung der Anker muss gewährleisten, dass das Betonelement im Schwerpunkt gehoben werden kann. Es dürfen keine Ankerpaare pro Hebepunkt eingesetzt werden.

Bei Anordnung von mehr als zwei Plattenankern in der Ebene, bzw. mehr als drei Plattenankern in der Fläche, ist ein Traversensystem oder ein Ausgleichsgehänge erforderlich, um eine eindeutige Verteilung der Lasten zu gewährleisten (Erzielung statisch bestimmter Systeme).

Das Betonelement ist im Einbinde- und Verankerungsbereich des Ankers mit einer Grundbewehrung und mit Zulagebewehrung zu bewehren, die abhängig von der Laststufe und der geplanten Beanspruchung zu wählen sind.

4.4.4 Aussparungskörper

Jeder Lastgruppe ist ein Ankeraussparungskörper zugeordnet, der zusammen mit dem Anker bündig zur Bauteiloberseite einbetoniert wird. Der Aussparungskörper hinterlässt im Bauteil am Ankerkopf eine Greifmulde für den Lastabheber.

Tabelle 4: Abmessungen der Aussparungskörper

Anker	Lastgruppe	Aussparungskörper		
		Höhe h_A	Breite b_A	Dicke d_A
TPA-P-1,4-5	2,5 t	50 mm	105 mm	45 mm
TPA-P-2,5-8				
TPA-P-5,0-12	5,0 t	60 mm	130 mm	50 mm
TPA-P-10,0-16	10,0 t	100 mm	200 mm	70 mm

4.4.5 Hebezeug

Die Plattenanker dürfen nur mit speziellen Lastaufnahmemitteln, den BGW-Ringkupplungen, unmittelbar angehoben und belastet werden. Die Verwendung anderer Hebezeuge wie Haken, Seile oder Ketten zum direkten Anschlag an den Anker ist nicht zulässig. Das Ankuppeln an die Ringkupplung ist mit diesem Hebezeug zulässig.

Die BGW-Ringkupplungen sind in vier Größen für jede Ankerlastgruppe (2,5 t, 5 t, 10 t, 26 t) verfügbar. Die Lastgruppen umfassen die Laststufen der Anker bis einschließlich der angegebenen Nennlast.

Tabelle 5: Abmessungen der Ringkupplung

Anker	Lastgruppe	Ringkupplung		
		Durchmesser d_{RK}	Breite b_{RK}	Durchmesser Riegel d_R
TPA-P-1,4-5	2,5 t	79 mm	27 mm	13,0 mm
TPA-P-2,5-8				
TPA-P-5,0-12	5,0 t	98 mm	36 mm	16,5 mm
TPA-P-10,0-16	10,0 t	137 mm	50 mm	23,5 mm

4.5 BELASTUNGSARTEN (LASTFÄLLE)

Die Plattenanker können mit zentrischen Zuglasten Z und mit Schrägzuglasten S (Lastneigung quer und senkrecht zur Ankerachse) beansprucht werden (Bild 3, Bild 4).

Beim Schrägzugbeanspruchung ist der Neigungswinkel der Last zur Ankerachse (Vertikale) auf $\beta=30^\circ$ begrenzt, wenn keine Schrägzugbewehrung angeordnet wird. Bei Bauteilen mit Schrägzugbewehrung ist kein größerer Schrägzugneigungswinkel als $\beta=60^\circ$ zulässig, wenn ein Schrägseilgehänge verwendet wird. Schrägzugwinkel $60^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ sind nur bei Hebevorgängen möglich, bei denen jeder Anker einzeln beansprucht wird (keine Gehänge, je Anker ein Seil / eine Kette erforderlich).

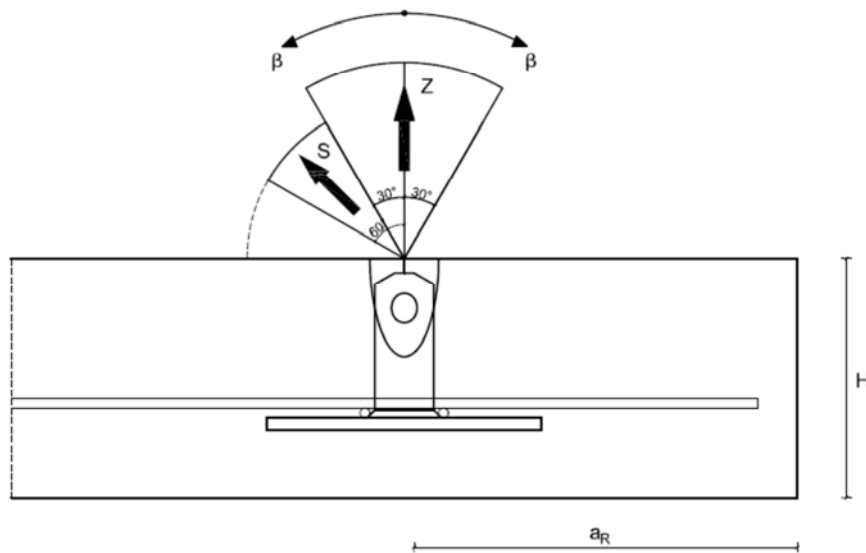


Bild 3: Zulässige Ankerbelastungsrichtungen (Zug und Schrägzug) parallel zur Ankerachse

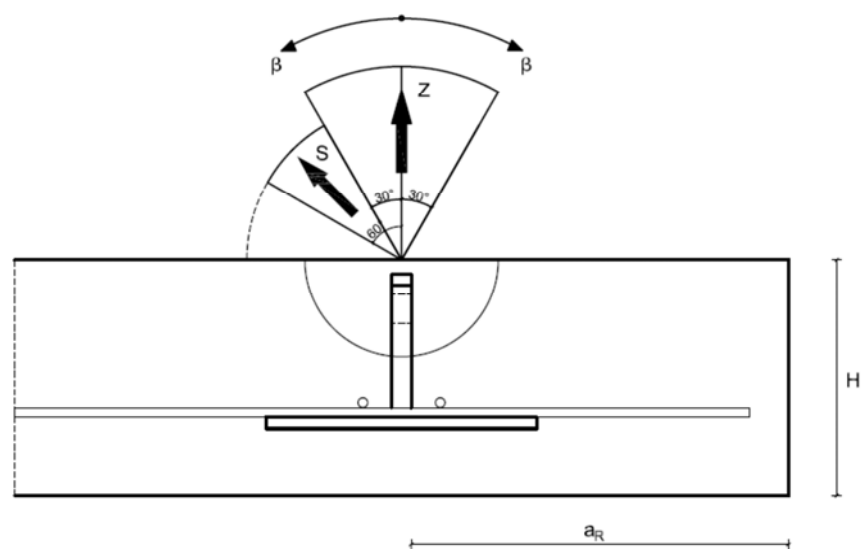


Bild 4: Zulässige Ankerbelastungsrichtungen (Zug und Schrägzug) orthogonal zur Ankerachse

4.6 MINDESTABMESSUNGEN UND MINDESTABSTÄNDE

Beim Einbau der Plattenanker in Betonfertigteilen sind die Mindestbauteildicken sowie die Mindestabstände zu den Bauteilrändern und zu anderen Ankern einzuhalten.

Für die Bestimmung der Mindestabstände wird die Größe der effektiven Einbindetiefe h_E definiert. Die effektive Einbindetiefe h_E bestimmt das Maß bis zur Unterkante des Ankerfußes im Einbauzustand aus der Ankerlänge l und dem Spaltmaß k zur Bauteiloberkante:

$$h_E = l + k \quad (1)$$

Der Mindestzwischenabstand a_z und die Mindestrandabstände a_R sind unter Berücksichtigung der effektiven Einbindetiefe h_E wie folgt festgelegt:

$$a_z = \begin{cases} 4 h_E - 30 \text{ mm} & \text{für Anker } \leq 5,0 \text{ t} \\ 4 h_E - 40 \text{ mm} & \text{für den 10,0 t Anker} \end{cases} \quad (2)$$

$$a_R = a_z / 2 \quad (3)$$

Die Mindestrandabstände a_R sind dabei für beide Richtungen zur Ankerebene einzuhalten.

Die Mindestdicke H_{\min} für Platten ergibt sich aus dem Wert der effektiven Einbindetiefe h_E sowie einem Betrag $c_{\text{nom}} = 20 \text{ mm}$ für die untere Betondeckung:

$$H_{\min} = h_E + 20 \text{ mm} \quad (4)$$

Die Mindestabstände und Mindestbauteildicken sind für alle Plattenankergrößen in Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6: Mindestabstände und Mindestbauteildicken

Anker	Achsabstand	Randabstand	Mindestbauteildicke
	a_z	a_R	H_{min}
TPA-P-1,4-5	230 mm	115 mm	85 mm
TPA-P-2,5-8	330 mm	165 mm	110 mm
TPA-P-5,0-12	480 mm	240 mm	150 mm
TPA-P-10,0-16	660 mm	330 mm	195 mm

4.7 BEWEHRUNG

4.7.1 Allgemeines

In den folgenden Abschnitten wird die für die lokale Lasteinleitung in das Bauteil erforderliche Zulagebewehrung der Plattenanker dargestellt.

Die für die Lastweiterleitung im Bauteil erforderliche lokale Bewehrung und die globale Bewehrung, die sich aus der Bemessung des im Transportfall vorliegenden statischen Systems ergibt, wird im Rahmen dieser Typenberechnung nicht bemessen. Die Bewehrung beider genannter Fälle ist durch den Anwender zu bemessen und in das Bauteil einzulegen.

4.7.2 Grundbewehrung

Die Betonplattenelemente, in denen Plattenanker verwendet werden sollen, sind mit einer Oberflächenbewehrung in Form einer kreuzweisen Grundbewehrung von mindestens $a_s = 1,88 \text{ cm}^2/\text{m}$ zu bewehren.

