

TYPENBERECHNUNG BGW TRANSPORTANKER TEIL 2: SPREIZANKER



Auftraggeber:

BGW-Bohr GmbH
Kastanienstr. 100
97854 Steinfeld



Aufsteller:

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

Projekt:

TP07-22-2

Datum:

20.03.2014

Diese Typenberechnung umfasst 100 Seiten und 1 Anlage (10 Seiten).

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG	5
2	LITERATUR	6
3	FORMELZEICHEN	7
4	SPREIZANKER	13
4.1	Allgemeines	13
4.2	Ankerbeschreibung	14
4.3	Material	17
4.3.1	Ankerstahl	17
4.3.2	Betonstahl	17
4.3.3	Beton	17
4.4	Konstruktive Anforderungen	18
4.4.1	Allgemeines	18
4.4.2	Betonfestigkeitsklassen	18
4.4.3	Einbaubedingungen	18
4.4.4	Aussparungskörper	19
4.4.5	Hebezeug	20
4.5	Belastungsarten (Lastfälle)	20
4.6	Mindestabmessungen und Mindestabstände	21
4.7	Bewehrung	26
4.7.1	Allgemeines	26
4.7.2	Grundbewehrung	26
4.7.3	Steckbügelbewehrung	27
4.7.4	Randbewehrung	27
4.7.5	Schrägzugbewehrung	28
4.7.6	Querzugbewehrung	29
4.7.7	Zusammenstellung der Bewehrung	29
5	LASTANNAHMEN	31
5.1	Allgemeines	31
5.2	Eigenlasten	31
5.3	Schalungshaftung	31
5.4	Dynamikfaktor	32
6	SICHERHEITSKONZEPT	33

6.1	Grundlage	33
6.2	Einwirkungen	33
6.2.1	Allgemeines	33
6.2.2	Lastfall Abheben mit Schalungshaftung	34
6.2.3	Lastfall Transport	34
6.3	Widerstände	35
6.4	Sicherheitsbeiwerte	35
6.5	Grenzwerte	36
6.6	Nachweise	37
7	BEMESSUNGSKONZEPT	38
7.1	Lastfälle/Kraftgrößen	38
7.2	Kraftgrößen	39
7.3	Tragmodell	41
7.4	Tragelemente	43
8	TRAGFÄHIGKEITEN	45
8.1	Ankerstahl	45
8.1.1	Maßgebende Stahltragfähigkeit	45
8.1.2	Normalkrafttragfähigkeit der Ösenflanken	46
8.1.3	Normalkrafttragfähigkeit des Ösenscheitels	47
8.1.4	Querkrafttragfähigkeit des Ankers	49
8.2	Lokale Lasteinleitung	51
8.3	Betonausbruch	53
8.3.1	Allgemeines	53
8.3.2	Betonausbruch bei Balken	53
8.3.3	Betonausbruch bei Platten	58
8.3.4	Betonausbruch bei Scheiben	62
8.3.5	Widerstand gegen Seitenabplatzung bei Scheiben	66
8.3.6	Betonausbruch unter Querkraftlasten	68
8.4	Grund- und Steckbügelbewehrung	70
8.4.1	Allgemeines	70
8.4.2	Stahltragfähigkeit LF Zentrischer Zug	70
8.4.3	Verbundtragfähigkeit LF Zentrischer Zug	72
8.4.4	Spaltzugtragfähigkeit LF Zentrischer Zug	74
8.4.5	Stahltragfähigkeit LF Schrägzug	75
8.4.6	Verbundtragfähigkeit LF Schrägzug	76
8.5	Schrägzugbewehrung	78
8.5.1	Stahltragfähigkeit	78
8.5.2	Verbundtragfähigkeit	79

8.6	Randbewehrung	80
8.6.1	Tragfähigkeit LF Zentrischer Zug	80
8.6.2	Tragfähigkeit LF Schrägzug	82
8.7	Betonpressung	84
8.7.1	Tragfähigkeit LF Zentrischer Zug	84
8.7.2	Tragfähigkeit LF Schrägzug	88
9	VERSUCHSAUSWERTUNG	89
9.1	Allgemeines	89
9.2	Materialfestigkeiten	89
9.3	Rechnerische Traglasten	91
9.4	Versuchslasten	91
9.5	Auswertung	91
9.6	Versuchsbewertung	92
9.7	Auswertungstabellen	93
9.7.1	Zug- und Schrägzugversuche an Scheiben	93
9.7.2	Querzugversuche an Scheiben	94
9.7.3	Versuche an S-2,5-20 in Platten	96
9.7.4	Versuche an S-3,0-16 in Platten	98

ANLAGE A TRAGFÄHIGKEITSTABELLEN

1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG

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

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.

Einige der verwendeten Tragmodelle werden an den durchgeführten Ausziehversuchen verifiziert und kalibriert.

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_{RL}	Mindestachsabstand der Anker zum Rand in Bauteillängsrichtung
a_{RQ}	Mindestachsabstand der Anker zum Rand in Bauteilquerrichtung
a_z	Mindestzwischenabstand der Anker
A_p	Pressungsfläche
$A_{S,B}$	Querschnitt der Steckbügelbewehrung (LF Zentrischer Zug)
$A_{S,BS}$	Querschnitt der Steckbügelbewehrung (LF Schrägzug)
$a_{S,G}$	Flächenquerschnitt der Grundbewehrung
$a_{S,min}$	Mindestbewehrungsquerschnitt der Bauteiloberflächen
$A_{S,G}$	Querschnitt der Grundbewehrung
$A_{S,G,i}$	Querschnitt des Einzelstabs der Grundbewehrung
$A_{S,S}$	Querschnitt der Schrägzugbewehrung
$A_{S,R}$	Querschnitt der Randzugbewehrung (inkl. Grundbewehrungsanteil)
$A_{S,RS}$	Querschnitt der Randzugbewehrung (LF Schrägzug)
$A_{S,V}$	Querschnitt der Verankerungsbewehrung
A_{Sch}	haftende Schalfläche
b	Ankerbreite
b_A	Breite des Aussparungskörpers
b_G	Mindestbreite der Grundbewehrung im Ankerbereich
$b_{G,ef}$	effektive Breite der Grundbewehrung
b_{RK}	Breite (Dicke) der Ringkupplung
c_{min}	Mindestbetondeckung
c_{nom}	Nennmaß der Betondeckung
d_A	Dicke des Aussparungskörpers
d_{br}	Biegerollendurchmesser eines Bewehrungsstabs
$d_{br,1}, d_{br,2}$	Biegerollendurchmesser nach DIN 1045-1, Tabelle 23
$d_{br,S}$	Biegerollendurchmesser der Schrägzugbewehrung
$d_{br,Z}$	Biegerollendurchmesser der Zugverankerungsbewehrung
d_K	Versuchskörperhöhe
d_L	Durchmesser (Breite) des Ösenlochs
d_R	Durchmesser des Ringkupplungsriegels
d_{RK}	Durchmesser der Ringkupplung
$d_{S,B}$	Bewehrungsstabdurchmesser Steckbügel (LF Zentr. Zug)
$d_{S,BS}$	Bewehrungsstabdurchmesser Steckbügel (LF Schrägzug)
$d_{S,G}$	Bewehrungsstabdurchmesser Grundbewehrung
$d_{S,R}$	Bewehrungsstabdurchmesser Randzugbewehrung (LF Zentr. Zug)
$d_{S,RS}$	Bewehrungsstabdurchmesser Randzugbewehrung (LF Schrägzug)
$d_{S,S}$	Bewehrungsstabdurchmesser Schrägzugbewehrung

$d_{s,z}$	Bewehrungsstabdurchmesser Zugverankerungsbewehrung
D_{min}	Mindestbauteildicke (Wandstärke)
e_B	Zwischenabstände der Steckbügelbewehrung
f	Ösenflankenbreite
g	Abstand der Ösenlöcher
h_1	Höhe des oberen Ösenlochs
h_2	Höhe des unteren Ösenlochs
h_A	Höhe des Aussparungskörpers
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_b	Verankerungslänge
l_{br}	Stababschnittslänge im gebogenen Bereich
l_d	Bogenlänge einer Bewehrungsschleufe
l_B	Schenkellänge der Steckbügelbewehrung (LF Zentrischer Zug)
l_{BS}	Schenkellänge der Steckbügelbewehrung (LF Schrägzug)
$l_{B,b}$	Verbundlänge der Steckbügelbewehrungsschenkel (LF Zentr.Zug)
$l_{BS,b}$	Verbundlänge der Steckbügelbewehrungsschenkel (LF Schrägzug)
l_H	Länge der geraden Schenkel der Schrägzugbewehrung
l_K	Länge des Versuchskörpers
l_S	Gesamtlänge der Schrägzugbewehrung
l_V	Projizierte, vertikale Schenkellänge der Zugverankerungsbewehrung
l_Z	Gesamtlänge der Zugbewehrung
L_s	Stützweite des Versuchskörpers
n	Anzahl der Bewehrungspositionen
n_B	Anzahl der Steckbügel (LF Zentrischer Zug)
n_{BS}	Anzahl der Steckbügel (LF Schrägzug)
n_{Gh}	wirksame Anzahl horizontaler Grundbewehrungsstäbe
s	Ösenscheitelhöhe
s_h	horizontale Bogenlänge der gekrümmten Pressungsfläche
s_v	vertikale Bogenlänge der gekrümmten Pressungsfläche
t	Ankerstahlblechdicke
u_u	Auslenkung bei maximaler Last/Bruchlast im Ausziehversuch
V	Volumen der Betonschalen
α	halber Spreizungswinkel der Verankerungsbewehrung
α	Neigungswinkel der Abstützkraft zur Ankerachse bei Schrägzug $\beta \leq 30^\circ$
β	Neigungswinkel der Lastrichtung zur Ankerachse bei Schrägzug
δ	Spreizwinkel zwischen den Gehängesträngen

δ	Neigungswinkel der Betonpressungskraft zur Horizontalen
δ_0	Neigungswinkel Beginn der Betonpressungsfläche
$\Delta\delta$	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}	charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons
$f_{ck,15}$	charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit von Beton C12/15
$f_{ck,cube}$	charakteristischer Wert der Betonwürfeldruckfestigkeit
$f_{c,cube}$	Druckfestigkeit des Betons an 150 mm Würfeln (Messwert)
$f_{c,cyl}$	Zylinderdruckfestigkeit des Betons (abgeleiteter Messwert)
$f_{c,cyl,equ}$	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
$f_{ct,sp}$	Betonspaltzugfestigkeit (Messwert)
$f_{ct,z}$	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
$F_{Rk,M}$	rechnerische Biegetraglast des Versuchskörpers
H_{Rk}	charakteristische Ankerhorizontaltraglast
$H_{Rk,B,Sp}$	Ankerhorizontaltraglast inf. Stahltragfähigkeit der Steckbügelbewehrung auf Spaltzugkräfte (LF Zentrischer Zug)
$H_{Rk,S,R}$	Ankerhorizontaltraglast inf. Tragfähigkeit der Rand- und anteiligen Grundbewehrung (LF Zentrischer Zug)
$H_{Rk,S,RS}$	Ankerhorizontaltraglast inf. Tragfähigkeit der Rand- und anteiligen Grundbewehrung (LF Schrägzug)
$H_{Rk,S,b}$	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

$N_{Rk,C}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit auf Betonausbruch
$N_{Rk,B,b}$	Ankernormaltraglast inf. Verbundtragfähigkeit d. Steckbügelbewehrung (LF Zentrischer Zug)
$N_{Rk,B,s}$	Ankernormaltraglast inf. Stahltragfähigkeit der Steckbügelbewehrung (LF Zentrischer Zug)
$N_{Rk,BS,b}$	Ankernormaltraglast inf. Verbundtragfähigkeit d. Steckbügelbewehrung (LF Schrägzug)
$N_{Rk,BS,s}$	Ankernormaltraglast inf. Stahltragfähigkeit der Steckbügelbewehrung (LF Schrägzug)
$N_{Rk,G}$	Ankernormaltraglast inf. Stahl- und Verbundtragfähigkeit der Grundbewehrung
$N_{Rk,GB,b}$	Ankernormaltraglast inf Verbundtragfähigkeit der Grund- und Steckbügelbewehrung (LF Zentrischer Zug)
$N_{Rk,GB,s}$	Ankernormaltraglast inf Stahltragfähigkeit der Grund- und Steckbügelbewehrung (LF Zentrischer Zug)
$N_{Rk,R}$	Ankernormaltraglast inf. Stahltragfähigkeit der Randbewehrung
$N_{Rk,Z,b}$	Ankernormaltraglast inf. Verbundtragfähigkeit d. Zugverankerungsbew.
$N_{Rk,Z,s}$	Ankernormaltraglast inf. Stahltragfähigkeit d. Zugverankerungsbew.
P_{Rk}	Teilflächenpressungstragfähigkeit
R_k	allgemeiner Bauteilwiderstand
$Z_{Rk,P}$	Ankernormaltraglast ($\beta=30^\circ$) infolge Grenzbetonteilflächenpressung
α_a	Beiwert der Verankerungslänge
γ_{Beton}	Wichte von Stahlbeton
η	Verhältnis zwischen rechnerisch zulässiger Last und Nennlast
η_U	Bruchsicherheitsverhältnis zwischen Bruchlast u. maßg. rechn. Traglast
ψ_L	Beiwert für Betonausbruchkegel in Bauteillängsrichtung
ψ_Q	Beiwert für Betonausbruchkegel in Bauteilquerrichtung

Kraftgrößen

f	Hublastbeiwert
A	Abstützkraft am Aussparungskörper
B	Kraft des ersten Steckbügels
F	vertikale Gehängekraft, Versuchslast
F_u	Maximale Versuchslast / Bruchlast
F_{zul}	zulässige Ankerlast (allgemein)
G	Eigengewicht eines Betonelements
H	horizontale Ankerlast ($\beta=90^\circ$) / Horizontalkraftkomponente
h_A	Flächenwert der Schalungshaftung
H_A	Schalungshaftkraft
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	Querzuglast orthogonal zur Bauteilebene
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_{sp}	Spaltzugkraft
Z_{zul}	zulässige Ankerlast (LF Zentrischer Zug ($\beta \leq 30^\circ$))
σ	Normalspannung

Sonstige Größen

v_h	Hubgeschwindigkeit
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	Steckbügelbewehrung
BS	Steckbügelbewehrung bei Schrägzuglast
C	Beton / Betonausbruch
F	Ösenflanke
G	Grundbewehrung (Bewehrungsmatte)
GB	Grund- und Steckbügelbewehrung
H	Schrägzugbewehrung (Horizontalschlaufe)
k	Charakteristischer Wert
max	Maximum
min	Minimum
mind	Mindestwert
O	oben (oberseitiger Betonausbruch)
P	Pressung

R	Randbewehrung
RS	Randbewehrung bei Schrägzuglast
Rk	charakteristischer Widerstand
S	Betonstahl
S	seitlich(er) Betonausbruch
S	Ösenscheitel
Sp	Spaltzugkraft
Z	Zugbewehrung
zul	zulässiger Wert

4 SPREIZANKER

4.1 ALLGEMEINES

Die Spreizanker 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 Spreizanker erfordern je nach Anwendungsfall eine zusätzliche lokale und globale Bewehrung, die zusammen mit dem Bewehrungskorb infolge Bauteilbemessung vor der Betonage in der Fertigteilschalung 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.

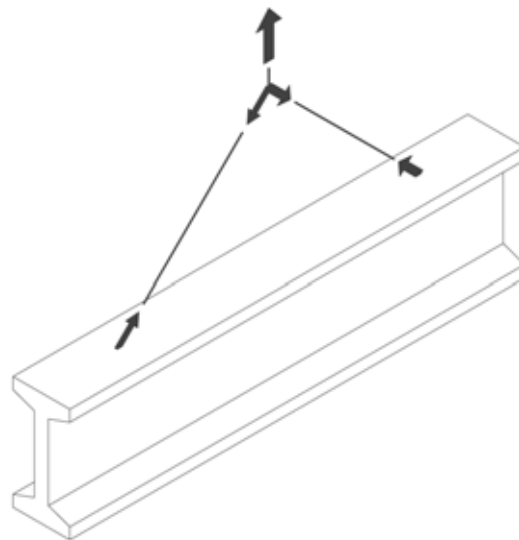


Bild 1: Fertigteilelement mit eingebauten Transportankern und schrägem Seilgehänge

4.2 ANKERBESCHREIBUNG

Die in der vorliegenden Typenberechnung behandelten Spreizanker sind in 12 verschiedenen Ankergrößen unterteilt. Jede Ankergröße ist in ein bis drei unterschiedlichen Längen verfügbar. Jede Ankergröße gehört zu einer Laststufe in [t], zu der eine Ankerennlast in [kN] zugeordnet ist. Die Nennlast entspricht der zulässigen Ankertraglast bei zentrischer Zuglast. Die Laststufen sind in vier Lastgruppen (2,5, 5, 10 und 26 t) gebündelt. 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-S-0,7	0,7 t	2,5 t	7 kN
TPA-S-1,4	1,4 t		14 kN
TPA-S-2,0	2,0 t		20 kN
TPA-S-2,5	2,5 t		25 kN
TPA-S-3,0	3,0 t	5,0 t	30 kN
TPA-S-4,0	4,0 t		40 kN
TPA-S-5,0	5,0 t		50 kN
TPA-S-5,3	5,3 t	10,0 t	53 kN
TPA-S-7,5	7,5 t		75 kN
TPA-S-10,0	10,0 t		100 kN
TPA-S-14,0	14,0 t	26,0 t	140 kN
TPA-S-22,0	22,0 t		220 kN

Die maßgebenden Ankerabmessungen sind in Bild 2 sowie in Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgeführt. Die Ankerspreizung beträgt stets $2\alpha=90^\circ$.

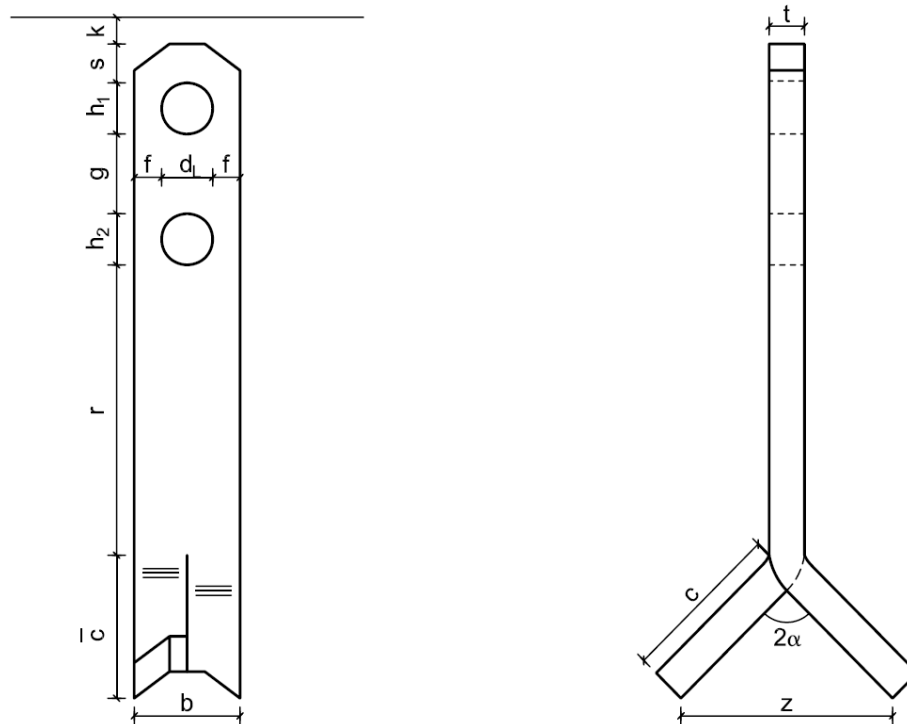


Bild 2: Spreizanker mit Abmessungen

Tabelle 2: Innere Ankerabmessungen [mm]

Anker	Lochbreite	Ösenflanke	Ösenscheitel	Höhe Loch o.	Höhe Loch u.	Lochabstand	Rk-Ø
	d_L	f	s	h_1	h_2	g	d_{RK}
TPA-S-0,7	14	8,0	9,0	20	20	25	79
TPA-S-1,4	14	8,0	9,0	20	20	25	79
TPA-S-2,0	14	8,0	9,0	20	20	25	79
TPA-S-2,5	14	8,0	9,0	20	20	25	79
TPA-S-3,0	18	11,0	14,0	22	22	39	98
TPA-S-4,0	18	11,0	14,0	22	22	39	98
TPA-S-5,0	18	11,0	14,0	22	22	39	98
TPA-S-5,3	26	17,0	21,0	30	26	45	137
TPA-S-7,5	26	17,0	21,0	30	26	45	137
TPA-S-10,0	29	15,5	21,0	30	29	45	137
TPA-S-14,0	35	22,5	36,0	46	35	75	210
TPA-S-22,0	35	27,5	36,0	46	35	120	210

Tabelle 3: Äußere Ankerabmessungen [mm]

Anker	Ankergeometrie						
	Länge	Breite	Dicke	Spreizung	Schenkellänge		Spalt
	l	b	t	z	c	c̄	k
TPA-S-0,7-11	110	30	5,0	60	42,4	30	10
TPA-S-1,4-11	110	30	6,0	60	42,4	30	10
TPA-S-1,4-16	160	30	6,0	60	42,4	30	10
TPA-S-2,0-13	130	30	8,0	60	42,4	30	10
TPA-S-2,0-16	160	30	8,0	60	42,4	30	10
TPA-S-2,0-21	210	30	8,0	60	42,4	30	10
TPA-S-2,5-15	150	30	10	70	49,5	35	10
TPA-S-2,5-20	200	30	10	70	49,5	35	10
TPA-S-2,5-25	250	30	10	70	49,5	35	10
TPA-S-3,0-16	160	40	10	80	56,6	40	10
TPA-S-3,0-20	200	40	10	80	56,6	40	10
TPA-S-3,0-28	280	40	10	80	56,6	40	10
TPA-S-4,0-18	180	40	12	80	56,6	40	10
TPA-S-4,0-24	240	40	12	80	56,6	40	10
TPA-S-4,0-32	320	40	12	80	56,6	40	10
TPA-S-5,0-18	180	40	15	80	56,6	40	10
TPA-S-5,0-24	240	40	15	80	56,6	40	10
TPA-S-5,0-40	400	40	15	80	56,6	40	10
TPA-S-5,3-22	220	60	12	90	63,6	45	15
TPA-S-5,3-26	260	60	12	90	63,6	45	15
TPA-S-5,3-34	340	60	12	90	63,6	45	15
TPA-S-7,5-26	260	60	15	110	77,8	55	15
TPA-S-7,5-30	300	60	15	110	77,8	55	15
TPA-S-7,5-42	420	60	15	110	77,8	55	15
TPA-S-10-30	300	60	20	110	77,8	55	15
TPA-S-10-37	370	60	20	110	77,8	55	15
TPA-S-10-52	520	60	20	110	77,8	55	15
TPA-S-14-37	370	80	20	140	99,0	70	15
TPA-S-14-46	460	80	20	140	99,0	70	15
TPA-S-22-50	500	90	25	140	99,0	70	15
TPA-S-22-62	620	90	25	140	99,0	70	15

4.3 MATERIAL

4.3.1 Ankerstahl

Die Spreizanker werden aus Baustahl S355 J2 hergestellt.

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

$$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$$

Der Ankerstahl muss über [3] 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 Spreizanker 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 Spreizanker 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 ($f_{ck}, f_{ck,cube}, f_{ctk,0.05}$) 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 Spreizankern kann sowohl in Balken und Platten als auch in Scheiben erfolgen. Die Spreizanker sind dabei stets orthogonal und bündig zur Bauteiloberfläche einzubauen. Bei der Verwendung in Scheiben erfolgt der Einbau der Anker in der Bauteilstirnseite.

Beim Einbau sind die Mindeststrand- 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 Hebeplatz eingesetzt werden.

Bei Anordnung von mehr als zwei Spreizankern in der Ebene, bzw. mehr als drei Spreizankern 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.

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.

Die Abmessungen der Aussparungskörper sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4: Abmessungen der Ringkupplung und der Aussparungskörper

Anker		Ringkupplung			Aussparungskörper		
Ankergröße	Lastgruppe	Rk- \emptyset	Rk-Breite	Riegel- \emptyset	Höhe	Breite	Dicke
		d_{RK}	b_{RK}	d_R	h_A	b_A	d_A
TPA-S-0,7	2,5 t	79	27	13,0	50	105	45
TPA-S-1,4							
TPA-S-2,0							
TPA-S-2,5							
TPA-S-3,0	5,0 t	98	36	16,5	60	130	50
TPA-S-4,0							
TPA-S-5,0							
TPA-S-5,3	10,0 t	137	50	23,5	100	200	70
TPA-S-7,5							
TPA-S-10,0							
TPA-S-14,0	26,0 t	210	72	32,0	130	260	120
TPA-S-22,0							

4.4.5 Hebezeug

Die Spreizanker 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. Die Abmessungen der Ringkupplungen sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

4.5 BELASTUNGSARTEN (LASTFÄLLE)

Die Spreizanker können mit zentrischen Zuglasten Z, mit Schrägzuglasten S (Lastneigung quer zur Ankerebene) und mit Querszuglasten Q (Lastneigung parallel zur Ankerebene) beansprucht werden (vgl. Bild 3).

Beim Schrägzugbeanspruchung ist der Neigungswinkel der Last zur Ankerachse (Vertikale) auf $\beta=30^\circ$ begrenzt, wenn keine Schrägzugbewehrung angeordnet wurde. 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).

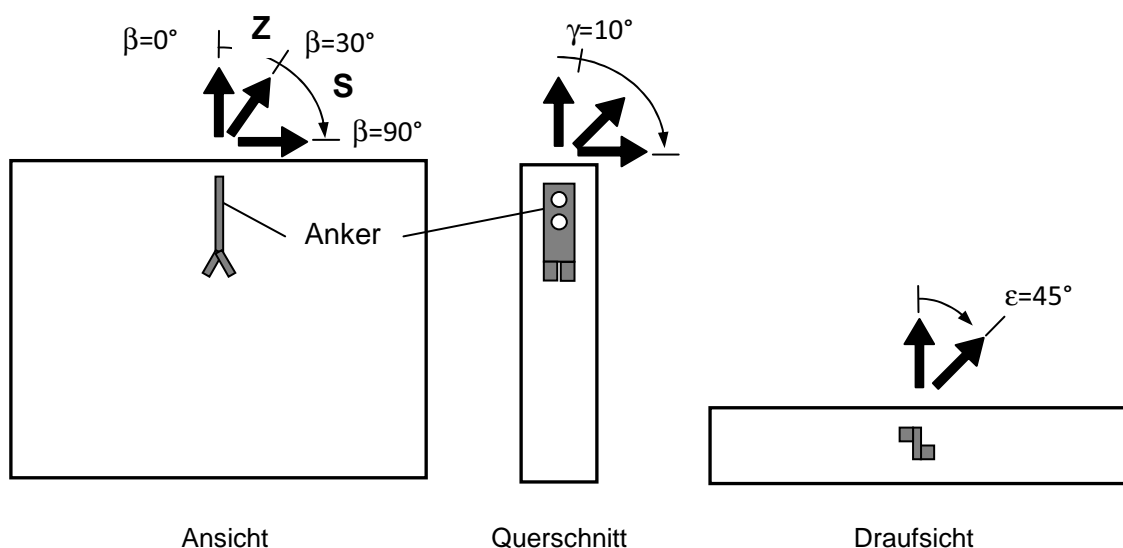


Bild 3: Zulässige Ankerbelastungsrichtungen

Bei Zug-/Schrägzugbeanspruchung ist der Lastneigungswinkel senkrecht zur Bauteilebene auf $\gamma=10^\circ$ begrenzt, darüber hinaus liegt Querkzugbeanspruchung ($\gamma=10-90^\circ$) vor, die eine Aufrichtbewehrung erfordert. Die Neigung von schräger Querkzugbeanspruchung ist auf $\epsilon=45^\circ$ begrenzt (vgl. Bild 3).

4.6 MINDESTABMESSUNGEN UND MINDESTABSTÄNDE

Beim Einbau der Spreizanker in Betonfertigteilen sind die Mindestbauteildicken sowie die Mindestabstände zu den Bauteilrändern und zu anderen Ankern einzuhalten. Die Mindestabstände sind abhängig von den Bauteiltypen Balken, Platte oder Scheibe und von der Betonfestigkeit zum Zeitpunkt des Transports.

Neben den Ankerachsabständen a_z wird zwischen den Randabständen in Bauteillängsrichtung a_{RL} (bzw. orthogonal zur Ankerebene) und in Bauteilquerrichtung a_{RQ} (bzw. parallel zur Ankerebene) unterschieden.

Die Mindestabstände sind unter Berücksichtigung des Betonausbruchkegels (Abs. 8.3) festgelegt. Die Mindestabstände sind in Tabelle 5 aufgeführt. Die Abstände in Bauteilquerrichtung sind dabei in Abhängigkeit von der Betonwürfeldruckfestigkeit $f_{cc,cube}=15, 25$ oder 35 N/mm^2 angegeben.

Der Mindestrandabstand in Bauteillängsrichtung a_{RL} entspricht der Hälfte des Mindestankerzwischenabstands a_z :

$$a_{RL} = 0,5 a_z \quad (1)$$

Die Mindestrandabstände in Bauteilquerrichtung a_{RQ} ergeben sich aus den Bemessungsgleichungen für oberseitigen Betonausbruch bzw. seitlichen Betonausbruch gemäß Abschnitt 8.3.

Die Mindestdicke H_{min} für Platten ergibt sich aus dem Wert der Ankerlänge l und dem Abstand k zur Betonoberfläche sowie einem Betrag $c_{nom}=25 \text{ mm}$ für die untere Betondeckung:

$$H_{min} = l + k + 25 \text{ mm} \quad \text{für Platten} \quad (2)$$

Die Mindesthöhe H_{min} von Balken wird über den Widerstand gegen Betonausbruch bestimmt (Abs. 8.3).

Die Mindestbauteildicke H_{\min} bei dünnen, wandartigen Betonfertigteilen (Scheiben) entspricht dem doppelten Randabstand a_{RQ} in Bauteilquerrichtung:

$$H_{\min} = 2 a_{RQ} \quad (3)$$

Die Mindestabstände und die Mindestbauteildicken sind für Balken, Platten und Scheiben in bis zusammengestellt.

Tabelle 5: Mindestbauteilhöhe und Mindestabstände bei Balken [mm]

Anker	Abstände BALKEN					
	Mindest- Bauteilhöhe	Querrandabstand bei $f_{cc,cube} =$			Längsrand- abstand	Zwischen- abstand
		15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²		
	H_{min}	a_{RQ}			a_{RL}	a_z
TPA-S-0,7-11	200	35	35	35	140	280
TPA-S-1,4-11	190	60	40	35	190	380
TPA-S-1,4-16	290	35	35	35	265	530
TPA-S-2,0-13	225	80	55	45	225	450
TPA-S-2,0-16	285	60	40	35	285	570
TPA-S-2,0-21	385	45	35	35	385	770
TPA-S-2,5-15	260	90	65	50	260	520
TPA-S-2,5-20	360	65	45	35	360	720
TPA-S-2,5-25	460	50	35	35	460	920
TPA-S-3,0-16	275	105	75	60	275	550
TPA-S-3,0-20	350	80	60	45	355	710
TPA-S-3,0-28	510	55	40	40	513	1025
TPA-S-4,0-18	310	140	100	80	305	610
TPA-S-4,0-24	425	100	70	55	425	850
TPA-S-4,0-32	590	70	50	40	588	1175
TPA-S-5,0-18	300	190	135	110	300	600
TPA-S-5,0-24	420	135	95	75	420	840
TPA-S-5,0-40	740	75	55	45	740	1480
TPA-S-5,3-22	400	190	135	110	375	750
TPA-S-5,3-26	460	135	95	75	450	900
TPA-S-5,3-34	600	95	75	60	620	1240
TPA-S-7,5-26	450	210	150	120	450	900
TPA-S-7,5-30	530	180	125	100	530	1060
TPA-S-7,5-42	770	120	85	70	770	1540
TPA-S-10-30	515	270	190	150	515	1030
TPA-S-10-37	655	210	150	120	655	1310
TPA-S-10-52	955	140	100	80	955	1910
TPA-S-14-37	615	350	250	200	615	1230
TPA-S-14-46	795	265	190	150	795	1590
TPA-S-22-50	850	450	320	260	850	1700
TPA-S-22-62	1090	350	250	200	1090	2180

Tabelle 6: Mindestbauteilhöhe und Mindestabstände bei Platten [mm]

Anker	Abstände PLATTEN					
	Mindest-Bauteilhöhe	Querrandabstand bei $f_{cc,cube}$			Längsrand-abstand	Zwischen-abstand
		15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²		
	H_{min}	a_{RQ}			a_{RL}	a_z
TPA-S-0,7-11	145	35	35	35	140	280
TPA-S-1,4-11	145	100	65	50	190	380
TPA-S-1,4-16	195	55	35	35	265	530
TPA-S-2,0-13	165	125	90	70	225	450
TPA-S-2,0-16	195	100	70	50	285	570
TPA-S-2,0-21	245	65	45	35	385	770
TPA-S-2,5-15	185	145	100	80	260	520
TPA-S-2,5-20	235	100	65	50	360	720
TPA-S-2,5-25	285	75	50	40	460	920
TPA-S-3,0-16	195	170	120	95	275	550
TPA-S-3,0-20	235	130	90	65	355	710
TPA-S-3,0-28	315	85	60	50	515	1025
TPA-S-4,0-18	215	220	155	120	305	610
TPA-S-4,0-24	275	155	110	80	425	850
TPA-S-4,0-32	355	110	75	60	590	1175
TPA-S-5,0-18	215	280	210	165	300	600
TPA-S-5,0-24	275	215	150	115	420	840
TPA-S-5,0-40	435	115	85	65	740	1480
TPA-S-5,3-22	255	250	180	140	375	750
TPA-S-5,3-26	295	210	145	110	450	900
TPA-S-5,3-34	375	145	105	85	620	1240
TPA-S-7,5-26	300	320	230	180	450	900
TPA-S-7,5-30	340	280	195	150	530	1060
TPA-S-7,5-42	460	190	135	110	770	1540
TPA-S-10-30	340	395	290	230	515	1030
TPA-S-10-37	410	320	225	180	655	1310
TPA-S-10-52	560	225	160	130	955	1910
TPA-S-14-37	410	500	355	285	615	1230
TPA-S-14-46	500	400	285	230	795	1590
TPA-S-22-50	540	675	480	385	850	1700
TPA-S-22-62	660	540	385	310	1090	2180

Tabelle 7: Mindestabstände bei Scheiben [mm]

Anker	Abstände SCHEIBEN				
	Querrandabstand bei $f_{cc,cube}$			Längsrand- abstand	Zwischen- abstand
	15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²		
	a_{RQ}			a_{RL}	a_z
TPA-S-0,7-11	30	30	30	165	330
TPA-S-1,4-11	45	30	30	165	330
TPA-S-1,4-16	40	30	30	240	480
TPA-S-2,0-13	60	40	35	195	390
TPA-S-2,0-16	50	40	35	240	480
TPA-S-2,0-21	50	40	35	315	630
TPA-S-2,5-15	70	45	40	225	450
TPA-S-2,5-20	60	45	40	300	600
TPA-S-2,5-25	60	45	40	375	750
TPA-S-3,0-16	85	55	40	240	480
TPA-S-3,0-20	60	45	40	300	600
TPA-S-3,0-28	60	45	40	420	840
TPA-S-4,0-18	110	75	55	270	540
TPA-S-4,0-24	75	60	50	360	720
TPA-S-4,0-32	75	60	50	480	960
TPA-S-5,0-18	175	110	80	270	540
TPA-S-5,0-24	95	70	60	360	720
TPA-S-5,0-40	90	70	60	600	1200
TPA-S-5,3-22	175	105	75	330	660
TPA-S-5,3-26	90	70	60	390	780
TPA-S-5,3-34	90	70	60	510	1020
TPA-S-7,5-26	170	105	75	390	780
TPA-S-7,5-30	125	80	65	450	900
TPA-S-7,5-42	100	75	65	630	1260
TPA-S-10-30	225	135	95	450	900
TPA-S-10-37	140	95	80	555	1110
TPA-S-10-52	125	95	80	780	1560
TPA-S-14-37	305	180	130	555	1110
TPA-S-14-46	175	105	85	690	1380
TPA-S-22-50	380	230	165	750	1500
TPA-S-22-62	225	150	125	930	1860

4.7 BEWEHRUNG

4.7.1 Allgemeines

In den folgenden Abschnitten wird die für die lokale Lasteinleitung im Bereich des Spreizankers erforderliche Bewehrung dargestellt. Die Bewehrung ist abhängig von den Bauteiltypen Balken, Platte oder Scheibe.