4.7.3 Zulagebewehrung

Die Plattenanker sind beim Einbau in den Betonplattenelementen mit einer sich kreuzenden Zulagebewehrung zu bewehren. Dabei wird das erste Bewehrungsstabpaar eng am Anker anliegend über die Fußplatte des Ankers geführt und das zweite Paar rechtwinklig darüber angeordnet (Bild 5). Die Bewehrungsstäbe sind mit dem Anker und untereinander zu verrödeln.

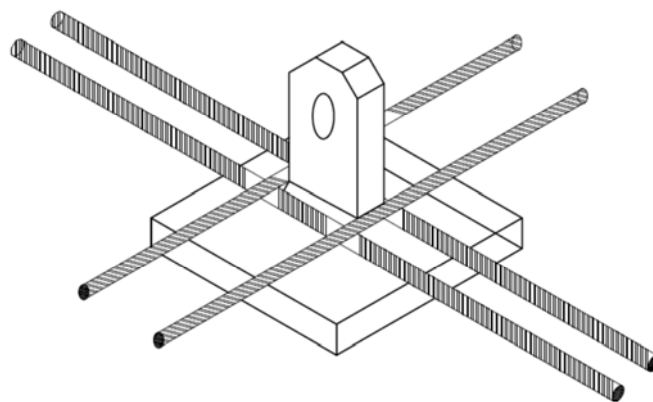


Bild 5: Zulagebewehrung

4.7.4 Schrägzugbewehrung

Für Schrägzugbeanspruchung zur Bauteilmitte mit einer Neigung von $30^\circ < \beta \leq 90^\circ$ und Schrägzugbeanspruchung zum Bauteilrand mit einer Neigung von $0^\circ < \beta \leq 90^\circ$ ist eine Schrägzugbewehrungsschleife vorzusehen, die stets in entgegengesetzter Krafrichtung anzuordnen ist.

4.7.5 Zusammenstellung der Bewehrung

Im Folgenden sind die erforderlichen Durchmesser und Stablängen der Zulage- und Schrägzugbewehrung in Abhängigkeit von der Ankergröße dargestellt.

Tabelle 7: Zulage- und Schrägzugbewehrung

Anker	Zulagebewehrung BSt 500 S		Schrägzugbewehrung BSt 500 S	
	d_s	l_s	$d_{s,s}$	$l_{s,s}$
TPA-P-1,4-5	8 mm	200 mm	6 mm	450 mm
TPA-P-2,5-8	8 mm	250 mm	6 mm	900 mm
TPA-P-5,0-12	8 mm	300 mm	8 mm	950 mm
TPA-P-10,0-16	8 mm	300 mm	8 mm	1200 mm

5 LASTANNAHMEN

5.1 ALLGEMEINES

Plattenanker sind als Transportanker gemäß VDI/BV-BS 6205 [9] auf Beanspruchungen aus Eigengewicht und Schalungshaftkräften zu bemessen. Bei den Einwirkungen sind die Dynamikfaktoren ψ_{dyn} zu berücksichtigen.

5.2 EIGENLASTEN

Die Eigengewichtskraft F_G ist mit der Wichte für Stahlbeton γ_{Beton} und dem Volumen V der Fertigteilelemente wie folgt zu ermitteln:

$$F_G = V \cdot \gamma_{\text{Beton}} \quad \gamma_{\text{Beton}} = 25 \text{ kN/m}^3 \quad (5)$$

5.3 SCHALUNGSHAFTUNG

Die Haftungskräfte von Schalungen sind abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit und von der geometrischen Struktur der Schalung. Bei überwiegend ebenen Schalflächen sind die Haftungskräfte wie folgt zu ermitteln:

$$F_{\text{adh}} = q_{\text{adh}} \cdot A_f \quad \text{mit } A_f \text{ Kontaktfläche Schalung/Beton (6)}$$

und q_{adh} Grundwerte Schalungshaftung

Tabelle 8: Richtwerte für Schalungshaftung

Schalungsart	Schalungshaftung q_{adh}
geölte Stahlschalung	1,0 kN/m ²
glatte Holzschalung	2,0 kN/m ²
raue Holzschalung	3,0 kN/m ²

Bei stark strukturierten Betonkörpern (π -Platten, Kassettendecken) können die Schalungskräfte ein Mehrfaches der üblichen Werte betragen. In Tabelle 9 sind einige Haftungskräfte als Vielfaches des Betonkörpereigengewichts G angegeben.

Tabelle 9: Schalungshaftung in Abhängigkeit des Betonkörpertyps

Betonkörpertyp	Schalungshaftung F_{adh}
π -Platten	2 G
Rippendecken	3 G
Kassettendecken	4 G

5.4 DYNAMIKFAKTOR

Während des Transports der Fertigteilelemente treten infolge ruckartiger Bewegungen dynamische Lasten auf. Die dynamischen Lasten werden über den Dynamikfaktor ψ_{dyn} erfasst. Der Dynamikfaktor ist abhängig vom verwendeten Hebezeug, von der Hubgeschwindigkeit und von den Beschleunigungen beim Anheben, Fahren, Schwenken und Absetzen des Fertigteilelements infolge der Geländebeschaffenheit.

In Tabelle 8 sind die Dynamikfaktoren ψ_{dyn} gemäß VDI/BV-BS 6205 [9] zusammengestellt. Alternativ können die Dynamikfaktoren auch in Anlehnung an DIN 15018-1 [4] bestimmt werden.

Tabelle 8: Dynamikfaktoren gemäß [9]

Randbedingung	Dynamikfaktor ψ_{dyn}
Turmdrehkran, Portalkran, Mobilkran	1,3
Heben und Transportieren auf ebenem Gelände	2,5
Heben und Transportieren auf unebenem Gelände	$\geq 4,0$

6 SICHERHEITSKONZEPT

6.1 GRUNDLAGE

Die Bemessung der Plattenanker als Transportanker wird gemäß der Transportanker-richtlinie VDI/BV-BS 6205 [9] auf Basis des Globalsicherheitskonzepts durchgeführt.

6.2 EINWIRKUNGEN

6.2.1 Allgemeines

Die Einwirkungen bestehen aus der Eigengewichtskraft F_G der Betonfertigteile und den Haftungskräften F_{adh} (s. Abs. 5). Die Einwirkenden sind je Anker als charakteristische Werte (Gebrauchslasten) zu kombinieren und mit dem Dynamikfaktor ψ_{dyn} gemäß [9] oder DIN 15018-1 [4] zu erhöhen. Die Einwirkung F_Q je Transportanker ist im Allgemeinen gemäß [9] wie folgt zu ermitteln:

$$F_Q = (\psi_{dyn} \cdot F_G + F_{adh}) \cdot z / n \quad (7)$$

Dabei ist n die Anzahl der tragenden Transportanker und z der Schrägzugfaktor mit:

$$z = 1 / \cos \beta \quad \beta - \text{Lastneigung zur Senkrechten} \quad (8)$$

In der Regel treten die Kräfte aus dynamischer Beanspruchung und infolge Schalunghaftung nicht gleichzeitig auf.

Die für die Plattenanker maßgebenden Lastfälle sind in den folgenden Abschnitten zusammengestellt.

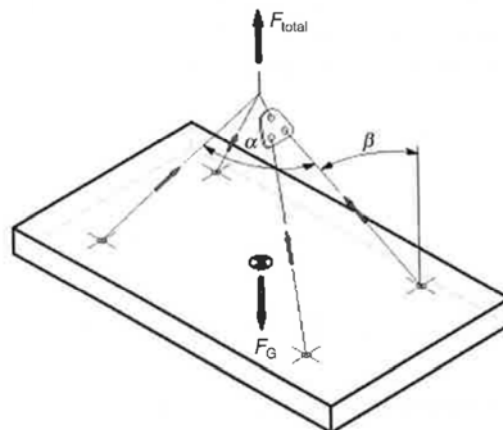


Bild 6: Plattenbauteil mit Schrägseilgehänge

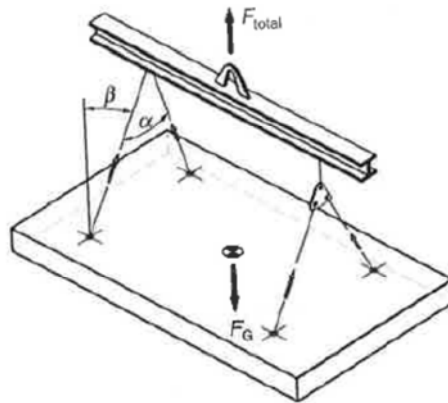


Bild 7: Plattenbauteil mit Lasttraverse

6.2.2 Lastfall Abheben mit Schalungshaftung

Im Lastfall Abheben mit Schalungshaftung beträgt die Einwirkung F_Q je Transportanker bei Verwendung gemäß Bild 6 oder Bild 7:

$$F_Q = (F_G + F_{adh}) \cdot z / n \quad n = \begin{cases} 2 & \text{ohne Ausgleichsgehänge} \\ 4 & \text{mit Ausgleichsgehänge} \end{cases} \quad (9)$$

6.2.3 Lastfall Transport

Im Lastfall Transport beträgt die Einwirkung F_Q je Transportanker bei Verwendung gemäß Bild 6 oder Bild 7:

$$F_Q = \psi_{dyn} \cdot F_G \cdot z / n \quad n = \begin{cases} 2 & \text{ohne Ausgleichsgehänge} \\ 4 & \text{mit Ausgleichsgehänge} \end{cases} \quad (10)$$