Bei Platten werden keine Anforderungen an die Bewehrung gestellt. Bei Balken wird von einer Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1-1 [2], bestehend aus Längsbewehrungsstäben und geschlossenen, balkenhohen Bügeln ausgegangen. Bei dünnwandigen Scheiben gibt die vorliegende Typenberechnung eine definierte Bewehrung in den folgenden Abschnitten vor. Für die Lastfälle Schrägzug und Querkzug sind für alle Bauteiltypen besondere Bewehrungszulagen vorzusehen (vgl. Abs. 4.7.5, 4.7.6).

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

Beim Bauteiltyp Scheibe ist im Ankerbereich in Abhängigkeit von der Laststufe mit einer Grundbewehrung $a_{s,G}$ aus Bewehrungsmatten an den Bauteiloberflächen zu versehen (s. Bild 4).

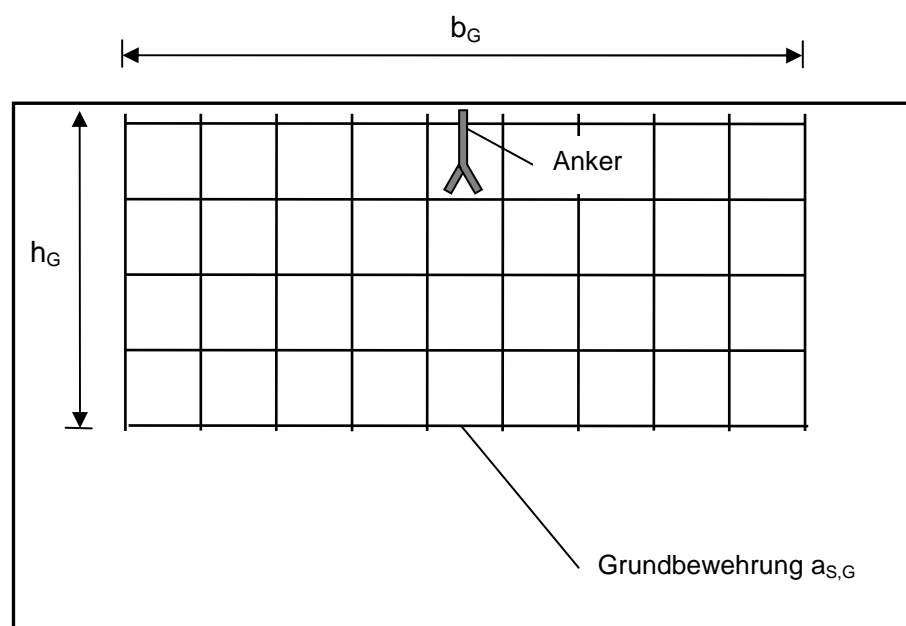


Bild 4: Grundbewehrung

Alternativ kann eine netzförmige Bewehrung aus Stabstahl mit mindestens gleichem Bewehrungsquerschnitt gewählt werden.

In Bauteillängsrichtung muss die Breite der Grundbewehrung b_G mindestens dem Mindestachsabstand der Anker a_z entsprechen. Die Grundbewehrung sollte über die gesamte Scheibenhöhe angeordnet werden.

$$b_G \geq a_z \quad (4)$$

4.7.3 Steckbügelbewehrung

Beim Bauteiltyp Scheibe ist im unmittelbaren Ankerbereich eine Steckbügelbewehrung $A_{S,B}$ (s. Bild 5) vorzusehen. Die Steckbügel sind möglichst dicht am Anker anzuordnen, das erste Bügelpaar unmittelbar am Aussparungskörper, die nächsten Stäbe im Abstand von jeweils $e_B = 75$ bis 100 mm.

4.7.4 Randbewehrung

Beim Bauteiltyp Scheibe ist an der Bauteiloberseite eine Randbewehrung $A_{S,R}$ (s. Bild 5) vorzusehen. Die Randbewehrung besteht aus zwei Bewehrungsstäben, die an je einer Seite des Ankeraussparungskörpers vorbeigeführt werden.

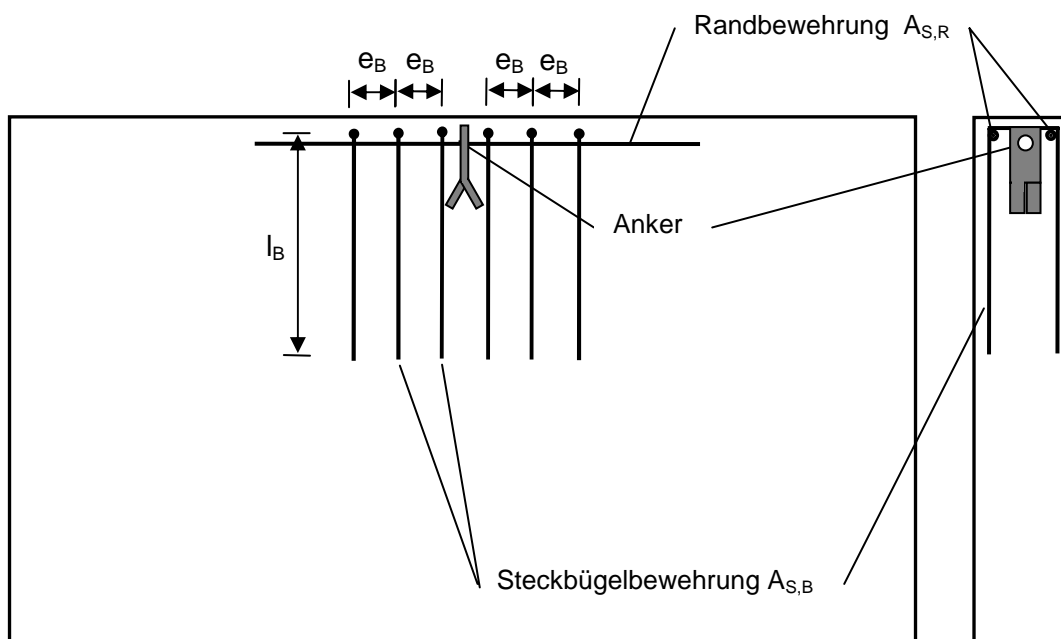


Bild 5: Steckbügel- und Randbewehrung

4.7.5 Schrägzugbewehrung

Bauteile mit Transportankern, die mit Schrägzuglasten mit Neigung $\beta > 30^\circ$ beansprucht werden sollen, sind mit einer Schrägzugbewehrung $A_{S,S}$ in Form einer Haarnadel zu bewehren, die unmittelbar am Aussparungskörper des Ankers angeordnet wird. Die Schenkel der Schrägzugbewehrung müssen in die entgegengesetzte Richtung der Schrägzugkraft weisen.

Der Biegerollendurchmesser $d_{br,S}$ richtet sich nach der Dicke d_A des Aussparungskörpers. Die Mindestwerte für den Biegerollendurchmesser für Schlaufen D_{min} nach DIN EN 1992-1-1 [2] sind dabei einzuhalten.

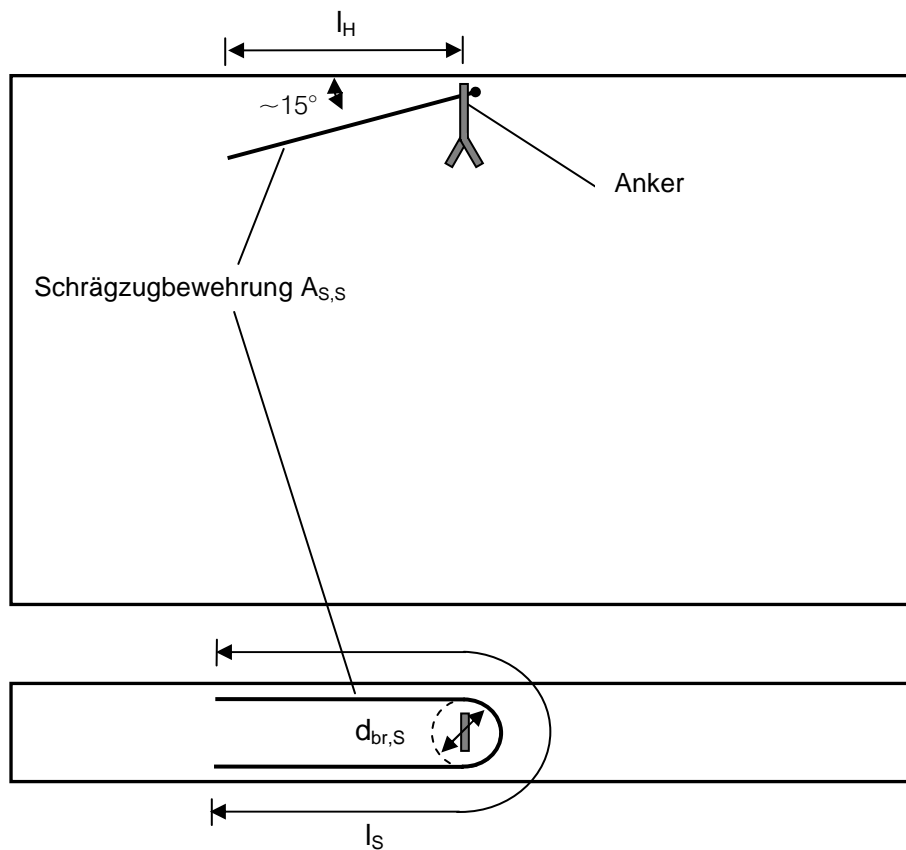


Bild 6: Schrägzugbewehrung

4.7.6 Quersugbewehrung

Bauteile, die mit Transportankern aus liegender Position aufgerichtet werden sollen, sind mit einer Quersugbewehrung $A_{s,q}$ in Form von zwei gegenläufigen Stäben mit V-förmiger Kröpfung im zu bewehren, die am stirnseitigen Bauteilrand, unmittelbar am Spreizanker anzulegen sind.

Der Biegerollendurchmesser D_{min} nach DIN EN 1992-1-1 [2] sind dabei einzuhalten.

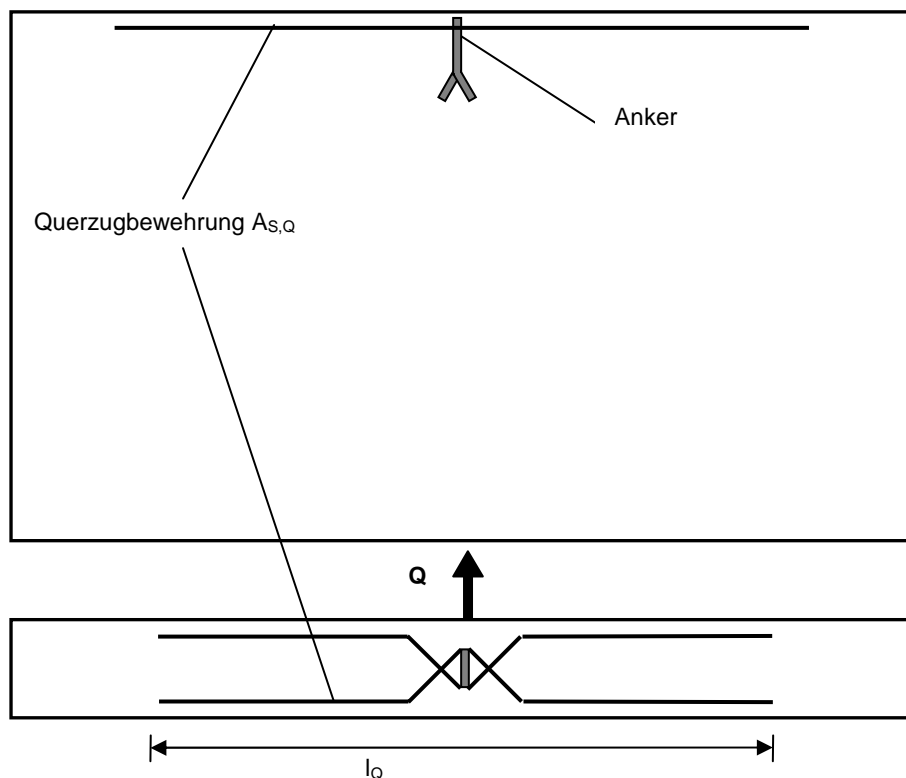


Bild 7: Quersugbewehrung

4.7.7 Zusammenstellung der Bewehrung

Im Folgenden sind die erforderlichen Stückzahlen, Durchmesser und Stablängen der Grund- und Zulagebewehrung gemäß Abs. 4.7.2 bis 4.7.6 für Scheiben in Abhängigkeit von der Ankergröße dargestellt.

Die angegebene Schrägzug- und Aufrichtbewehrung ist auch bei Balken vorzusehen. Die weitere Mindestbewehrung bei Balken sind geschlossene, bauteilhohle Bügel $\varnothing 8$ im Abstand von max. 20 cm. Bei Platten gibt es keine weiteren Anforderungen an die Mindestbewehrung.

Tabelle 8: Grund- und Zulagebewehrung bei Scheiben

Anker	Grundbewehrung		Steckbügelbewehrung			Randbew.
	Fläche	∅	Anzahl	∅	Schenkellä.	∅
	$a_{s,G}$	$d_{s,G}$	n	$d_{s,B}$	l_B	$d_{s,R}$
TPA-S-0,7	188	6	4	6	300	8
TPA-S-1,4	188	6	4	6	400	8
TPA-S-2,0	188	6	4	6	500	8
TPA-S-2,5	188	6	4	8	600	10
TPA-S-3,0	188	6	4	8	700	10
TPA-S-4,0	188	6	4	8	800	12
TPA-S-5,0	188	6	4	10	800	12
TPA-S-5,3	188	6	4	10	800	12
TPA-S-7,5	188	6	4	10	800	12
TPA-S-10,0	188	6	6	10	1000	14
TPA-S-14,0	257	7	8	10	1000	14
TPA-S-22,0	257	7	8	10	1200	16

Anker	Schrägzugbewehrung			Aufrichtbewehrung	
	∅	Gesamtlä.	Schenkellä.	∅	Stablänge
	$d_{s,S}$	l_S	l_H	d_Q	l_Q
TPA-S-0,7	6	450	85	8	600
TPA-S-1,4	6	900	310	10	700
TPA-S-2,0	8	950	335	10	750
TPA-S-2,5	8	1200	460	12	800
TPA-S-3,0	10	1150	406	12	850
TPA-S-4,0	10	1500	581	14	950
TPA-S-5,0	12	1550	606	16	1000
TPA-S-5,3	12	1700	595	16	1050
TPA-S-7,5	14	2000	745	20	1200
TPA-S-10,0	16	2300	895	20	1500
TPA-S-14,0	20	2600	946	25	1800
TPA-S-22,0	28	3450	1371	28	1800

5 LASTANNAHMEN

5.1 ALLGEMEINES

Spreizanker 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:

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

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

Tabelle 9: 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 Spreizanker 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 [1] 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.

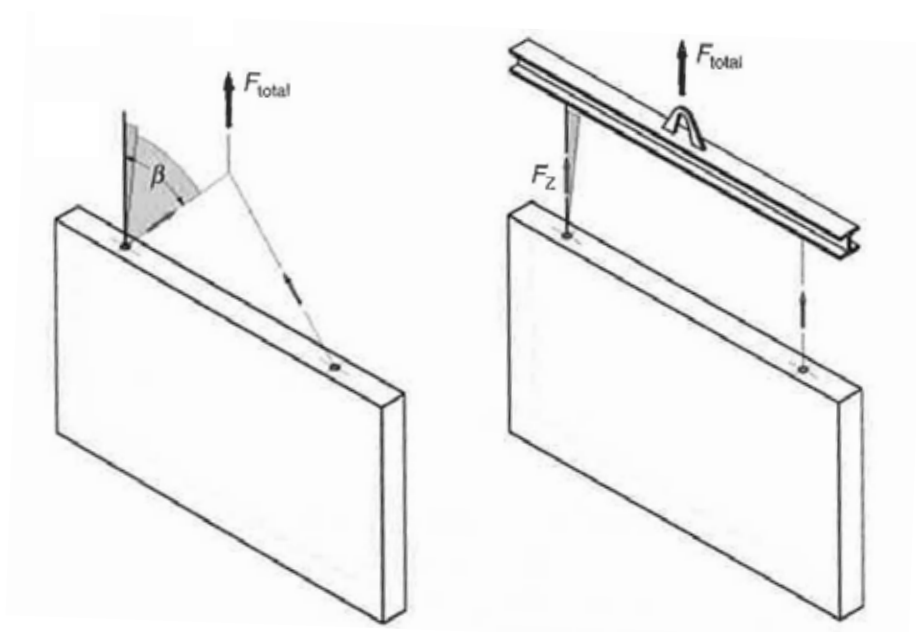


Bild 8: Wandelement im LF Abheben/Transport mit a) Schrägseilgehänge und b) Lasttraverse

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

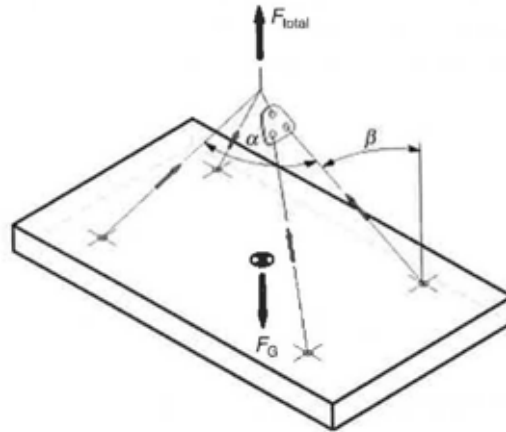


Bild 9: Plattenbauteil mit Schrägseilgehänge

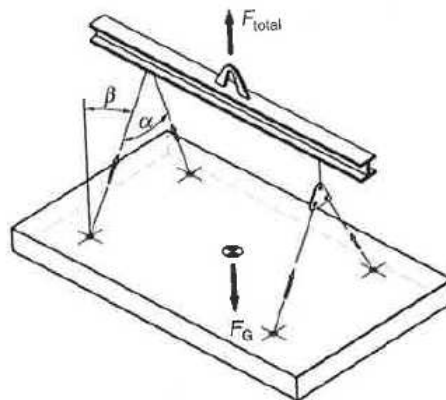


Bild 10: Plattenbauteil mit Lasttraverse

6.2.2 Lastfall Abheben mit Schalungshaftung

Im Lastfall Abheben mit Schalungshaftung beträgt die Einwirkung F_Q je Transportanker bei Verwendung gemäß Bild 9 oder Bild 10:

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

6.2.3 Lastfall Transport

Im Lastfall Transport beträgt die Einwirkung F_Q je Transportanker bei Verwendung gemäß Bild 9 oder Bild 10:

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

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. Wert der Betondruckfestigkeit
	$f_{ck,cube}$	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 ($\beta \leq 30^\circ$):

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

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

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

Es gilt im Lastfall Querkzug ($\gamma > 10^\circ$):

$$Q_{zul} = \min \begin{cases} Q_N \\ Q_{zul,A} \\ Q_{zul,C} \\ Q_{zul,Q} \end{cases} \quad (18)$$

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:

$$F \leq R_{zul} \quad \text{allgemein} \quad (19)$$

$$F_Z \leq N_{zul} \quad \text{Lastfall Zentrischer Zug } (\beta \leq 30^\circ) \quad (20)$$

$$F_Z \leq S_{zul} \quad \text{Lastfall Schrägzug } (30^\circ < \beta \leq 90^\circ) \quad (21)$$

$$F_Q \leq Q_{zul} \quad \text{Lastfall Querkzug } (\epsilon \leq 45^\circ) \quad (22)$$

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 , „Schrägzug“ S und „Querzug“ Q , die in der und quer zur Bauteilebene wirken (vgl. Bild 11). Diese Lastfälle Z , S und Q 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 in Bauteilebene von $\beta=30^\circ$ bis $\beta=90^\circ$ zur Ankerachse
- Querzug Q : Belastungen F mit einer Neigung quer zur Bauteilebene bzw. in der Ankerebene von $\gamma=10^\circ$ bis $\gamma=90^\circ$ sowie von $\varepsilon=0^\circ$ bis $\varepsilon=45^\circ$ („schräger Querzug“) in der Bauteilebene

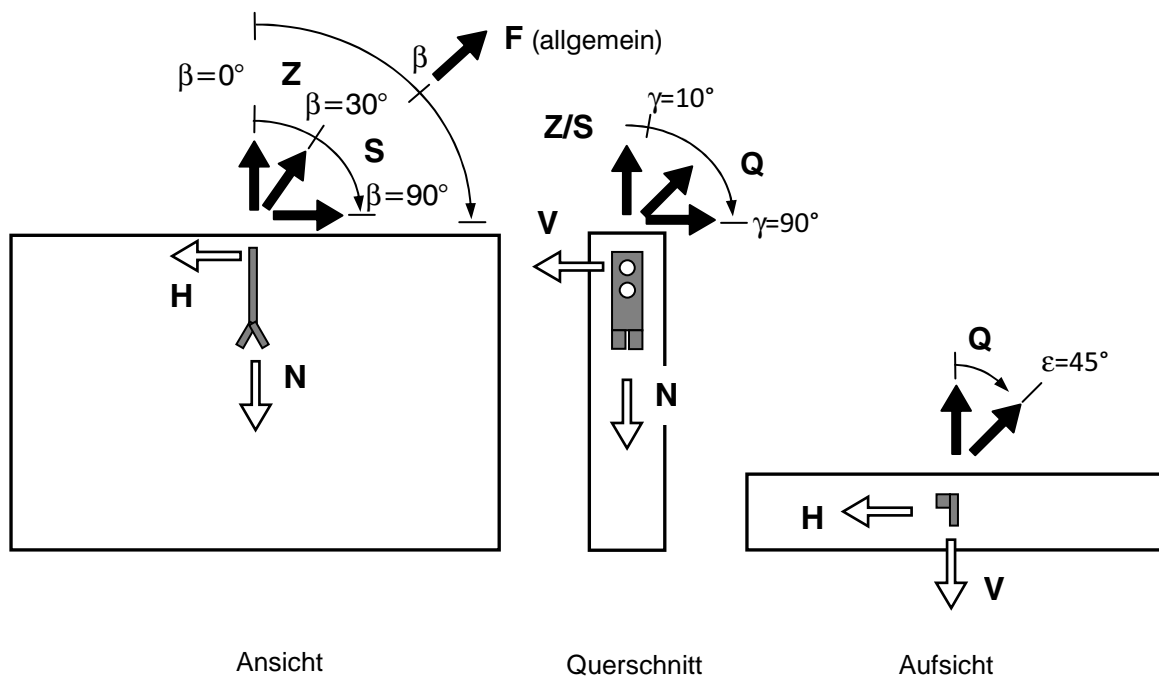


Bild 11: Äußere Lasten F , Z , S , Q und innere Schnittgrößen / Tragfähigkeiten N , H , V

7.2 KRAFTGRÖSSEN

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

$$N = F \cdot \cos \beta \quad \text{bzw.} \quad (23)$$

$$N = Q \cdot \cos \gamma \quad (24)$$

$$H = F \cdot \sin \beta \quad \text{bzw.} \quad (25)$$

$$H = Q \cdot \sin \varepsilon \quad (26)$$

$$V = Q \cdot \cos \gamma \cdot \cos \varepsilon \quad (27)$$

Infolge der je Lastfall Z , S oder Q 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 :
$$N \begin{cases} \geq Z \cdot \cos 30^\circ \approx 0,866 Z \\ \leq Z \end{cases} \quad (28)$$

$$H \begin{cases} \geq 0 \\ \leq Z \cdot \sin 30^\circ = 0,5 Z \end{cases} \quad (29)$$

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

$$H \begin{cases} \geq S \cdot \sin 30^\circ = 0,5 S \\ \leq S \end{cases} \quad (31)$$

- Querzug Q :
$$N \begin{cases} \geq 0 \\ \leq Q \cdot \cos 10^\circ \approx Q \end{cases} \quad (32)$$

$$H \begin{cases} \geq 0 \\ \leq Q \cdot \sin 45^\circ \approx 0,707 Q \end{cases} \quad (33)$$

$$V \begin{cases} \geq Q \cdot \cos 45^\circ \approx 0,707 Q \\ \leq Q \end{cases} \quad (34)$$

Bei der Bestimmung der zulässigen Beanspruchbarkeiten Z_{zul} , S_{zul} , bzw. Q_{zul} aus den Ankertragfähigkeiten N_{Rk} , H_{Rk} , bzw. V_{Rk} in den Abschnitten 8.1 bis 8.6 werden die jeweils maßgebenden Grenzwerte der Kraftgrößenbeziehungen je Beanspruchungsart eingehalten:

- Zentrischer Zug Z:
$$Z \leq \begin{cases} N \\ 2 H \end{cases} \quad (35)$$

- Schrägzug S:
$$S \leq \begin{cases} 0,80 N \\ H \end{cases} \quad (36)$$

- Querzug Q:
$$Q \leq \begin{cases} N \\ 1,414 H \\ V \end{cases} \quad (37)$$

Die Aufstellung berücksichtigt die Zusatzbedingung nach [6], dass die zulässigen Schrägzugkräfte mit maximal 80% und die Querzugkräfte mit maximal 50% des Werts der zulässigen zentrischen Zugkräfte anzusetzen sind.

7.3 TRAGMODELL

Im Folgenden wird das Tragmodell der Spreizanker kurz erläutert.

Normalkraft N

Der Lastabtrag der Spreizanker 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 mittels der gespreizten Ankerenden über Teilflächenpressung in den Beton eingetragen.

Bei dem Bauteiltyp Balken und Platte ist mit ausreichend großen Randabständen eine Verankerung über den Widerstand gegen Betonausbruch im rechnerisch unbewehrten Beton möglich. Bei dem Bauteiltyp Scheibe wird durch eine Kombination aus Grund-, Steckbügel- und Randbewehrung eine Klammerung des Betonausbruchkörpers erreicht, die geringe Randabstände zulässt.

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

Horizontalkraft H

Bei Beanspruchung mit geneigten Zuglasten in der Scheibenebene bzw. senkrecht zur Ankerebene 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 eingeleitete Last bildet eine schräg nach unten gerichtete Druckstrebe im Beton aus. Zugehörig entsteht auf dieser der Last gegenüberliegenden Ankerseite eine vertikale Zugstrebe, die bei dem Bauteiltyp Scheibe über einen erhöhten Querschnitt der Steckbügelbewehrung abgetragen wird. Die weitere Lastweiterleitung wird im vorliegenden Dokument nicht betrachtet.

Querkraft V

Beim Aufrichten von Bauteilen im Lastfall Querkzug erfolgt infolge der Abstützung der Ringkupplung am Beton oberhalb der Aussparung eine Beanspruchung der Anker auf Querkräfte V und Normalkräfte N. Die Kräfte werden am Ankerkopf über die obere Öse eingeleitet und über die Ösenflanken in den hinteren Ankerteil abgetragen.

Der Ankerstahl bildet einen Einfeldträger mit Kragarm aus, dessen Stützung die eng um den Aussparungskörper geführte, gekröpfte Aufrichtbewehrung $A_{s,Q}$ ist. An der Tragöse übernehmen die Ösenflanken die Biegezug- und Biegedruckkräfte aus der Querlastbiegung, die mit den Ankernormalkräften überlagert sind. Das hintere Auflager des Einfeldträgers befindet sich am einbetonierten Ankerende. Die gekröpfte Aufrichtbewehrung hängt die vordere Auflagerkraft nach unten in das Bauteil, von wo aus die Last nach oben zurückstrahlt. Die liegende Scheibe verteilt über ihre randnahe Durchstanztragfähigkeit die Querlasten. Die hintere Stützkraft des Ankerendes wird über die Ausbruchtragfähigkeit der Betonüberdeckung abgetragen.

In Bild 12 ist das der Bemessung zu Grunde liegende statische Modell des Universalankers dargestellt.

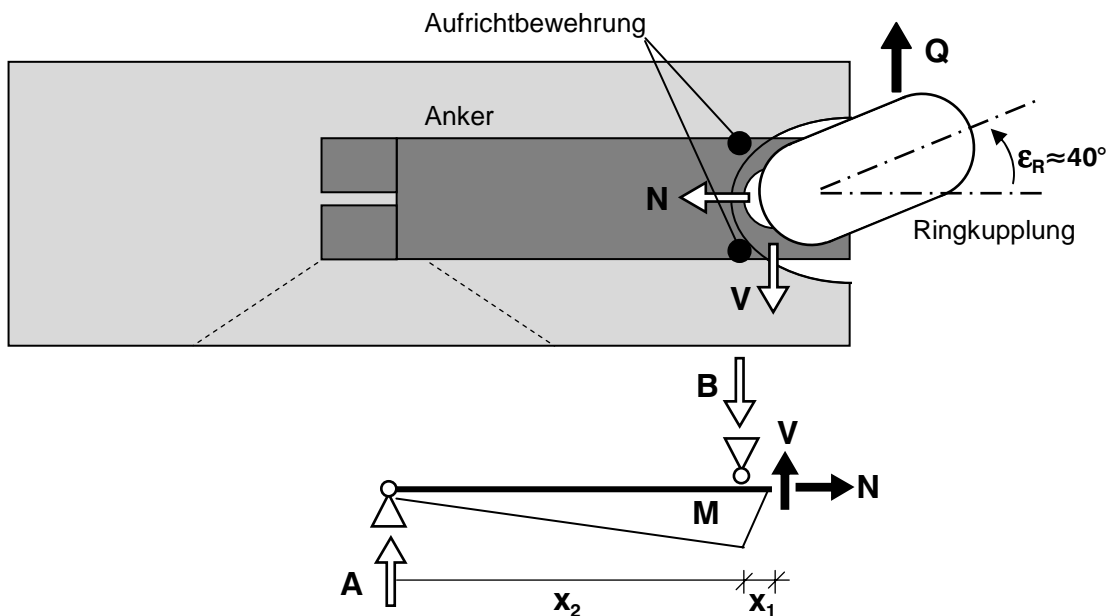


Bild 12: Statisches Modell, Schnittgrößen N, V und M unter Querkzuglast Q

Die Ankerschnittgrößen N, V, die Auflagerkräfte A und B sowie der maßgebende Wert für M betragen unter Annahme eines Abstützwinkels $\epsilon_R = 40^\circ$:

$$N = Q \cdot \cot \epsilon_R = 1,192 Q \quad \text{mit } \epsilon_R = 40^\circ \quad (38)$$

$$V = Q \quad (39)$$

$$A = Q \cdot x_1 / x_2 \quad (40)$$

$$B = Q \cdot (x_1 + x_2) / x_2 \quad (41)$$

$$M = Q \cdot x_1 \quad (42)$$

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 8.6.

Die in Tabelle 10 dargestellten Tragelemente werden hinsichtlich ihrer Widerstände in normaler, horizontaler bzw. transversaler 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 Ösenskeitels (Index S) auf Stahlbruch. Bei den meisten Bewehrungspositionen wird 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} , in Horizontalrichtung H_{Rk} und/oder in Querrichtung V_{Rk} werden mit Hilfe der Globalsicherheitsfaktoren γ gemäß Abschnitt 6.4 sowie über die Grenzwerte der Kraftgrößenbeziehungen nach Abs. 6.5 die zulässigen Belastungen Z_{zul} für den Lastfall Zentrischer Zug S_{zul} für den Lastfall Schrägzug und Q_{zul} für den Lastfall Querkzug bestimmt.

Zuletzt erfolgt der Nachweis, dass die zulässigen Belastungen Z_{zul} , S_{zul} , Q_{zul} in allen Fällen größer ist als die nominelle Ankergrenzlaster, die Nennlast N_N (für zentrischen Zug), $S_N=80\% N_N$ (für Schrägzug) bzw. $Q_N=50\% N_N$ (für Querkzug).