6.3 WIDERSTÄNDE

Die zulässigen Tragfähigkeiten der Belastung R_{zul} sind nach VDI/BV-BS 6205 [9] aus dem Quotienten des charakteristischen Widerstands R_k und dem globalen Sicherheitsfaktor γ zu berechnen:

$$R_{zul} = R_k / \gamma \quad (11)$$

Für die Tragfähigkeitswerte R_k werden die charakteristischen Werte der Widerstände gemäß DIN EN 1992-1-1 [1] und DIN EN 1993-1-1 [3] verwendet. Für die einzelnen Versagensarten der Baustoffe sind dies die folgenden Kenngrößen:

Ankerstahl	f_{yk}	Streckgrenze
	f_{uk}	Zugfestigkeit
Betonstahl	f_{sk}	Streckgrenze
Beton (Druck)	f_{ck}	charakt. Betonzylinderdruckfestigkeit
	$f_{ck,cube}$	charakt. Betonwürfeldruckfestigkeit
Beton (Zug)	$f_{ctk,0.05}$	5%-Quantilwert der Betonzugfestigkeit
Beton (Verbund)	f_{bk}	charakt. Wert der Verbundtragspannung

6.4 SICHERHEITSBEIWERTE

Für die Ermittlung der zulässigen Lastwerte sind die Globalsicherheitsbeiwerte γ gemäß VDI/BV-BS 6205 [9] zu verwenden. Für die Ankertragfähigkeiten infolge Zug- und Schrägzugbelastung gelten folgende globale Sicherheitsfaktoren:

$$\text{Ankerstahlbruch} \quad \gamma_A = 3,0 \quad (12)$$

$$\text{Betonversagen, Verbundversagen} \quad \gamma_C = 2,5 \quad (13)$$

$$\text{Betonstahlversagen} \quad \gamma_S = 2,5 \quad (14)$$

$$\text{Gebrauchstauglichkeit} \quad \gamma_D = 2,0 \quad (15)$$

6.5 GRENZWERTE

Der nominelle Grenzwert der Belastung der Anker wird in Abhängigkeit vom Lastfall durch die Ankernennlast N_N (Zentrischer Zug) oder S_N (Schrägzug) gebildet (vgl. Abs. 7.1). Die Ankernennlast für Schrägzuglasten S_N entspricht dabei stets 80% der Nennlast für Zentrischen Zug. Die Ankernennlasten N_N bzw. S_N stellen eine obere Begrenzung der zulässigen Lastwerte infolge aller Versagensarten bzw. Tragfähigkeiten N_{zul} bzw. S_{zul} nach Abs. 8 dar.

In Einzelfällen ist es jedoch möglich, dass die zulässigen Lastwerte N_{zul} bzw. S_{zul} die Nennlastgrenze N_N bzw. S_N unterschreiten. In diesen Fällen wird als Bemessungsgrenze der jeweils niedrigste Wert für N_{zul} bzw. S_{zul} maßgebend:

Es gilt im Lastfall Zentrischer Zug ($\beta \leq 30^\circ$):

$$N_{zul} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_N \\ N_{zul,A,F/S/W} \\ N_{zul,L,B/Pl/St} \\ N_{zul,C} \\ N_{zul,P} \end{array} \right. \quad (16)$$

Es gilt im Lastfall Schrägzug ($\beta > 30^\circ$):

$$S_{zul} = \min \left\{ \begin{array}{l} S_N \\ 0,8 N_{zul,A,F/S/W} \\ 0,8 N_{zul,L,B/Pl/St} \\ 0,8 N_{zul,C} \\ S_{zul,S,s/b} \end{array} \right. \quad (17)$$

6.6 NACHWEISE

Der Nachweis, dass die einwirkenden Ankerlasten F_Q die zulässigen Ankertragfähigkeiten R_{zul} nicht überschreiten, ist in Abhängigkeit vom vorliegenden Lastfall wie folgt zu führen:

$$F_Q \leq R_{zul} \quad \text{allgemein} \quad (18)$$

$$F_Q \leq N_{zul} \quad \text{Lastfall Zentrischer Zug } (\beta \leq 30^\circ) \quad (19)$$

$$F \leq S_{zul} \quad \text{Lastfall Schrägzug } (\beta > 30^\circ) \quad (20)$$

7 BEMESSUNGSKONZEPT

7.1 LASTFÄLLE/KRAFTGRÖSSEN

In der vorliegenden Typenberechnung wird zwischen den äußeren Beanspruchungen der Spreizanker und den inneren Schnittgrößen, bzw. Tragfähigkeiten unterschieden.

Die äußeren Beanspruchungen in Form von allgemeinen Kräften F gliedern sich in die Lastfälle „zentrischer Zug“ Z und „Schrägzug“ S , die in der und quer zur Bauteilebene wirken (vgl. Bild 8). Diese Lastfälle Z und S sind wie folgt definiert:

- Zentrischer Zug Z : Belastungen F in Ankerachsrichtung ($\beta=0^\circ$) und bis zu einer Neigung in Bauteilebene von $\beta=30^\circ$
- Schrägzug S : Belastungen F mit einer Neigung parallel und senkrecht zur Ankerebene von $\beta=30^\circ$ bis $\beta=60^\circ$ bzw. 90° zur Ankerachse

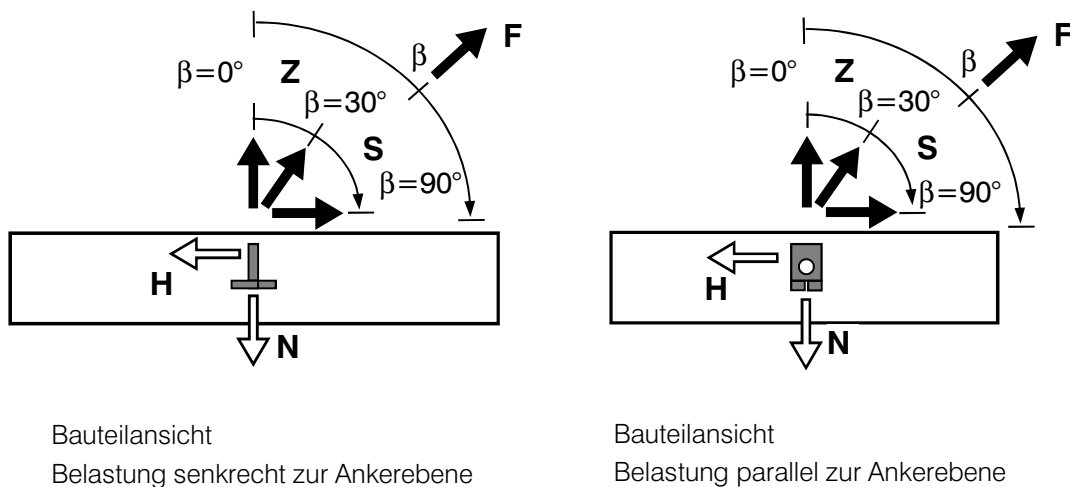


Bild 8: Äußere Lasten F , Z , S , und innere Schnittgrößen / Tragfähigkeiten N , H

7.2 KRAFTGRÖSSEN

Infolge äußerer Belastungen F entstehen als innere Reaktionskräfte die für die Bemessung des Anker/Bauteilsystems relevanten Schnittgrößen Normalkraft N und Horizontalkraft H :

$$N = F \cdot \cos \beta \quad (21)$$

$$H = F \cdot \sin \beta \quad (22)$$

Infolge der je Lastfall Z oder S variablen Neigung β der Belastung ergibt sich für die Schnittgrößen jeweils ein Wertebereich, der im Folgenden mit dem Minimal- und Maximalwert angegeben wird:

- Zentrischer Zug Z:
$$N \begin{cases} \geq Z \cdot \cos 30^\circ \approx 0,866 Z \\ \leq Z \end{cases} \quad (23)$$

$$H \begin{cases} \geq 0 \\ \leq Z \cdot \sin 30^\circ = 0,5 Z \end{cases} \quad (24)$$

- Schrägzug S:
$$N \begin{cases} \geq 0 \\ \leq S \cdot \cos 30^\circ \approx 0,866 S \end{cases} \quad (25)$$

$$H \begin{cases} \geq S \cdot \sin 30^\circ = 0,5 S \\ \leq S \end{cases} \quad (26)$$

Bei der Bestimmung der zulässigen Beanspruchbarkeiten Z_{zul} , bzw. S_{zul} aus den Ankertragfähigkeiten N_{Rk} bzw. H_{Rk} in den Abschnitten 8.1 bis 8.4 werden die jeweils maßgebenden Grenzwerte der Kraftgrößenbeziehungen je Beanspruchungsart eingehalten:

- Zentrischer Zug Z:
$$Z \leq \begin{cases} N \\ 2 H \end{cases} \quad (27)$$

- Schrägzug S:
$$S \leq \begin{cases} 0,80 N \\ H \end{cases} \quad (28)$$

Die Aufstellung berücksichtigt die Zusatzbedingung nach [6], dass die zulässigen Schrägzugkräfte mit maximal 80% des Werts der zulässigen zentrischen Zugkräfte anzusetzen sind (vgl. Abs. 6.5).

7.3 TRAGMODELL

Im Folgenden wird das Tragmodell der Plattenanker kurz erläutert.

Normalkraft N

Der Lastabtrag der Plattenanker erfolgt nach Einleitung der vertikalen Abhebekraft über die Ringkupplung in die obere Öse des Ankers. Als erstes Tragelement trägt der obere Ösenscheitel die Last zu den seitlichen Ösenflanken, die diese zum unteren Teil des Ankers führen. Dort wird die Last über die Schweißnaht in die Ankerplatte eingeleitet. Von der Ankerplatte erfolgt die Lastabtragung über Kontaktpressung auf die vier Verankerungsstäbe und von dort sowie über die Ankerplatte über Teilflächenpressung in den Beton.

Die Verankerung im Beton erfolgt über den Widerstand gegen Betonausbruch im rechnerisch unbewehrten Beton.