Tabelle 10: Übersicht Tragelemente

Lastfall	Zentrischer Zug			Schrägzug			Querzug		
	Tragelement	1. Index	Teilelement	2. Index	Tragfähigkeitsrichtung			Tfk.rtg. quer	Grenzlast
					normal	horizontal	$\beta=30^\circ$		
Ankerstahl	A	Ösenflanke	F	$N_{Rk,A,F}$	-	-	$V_{Rk,A,F}$	$Q_{zul} \geq 50\% N_N$	
				$N_{Rk,A,S}$	-	-	$V_{Rk,A,S}$		
				$N_{Rk,C,O}$	-	-	-		
Betonausbruch	C	lateral (Bauteilseite)	L	$N_{Rk,C,L}$	-	-	-	$S_{zul} \geq 80\% N_N$	
		transversal (obere Bauteilseite)	T	-	-	-	-		
		Stahl/Verb.	-	$N_{Rk,G}$	-	-	$V_{Rk,C,T}$		
Grundbew. vertikal	G	Stahl/Verb.	-	-	-	$N_{Rk,G}$	$V_{Rk,G}$		
Grundbew. horizontal		-	-	$H_{Rk,R}$	-	-	-		
Steckbügelbewehrung	B	Betonstahl	s	$N_{Rk,B,S}$	-	-	$N_{Rk,B,S}$	$Q_{zul} \geq 50\% N_N$	
		Verbund	b	$N_{Rk,B,b}$	-	-	$N_{Rk,B,b}$		
		Spaltzugb.	Sp	-	$H_{Rk,B,Sp}$	-	-		-
Randbewehrung	R	Betonstahl	-	-	$H_{Rk,R}$	-	-	$S_{zul} \geq 80\% N_N$	
		Betonstahl	s	-	-	-	$H_{Rk,RS}$		
Schrägzugbewehrung	S	Verbund	b	-	-	-	-	$Q_{zul} \geq 50\% N_N$	
		Beton	-	-	-	-	$H_{Rk,S,b}$		
Teilflächenpressung	P	Beton	-	-	-	-	$V_{Rk,P}$		
Aufribtbewehrung (Querzugbewehrung)	Q	Betonstahl	-	-	-	-	$V_{Rk,Q,S}$	$Q_{zul} \geq 50\% N_N$	
		Verbund	-	-	-	-	$V_{Rk,Q,S}$		

8 TRAGFÄHIGKEITEN

8.1 ANKERSTAHL

8.1.1 Maßgebende Stahltragfähigkeit

In den folgenden beiden Abschnitten erfolgt die Berechnung der Ankerstahltragfähigkeiten der Spreizanker. 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:

$$f_{uk} / \gamma_A = 510 / 3,0 = 170,0 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{maßgebend}) \quad (43)$$

$$f_{yk} / \gamma_D = 360 / 2,0 = 180,0 \text{ N/mm}^2 \quad (44)$$

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:

$$N_{Rk,A,F} = 2 t \cdot f \cdot f_{uk} \quad \text{mit } f_{uk} = 510 \text{ N/mm}^2 \quad (45)$$

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

$$N_{zul,A,F} = N_{Rk,A,F} / \gamma_A \quad \text{mit } \gamma_A = 3,0 \quad (46)$$

$$\eta_{A,F} = N_{zul,A,F} / N_N \geq 100\% \quad (47)$$

Tabelle 11: Ankernormaltraglasten infolge Tragfähigkeit der Ösenflanken

Anker	Blechdicke	Flankenbreite	Lochbreite	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	t	f	d _L	N _{Rk,A,F}	N _{zul,A,F}	N _N	η _{A,F}
TPA-S-0,7	5 mm	8,0 mm	14 mm	40,8 kN	13,6 kN	7 kN	194%
TPA-S-1,4	6 mm	8,0 mm	14 mm	49,0 kN	16,3 kN	14 kN	117%
TPA-S-2,0	8 mm	8,0 mm	14 mm	65,3 kN	21,8 kN	20 kN	109%
TPA-S-2,5	10 mm	8,0 mm	14 mm	81,6 kN	27,2 kN	25 kN	109%
TPA-S-3,0	10 mm	11,0 mm	18 mm	112,2 kN	37,4 kN	30 kN	125%
TPA-S-4,0	12 mm	11,0 mm	18 mm	134,6 kN	44,9 kN	40 kN	112%
TPA-S-5,0	15 mm	11,0 mm	18 mm	168,3 kN	56,1 kN	50 kN	112%
TPA-S-5,3	12 mm	17,0 mm	26 mm	208,1 kN	69,4 kN	53 kN	131%
TPA-S-7,5	16 mm	17,0 mm	26 mm	277,4 kN	92,5 kN	75 kN	123%
TPA-S-10,0	20 mm	15,5 mm	29 mm	316,2 kN	105,4 kN	100 kN	105%
TPA-S-14,0	20 mm	22,5 mm	35 mm	459,0 kN	153,0 kN	140 kN	109%
TPA-S-22,0	25 mm	27,5 mm	35 mm	701,3 kN	233,8 kN	220 kN	106%

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 $N_{\text{RK,A,S}}$ der Ankeröse gegen Ausriss des Ösenskeitels wird über einen modifizierten Lochleibungsansatz analog zu DIN EN 1993-1-1 [3] wie folgt angesetzt:

$$N_{\text{RK,A,S}} = \alpha_1 \cdot t \cdot d_R \cdot f_{\text{uk}} \quad (48)$$

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

Der Beiwert α_1 zur Lochleibung ist abhängig vom Ösendurchmesser d_L (Ösenbreite) und der Scheitelhöhe s . Der Ansatz für α_1 nimmt Bezug auf Lochleibungsversuche, die in Bild 60b in „Stahlbau“ von Petersen [6] dargestellt sind, wurde jedoch an den vorliegenden Ösenzugversuchen (vgl. Dokument TP07-22-9) kalibriert:

$$\alpha_1 = 1,21 e_1 / d_L - 0,23 \quad (49)$$

$$\alpha_1 = 1,21 (s + d_L / 2) / d_L - 0,23 \quad (50)$$

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

$$N_{\text{zul,A,S}} = N_{\text{RK,A,S}} / \gamma_A \quad \text{mit } \gamma_A = 3,0 \quad (51)$$

$$\eta_{\text{A,S}} = N_{\text{zul,A,S}} / N_N \geq 100\% \quad (52)$$

Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Tabelle 12: Ankernormaltraglasten infolge Tragfähigkeit des Ösenscheitels

Anker	Blechdicke	Scheitel- höhe	Ösen- \emptyset	Riegel- \emptyset	Lochleibung
	t	s	d _L	d _R	α_1
TPA-S-0,7	5 mm	9 mm	14 mm	13 mm	1,15
TPA-S-1,4	6 mm	9 mm	14 mm	13 mm	1,15
TPA-S-2,0	8 mm	9 mm	14 mm	13 mm	1,15
TPA-S-2,5	10 mm	9 mm	14 mm	13 mm	1,15
TPA-S-3,0	10 mm	14 mm	18 mm	17 mm	1,32
TPA-S-4,0	12 mm	14 mm	18 mm	17 mm	1,32
TPA-S-5,0	15 mm	14 mm	18 mm	17 mm	1,32
TPA-S-5,3	12 mm	21 mm	26 mm	24 mm	1,35
TPA-S-7,5	16 mm	21 mm	26 mm	24 mm	1,35
TPA-S-10,0	20 mm	21 mm	29 mm	24 mm	1,25
TPA-S-14,0	20 mm	36 mm	35 mm	32 mm	1,62
TPA-S-22,0	25 mm	36 mm	35 mm	32 mm	1,62

Anker	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	N _{Rk,A,S}	N _{zul,A,S}	N _N	$\eta_{A,S}$
TPA-S-0,7	38,2 kN	12,7 kN	7 kN	182%
TPA-S-1,4	45,9 kN	15,3 kN	14 kN	109%
TPA-S-2,0	61,1 kN	20,4 kN	20 kN	102%
TPA-S-2,5	76,4 kN	25,5 kN	25 kN	102%
TPA-S-3,0	110,8 kN	36,9 kN	30 kN	123%
TPA-S-4,0	132,9 kN	44,3 kN	40 kN	111%
TPA-S-5,0	166,1 kN	55,4 kN	50 kN	111%
TPA-S-5,3	194,5 kN	64,8 kN	53 kN	122%
TPA-S-7,5	259,3 kN	86,4 kN	75 kN	115%
TPA-S-10,0	299,9 kN	100,0 kN	100 kN	100%
TPA-S-14,0	528,6 kN	176,2 kN	140 kN	126%
TPA-S-22,0	660,8 kN	220,3 kN	220 kN	100%

8.1.4 Querkrafttragfähigkeit des Ankers

Bei der Bemessung des Ankerstahls unter Querlastbeanspruchung sind die Abstützkräfte der Ringkupplung und die Momente im Anker zu berücksichtigen (s. Abs. 7.3).

Die maßgebende Beanspruchung des Ankerstahls entsteht in der unteren Ösenflanke, wo sich die Zugspannungen σ_A aus der Normalkraftbelastung und der Biegung überlagern:

$$\sigma_A = N / A + M / W_{pl} = N / (2 f \cdot t) + M / (f \cdot t \cdot (f + d_L)) \quad (53)$$

Gemäß Abschnitt 7.3 gilt $N = \cot \varepsilon_R \cdot V$ und $M = V \cdot x_1$, so dass die Zugspannungen σ_A wie folgt dargestellt werden können:

$$\sigma_A = V \cdot \cot \varepsilon_R / (2 f \cdot t) + V \cdot x_1 / (f \cdot t \cdot (f + d_L)) \quad (54)$$

Der Hebelarm x_1 entspricht dem Achsabstand der Aufrichtbewehrung und des Ösenlochs mit:

$$x_1 = d_L / 2 + 6 \text{ mm} \quad (55)$$

Die charakteristische Querkrafttragfähigkeit $V_{Rk,A}$ infolge der Ankerstahltragfähigkeit beträgt somit:

$$V_{Rk,A} = f_{uk} \cdot f \cdot t / (\cot \varepsilon_R / 2 + x_1 / (f + d_L)) \quad (56)$$

mit: $\cot \varepsilon_R = \cot 40^\circ = 1,192$

Die zulässige Querkraft $V_{zul,A}$ und das Sicherheitsniveau $\eta_{A,V}$ betragen:

$$V_{zul,A} = V_{Rk,A} / \gamma_A \quad \text{mit } \gamma_A = 3,0 \quad (57)$$

$$\eta_{A,V} = V_{zul,A} / Q_N \geq 100\% \quad (58)$$

Die Ergebnisse sind in Tabelle 13 zusammengestellt.

Tabelle 13: Ankerquertraglasten

Anker	Blechdicke	Flankenbreite	Ösen- \varnothing	Hebelarm	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	t	f	d_L	x_1	$V_{Rk,A}$	$V_{zul,A}$	Q_N	$\eta_{A,V}$
TPA-S-0,7-11	5 mm	8,0 mm	14 mm	10 mm	19,4 kN	6,5 kN	3,5 kN	185%
TPA-S-1,4-16	6 mm	8,0 mm	14 mm	10 mm	23,3 kN	7,8 kN	7,0 kN	111%
TPA-S-2,0-21	8 mm	8,0 mm	14 mm	10 mm	31,1 kN	10,4 kN	10,0 kN	104%
TPA-S-2,5-25	10 mm	8,0 mm	14 mm	10 mm	38,8 kN	12,9 kN	12,5 kN	104%
TPA-S-3,0-28	10 mm	11,0 mm	18 mm	11 mm	57,5 kN	19,2 kN	15,0 kN	128%
TPA-S-4,0-32	12 mm	11,0 mm	18 mm	11 mm	69,0 kN	23,0 kN	20,0 kN	115%
TPA-S-5,0-40	15 mm	11,0 mm	18 mm	11 mm	86,3 kN	28,8 kN	25,0 kN	115%
TPA-S-5,3-34	12 mm	17,0 mm	26 mm	15 mm	110,1 kN	36,7 kN	26,5 kN	139%
TPA-S-7,5-42	16 mm	17,0 mm	26 mm	15 mm	146,8 kN	48,9 kN	37,5 kN	131%
TPA-S-10,0-52	20 mm	15,5 mm	29 mm	15 mm	169,5 kN	56,5 kN	50,0 kN	113%
TPA-S-14,0-46	20 mm	22,5 mm	35 mm	23 mm	230,5 kN	76,8 kN	70,0 kN	110%
TPA-S-22,0-62	25 mm	27,5 mm	35 mm	23 mm	363,8 kN	121,3 kN	110,0 kN	110%

8.2 LOKALE LASTEINLEITUNG

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

Die lokale Lasteinleitung der Ankernormalkräfte erfolgt über den Formschluss der abgespreizten Ankerenden der Spreizanker mit dem umgebenden Beton (Bild 13).

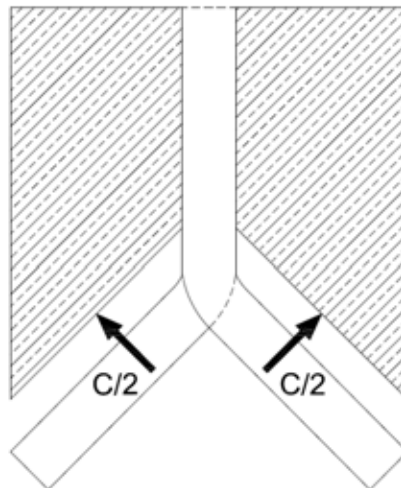


Bild 13: Modell der äußeren Tragfähigkeit der lokalen Lasteinleitung

Die Tragfähigkeit der lokalen Lasteinleitung der Spreizanker resultiert aus den Vertikalanteilen der Pressungskräfte C einer erhöhten lokalen Betonpressung f_{cpk} auf den abgespreizten Ankerschenkeln. Die charakteristische Tragfähigkeit $N_{Rk,LE}$ der lokalen Lasteinleitung der Spreizanker infolge Teilflächenpressung beträgt:

$$N_{Rk,LE} = \sin \alpha \cdot b \cdot c \cdot f_{cpk} \quad \text{mit } f_{cpk} = 7 f_{ck} = 84 \text{ N/mm}^2 \quad (59)$$

$$\alpha = 90^\circ$$

Die zulässige Ankerkraft $N_{zui,LE}$ und das Sicherheitsniveau η_{LE} betragen:

$$N_{zui,LE} = N_{Rk,LE} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (60)$$

$$\eta_{LE} = N_{zui,LE} / N_N \geq 100\% \quad (61)$$

Die Formeln werden für den Spreizwinkel $2\alpha=90^\circ$ und Beton C12/15 ausgewertet und die Ergebnisse in Tabelle 14 zusammengestellt.

Tabelle 14: Tragfähigkeiten der Spreizanker SA/SE der lokalen Lasteinleitung

Anker	Ankerbreite	Schenkel- länge	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	b	c	$N_{Rk,LE}$	$N_{zul,LE}$	N_N	η_{LE}
TPA-S-0,7-11	30 mm	42,4 mm	75,6 kN	30,2 kN	7 kN	432%
TPA-S-1,4-16	30 mm	42,4 mm	75,6 kN	30,2 kN	14 kN	216%
TPA-S-2,0-21	30 mm	42,4 mm	75,6 kN	30,2 kN	20 kN	151%
TPA-S-2,5-25	30 mm	49,5 mm	88,2 kN	35,3 kN	25 kN	141%
TPA-S-3,0-28	40 mm	56,6 mm	134,4 kN	53,8 kN	30 kN	179%
TPA-S-4,0-32	40 mm	56,6 mm	134,4 kN	53,8 kN	40 kN	134%
TPA-S-5,0-40	40 mm	56,6 mm	134,4 kN	53,8 kN	50 kN	108%
TPA-S-5,3-34	60 mm	63,6 mm	226,8 kN	90,7 kN	53 kN	171%
TPA-S-7,5-42	60 mm	77,8 mm	277,2 kN	110,9 kN	75 kN	148%
TPA-S-10,0-52	60 mm	77,8 mm	277,2 kN	110,9 kN	100 kN	111%
TPA-S-14,0-46	80 mm	102,5 mm	487,2 kN	194,9 kN	140 kN	139%
TPA-S-22,0-62	90 mm	102,5 mm	548,1 kN	219,2 kN	220 kN	100%

8.3 BETON AUSBRUCH

8.3.1 Allgemeines

Für die Bemessung der Spreizanker sind Nachweise zum Tragwiderstand gegen Betonausbruch erforderlich. Die Nachweise werden einzeln für die Bauteiltypen Platte, Balken und Scheibe geführt.

Die rechnerische Tiefe des Betonausbruchkegels entspricht der ideellen Einbindetiefe bzw. effektiven Verankerungstiefe h_{ef} der Spreizanker. Für den Nachweis der vollständigen Lasteinleitung in das Bauteil wird die effektive Verankerungstiefe bestimmt.

Gemäß dem Tragmodell (Abs. 7.3) der Spreizanker kann die Verankerung der Grundbewehrung $a_{S,G}$ und der Steckbügelbewehrung $A_{S,B}$ erst unterhalb des rechnerischen Betonausbruchkegels erfolgen.

Die effektive Verankerungstiefe h_{ef} ist außerdem erforderlich, um die Mindestachsabstände a_z , bzw. Mindestrandabstände a_{RQ} und a_{RL} der Spreizanker zu bestimmen (vgl. Abs. 4.6).

8.3.2 Betonausbruch bei Balken

Der Widerstand der Spreizanker gegen oberseitigen Betonausbruch in Balken mit Mindestbewehrung $N_{Rk,CO}$ wird in Anlehnung an CEN/TC 229 [6] berechnet. Da sich bei Balken in der Regel der Betonausbruchkegel nicht ungestört in alle Richtungen ausbilden kann (Randabstände $a_R \geq 1,5h_{ef}$), ist der Einfluss des nahen Bauteilquerrands in dem Ansatz der Tragfähigkeit mit dem Faktor ψ_Q zu berücksichtigen.

Die Tragfähigkeit $N_{Rk,CO}$ infolge Widerstand gegen oberseitigen Betonausbruch beträgt:

$$N_{Rk,CO} = 7 h_{ef}^{1,70} \cdot \psi_Q \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (62)$$

Der Beiwert ψ_Q für die in Bauteilquerrichtung wird wie folgt angesetzt:

$$\psi_Q = 0,16 + a_{RQ} / (1,75 h_{ef}) \leq 1,0 \quad (63)$$

Die Zwischenabstände a_z und die Randabstände in Längsrichtung a_{RL} sind so gewählt, dass sich stets der volle Ausbruchkegel einstellen kann.

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

$$N_{zul,CO} = N_{Rk,CO} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (64)$$

$$\eta_{CO} = N_{zul,CO} / N_N \geq 100\% \quad (65)$$

In Tabelle 15 bis Tabelle 17 sind die Ankertraglasten infolge Widerstand gegen Betonausbruch für Balken für die Festigkeitsklassen C12/15, C20/25 und C30/37 bzw. die Würfeldruckfestigkeiten $f_{cc,cube} = 15, 25$ oder 35 N/mm^2 angegeben.

Tabelle 15: Betonausbruchtragfähigkeit für Balken aus Beton C12/15, $f_{cc,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$

Anker	eff. Verankgstiefe	Querrandabstand	Beiwert Randabstnd	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	h_{ef}	a_{RQ}	ψ_c	$N_{Rk,CO}$	$N_{zul,CO}$	N_N	η_{co}
TPA-S-0,7-11	120 mm	35 mm	0,33	27,1 kN	10,9 kN	7 kN	155%
TPA-S-1,4-11	120 mm	60 mm	0,45	37,0 kN	14,8 kN	14 kN	106%
TPA-S-1,4-16	170 mm	35 mm	0,28	41,7 kN	16,7 kN	14 kN	119%
TPA-S-2,0-13	140 mm	80 mm	0,49	52,5 kN	21,0 kN	20 kN	105%
TPA-S-2,0-16	170 mm	60 mm	0,36	54,3 kN	21,7 kN	20 kN	109%
TPA-S-2,0-21	220 mm	45 mm	0,28	64,4 kN	25,8 kN	20 kN	129%
TPA-S-2,5-15	160 mm	90 mm	0,48	65,2 kN	26,1 kN	25 kN	104%
TPA-S-2,5-20	210 mm	65 mm	0,34	72,4 kN	29,0 kN	25 kN	116%
TPA-S-2,5-25	260 mm	50 mm	0,27	83,4 kN	33,4 kN	25 kN	133%
TPA-S-3,0-16	170 mm	105 mm	0,51	77,0 kN	30,8 kN	30 kN	103%
TPA-S-3,0-20	210 mm	80 mm	0,38	81,2 kN	32,5 kN	30 kN	108%
TPA-S-3,0-28	290 mm	55 mm	0,27	99,9 kN	40,0 kN	30 kN	133%
TPA-S-4,0-18	190 mm	140 mm	0,58	105,4 kN	42,2 kN	40 kN	105%
TPA-S-4,0-24	250 mm	100 mm	0,39	112,4 kN	44,9 kN	40 kN	112%
TPA-S-4,0-32	330 mm	70 mm	0,28	130,4 kN	52,2 kN	40 kN	130%
TPA-S-5,0-18	190 mm	190 mm	0,73	132,7 kN	53,1 kN	50 kN	106%
TPA-S-5,0-24	250 mm	135 mm	0,47	135,5 kN	54,2 kN	50 kN	108%
TPA-S-5,0-40	410 mm	75 mm	0,26	177,4 kN	71,0 kN	50 kN	142%
TPA-S-5,3-22	235 mm	190 mm	0,62	161,9 kN	64,8 kN	53 kN	122%
TPA-S-5,3-26	275 mm	135 mm	0,44	149,8 kN	59,9 kN	53 kN	113%
TPA-S-5,3-34	355 mm	95 mm	0,31	164,3 kN	65,7 kN	53 kN	124%
TPA-S-7,5-26	275 mm	210 mm	0,60	202,8 kN	81,1 kN	75 kN	108%
TPA-S-7,5-30	315 mm	180 mm	0,49	208,4 kN	83,4 kN	75 kN	111%
TPA-S-7,5-42	435 mm	120 mm	0,32	235,5 kN	94,2 kN	75 kN	126%
TPA-S-10-30	315 mm	270 mm	0,65	278,4 kN	111,3 kN	100 kN	111%
TPA-S-10-37	385 mm	210 mm	0,47	284,2 kN	113,7 kN	100 kN	114%
TPA-S-10-52	535 mm	140 mm	0,31	326,3 kN	130,5 kN	100 kN	131%
TPA-S-14-37	385 mm	350 mm	0,68	409,4 kN	163,8 kN	140 kN	117%
TPA-S-14-46	475 mm	265 mm	0,48	412,3 kN	164,9 kN	140 kN	118%
TPA-S-22-50	515 mm	450 mm	0,66	651,4 kN	260,6 kN	220 kN	118%
TPA-S-22-62	635 mm	350 mm	0,47	670,0 kN	268,0 kN	220 kN	122%

Tabelle 16: Betonausbruchtragfähigkeit für Balken aus Beton C20/25, $f_{cc,cube}=25 \text{ N/mm}^2$

Anker	eff. Verankgstiefe	Querrandabstand	Beiwert Randabstnd	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	h_{ef}	a_{RQ}	ψ_c	$N_{Rk,CO}$	$N_{zul,CO}$	N_N	η_{co}
TPA-S-0,7-11	120 mm	35 mm	0,33	35,0 kN	14,0 kN	7 kN	200%
TPA-S-1,4-11	120 mm	40 mm	0,35	37,6 kN	15,0 kN	14 kN	107%
TPA-S-1,4-16	170 mm	35 mm	0,28	53,8 kN	21,5 kN	14 kN	154%
TPA-S-2,0-13	140 mm	55 mm	0,38	53,6 kN	21,4 kN	20 kN	107%
TPA-S-2,0-16	170 mm	40 mm	0,29	57,1 kN	22,8 kN	20 kN	114%
TPA-S-2,0-21	220 mm	35 mm	0,25	75,4 kN	30,2 kN	20 kN	151%
TPA-S-2,5-15	160 mm	65 mm	0,39	68,6 kN	27,4 kN	25 kN	110%
TPA-S-2,5-20	210 mm	45 mm	0,28	78,4 kN	31,4 kN	25 kN	125%
TPA-S-2,5-25	260 mm	35 mm	0,24	94,6 kN	37,8 kN	25 kN	151%
TPA-S-3,0-16	170 mm	75 mm	0,41	79,9 kN	31,9 kN	30 kN	106%
TPA-S-3,0-20	210 mm	60 mm	0,32	89,7 kN	35,9 kN	30 kN	120%
TPA-S-3,0-28	290 mm	40 mm	0,24	114,8 kN	45,9 kN	30 kN	153%
TPA-S-4,0-18	190 mm	100 mm	0,46	107,9 kN	43,2 kN	40 kN	108%
TPA-S-4,0-24	250 mm	70 mm	0,32	119,5 kN	47,8 kN	40 kN	119%
TPA-S-4,0-32	330 mm	50 mm	0,25	147,6 kN	59,0 kN	40 kN	148%
TPA-S-5,0-18	190 mm	135 mm	0,57	132,5 kN	53,0 kN	50 kN	106%
TPA-S-5,0-24	250 mm	95 mm	0,38	140,8 kN	56,3 kN	50 kN	113%
TPA-S-5,0-40	410 mm	55 mm	0,24	204,9 kN	81,9 kN	50 kN	164%
TPA-S-5,3-22	235 mm	135 mm	0,49	164,1 kN	65,6 kN	53 kN	124%
TPA-S-5,3-26	275 mm	95 mm	0,36	156,9 kN	62,8 kN	53 kN	118%
TPA-S-5,3-34	355 mm	75 mm	0,28	190,2 kN	76,1 kN	53 kN	144%
TPA-S-7,5-26	275 mm	150 mm	0,47	207,1 kN	82,8 kN	75 kN	110%
TPA-S-7,5-30	315 mm	125 mm	0,39	213,9 kN	85,6 kN	75 kN	114%
TPA-S-7,5-42	435 mm	85 mm	0,27	260,1 kN	104,0 kN	75 kN	139%
TPA-S-10-30	315 mm	190 mm	0,50	279,1 kN	111,6 kN	100 kN	112%
TPA-S-10-37	385 mm	150 mm	0,38	297,6 kN	119,1 kN	100 kN	119%
TPA-S-10-52	535 mm	100 mm	0,27	363,1 kN	145,2 kN	100 kN	145%
TPA-S-14-37	385 mm	250 mm	0,53	413,1 kN	165,2 kN	140 kN	118%
TPA-S-14-46	475 mm	190 mm	0,39	432,0 kN	172,8 kN	140 kN	123%
TPA-S-22-50	515 mm	320 mm	0,52	657,0 kN	262,8 kN	220 kN	119%
TPA-S-22-62	635 mm	250 mm	0,38	701,1 kN	280,4 kN	220 kN	127%

Tabelle 17: Betonausbruchtragfähigkeit für Balken aus Beton C30/37, $f_{cc,cube}=35 \text{ N/mm}^2$

Anker	eff. Verankgstiefe	Querrandabstand	Beiwert Randabstnd	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	h_{ef}	a_{RQ}	Ψ_c	$N_{Rk,CO}$	$N_{zul,CO}$	N_N	η_{co}
TPA-S-0,7-11	120 mm	35 mm	0,33	41,8 kN	16,7 kN	7 kN	239%
TPA-S-1,4-11	120 mm	35 mm	0,33	41,8 kN	16,7 kN	14 kN	119%
TPA-S-1,4-16	170 mm	35 mm	0,28	64,2 kN	25,7 kN	14 kN	184%
TPA-S-2,0-13	140 mm	45 mm	0,34	57,2 kN	22,9 kN	20 kN	114%
TPA-S-2,0-16	170 mm	35 mm	0,28	64,2 kN	25,7 kN	20 kN	128%
TPA-S-2,0-21	220 mm	35 mm	0,25	90,0 kN	36,0 kN	20 kN	180%
TPA-S-2,5-15	160 mm	50 mm	0,34	70,7 kN	28,3 kN	25 kN	113%
TPA-S-2,5-20	210 mm	35 mm	0,26	84,6 kN	33,8 kN	25 kN	135%
TPA-S-2,5-25	260 mm	35 mm	0,24	112,9 kN	45,1 kN	25 kN	181%
TPA-S-3,0-16	170 mm	60 mm	0,36	83,7 kN	33,5 kN	30 kN	112%
TPA-S-3,0-20	210 mm	45 mm	0,28	93,6 kN	37,4 kN	30 kN	125%
TPA-S-3,0-28	290 mm	40 mm	0,24	137,0 kN	54,8 kN	30 kN	183%
TPA-S-4,0-18	190 mm	80 mm	0,40	112,0 kN	44,8 kN	40 kN	112%
TPA-S-4,0-24	250 mm	55 mm	0,29	127,3 kN	50,9 kN	40 kN	127%
TPA-S-4,0-32	330 mm	40 mm	0,23	163,8 kN	65,5 kN	40 kN	164%
TPA-S-5,0-18	190 mm	110 mm	0,49	137,2 kN	54,9 kN	50 kN	110%
TPA-S-5,0-24	250 mm	75 mm	0,33	147,7 kN	59,1 kN	50 kN	118%
TPA-S-5,0-40	410 mm	45 mm	0,22	230,1 kN	92,1 kN	50 kN	184%
TPA-S-5,3-22	235 mm	110 mm	0,43	171,5 kN	68,6 kN	53 kN	129%
TPA-S-5,3-26	275 mm	75 mm	0,32	165,5 kN	66,2 kN	53 kN	125%
TPA-S-5,3-34	355 mm	60 mm	0,26	207,6 kN	83,0 kN	53 kN	157%
TPA-S-7,5-26	275 mm	120 mm	0,41	214,5 kN	85,8 kN	75 kN	114%
TPA-S-7,5-30	315 mm	100 mm	0,34	225,4 kN	90,2 kN	75 kN	120%
TPA-S-7,5-42	435 mm	70 mm	0,25	287,9 kN	115,2 kN	75 kN	154%
TPA-S-10-30	315 mm	150 mm	0,43	285,3 kN	114,1 kN	100 kN	114%
TPA-S-10-37	385 mm	120 mm	0,34	313,9 kN	125,6 kN	100 kN	126%
TPA-S-10-52	535 mm	80 mm	0,25	398,7 kN	159,5 kN	100 kN	159%
TPA-S-14-37	385 mm	200 mm	0,46	424,2 kN	169,7 kN	140 kN	121%
TPA-S-14-46	475 mm	150 mm	0,34	451,8 kN	180,7 kN	140 kN	129%
TPA-S-22-50	515 mm	260 mm	0,45	682,9 kN	273,2 kN	220 kN	124%
TPA-S-22-62	635 mm	200 mm	0,34	739,1 kN	295,6 kN	220 kN	134%

8.3.3 Betonausbruch bei Platten

Der Widerstand der Spreizanker gegen oberseitigen Betonausbruch in Platten $N_{Rk,CO}$ wird in Anlehnung an CEN/TC 229 [6] berechnet. Da sich in der Regel der Betonausbruchkegel nicht ungestört in Querrichtung ausbilden kann (Randabstände $a_{RQ} \leq 1,5h_{ef}$), ist der Randeinfluss in dem Ansatz der Tragfähigkeit mit dem Faktor ψ_Q zu berücksichtigen. Da bei den Platten keine Anforderungen an die Mindestbewehrung gestellt werden und die Mindestbauteilhöhen nur geringfügig größer als die Ankerlänge sind, ist der Einfluss des Bauteilspaltens zu berücksichtigen.

Die Tragfähigkeit $N_{Rk,CO}$ infolge Widerstand gegen oberseitigen Betonausbruch beträgt:

$$N_{Rk,CO} = 7 h_{ef}^{1,70} \cdot \psi_Q \cdot \psi_{Sp} \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (66)$$

Der Beiwert ψ_Q für die in Bauteilquerrichtung wird gemäß [6] wie folgt angesetzt:

$$\psi_Q = 0,16 + a_{RQ} / (1,75 h_{ef}) \leq 1,0 \quad (67)$$

Der Beiwert ψ_{Sp} für das Bauteilspalten wird gemäß DIN SPEC 1021-4-2 [8] wie folgt angesetzt:

$$\psi_{Sp} = (H_{min} / (2 h_{ef}))^{2/3} \leq 1,0 \quad (68)$$

Die Zwischenabstände a_z und die Randabstände in Längsrichtung a_{RL} sind so gewählt, dass sich stets der volle Ausbruchkegel einstellen kann.

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

$$N_{zul,CO} = N_{Rk,CO} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (69)$$

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

In Tabelle 18 bis Tabelle 20 sind die Ankertraglasten infolge Widerstand gegen Betonausbruch für Platten für die Festigkeitsklassen C12/15, C20/25 und C30/37 bzw. die Würfeldruckfestigkeiten $f_{cc,cube} = 15, 25$ oder 35 N/mm^2 angegeben.

Tabelle 18: Betonausbruchtragfähigkeit für Platten aus Beton C12/15, $f_{cc,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$

Anker	eff. Verankgstiefe	Mindestplattenhöhe	Querrandabstand	Beiwert Randabst.	Beiwert Spalten	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	h_{ef}	H_{min}	a_{RQ}	ψ_c	ψ_{Sp}	$N_{Rk,CO}$	$N_{zul,CO}$	N_N	η_{CO}
TPA-S-0,7-11	120 mm	145 mm	35 mm	0,33	0,71	19,4 kN	7,8 kN	7 kN	111%
TPA-S-1,4-11	120 mm	145 mm	100 mm	0,64	0,71	37,8 kN	15,1 kN	14 kN	108%
TPA-S-1,4-16	170 mm	195 mm	55 mm	0,34	0,69	35,7 kN	14,3 kN	14 kN	102%
TPA-S-2,0-13	140 mm	165 mm	125 mm	0,67	0,70	50,8 kN	20,3 kN	20 kN	102%
TPA-S-2,0-16	170 mm	195 mm	100 mm	0,50	0,69	51,4 kN	20,6 kN	20 kN	103%
TPA-S-2,0-21	220 mm	245 mm	65 mm	0,33	0,68	51,8 kN	20,7 kN	20 kN	104%
TPA-S-2,5-15	160 mm	185 mm	145 mm	0,68	0,69	63,7 kN	25,5 kN	25 kN	102%
TPA-S-2,5-20	210 mm	235 mm	100 mm	0,43	0,68	63,1 kN	25,2 kN	25 kN	101%
TPA-S-2,5-25	260 mm	285 mm	75 mm	0,32	0,67	67,3 kN	26,9 kN	25 kN	108%
TPA-S-3,0-16	170 mm	195 mm	170 mm	0,73	0,69	75,8 kN	30,3 kN	30 kN	101%
TPA-S-3,0-20	210 mm	235 mm	130 mm	0,51	0,68	75,0 kN	30,0 kN	30 kN	100%
TPA-S-3,0-28	290 mm	315 mm	85 mm	0,33	0,67	81,1 kN	32,5 kN	30 kN	108%
TPA-S-4,0-18	190 mm	215 mm	220 mm	0,82	0,68	101,9 kN	40,8 kN	40 kN	102%
TPA-S-4,0-24	250 mm	275 mm	155 mm	0,51	0,67	99,8 kN	39,9 kN	40 kN	100%
TPA-S-4,0-32	330 mm	355 mm	110 mm	0,35	0,66	107,5 kN	43,0 kN	40 kN	107%
TPA-S-5,0-18	190 mm	215 mm	280 mm	1,00	0,68	124,1 kN	49,6 kN	50 kN	99%
TPA-S-5,0-24	250 mm	275 mm	215 mm	0,65	0,67	126,5 kN	50,6 kN	50 kN	101%
TPA-S-5,0-40	410 mm	435 mm	115 mm	0,32	0,66	140,7 kN	56,3 kN	50 kN	113%
TPA-S-5,3-22	235 mm	255 mm	250 mm	0,77	0,67	133,0 kN	53,2 kN	53 kN	100%
TPA-S-5,3-26	275 mm	295 mm	210 mm	0,60	0,66	133,9 kN	53,6 kN	53 kN	101%
TPA-S-5,3-34	355 mm	375 mm	145 mm	0,39	0,65	134,9 kN	54,0 kN	53 kN	102%
TPA-S-7,5-26	275 mm	300 mm	320 mm	0,82	0,67	187,3 kN	74,9 kN	75 kN	100%
TPA-S-7,5-30	315 mm	340 mm	280 mm	0,67	0,66	189,7 kN	75,9 kN	75 kN	101%
TPA-S-7,5-42	435 mm	460 mm	190 mm	0,41	0,65	198,6 kN	79,4 kN	75 kN	106%
TPA-S-10-30	315 mm	340 mm	395 mm	0,88	0,66	248,9 kN	99,6 kN	100 kN	100%
TPA-S-10-37	385 mm	410 mm	320 mm	0,63	0,66	251,3 kN	100,5 kN	100 kN	101%
TPA-S-10-52	535 mm	560 mm	225 mm	0,40	0,65	274,1 kN	109,6 kN	100 kN	110%
TPA-S-14-37	385 mm	410 mm	500 mm	0,90	0,66	357,1 kN	142,8 kN	140 kN	102%
TPA-S-14-46	475 mm	500 mm	400 mm	0,64	0,65	359,9 kN	144,0 kN	140 kN	103%
TPA-S-22-50	515 mm	540 mm	675 mm	0,91	0,65	583,9 kN	233,6 kN	220 kN	106%
TPA-S-22-62	635 mm	660 mm	540 mm	0,65	0,65	589,0 kN	235,6 kN	220 kN	107%