Über die Querkrafttragfähigkeit der Platte und des Balkens bzw. über die Grund- und Steckbügelbewehrung wird die Ankerkraft in dem Betonkörper verteilt bzw. zurückgehängt. Die weitere Lastweiterleitung wird im vorliegenden Dokument nicht betrachtet.

Horizontalkraft H

Bei Beanspruchung mit geneigten Zuglasten in der parallel bzw. senkrecht zur Anker-ebene werden die Horizontallastkomponenten H bei geringen Lastneigungen (LF Zentrischer Zug, $\beta \leq 30^\circ$) über Pressung zwischen dem Ankerabheber („Ringkupplung“) und dem einbetoniertem Ankeraussparungskörper in den Beton abgetragen.

Bei größeren Lastneigungswinkeln (LF Schrägzug, $30^\circ < \beta \leq 90^\circ$) erfolgt der Lastabtrag der horizontalen Lastkomponente über eine um dem Aussparungskörper geführte Bewehrungsschleife (Schrägzugbewehrung). Diese leitet die horizontale Ankerkraft über Verbundspannungen in den Beton ein. Die weitere Lastweiterleitung wird im vorliegenden Dokument nicht betrachtet.

7.4 TRAGELEMENTE

Die Berechnung der Ankertragfähigkeiten und die Bemessung der erforderlichen Bewehrungsquerschnitte erfolgt separat für die einzelnen Tragelemente des Anker/Betonkörpersystems in den Abschnitten 8.1 bis 8.4.

Die in Tabelle 9 dargestellten Tragelemente werden hinsichtlich ihrer Widerstände in normaler und horizontaler Richtung untersucht und die ermittelten Tragfähigkeiten angegeben. In der Regel werden dabei mehrere Teilelemente bzw. Tragkomponenten eines Elementwiderstands berechnet. Die Tragfähigkeiten der Elemente und Teilelemente wird durch Indizes kenntlich gemacht. So erfolgt z.B. beim Nachweis des Ankerstahls (Index A) separat die Bemessung der Ösenflanken (Index F) und des Ösenscheitels (Index S) auf Stahlbruch. Bei den Bewehrungspositionen wird in der Regel sowohl die Tragfähigkeit des Bewehrungsquerschnitts auf Stahlfließen (Index s) als auch mit der Verbund im Beton (Index b) nachgewiesen.

Aus den Tragfähigkeiten der Tragelemente in Normalenrichtung N_{Rk} bzw. in Horizontalrichtung H_{Rk} werden mit Hilfe der Globalsicherheitsfaktoren γ gemäß der Abschnitte 6.4 und 6.5 sowie über die Grenzwerte der Kraftgrößenbeziehungen nach Abs. 7.1 die zulässigen Belastungen Z_{zul} für den Lastfall Zentrischer Zug und S_{zul} für den Lastfall Schrägzug bestimmt.

Tabelle 9: Übersicht Tragelemente

Lastfall	Zentrischer Zug			Schrägzug									
	Tragelement	1. Index	Teilelement	2. Index	Tragfähigkeitsrichtung		Grenzlast						
					normal	horizontal		normal	horizontal				
Ankerstahl	A	Ösenflanke	F	-	-	-	-						
								Ösenskeitel	S	-	-	-	-
Betonausbruch	C	Oberseite	-	-	-	-	-						
								Schrägzugbewehrung	S	Betonstahl	s	-	-
Lokale Lasteinleitung	L	Verbund	b	-	-	-	-						
										Plattenbiegung	B	-	-
		Pressung Platte	P	-	-	-	-						
										Pressung Stäbe	St	-	-

$$S_{zul} \geq 80\% N_N$$

$$Z_{zul} \geq 100\% N_N$$

$$H_{RK,S,S}$$

$$H_{RK,S,b}$$

$$N_{RK,A,F}$$

$$N_{RK,A,S}$$

$$N_{RK,A,W}$$

$$N_{RK,C}$$

$$N_{RK,L,B}$$

$$N_{RK,L,P}$$

$$N_{RK,L,St}$$

8 TRAGFÄHIGKEITEN

8.1 ANKERSTAHL

8.1.1 Maßgebende Stahltragfähigkeit

In den folgenden beiden Abschnitten erfolgt die Berechnung der Ankerstahltragfähigkeiten der Plattenanker. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, wird vorab das maßgebende Materialversagenskriterium bestimmt.

Die Ankerquerschnitte sind mit $\gamma_A=3,0$ -facher Sicherheit auf den Widerstand gegen die Überschreitung der Zugfestigkeit und mit $\gamma_D=2,0$ -facher Sicherheit auf Begrenzung plastischer Verformungen des Stahls zu bemessen.

Bei dem vorliegenden Material S355 J2 wird die Bemessung auf die Stahlzugfestigkeit maßgebend:

$$f_{uk} / \gamma_A = 510 / 3,0 = 170,0 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{maßgebend}) \quad (29)$$

$$f_{yk} / \gamma_D = 360 / 2,0 = 180,0 \text{ N/mm}^2 \quad (30)$$

Im Folgenden werden daher die charakteristischen Stahltragfähigkeiten ausschließlich mit dem Wert der Zugfestigkeit f_{uk} des Ankerstahls bestimmt. Der Nachweis der Begrenzung der plastischen Stahlverformungen ist mit dem Nachweis der Anker auf Stahlbruch damit bereits implizit geführt.

8.1.2 Normalkrafttragfähigkeit der Ösenflanken

Ein Stahlversagen tritt bei Überschreitung der Bruchfestigkeit in den Flanken der Ösen auf. Die charakteristische Tragfähigkeit $N_{Rk,A,F}$ wird über die Summe der Flankenquerschnittsflächen ermittelt:

$$N_{Rk,A,F} = 2 t \cdot f \cdot f_{uk} \quad \text{mit } f_{uk} = 510 \text{ N/mm}^2 \quad (31)$$

Die zulässige Normalkraft $N_{zul,A,F}$ und das Sicherheitsniveau $\eta_{A,F}$ betragen:

$$N_{zul,A,F} = N_{Rk,A,F} / \gamma_A \quad \text{mit } \gamma_A = 3,0 \quad (32)$$

$$\eta_{A,F} = N_{zul,A,F} / N_N \geq 100\% \quad (33)$$

Tabelle 10: Ankerormaltraglasten infolge Tragfähigkeit der Ösenflanken

Anker	Blechdicke	Flankenbreite	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	t	f	$N_{Rk,A,F}$	$N_{zul,A,F}$	N_N	$\eta_{A,F}$
TPA-P-1,4-5	6 mm	8 mm	49 kN	16 kN	14 kN	117%
TPA-P-2,5-8	10 mm	8 mm	82 kN	27 kN	25 kN	109%
TPA-P-5,0-12	15 mm	11 mm	168 kN	56 kN	50 kN	112%
TPA-P-10,0-16	20 mm	17 mm	347 kN	116 kN	100 kN	116%

8.1.3 Normalkrafttragfähigkeit des Ösenskeitels

Der Ösenskeitel am oberen Ankerende wird durch den Riegel der Ringkupplung, der durch das obere Loch geführt wird, auf Lochleibung beansprucht.

Die charakteristische Tragfähigkeit $N_{Rk,A,S}$ der Ankeröse gegen Ausriss des Ösenskeitels wird über einen modifizierten Lochleibungsansatz in Anlehnung an DIN EN 1993-1-1 [3] wie folgt angesetzt:

$$N_{Rk,A,S} = \alpha_l \cdot t \cdot d_R \cdot f_{uk} \quad (34)$$

Dabei ist d_R der Riegeldurchmesser der Ringkupplung und t die Ankerblechstärke.

Der Beiwert α_l zur Lochleibung ist abhängig vom Ösendurchmesser d_L (Ösenbreite) und der Scheitelhöhe s. Der Ansatz für α_l nimmt Bezug auf Lochleibungsversuche, die

in Bild 60b in „Stahlbau“ von Petersen [15] dargestellt sind, wurde jedoch an den vorliegenden Ösenzugversuchen (vgl. Dokument TP07-22-9) kalibriert:

$$\alpha_l = 1,21 e_1 / d_L - 0,23 \quad (35)$$

$$\alpha_l = 1,21 (s + d_L / 2) / d_L - 0,23 \quad (36)$$

Die zulässige Normalkraft $N_{zul,A,S}$ und das Sicherheitsniveau $\eta_{A,S}$ betragen:

$$N_{zul,A,S} = N_{Rk,A,S} / \gamma_A \quad \text{mit } \gamma_A = 3,0 \quad (37)$$

$$\eta_{A,S} = N_{zul,A,S} / N_N \geq 100\% \quad (38)$$

Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

Tabelle 11: Ankernormaltraglasten infolge Tragfähigkeit des Ösenscheitels

Anker	Blechdicke	Scheitel- höhe	Ösen- \emptyset	Riegel- \emptyset	Lochleibung
	t	s	d _L	d _R	α_l
TPA-P-1,4-5	6 mm	9 mm	14 mm	13 mm	1,15
TPA-P-2,5-8	10 mm	9 mm	14 mm	13 mm	1,15
TPA-P-5,0-12	15 mm	14 mm	18 mm	17 mm	1,32
TPA-P-10,0-16	20 mm	21 mm	26 mm	24 mm	1,35

Anker	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	$N_{Rk,A,S}$	$N_{zul,A,S}$	N_N	$\eta_{A,S}$
TPA-P-1,4-5	46 kN	15 kN	14 kN	109%
TPA-P-2,5-8	76 kN	25 kN	25 kN	102%
TPA-P-5,0-12	166 kN	55 kN	50 kN	111%
TPA-P-10,0-16	324 kN	108 kN	100 kN	108%

8.1.4 Schweißnahttragfähigkeit

Der Ankerschaft ist mit einer umlaufenden Kehlnaht an die Ankerplatte angeschweißt. Die charakteristische Tragfähigkeit der Schweißverbindung $N_{Rk,A,W}$ wird in Abhängigkeit von der Schweißnahtdicke a_w und der Schweißnahtlänge l_w nach DIN EN 1993-1-1 [3] berechnet und beträgt:

$$N_{Rk,A,W} = a_w \cdot l_w \cdot f_{uk} / \sqrt{2} \quad \text{mit } f_{uk} = 510 \text{ N/mm}^2 \quad (39)$$

Die Schweißnahtlänge l_w beträgt:

$$l_w = 2 (b + t) \quad (40)$$

Die zulässige Normalkraft $N_{zul,A,W}$ und das Sicherheitsniveau $\eta_{A,W}$ betragen:

$$N_{zul,A,W} = N_{Rk,A,W} / \gamma_A \quad \text{mit } \gamma_A = 3,0 \quad (41)$$

$$\eta_{A,F} = N_{zul,A,W} / N_N \geq 100\% \quad (42)$$

Tabelle 12: Ankernormaltraglasten infolge der Tragfähigkeit der Schweißnaht

Anker	Ankerdicke	Ankerbreite	Schweißnahtdicke	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	t	b	a_w	$N_{Rk,A,W}$	$N_{zul,A,W}$	N_N	$\eta_{A,W}$
TPA-P-1,4-5	6 mm	30 mm	3 mm	78 kN	26 kN	14 kN	185%
TPA-P-2,5-8	10 mm	30 mm	3 mm	87 kN	29 kN	25 kN	115%
TPA-P-5,0-12	15 mm	40 mm	5 mm	198 kN	66 kN	50 kN	132%
TPA-P-10,0-16	20 mm	60 mm	6 mm	346 kN	115 kN	100 kN	115%

8.2 LOKALE LASTEINLEITUNG

8.2.1 Allgemeines

Für die Bemessung der Plattenanker sind Nachweise zur lokalen Lasteinleitung in den Plattenanker erforderlich.

Die lokale Krafteinleitung in den Plattenanker erfolgt durch eine Kombination der Traganteile aus der Ankerplatte und der Zulagebewehrung. Die Ankerplatte und die Zulagebewehrung werden mit einer Teilflächenpressung aus dem umgebenden Beton beansprucht. Die Zulagebewehrung trägt die Lasten über Kontaktpressung ankernah ab. Die Teilflächenpressung des Betons auf die Ankerplatte führt zu einer Biegebeanspruchung des Ankermaterials. Beide Lastanteile werden über die Schweißnaht zwischen der Fußplatte und dem Ankerschaft übertragen (Nachweis in Abs. 8.1.4).

Die Tragfähigkeiten werden zunächst getrennt für die Ankerplatte und die Zulagebewehrung bestimmt und schließlich addiert. Die Schweißnaht wird für die Gesamtkraft bemessen.

8.2.2 Teilflächenpressung der Ankerplatte

Der Grenzwert der Betonteilflächenpressung auf der Ankerplatte ist einzuhalten. Die Teilflächenpressung wird mit einer linearen Spannungsverteilung vom Rand zur Mitte hin angesetzt. Die charakteristische Tragfähigkeit $N_{Rk,L,Pl}$ der Ankerplatte beträgt vereinfachend unter Verwendung der Volumenformel einer Pyramide:

$$N_{Rk,L,Pl} = A_{Pl} \cdot f_{cpk} / 3 \quad \text{mit } f_{cpk} = 36 \text{ N/mm}^2 \quad (43)$$

Der Nachweis wird mit dem Grenzwert der Teilflächenpressung $f_{cpk} = 3 f_{ck}$ für C12/15 bzw. $f_{cc,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$ geführt.

Die effektive Lasteinleitungsfläche der Ankerplatte A_{Pl} wird aus der Grundfläche abzüglich der Querschnittsfläche des Schafts und abzüglich der Projektionsfläche der Bewehrungsstäbe bestimmt:

$$A_{Pl} = e^2 - b \cdot t - 4 \cdot d_s \cdot e \quad (44)$$

8.2.3 Biegewiderstand der Ankerplatte

Die Lasteinleitung in den Anker ist durch die Biegetragfähigkeit bzw. das plastische Moment der Ankerplatte begrenzt. Vereinfachend wird das ebene System senkrecht zur Ankerschaftebene betrachtet und der maßgebende Biegequerschnitt am Schaftanschnitt mit der Ankerschaftbreite bestimmt. Das plastische Grenzmoment dieses ebenen Systems als Summe für beide Plattenseiten beträgt:

$$M_{\text{RK,Pl}} = b \cdot c^2 / 4 \cdot f_{\text{uk}} \quad \text{mit } f_{\text{uk}}=510 \text{ N/mm}^2 \quad (45)$$

Der Hebelarm der Pressungsergebnierenden z_{Pl} beträgt unter Ansatz der linearen Spannungsverteilung:

$$z_{\text{Pl}} = (e - t - 2 \cdot d_s) / 6 + d_s \quad (46)$$

Die charakteristische Tragfähigkeit $N_{\text{RK,L,B}}$ infolge Biegetragfähigkeit der Ankerplatte beträgt:

$$N_{\text{RK,L,B}} = M_{\text{RK,Pl}} / z_{\text{Pl}} \quad (47)$$

8.2.4 Teilflächenpressung der Bewehrungsstäbe

Der Grenzwert der Betonteilflächenpressung auf den effektiven Abschnitten der Bewehrungsstäbe ist einzuhalten. Die charakteristische Tragfähigkeit $N_{\text{RK,L,St}}$ der Bewehrungsstäbe infolge Teilflächenpressung beträgt:

$$N_{\text{RK,L,St}} = A_{\text{St}} \cdot f_{\text{cpk}} \quad \text{mit } f_{\text{cpk}}=36 \text{ N/mm}^2 \quad (48)$$

Die effektive Lasteinleitungsfläche der Bewehrungsstäbe A_{St} wird durch die Ankerabmessungen b und t sowie den Stabdurchmesser d_s bestimmt und dazu mit einer freien auskragenden Länge von $5 d_s$ hinter den Kreuzungspunkten der Bewehrungsstäbe berücksichtigt:

$$A_{\text{St}} = (2 b + 2 t + 4 d_s + 4 \cdot 5 d_s) \cdot d_s \quad (49)$$

Die Biegung der Bewehrungsstäbe wird bei diesem Modell nicht maßgebend.

8.2.5 Zusammenfassung der Tragfähigkeiten

Aus dem Minimum der Ankerplattentragfähigkeiten wird zusammen mit der Tragfähigkeit der Bewehrungsstäbe die maßgebliche Tragfähigkeit der lokalen Lasteinleitung $N_{Rk,L}$ bestimmt:

$$N_{Rk,L} = \min \left\{ \begin{matrix} N_{Rk,L,Sch} \\ N_{Rk,L,B} \end{matrix} \right. + N_{Rk,L,St} \quad (50)$$

Tabelle 13: Tragfähigkeiten der lokalen Lasteinleitung

Anker	Ankergeometrie						
	Ankerbreite	Ankerdicke	Plattenbreite	Plattendicke	Plattenfläche	Plattenhebelarm	plast. Grenzmoment
	b	t	e	c	A_{PI}	z_{PI}	$M_{Rk,PI}$
TPA-P-1,4-5	30 mm	6 mm	80 mm	8 mm	36,6 cm ²	17,7 mm	490 kNmm
TPA-P-2,5-8	30 mm	10 mm	80 mm	8 mm	29,0 cm ²	18,3 mm	490 kNmm
TPA-P-5,0-12	30 mm	15 mm	100 mm	10 mm	47,5 cm ²	22,2 mm	765 kNmm
TPA-P-10,0-16	30 mm	20 mm	140 mm	12 mm	100,4 cm ²	30,7 mm	1102 kNmm

Anker	Zulagebewehrung		Teiltragfähigkeiten		
	Durchmesser	eff. LE-Fläche Stäbe	Teilflächenpressung	Schenkelbiegung	Bew.-Stäbe
	d_s	A_{St}	$N_{Rk,L,PI}$	$N_{Rk,L,B}$	$N_{Rk,L,St}$
TPA-P-1,4-5	8 mm	21,1 cm ²	44 kN	28 kN	76 kN
TPA-P-2,5-8	10 mm	32,0 cm ²	35 kN	27 kN	115 kN
TPA-P-5,0-12	12 mm	45,4 cm ²	57 kN	35 kN	163 kN
TPA-P-10,0-16	16 mm	77,4 cm ²	120 kN	36 kN	279 kN

Anker	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	$N_{Rk,L}$	$N_{zul,L}$	N_N	η_L
TPA-P-1,4-5	104 kN	41 kN	14 kN	296%
TPA-P-2,5-8	142 kN	57 kN	25 kN	227%
TPA-P-5,0-12	198 kN	79 kN	50 kN	158%
TPA-P-10,0-16	315 kN	126 kN	100 kN	126%

Die zulässige Ankerkraft $N_{zul,L}$ und das Sicherheitsniveau η_L betragen:

$$N_{zul,L} = N_{RK,L} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (51)$$

$$\eta_P = N_{zul,L} / N_N \geq 100\% \quad (52)$$

Die Formeln werden für Beton C12/15 bzw. $f_{cc,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$ ausgewertet und die Ergebnisse in Tabelle 13 zusammengestellt.

8.3 BETON AUSBRUCH

Für die Bemessung der Plattenanker ist der Nachweis des Widerstands gegen Betonausbruch erforderlich. Bei Einhaltung der Mindestabstände zu den Rändern a_R und zu anderen Ankern a_z gemäß Abs. 4.6 kann sich der volle Betonausbruchkegel ausbilden und die Versagensformen Durchstanzen und Spalten des Betonkörpers sind nicht maßgebend. Voraussetzung dafür ist eine Bemessung der Bauteilbewehrung für den Transportzustand, wobei das Auftreten größerer Risse $w_k \geq 0,3$ mm verhindert werden muss.