Tabelle 19: Betonausbruchtragfähigkeit für Platten aus Beton C20/25, $f_{cc,cube}=25 \text{ N/mm}^2$

Anker	eff. Verankgstiefe	Mindestplattenhöhe	Querrandabstand	Beiwert Randabst.	Beiwert Spalten	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	h_{ef}	H_{min}	a_{RQ}	ψ_c	ψ_{Sp}	$N_{Rk,CO}$	$N_{zul,CO}$	N_N	η_{co}
TPA-S-0,7-11	120 mm	145 mm	35 mm	0,33	0,71	25,0 kN	10,0 kN	7 kN	143%
TPA-S-1,4-11	120 mm	145 mm	65 mm	0,47	0,71	36,0 kN	14,4 kN	14 kN	103%
TPA-S-1,4-16	170 mm	195 mm	35 mm	0,28	0,69	37,1 kN	14,9 kN	14 kN	106%
TPA-S-2,0-13	140 mm	165 mm	90 mm	0,53	0,70	51,6 kN	20,7 kN	20 kN	103%
TPA-S-2,0-16	170 mm	195 mm	70 mm	0,40	0,69	52,9 kN	21,2 kN	20 kN	106%
TPA-S-2,0-21	220 mm	245 mm	45 mm	0,28	0,68	56,3 kN	22,5 kN	20 kN	113%
TPA-S-2,5-15	160 mm	185 mm	100 mm	0,52	0,69	62,7 kN	25,1 kN	25 kN	100%
TPA-S-2,5-20	210 mm	235 mm	65 mm	0,34	0,68	63,5 kN	25,4 kN	25 kN	102%
TPA-S-2,5-25	260 mm	285 mm	50 mm	0,27	0,67	72,1 kN	28,9 kN	25 kN	115%
TPA-S-3,0-16	170 mm	195 mm	120 mm	0,56	0,69	75,4 kN	30,1 kN	30 kN	100%
TPA-S-3,0-20	210 mm	235 mm	90 mm	0,40	0,68	76,3 kN	30,5 kN	30 kN	102%
TPA-S-3,0-28	290 mm	315 mm	60 mm	0,28	0,67	89,0 kN	35,6 kN	30 kN	119%
TPA-S-4,0-18	190 mm	215 mm	155 mm	0,63	0,68	100,3 kN	40,1 kN	40 kN	100%
TPA-S-4,0-24	250 mm	275 mm	110 mm	0,41	0,67	103,1 kN	41,2 kN	40 kN	103%
TPA-S-4,0-32	330 mm	355 mm	75 mm	0,29	0,66	114,7 kN	45,9 kN	40 kN	115%
TPA-S-5,0-18	190 mm	215 mm	210 mm	0,79	0,68	126,8 kN	50,7 kN	50 kN	101%
TPA-S-5,0-24	250 mm	275 mm	150 mm	0,50	0,67	126,0 kN	50,4 kN	50 kN	101%
TPA-S-5,0-40	410 mm	435 mm	85 mm	0,28	0,66	158,0 kN	63,2 kN	50 kN	126%
TPA-S-5,3-22	235 mm	255 mm	180 mm	0,60	0,67	133,6 kN	53,4 kN	53 kN	101%
TPA-S-5,3-26	275 mm	295 mm	145 mm	0,46	0,66	133,7 kN	53,5 kN	53 kN	101%
TPA-S-5,3-34	355 mm	375 mm	105 mm	0,33	0,65	145,7 kN	58,3 kN	53 kN	110%
TPA-S-7,5-26	275 mm	300 mm	230 mm	0,64	0,67	187,0 kN	74,8 kN	75 kN	100%
TPA-S-7,5-30	315 mm	340 mm	195 mm	0,51	0,66	188,3 kN	75,3 kN	75 kN	100%
TPA-S-7,5-42	435 mm	460 mm	135 mm	0,34	0,65	211,2 kN	84,5 kN	75 kN	113%
TPA-S-10-30	315 mm	340 mm	290 mm	0,69	0,66	251,5 kN	100,6 kN	100 kN	101%
TPA-S-10-37	385 mm	410 mm	225 mm	0,49	0,66	252,4 kN	101,0 kN	100 kN	101%
TPA-S-10-52	535 mm	560 mm	160 mm	0,33	0,65	292,4 kN	117,0 kN	100 kN	117%
TPA-S-14-37	385 mm	410 mm	355 mm	0,69	0,66	351,0 kN	140,4 kN	140 kN	100%
TPA-S-14-46	475 mm	500 mm	285 mm	0,50	0,65	364,4 kN	145,8 kN	140 kN	104%
TPA-S-22-50	515 mm	540 mm	480 mm	0,69	0,65	574,4 kN	229,8 kN	220 kN	104%
TPA-S-22-62	635 mm	660 mm	385 mm	0,51	0,65	596,2 kN	238,5 kN	220 kN	108%

Tabelle 20: Betonausbruchtragfähigkeit für Platten aus Beton C30/37, $f_{cc,cube}=35 \text{ N/mm}^2$

Anker	eff. Verankgstiefe	Mindestplattenhöhe	Querrandabstand	Beiwert Randabst.	Beiwert Spalten	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	h_{ef}	H_{min}	a_{RQ}	ψ_c	ψ_{Sp}	$N_{Rk,CO}$	$N_{zul,CO}$	N_N	η_{CO}
TPA-S-0,7-11	120 mm	145 mm	35 mm	0,33	0,71	29,9 kN	12,0 kN	7 kN	171%
TPA-S-1,4-11	120 mm	145 mm	50 mm	0,40	0,71	36,4 kN	14,6 kN	14 kN	104%
TPA-S-1,4-16	170 mm	195 mm	35 mm	0,28	0,69	44,3 kN	17,7 kN	14 kN	127%
TPA-S-2,0-13	140 mm	165 mm	70 mm	0,45	0,70	52,1 kN	20,8 kN	20 kN	104%
TPA-S-2,0-16	170 mm	195 mm	50 mm	0,33	0,69	52,4 kN	21,0 kN	20 kN	105%
TPA-S-2,0-21	220 mm	245 mm	35 mm	0,25	0,68	60,9 kN	24,4 kN	20 kN	122%
TPA-S-2,5-15	160 mm	185 mm	80 mm	0,45	0,69	64,6 kN	25,8 kN	25 kN	103%
TPA-S-2,5-20	210 mm	235 mm	50 mm	0,30	0,68	66,6 kN	26,6 kN	25 kN	107%
TPA-S-2,5-25	260 mm	285 mm	40 mm	0,25	0,67	79,1 kN	31,6 kN	25 kN	127%
TPA-S-3,0-16	170 mm	195 mm	95 mm	0,48	0,69	76,6 kN	30,6 kN	30 kN	102%
TPA-S-3,0-20	210 mm	235 mm	65 mm	0,34	0,68	75,8 kN	30,3 kN	30 kN	101%
TPA-S-3,0-28	290 mm	315 mm	50 mm	0,26	0,67	98,7 kN	39,5 kN	30 kN	132%
TPA-S-4,0-18	190 mm	215 mm	120 mm	0,52	0,68	99,6 kN	39,8 kN	40 kN	100%
TPA-S-4,0-24	250 mm	275 mm	80 mm	0,34	0,67	102,6 kN	41,0 kN	40 kN	103%
TPA-S-4,0-32	330 mm	355 mm	60 mm	0,26	0,66	124,7 kN	49,9 kN	40 kN	125%
TPA-S-5,0-18	190 mm	215 mm	165 mm	0,66	0,68	125,5 kN	50,2 kN	50 kN	100%
TPA-S-5,0-24	250 mm	275 mm	115 mm	0,42	0,67	126,5 kN	50,6 kN	50 kN	101%
TPA-S-5,0-40	410 mm	435 mm	65 mm	0,25	0,66	169,7 kN	67,9 kN	50 kN	136%
TPA-S-5,3-22	235 mm	255 mm	140 mm	0,50	0,67	133,5 kN	53,4 kN	53 kN	101%
TPA-S-5,3-26	275 mm	295 mm	110 mm	0,39	0,66	134,4 kN	53,8 kN	53 kN	101%
TPA-S-5,3-34	355 mm	375 mm	85 mm	0,30	0,65	156,9 kN	62,8 kN	53 kN	118%
TPA-S-7,5-26	275 mm	300 mm	180 mm	0,53	0,67	186,8 kN	74,7 kN	75 kN	100%
TPA-S-7,5-30	315 mm	340 mm	150 mm	0,43	0,66	189,1 kN	75,6 kN	75 kN	101%
TPA-S-7,5-42	435 mm	460 mm	110 mm	0,30	0,65	227,5 kN	91,0 kN	75 kN	121%
TPA-S-10-30	315 mm	340 mm	230 mm	0,58	0,66	252,6 kN	101,0 kN	100 kN	101%
TPA-S-10-37	385 mm	410 mm	180 mm	0,43	0,66	260,6 kN	104,2 kN	100 kN	104%
TPA-S-10-52	535 mm	560 mm	130 mm	0,30	0,65	315,3 kN	126,1 kN	100 kN	126%
TPA-S-14-37	385 mm	410 mm	285 mm	0,58	0,66	355,6 kN	142,3 kN	140 kN	102%
TPA-S-14-46	475 mm	500 mm	230 mm	0,44	0,65	377,8 kN	151,1 kN	140 kN	108%
TPA-S-22-50	515 mm	540 mm	385 mm	0,59	0,65	581,3 kN	232,5 kN	220 kN	106%
TPA-S-22-62	635 mm	660 mm	310 mm	0,44	0,65	616,8 kN	246,7 kN	220 kN	112%

8.3.4 Betonausbruch bei Scheiben

Der Widerstand der Spreizanker gegen Betonausbruch in Scheiben mit definierter Bewehrung gemäß der Abschnitte 8.4 bis 8.6 ist gegenüber der Betonausbruchtragfähigkeit bei den Balken (Abs. 8.3.2) vergrößert.

Die Tragfähigkeit $N_{Rk,CO}$ der Scheiben wird ebenfalls in Anlehnung an CEN/TC 229 [6] unter Berücksichtigung der Bauteilquerränder berechnet:

$$N_{Rk,C,S} = 8 h_{ef}^{1,70} \cdot \psi_Q \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (71)$$

Mit
$$\psi_Q = 0,16 + a_{RQ} / (1,75 h_{ef}) \leq 1,0 \quad (72)$$

Die Zwischenabstände a_z und die Randabstände in Längsrichtung a_{RL} sind so gewählt, dass sich stets der volle Ausbruchkegel einstellen kann.

Die zulässige Normalkraft $N_{zul,CO}$ und das Sicherheitsniveau η_{CO} für Scheiben betragen:

$$N_{zul,CO} = N_{Rk,CO} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (73)$$

$$\eta_{CO} = N_{zul,CO} / N_N \geq 100\% \quad (74)$$

In Tabelle 21 bis Tabelle 23 sind die Ankertraglasten infolge Widerstand gegen Betonausbruch für Balken für die Festigkeitsklassen C12/15, C20/25 und C30/37 bzw. die Würfeldruckfestigkeiten $f_{cc,cube} = 15, 25$ oder 35 N/mm^2 angegeben.

Tabelle 21: Betonausbruchtragfähigkeit für Scheiben aus Beton C12/15, $f_{cc,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$

Anker	eff. Verankgstiefe	Querrandabstand	Beiwert Randabstnd	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	h_{ef}	a_{RQ}	ψ_c	$N_{Rk,CO}$	$N_{zul,CO}$	N_N	η_{co}
TPA-S-0,7-11	120 mm	30 mm	0,30	28,7 kN	11,5 kN	7 kN	164%
TPA-S-1,4-11	120 mm	45 mm	0,37	35,5 kN	14,2 kN	14 kN	101%
TPA-S-1,4-16	170 mm	40 mm	0,29	50,5 kN	20,2 kN	14 kN	144%
TPA-S-2,0-13	140 mm	60 mm	0,40	49,9 kN	20,0 kN	20 kN	100%
TPA-S-2,0-16	170 mm	50 mm	0,33	56,3 kN	22,5 kN	20 kN	113%
TPA-S-2,0-21	220 mm	50 mm	0,29	77,1 kN	30,8 kN	20 kN	154%
TPA-S-2,5-15	160 mm	70 mm	0,41	63,5 kN	25,4 kN	25 kN	102%
TPA-S-2,5-20	210 mm	60 mm	0,32	79,4 kN	31,8 kN	25 kN	127%
TPA-S-2,5-25	260 mm	60 mm	0,29	103,1 kN	41,2 kN	25 kN	165%
TPA-S-3,0-16	170 mm	85 mm	0,45	76,5 kN	30,6 kN	30 kN	102%
TPA-S-3,0-20	210 mm	60 mm	0,32	79,4 kN	31,8 kN	30 kN	106%
TPA-S-3,0-28	290 mm	60 mm	0,28	118,3 kN	47,3 kN	30 kN	158%
TPA-S-4,0-18	190 mm	110 mm	0,49	101,7 kN	40,7 kN	40 kN	102%
TPA-S-4,0-24	250 mm	75 mm	0,33	109,5 kN	43,8 kN	40 kN	110%
TPA-S-4,0-32	330 mm	75 mm	0,29	153,6 kN	61,4 kN	40 kN	154%
TPA-S-5,0-18	190 mm	175 mm	0,69	142,3 kN	56,9 kN	50 kN	114%
TPA-S-5,0-24	250 mm	95 mm	0,38	124,6 kN	49,9 kN	50 kN	100%
TPA-S-5,0-40	410 mm	90 mm	0,29	218,7 kN	87,5 kN	50 kN	175%
TPA-S-5,3-22	235 mm	175 mm	0,59	174,2 kN	69,7 kN	53 kN	131%
TPA-S-5,3-26	275 mm	90 mm	0,35	134,9 kN	53,9 kN	53 kN	102%
TPA-S-5,3-34	355 mm	90 mm	0,30	182,9 kN	73,2 kN	53 kN	138%
TPA-S-7,5-26	275 mm	170 mm	0,51	199,5 kN	79,8 kN	75 kN	106%
TPA-S-7,5-30	315 mm	125 mm	0,39	189,3 kN	75,7 kN	75 kN	101%
TPA-S-7,5-42	435 mm	100 mm	0,29	246,9 kN	98,8 kN	75 kN	132%
TPA-S-10-30	315 mm	225 mm	0,57	278,2 kN	111,3 kN	100 kN	111%
TPA-S-10-37	385 mm	140 mm	0,37	253,3 kN	101,3 kN	100 kN	101%
TPA-S-10-52	535 mm	125 mm	0,29	353,6 kN	141,4 kN	100 kN	141%
TPA-S-14-37	385 mm	305 mm	0,61	421,9 kN	168,8 kN	140 kN	121%
TPA-S-14-46	475 mm	175 mm	0,37	364,7 kN	145,9 kN	140 kN	104%
TPA-S-22-50	515 mm	380 mm	0,58	656,8 kN	262,7 kN	220 kN	119%
TPA-S-22-62	635 mm	225 mm	0,36	584,4 kN	233,7 kN	220 kN	106%

Tabelle 22: Betonausbruchtragfähigkeit für Scheiben aus Beton C20/25, $f_{cc,cube}=25 \text{ N/mm}^2$

Anker	eff. Verankgstiefe	Querrandabstand	Beiwert Randabstnd	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	h_{ef}	a_{RQ}	ψ_c	$N_{Rk,CO}$	$N_{zul,CO}$	N_N	η_{co}
TPA-S-0,7-11	120 mm	30 mm	0,30	37,1 kN	14,8 kN	7 kN	212%
TPA-S-1,4-11	120 mm	30 mm	0,30	37,1 kN	14,8 kN	14 kN	106%
TPA-S-1,4-16	170 mm	30 mm	0,26	57,8 kN	23,1 kN	14 kN	165%
TPA-S-2,0-13	140 mm	40 mm	0,32	51,5 kN	20,6 kN	20 kN	103%
TPA-S-2,0-16	170 mm	40 mm	0,29	65,2 kN	26,1 kN	20 kN	130%
TPA-S-2,0-21	220 mm	40 mm	0,26	90,6 kN	36,2 kN	20 kN	181%
TPA-S-2,5-15	160 mm	45 mm	0,32	64,1 kN	25,6 kN	25 kN	103%
TPA-S-2,5-20	210 mm	45 mm	0,28	89,6 kN	35,8 kN	25 kN	143%
TPA-S-2,5-25	260 mm	45 mm	0,26	118,1 kN	47,2 kN	25 kN	189%
TPA-S-3,0-16	170 mm	55 mm	0,34	76,4 kN	30,6 kN	30 kN	102%
TPA-S-3,0-20	210 mm	45 mm	0,28	89,6 kN	35,8 kN	30 kN	119%
TPA-S-3,0-28	290 mm	45 mm	0,25	136,6 kN	54,6 kN	30 kN	182%
TPA-S-4,0-18	190 mm	75 mm	0,39	103,2 kN	41,3 kN	40 kN	103%
TPA-S-4,0-24	250 mm	60 mm	0,30	126,8 kN	50,7 kN	40 kN	127%
TPA-S-4,0-32	330 mm	60 mm	0,26	180,5 kN	72,2 kN	40 kN	181%
TPA-S-5,0-18	190 mm	110 mm	0,49	131,3 kN	52,5 kN	50 kN	105%
TPA-S-5,0-24	250 mm	70 mm	0,32	136,5 kN	54,6 kN	50 kN	109%
TPA-S-5,0-40	410 mm	70 mm	0,26	254,8 kN	101,9 kN	50 kN	204%
TPA-S-5,3-22	235 mm	105 mm	0,42	159,5 kN	63,8 kN	53 kN	120%
TPA-S-5,3-26	275 mm	70 mm	0,31	153,3 kN	61,3 kN	53 kN	116%
TPA-S-5,3-34	355 mm	70 mm	0,27	211,2 kN	84,5 kN	53 kN	159%
TPA-S-7,5-26	275 mm	105 mm	0,38	189,7 kN	75,9 kN	75 kN	101%
TPA-S-7,5-30	315 mm	80 mm	0,31	192,8 kN	77,1 kN	75 kN	103%
TPA-S-7,5-42	435 mm	75 mm	0,26	282,8 kN	113,1 kN	75 kN	151%
TPA-S-10-30	315 mm	135 mm	0,40	255,9 kN	102,4 kN	100 kN	102%
TPA-S-10-37	385 mm	95 mm	0,30	267,6 kN	107,0 kN	100 kN	107%
TPA-S-10-52	535 mm	95 mm	0,26	406,7 kN	162,7 kN	100 kN	163%
TPA-S-14-37	385 mm	180 mm	0,43	379,7 kN	151,9 kN	140 kN	108%
TPA-S-14-46	475 mm	105 mm	0,29	363,8 kN	145,5 kN	140 kN	104%
TPA-S-22-50	515 mm	230 mm	0,42	605,3 kN	242,1 kN	220 kN	110%
TPA-S-22-62	635 mm	150 mm	0,29	613,9 kN	245,6 kN	220 kN	112%