Die effektive Verankerungstiefe h_{ef} bildet die Tiefe des rechnerischen Betonausbruchkegels ab. Die effektive Verankerungstiefe h_{ef} wird in der mittleren Höhenlage der Zulagebewehrung bestimmt:

$$h_{ef} = l - c + k - 1,5 d_s \quad (53)$$

Der Widerstand der Plattenanker gegen Betonausbruch in Platten $N_{Rk,C}$ wird in Anlehnung an das CC-Verfahren ([5], [8], **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) mit folgender Formel berechnet:

$$N_{Rk,C} = 10 h_{ef}^{1,5} \cdot k_A \cdot \sqrt{f_{cc,cube}} \quad (54)$$

Der Faktor k_A bildet das Flächenverhältnis $A_{C,N} / A_{C,N}^0$ einer Mehrfachverankerung ab. Die Mehrfachverankerung wird auf Grund der vergrößerten Grundausschlagfläche mit den Seitenlängen L_1 , L_2 angesetzt, die infolge der Ankerabmessungen (Plattenbreite e bzw. f) und der Zulagebewehrungsstäbe (Stablänge l_s) entsteht:

$$k_A = A_{C,N} / A_{C,N}^0 \quad (55)$$

$$A_{C,N}^0 = (3 h_{ef})^2 \quad (56)$$

$$A_{C,N} = L_1 \cdot L_2 \quad (57)$$

$$L_1 = L_2 = 3 h_{ef} + e + (e - l_s) / 5 \quad (58)$$

Der Flächenfaktor wurde in Anlehnung an die Bemessungsformeln der Flachfußanker bestimmt (s. TP07-22-5). Auf Grund der größeren Fläche der Ankerplatte der Plattenanker im Vergleich zu den abgespreizten Ankerschenkeln der Flachfußanker ist k_A bei der vorliegenden Gleichung der Plattenanker um ca. 20% höher als bei den Flachfußankern der gleichen Laststufe.

Die zulässige Normalkraft $N_{zul,C}$ und das Sicherheitsniveau η_C betragen:

$$N_{zul,C} = N_{Rk,C} / \gamma_C \leq N_{Nenn} \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (59)$$

$$\eta_C = N_{zul,C} / N_N \quad (60)$$

In Tabelle 14 sind die Ankertraglasten infolge Widerstand gegen Betonausbruch für Beton mit $f_{cc,cube} = 15, 25$ und 35 N/mm^2 angegeben.

Tabelle 14: Betonausbruchtragfähigkeit der Plattenanker TPA-P

Anker	Ankergeometrie			Zulagebewehrung		Mehrfachverankerung				
	Breite	Dicke	Plattenbreite	Durchmesser	Stablänge	eff. Verankertiefe	Länge Ausbruchfläche	Ausbruchflächen		Flächenfaktor
	b	t	e bzw. f	d _s	l _s	h _{ef}	L ₁ = L ₂	A _C ⁰	A _C ^N	k _A
TPA-P-1,4-5	30 mm	6 mm	80 mm	8 mm	200 mm	45 mm	239 mm	182 cm ²	571 cm ²	3,13
TPA-P-2,5-8	30 mm	10 mm	80 mm	10 mm	300 mm	67 mm	325 mm	404 cm ²	1056 cm ²	2,61
TPA-P-5,0-12	40 mm	15 mm	100 mm	12 mm	450 mm	102 mm	476 mm	936 cm ²	2266 cm ²	2,42
TPA-P-10,0-16	60 mm	20 mm	140 mm	16 mm	600 mm	139 mm	649 mm	1739 cm ²	4212 cm ²	2,42

Anker	Tragfähigkeit			zulässige Last			Nennlast			Sicherheit		
	f _{cc,cube} 15 N/mm ²	f _{cc,cube} 25 N/mm ²	f _{cc,cube} 35 N/mm ²	f _{cc,cube} 15 N/mm ²	f _{cc,cube} 25 N/mm ²	f _{cc,cube} 35 N/mm ²	f _{cc,cube} 15 N/mm ²	f _{cc,cube} 25 N/mm ²	f _{cc,cube} 35 N/mm ²	f _{cc,cube} 15 N/mm ²	f _{cc,cube} 25 N/mm ²	f _{cc,cube} 35 N/mm ²
	N _{Rk,C}			N _{zul,C}			N _N			η _C		
TPA-P-1,4-5	37 kN	47 kN	56 kN	14,7 kN	18,9 kN	22,4 kN	105%	135%	160%	61%	79%	94%
TPA-P-2,5-8	56 kN	72 kN	85 kN	22,2 kN	28,7 kN	33,9 kN	89%	115%	136%	77%	100%	118%
TPA-P-5,0-12	97 kN	125 kN	147 kN	38,6 kN	49,9 kN	59,0 kN	77%	100%	118%	61%	79%	94%
TPA-P-10,0-16	154 kN	198 kN	235 kN	61,5 kN	79,4 kN	93,9 kN	61%	79%	94%	61%	79%	94%

Die zulässigen Ankertragfähigkeiten N_{zul,C} werden in den meisten Fällen gegenüber den Nenntragfähigkeiten N_N maßgebend.

8.4 BETONPRESSUNG

8.4.1 Tragfähigkeit LF Zentrischer Zug

Beim Lastfall Zentrischer Zug ist eine Neigung der Kraft Z um $\beta \leq 30^\circ$ zur Ankerachse möglich (vgl. Abs. 7.1). Durch die Neigung der äußeren Ankerzugkraft Z zur axialen Verankerungskraft N entsteht zwischen der Ringkupplung und dem Beton des Aussparungskörpers infolge Pressung eine Umlenkkraft P , die das Kräftegleichgewicht zwischen Z und N herstellt (vgl. Bild 9).

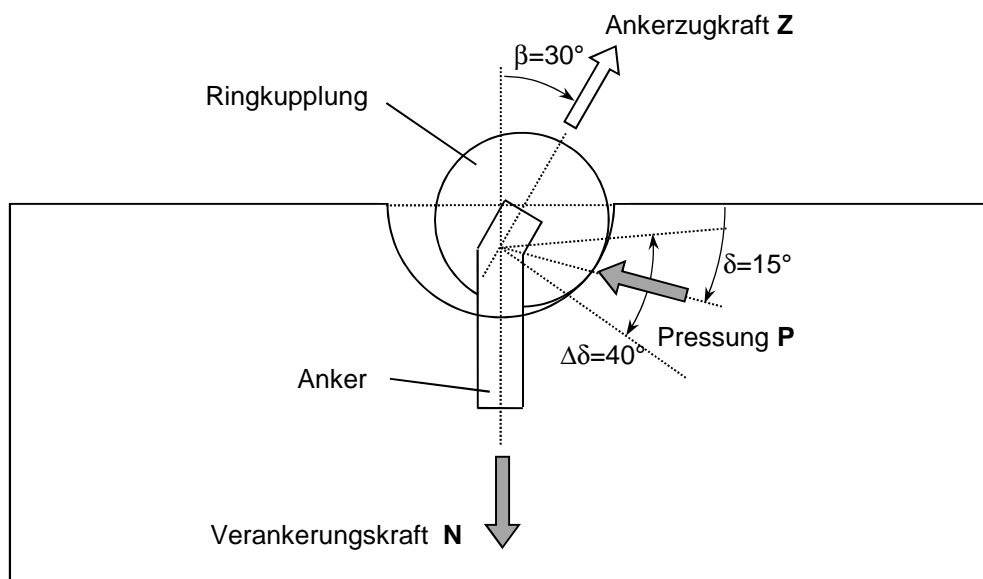


Bild 9: Tragmodell Anker/Ringkupplung/Bauteil bis 30° Ankerlastneigung (Zentrischer Zug)

Die maßgebende Pressungskraft P ergibt sich für die Ankerlastneigung $\beta = 30^\circ$. Die Neigung der Pressungskraft beträgt $\delta = 0,5 \beta$:

$$P = Z \cdot \sin \beta / \cos \delta \quad (61)$$

$$P = Z \cdot \sin 30^\circ / \cos 15^\circ = 0,517 Z \quad \text{mit } \delta = 0,5 \beta = 15^\circ \quad (62)$$

Die Betonpressungen werden auf einem vertikalen Winkelsektor von $\Delta\delta = 40^\circ$ sowie über die halbrundförmige Breite b_{RK} der Ringkupplung angenommen. Der Durchmesser der Ringkupplung wird mit d_{RK} bezeichnet. Die Fläche A_p dieses doppelgekrümmten Bereichs wird vereinfachend aus dem Produkt der vertikalen und horizontalen Kreisbögen s_v und s_h bestimmt:

$$A_p = s_v \cdot s_h \quad \text{Pressungsfläche} \quad (63)$$

$$s_v = d_{RK} \cdot \Delta\delta \cdot \pi / 360^\circ = 0,349 d_{RK} \quad \text{mit } \Delta\delta = 40^\circ \quad (64)$$

$$s_h = \pi / 2 \cdot b_{RK} = 1,571 b_{RK} \quad (65)$$

Auf der Pressungsfläche wird eine erhöhte Teilflächenpressung von $f_{cpk} = 3 \cdot f_{ck}$ angesetzt:

$$P_{RK} = A_p \cdot f_{cpk} \quad f_{cpk} = 3 f_{ck} = 36 \text{ N/mm}^2 \quad (66)$$

Die Grenzzugkraft der Anker $Z_{RK,P}$ infolge der Begrenzung der Betonpressungen beträgt:

$$Z_{RK,P} = P_{RK} \cdot \cos \delta / \sin \beta \quad (67)$$

$$Z_{RK,P} = P_{RK} \cdot \cos 15^\circ / \sin 30^\circ = 1,932 P_{RK} \quad (68)$$

Die zulässige Ankerzugkraft $N_{zul,P}$ und das Sicherheitsniveau η_p betragen:

$$N_{zul,P} = Z_{RK,P} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (69)$$

$$\eta_p = N_{zul,P} / N_N \geq 100\% \quad (70)$$

Die Ankertraglasten infolge Pressungstragfähigkeit sind in Tabelle 15 für Beton C12/15 bzw. $f_{cc,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$ zusammengestellt.

Tabelle 15: Ankertraglasten inf. Teilflächenpressung, LF Zug

Anker	Ringkupplg Durchmess.	Ringkupplg Breite	Bogenlänge vertikal	Bogenlänge horizontal	Pressungs- fläche
	d_{RK}	b_{RK}	s_v	s_h	A_p
TPA-P-1,4-5	79 mm	27 mm	27,6 mm	42,4 mm	11,7 cm ²
TPA-P-2,5-8	79 mm	27 mm	27,6 mm	42,4 mm	11,7 cm ²
TPA-P-5,0-12	98 mm	36 mm	34,2 mm	56,5 mm	19,3 cm ²
TPA-P-10,0-16	137 mm	50 mm	47,8 mm	78,5 mm	37,6 cm ²

Anker	Ankertragfähigkeit			Nennlast	Sicherheit
	P_{RK}	$Z_{RK,P}$	$N_{zul,P}$	N_N	η_p
TPA-P-1,4-5	42 kN	79 kN	32 kN	14 kN	226%
TPA-P-2,5-8	42 kN	79 kN	32 kN	25 kN	127%
TPA-P-5,0-12	70 kN	131 kN	52 kN	50 kN	105%
TPA-P-10,0-16	135 kN	254 kN	102 kN	100 kN	102%

8.4.2 Tragfähigkeit LF Schrägzug

Im Lastfall Schrägzug ($\beta > 30^\circ$) erfolgt die Abtragung der Horizontalkomponente der schrägen Zuglast über die eingelegte Schrägzugbewehrung, vgl. Abschnitt 8.5. Ein Nachweis der Betonpressung entfällt somit.

8.5 SCHRÄGZUGBEWEHRUNG

8.5.1 Stahltragfähigkeit

Für Ankerlasten S im LF Schrägzug (Lastneigung $\beta > 30^\circ$) ist für den horizontalen Lastanteil H der Schrägzugkraft eine Schrägzugbewehrung $A_{S,S}$ in Form einer Bewehrungsschleife einzulegen. Die Schrägzugbewehrung wird auf die volle Schrägzugnennlast S_N bemessen, da sich bei einer Lastneigung von $\beta = 90^\circ$ die Horizontalkomponente H zu $H = S$ ergibt. Die Stahltragfähigkeit der Schrägzugbewehrung in Horizontalrichtung $H_{Rk,S,s}$ beträgt:

$$H_{Rk,S,s} = 2 A_{S,S} \cdot f_{sk} = 2 d_{S,S}^2 \cdot \pi / 4 \cdot f_{sk} \quad (71)$$

Die zulässige Schrägzugkraft $S_{zul,S,s}$ und das Sicherheitsniveau $\eta_{S,s}$ betragen:

$$S_{zul,S,s} = N_{Rk,S,s} / \gamma_S \quad \text{mit } \gamma_S = 2,5 \quad (72)$$

$$\eta_{S,s} = S_{zul,S,s} / S_N \geq 100\% \quad (73)$$

Tabelle 16: Ankertraglasten infolge Stahltragfähigkeit der Schrägzugbewehrung LF Schrägzug

Anker	Durchmesser	Querschnitt	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	$d_{S,S}$	$A_{S,S}$	$H_{Rk,S,s}$	$S_{zul,S,s}$	S_N	$\eta_{S,s}$
TPA-P-1,4-5	6 mm	28 mm ²	28 kN	11 kN	11,2 kN	101%
TPA-P-2,5-8	8 mm	50 mm ²	50 kN	20 kN	20,0 kN	101%
TPA-P-5,0-12	12 mm	113 mm ²	113 kN	45 kN	40,0 kN	113%
TPA-P-10,0-16	16 mm	201 mm ²	201 kN	80 kN	80,0 kN	101%

8.5.2 Verbundtragfähigkeit

Die Verbundtragfähigkeit $H_{Rk,S,b}$ der Schrägzugbewehrung beträgt für Beton C12/15 bzw. $f_{cc,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$:

$$H_{Rk,S,b} = 2 l_H \cdot \pi \cdot d_{S,S} \cdot f_{bk,15} \quad (74)$$

Die freie Schenkellänge l_H außerhalb des Ankeraussparungskörpers beträgt in Abhängigkeit vom Biegerollendurchmesser $d_{br,S}$, der Aussparungskörperbreite b_A des und der Gesamtstablänge l_S :

$$l_H = 0,5 l_S - \pi/4 \cdot d_{br,S} - b_A \quad (75)$$

Der Biegerollendurchmesser $d_{br,S}$ entspricht der Aussparungskörperdicke d_A .

Die zulässige Schrägzugkraft $S_{zul,S,b}$ und das Sicherheitsniveau $\eta_{S,b}$ betragen:

$$S_{zul,S,b} = H_{Rk,S,b} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (76)$$

$$\eta_{S,b} = S_{zul,S,b} / S_N \geq 100\% \quad (77)$$

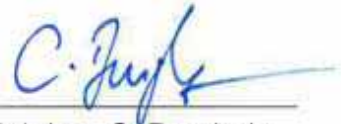
Tabelle 17: Ankertraglasten inf. Verbundtragfähigkeit der Schrägzugbewehrung LF Schrägzug

Anker	Durchmesser	Schenkellänge	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	$d_{S,S}$	l_H	$H_{Rk,S,b}$	$S_{zul,S,b}$	S_N	$\eta_{S,b}$
TPA-P-1,4-5	6 mm	310 mm	29 kN	12 kN	11,2 kN	105%
TPA-P-2,5-8	8 mm	460 mm	58 kN	23 kN	20,0 kN	116%
TPA-P-5,0-12	12 mm	606 mm	115 kN	46 kN	40,0 kN	115%
TPA-P-10,0-16	16 mm	895 mm	227 kN	91 kN	80,0 kN	113%

Aachen, den 20. März 2014



Dr.-Ing. N. Kerkeni



Dipl.-Ing. C. Bergholz

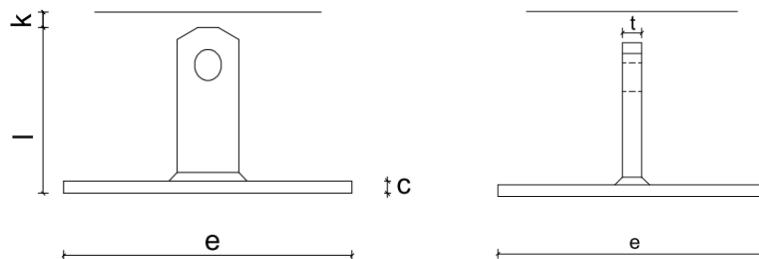
ANLAGE A

VERWENDUNGSANLEITUNG

UND

TRAGFÄHIGKEITSTABELLEN

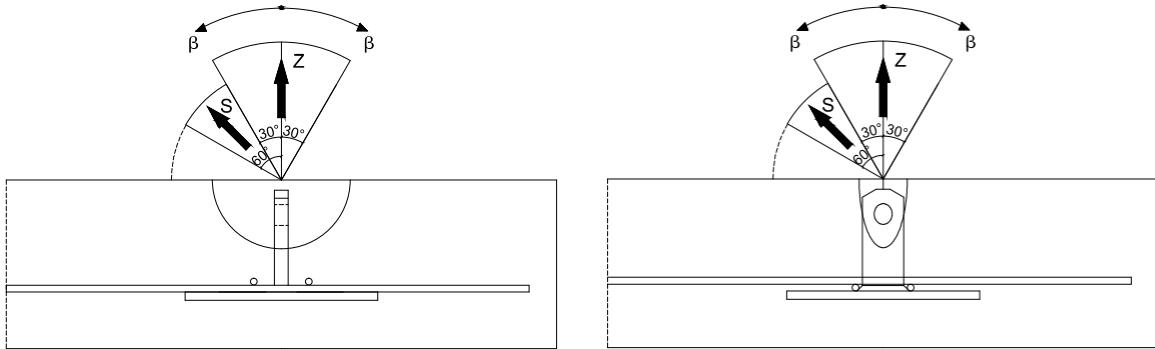
1. Ankerabmessungen



Ankermaterial S355 J2
 $f_{uk} \geq 510 \text{ N/mm}^2$

Anker	Laststufe	Lastgruppe	Länge	Breite	Ankerdicke	Platte	Spalt
			l	b	t	e x f x c	k
TPA-P-1,4-5	1,4 t	2,5 t	50 mm	30 mm	6 mm	80x80x8 mm	10 mm
TPA-P-2,5-8	2,5 t		80 mm	30 mm	10 mm	100x100x8 mm	
TPA-P-5,0-12	5,0 t	5,0 t	120 mm	40 mm	15 mm	100x100x10 mm	10 mm
TPA-F-10,0-16	10,0 t	10,0 t	160 mm	60 mm	20 mm	100x100x12 mm	15 mm

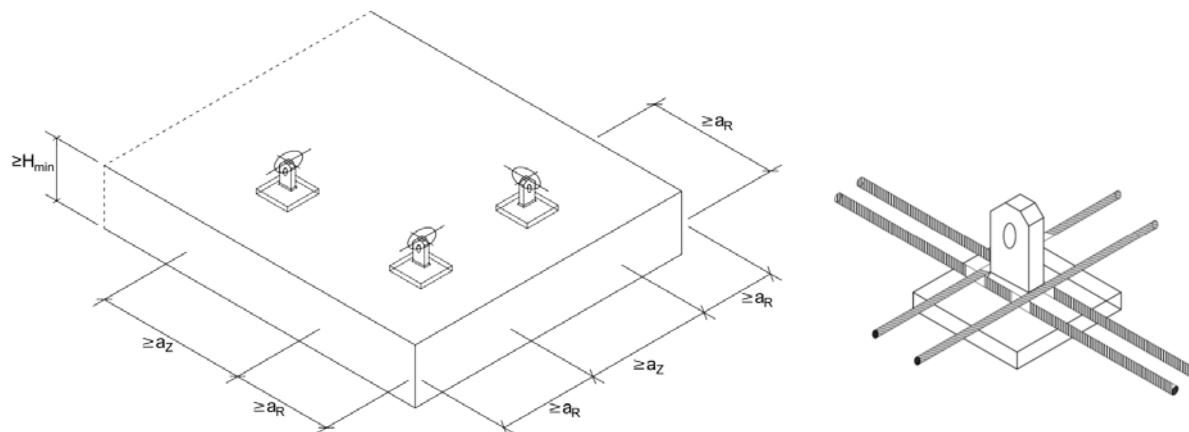
2. Tragfähigkeiten, Lastfälle



Betonwürfeltragfähigkeit	$f_{cc} \geq 15 \text{ N/mm}^2$		$f_{cc} \geq 25 \text{ N/mm}^2$		$f_{cc} \geq 35 \text{ N/mm}^2$	
	zulässige Zuglast $\beta \leq 30^\circ$	zulässige Schrägzuglast $\beta > 30^\circ$	zulässige Zuglast $\beta \leq 30^\circ$	zulässige Schrägzuglast $\beta > 30^\circ$	zulässige Zuglast $\beta \leq 30^\circ$	zulässige Schrägzuglast $\beta > 30^\circ$
Anker	Z_{zul}	S_{zul}	Z_{zul}	S_{zul}	Z_{zul}	S_{zul}
TPA-P-1,4-5	14,7 kN	11,7 kN	18,9 kN	15,1 kN	22,4 kN	17,9 kN
TPA-P-2,5-8	22,2 kN	17,8 kN	28,7 kN	22,9 kN	33,9 kN	27,1 kN
TPA-P-5,0-12	38,6 kN	30,9 kN	49,9 kN	39,9 kN	59,0 kN	47,2 kN
TPA-F-10,0-16	61,5 kN	49,2 kN	79,4 kN	63,5 kN	93,9 kN	75,1 kN

Bei Belastungen mit Schräggehängen ist β auf $\leq 60^\circ$ begrenzt

3. Mindestabstände, Mindestabmessungen, Zulagebewehrung



Anker	Randabstand	Achsabstand	Mindest-Bauteildicke	Zulagebewehrung		Schrägzugbewehrung		
				∅	Stablänge	∅	Stablänge	Schenkel-länge
	a _R	a _z	H _{min}	d _s	l _s	d _s	l _s	l _H
TPA-P-1,4-5	115 mm	230 mm	85 mm	8 mm	200 mm	6 mm	900 mm	310 mm
TPA-P-2,5-8	165 mm	330 mm	110 mm	10 mm	300 mm	8 mm	1200 mm	460 mm
TPA-P-5,0-12	240 mm	480 mm	150 mm	12 mm	450 mm	12 mm	1550 mm	606 mm
TPA-F-10,0-16	330 mm	660 mm	195 mm	16 mm	600 mm	16 mm	2300 mm	895 mm

Zulagebewehrung möglichst dicht am Anker anordnen.

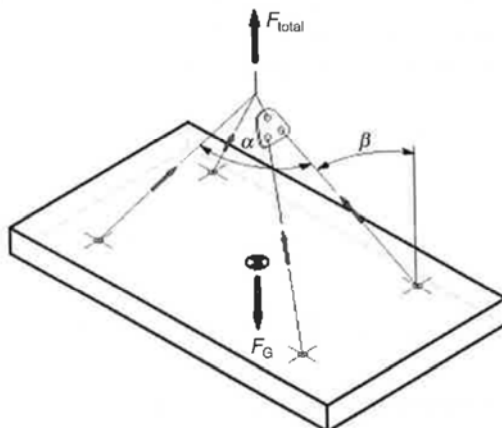
Die Schrägzugbewehrung ist nur bei Belastungen in Bauteilrandrichtung einzulegen.

4. Konstruktive Anforderungen

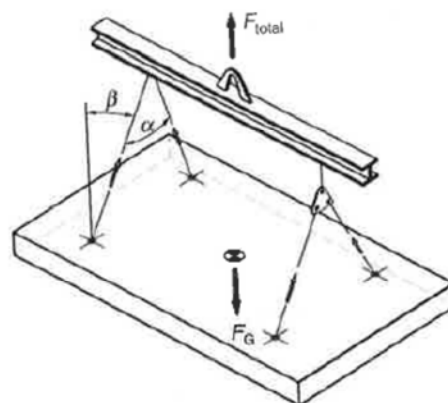
- Die Anker sind orthogonal und mit dem Aussparungskörper bündig zur Oberfläche einzubauen.
- Die Anker sind so einbauen, dass das Bauteil im Schwerpunkt zu heben ist. Keine Ankerpaare zulässig!
- Mindestabstände in alle Richtungen einhalten.
- Zulagebewehrung einbauen.
- Die Schrägzugbewehrung muss in die entgegengesetzte Lastrichtung weisen
- Betonmindestanforderungen zum Zeitpunkt des Transports:
 Mindestbetonwürfeldruckfestigkeit: $f_{cc,cube}=15 \text{ N/mm}^2$, Mindestzugfestigkeit $f_{ctt}=1,6 \text{ N/mm}^2$.
- Geringere Abstände sind bei höheren Betondruckfestigkeiten und Betonzugfestigkeiten zulässig:

Würfeldruckfestigkeit	$f_{cc,cube}$	$\geq 15 \text{ N/mm}^2$	$\geq 25 \text{ N/mm}^2$	$\geq 35 \text{ N/mm}^2$
Zugfestigkeit	f_{ctt}	$\geq 1,6 \text{ N/mm}^2$	$\geq 2,2 \text{ N/mm}^2$	$\geq 2,8 \text{ N/mm}^2$

5. Einwirkungen



Platte mit Schrägeilgehänge und Ausgleichsgehänge
 Anzahl der tragenden Anker $n=4$ (ohne AG: $n=2$)



Plattenbauteil mit Lasttraverse und Ausgleichsgehänge
 Anzahl der tragenden Anker $n=4$ (ohne AG: $n=2$)

Ankerlast F_Q in Seilrichtung

Allgemein:

$$F_Q = (\psi_{dyn} \cdot F_G + F_{adh}) \cdot z / n$$

1. Lastfall Abheben:

$$F_Q = (F_G + F_{adh}) \cdot z / n$$

2. Lastfall Transport:

$$F_Q = \psi_{dyn} \cdot F_G \cdot z / n$$

F_G – Eigenlast der Betonschalen:

$$F_G = V \cdot \gamma \quad \text{mit } V \text{ – Schalenvolumen, } \gamma = 25 \text{ kN/m}^3$$

F_{adh} – Schalungshaftung

$$F_{adh} = A \cdot q_{adh} \quad \text{mit } A \text{ – haftende Schalungsfläche}$$

z – Schrägzugfaktor

$$F_Q = Z (\beta \leq 30^\circ) \text{ oder } S (\beta > 30^\circ)$$

ψ_{dyn} – Dynamikfaktor

n – Anzahl der tragenden Anker

Richtwerte für Schalungshaftung q_{adh}

Schalungsart	Schalungshaftung q_{adh}
geölte Stahlschalung	1,0 kN/m ²
glatte Holzschalung	2,0 kN/m ²
raue Holzschalung	3,0 kN/m ²

Übliche Dynamikfaktoren ψ_{dyn}

Randbedingung	Dynamikfaktor ψ_{dyn}
Turmdrehkran, Portalkran, Mobilkran	1,3
Heben und Transportieren auf ebenem Gelände	2,5
Heben und Transportieren auf unebenem Gelände	≥ 4,0

Schalungshaftung F_{adh} in Abhängigkeit des Betonkörpertyps

Betonkörpertyp	Schalungshaftung F_{adh}
π -Platten	2 F_G
Rippendecken	3 F_G
Kassettendecken	4 F_G

Schrägzugfaktor z

Neigung Seilgehänge	Schrägzugfaktor z
$\beta = 20^\circ$	1,06
$\beta = 30^\circ$	1,15
$\beta = 45^\circ$	1,41
$\beta = 60^\circ$	2,00

6. Bemessung

Lastfall Zentrischer Zug $\beta \leq 30^\circ$: $F_Q = Z \leq Z_{zul}$

Lastfall Schrägzug $\beta > 30^\circ$: $F_Q = S \leq S_{zul}$

7. Hinweise

- Die in den Tabellen angegebenen Werte zu den Tragfähigkeiten, Mindestabmessungen, Mindestabständen und Bewehrungsquerschnitten wurden im Rahmen einer Entwurfsbemessung bestimmt und noch nicht im Rahmen der Erteilung einer Typenprüfung freigegeben.
- Als Lastabheber sind nur die BGW-Ringkupplungen der passenden Laststufe zulässig.
- Belastungen mit Schräggehängen sind nur bis zu einer Neigung von $\beta \leq 60^\circ$ zulässig.
- Traversen-/Ausgleichsgehänge bei mehr als 2 Ankern in einer Ebene, bzw. bei mehr als 3 Ankern total sind zwingend erforderlich!