Tabelle 23: Betonausbruchtragfähigkeit für Scheiben aus Beton C30/37, $f_{cc,cube}=35 \text{ N/mm}^2$

Anker	eff. Verankgstiefe	Querrandabstand	Beiwert Randabstnd	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	h_{ef}	a_{RQ}	ψ_c	$N_{Rk,CO}$	$N_{zul,CO}$	N_N	η_{co}
TPA-S-0,7-11	120 mm	30 mm	0,30	44,3 kN	17,7 kN	7 kN	253%
TPA-S-1,4-11	120 mm	30 mm	0,30	44,3 kN	17,7 kN	14 kN	127%
TPA-S-1,4-16	170 mm	30 mm	0,26	69,0 kN	27,6 kN	14 kN	197%
TPA-S-2,0-13	140 mm	35 mm	0,30	57,6 kN	23,0 kN	20 kN	115%
TPA-S-2,0-16	170 mm	35 mm	0,28	73,4 kN	29,4 kN	20 kN	147%
TPA-S-2,0-21	220 mm	35 mm	0,25	102,8 kN	41,1 kN	20 kN	206%
TPA-S-2,5-15	160 mm	40 mm	0,30	72,2 kN	28,9 kN	25 kN	116%
TPA-S-2,5-20	210 mm	40 mm	0,27	101,8 kN	40,7 kN	25 kN	163%
TPA-S-2,5-25	260 mm	40 mm	0,25	135,0 kN	54,0 kN	25 kN	216%
TPA-S-3,0-16	170 mm	40 mm	0,29	77,9 kN	31,1 kN	30 kN	104%
TPA-S-3,0-20	210 mm	40 mm	0,27	101,8 kN	40,7 kN	30 kN	136%
TPA-S-3,0-28	290 mm	40 mm	0,24	156,6 kN	62,6 kN	30 kN	209%
TPA-S-4,0-18	190 mm	55 mm	0,33	104,0 kN	41,6 kN	40 kN	104%
TPA-S-4,0-24	250 mm	50 mm	0,27	139,7 kN	55,9 kN	40 kN	140%
TPA-S-4,0-32	330 mm	50 mm	0,25	201,3 kN	80,5 kN	40 kN	201%
TPA-S-5,0-18	190 mm	80 mm	0,40	128,0 kN	51,2 kN	50 kN	102%
TPA-S-5,0-24	250 mm	60 mm	0,30	151,3 kN	60,5 kN	50 kN	121%
TPA-S-5,0-40	410 mm	60 mm	0,24	287,7 kN	115,1 kN	50 kN	230%
TPA-S-5,3-22	235 mm	75 mm	0,34	157,0 kN	62,8 kN	53 kN	118%
TPA-S-5,3-26	275 mm	60 mm	0,28	170,5 kN	68,2 kN	53 kN	129%
TPA-S-5,3-34	355 mm	60 mm	0,26	237,2 kN	94,9 kN	53 kN	179%
TPA-S-7,5-26	275 mm	75 mm	0,32	189,2 kN	75,7 kN	75 kN	101%
TPA-S-7,5-30	315 mm	65 mm	0,28	209,7 kN	83,9 kN	75 kN	112%
TPA-S-7,5-42	435 mm	65 mm	0,25	320,5 kN	128,2 kN	75 kN	171%
TPA-S-10-30	315 mm	95 mm	0,33	250,7 kN	100,3 kN	100 kN	100%
TPA-S-10-37	385 mm	80 mm	0,28	295,8 kN	118,3 kN	100 kN	118%
TPA-S-10-52	535 mm	80 mm	0,25	455,7 kN	182,3 kN	100 kN	182%
TPA-S-14-37	385 mm	130 mm	0,35	374,5 kN	149,8 kN	140 kN	107%
TPA-S-14-46	475 mm	85 mm	0,26	397,8 kN	159,1 kN	140 kN	114%
TPA-S-22-50	515 mm	165 mm	0,34	597,0 kN	238,8 kN	220 kN	109%
TPA-S-22-62	635 mm	125 mm	0,27	677,0 kN	270,8 kN	220 kN	123%

8.3.5 Widerstand gegen Seitenabplatzung bei Scheiben

Der Widerstand der Spreizanker gegen laterale Betonabplatzungen an den Seitenflächen von Scheiben (side face blow-out) $N_{Rk,C,L}$ wird gemäß CEN/TC 229 [6] berechnet:

$$N_{Rk,C,L} = 10,2 \cdot h_{ef}^{1,75} \cdot \psi_Q \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad \text{mit } \psi_Q \leq 1,0 \quad (75)$$

Dabei wird als Ankerkopffläche A_h die projizierte Fläche der aufgebogenen Ankerenden über das Produkt aus Ankerbreite und Ankerspreizung angesetzt:

$$A_h = b \cdot z / 2 \quad (76)$$

Die zulässige Normalkraft $N_{zul,C,L}$ und das Sicherheitsniveau η_{CL} betragen:

$$N_{zul,C,L} = N_{Rk,C,L} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (77)$$

$$\eta_{CL} = N_{zul,C,L} / N_N \geq 100\% \quad (78)$$

In Tabelle 24 bis Tabelle 26 sind die Ankertraglasten infolge Widerstand gegen laterale Betonabplatzungen für Scheiben in Abhängigkeit von der Betonfestigkeitsklasse für die jeweils größte Ankerlänge einer Laststufe angegeben.

Tabelle 24: Tragfähigkeit für Scheiben gegen laterale Betonabplatzungen aus Beton C12/15, $f_{cc,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$

Anker	Ankerbreite	Spreizung	Querrand- abstand	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	b	z	a _{RQ}	N _{Rk,C,L}	N _{zul,C,L}	N _N	η _{CL}
TPA-S-0,7-11	30 mm	60 mm	30 mm	31,8 kN	12,7 kN	7,0 kN	182%
TPA-S-1,4-16	30 mm	60 mm	40 mm	42,4 kN	17,0 kN	14,0 kN	121%
TPA-S-2,0-21	30 mm	60 mm	50 mm	53,0 kN	21,2 kN	20,0 kN	106%
TPA-S-2,5-25	30 mm	70 mm	60 mm	68,7 kN	27,5 kN	25,0 kN	110%
TPA-S-3,0-28	40 mm	80 mm	60 mm	84,8 kN	33,9 kN	30,0 kN	113%
TPA-S-4,0-32	40 mm	80 mm	75 mm	106,0 kN	42,4 kN	40,0 kN	106%
TPA-S-5,0-40	40 mm	80 mm	90 mm	127,2 kN	50,9 kN	50,0 kN	102%
TPA-S-5,3-34	60 mm	90 mm	90 mm	165,2 kN	66,1 kN	53,0 kN	125%
TPA-S-7,5-42	60 mm	110 mm	100 mm	203,0 kN	81,2 kN	75,0 kN	108%
TPA-S-10,0-52	60 mm	110 mm	125 mm	253,7 kN	101,5 kN	100,0 kN	101%
TPA-S-14,0-46	80 mm	145 mm	175 mm	470,9 kN	188,4 kN	140,0 kN	135%
TPA-S-22,0-62	90 mm	145 mm	225 mm	642,2 kN	256,9 kN	220,0 kN	117%

Tabelle 25: Tragfähigkeit für Scheiben gegen laterale Betonabplatzungen aus Beton C20/25,
 $f_{cc,cube}=25 \text{ N/mm}^2$

Anker	Ankerbreite	Spreizung	Querrand- abstand	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	b	z	a _{RQ}	N _{Rk,C,L}	N _{zul,C,L}	N _N	η _{CL}
TPA-S-0,7-11	30 mm	60 mm	30 mm	41,1 kN	16,4 kN	7,0 kN	235%
TPA-S-1,4-16	30 mm	60 mm	30 mm	41,1 kN	16,4 kN	14,0 kN	117%
TPA-S-2,0-21	30 mm	60 mm	40 mm	54,7 kN	21,9 kN	20,0 kN	109%
TPA-S-2,5-25	30 mm	70 mm	45 mm	66,5 kN	26,6 kN	25,0 kN	106%
TPA-S-3,0-28	40 mm	80 mm	45 mm	82,1 kN	32,8 kN	30,0 kN	109%
TPA-S-4,0-32	40 mm	80 mm	60 mm	109,5 kN	43,8 kN	40,0 kN	109%
TPA-S-5,0-40	40 mm	80 mm	70 mm	127,7 kN	51,1 kN	50,0 kN	102%
TPA-S-5,3-34	60 mm	90 mm	70 mm	165,9 kN	66,4 kN	53,0 kN	125%
TPA-S-7,5-42	60 mm	110 mm	75 mm	196,5 kN	78,6 kN	75,0 kN	105%
TPA-S-10,0-52	60 mm	110 mm	95 mm	248,9 kN	99,6 kN	100,0 kN	100%
TPA-S-14,0-46	80 mm	145 mm	105 mm	364,8 kN	145,9 kN	140,0 kN	104%
TPA-S-22,0-62	90 mm	145 mm	150 mm	552,7 kN	221,1 kN	220,0 kN	100%

Tabelle 26: Tragfähigkeit für Scheiben gegen laterale Betonabplatzungen aus Beton C30/37
 $f_{cc,cube}=35 \text{ N/mm}^2$

Anker	Ankerbreite	Spreizung	Querrand- abstand	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	b	z	a _{RQ}	N _{Rk,C,L}	N _{zul,C,L}	N _N	η _{CL}
TPA-S-0,7-11	30 mm	60 mm	30 mm	49,0 kN	19,6 kN	7,0 kN	280%
TPA-S-1,4-16	30 mm	60 mm	30 mm	49,0 kN	19,6 kN	14,0 kN	140%
TPA-S-2,0-21	30 mm	60 mm	35 mm	57,2 kN	22,9 kN	20,0 kN	114%
TPA-S-2,5-25	30 mm	70 mm	40 mm	70,6 kN	28,2 kN	25,0 kN	113%
TPA-S-3,0-28	40 mm	80 mm	40 mm	87,1 kN	34,8 kN	30,0 kN	116%
TPA-S-4,0-32	40 mm	80 mm	50 mm	108,9 kN	43,6 kN	40,0 kN	109%
TPA-S-5,0-40	40 mm	80 mm	60 mm	130,7 kN	52,3 kN	50,0 kN	105%
TPA-S-5,3-34	60 mm	90 mm	60 mm	169,8 kN	67,9 kN	53,0 kN	128%
TPA-S-7,5-42	60 mm	110 mm	65 mm	203,3 kN	81,3 kN	75,0 kN	108%
TPA-S-10,0-52	60 mm	110 mm	80 mm	250,2 kN	100,1 kN	100,0 kN	100%
TPA-S-14,0-46	80 mm	145 mm	85 mm	352,5 kN	141,0 kN	140,0 kN	101%
TPA-S-22,0-62	90 mm	145 mm	125 mm	549,8 kN	219,9 kN	220,0 kN	100%

8.3.6 Betonausbruch unter Querkraftlasten

Der Widerstand der Spreizanker gegen Betonausbruch auf den Bauteilseitenflächen unter Querkraftlasten (transversaler Betonausbruch, Betonkantenbruch) $V_{Rk,C,T}$ wird in Anlehnung an DIN SPEC 1021-4-2 [8], Abs. 6.3.5 berechnet:

$$V_{Rk,C,T} = 1,4 d_{eq}^{\alpha} \cdot h_{ef}^{\beta} \cdot c_1^{1,5} \cdot k_a \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \quad (79)$$

$$\text{mit:} \quad \alpha = 0,1 (h_{ef} / c_1)^{0,5} \quad (80)$$

$$\beta = 0,1 (d_{equ} / c_1)^{0,2} \quad (81)$$

Der Faktor 1,6 wurde an den Ausziehversuchen kalibriert (Abs. 9.7.2). Als Ankerschaftdurchmesser wird der äquivalente Durchmesser d_{equ} definiert, der wie folgt berechnet wird:

$$d_{equ} = \sqrt{(b \cdot t)} \quad (82)$$

Infolge der um 45° geneigten, um den Anker geführten Aufrichtbewehrung kann als effektiver Randabstand c_1 des Ankers der unteren Knickpunkt der Bewehrung angesetzt werden. Bei einem angenommenen Randabstand der Bewehrung von $u=30$ mm gilt:

$$c_1 = 2 a_{RQ} - 30 \text{ mm} \quad (83)$$

Die Ausführung mit der abgewinkelten Aufrichtbewehrung entspricht einer Doppelverankerung mit einer gegenüber einer Einzelverankerung vergrößerten ideellen Betonausbruchfläche $A_{c,V}$:

$$A_{c,V}^0 = 4,5 a_{RQ}^2 \quad \text{für Einzelverankerung} \quad (84)$$

$$A_{c,V} = 1,5 a_{RQ} \cdot (3 a_{RQ} + s) \quad \text{für Doppelverankerung} \quad (85)$$

Der Quotient beider Flächen liefert den Flächenfaktor k_a :

$$k_a = A_{c,V} / A_{c,V}^0 = (3 a_{RQ} + s) / (3 a_{RQ}) = 1 + s / (3 a_{RQ}) \quad (86)$$

Die Spreizung s entspricht der vergrößerten Grundlänge der Ausbruchfläche in Bauteillängsrichtung, die aus dem Abstand der Knickpunkte der Aufrichtbewehrung bestimmt wird:

$$s = 2 (a_{RQ} + b/2 - 30 \text{ mm}) = a_{RQ} + b - 60 \text{ mm} \quad (87)$$

Tabelle 27: Querzugtragfähigkeit auf transversalen Betonausbruch

Anker	Bauteildicke	Anker					ideeller Randabstand	Spreizung
		Breite	Dicke	Länge	eff. Verank.-Tiefe	äquivalent. \varnothing		
	H	b	t	l	h_{ef}	d_{equ}	c_1	s
TPA-S-0,7-11	200 mm	30 mm	5 mm	110 mm	120 mm	12,2 mm	100 mm	170 mm
TPA-S-1,4-16	200 mm	30 mm	6 mm	160 mm	170 mm	13,4 mm	170 mm	170 mm
TPA-S-2,0-21	200 mm	30 mm	8 mm	210 mm	220 mm	15,5 mm	170 mm	170 mm
TPA-S-2,5-25	200 mm	30 mm	10 mm	250 mm	260 mm	17,3 mm	170 mm	170 mm
TPA-S-3,0-28	300 mm	40 mm	10 mm	280 mm	290 mm	20,0 mm	270 mm	280 mm
TPA-S-4,0-32	300 mm	40 mm	12 mm	320 mm	330 mm	21,9 mm	270 mm	280 mm
TPA-S-5,0-40	300 mm	40 mm	15 mm	400 mm	410 mm	24,5 mm	270 mm	280 mm
TPA-S-5,3-34	500 mm	60 mm	12 mm	340 mm	355 mm	26,8 mm	470 mm	500 mm
TPA-S-7,5-42	500 mm	60 mm	16 mm	420 mm	435 mm	31,0 mm	470 mm	500 mm
TPA-S-10,0-52	600 mm	60 mm	20 mm	520 mm	535 mm	34,6 mm	570 mm	600 mm
TPA-S-14,0-46	1050 mm	80 mm	20 mm	460 mm	475 mm	40,0 mm	1020 mm	1070 mm
TPA-S-22,0-62	1420 mm	90 mm	25 mm	620 mm	635 mm	47,4 mm	1390 mm	1450 mm

Anker	Flächenfaktor	Beiwert	Beiwert	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	$A_{c,v}/A_{c,v}^0$	α	β	$V_{Rk,C,T}$	$V_{zul,C,T}$	Q_N	η_{CT}
TPA-S-0,7-11	1,57	0,11	0,07	15,3 kN	6,1 kN	3,5 kN	175%
TPA-S-1,4-16	1,33	0,10	0,06	28,3 kN	11,3 kN	7,0 kN	162%
TPA-S-2,0-21	1,33	0,11	0,06	30,6 kN	12,2 kN	10,0 kN	122%
TPA-S-2,5-25	1,33	0,12	0,06	32,4 kN	13,0 kN	12,5 kN	104%
TPA-S-3,0-28	1,35	0,10	0,06	61,8 kN	24,7 kN	15,0 kN	165%
TPA-S-4,0-32	1,35	0,11	0,06	64,7 kN	25,9 kN	20,0 kN	129%
TPA-S-5,0-40	1,35	0,12	0,06	69,7 kN	27,9 kN	25,0 kN	111%
TPA-S-5,3-34	1,35	0,09	0,06	138,7 kN	55,5 kN	26,5 kN	209%
TPA-S-7,5-42	1,35	0,10	0,06	148,2 kN	59,3 kN	37,5 kN	158%
TPA-S-10,0-52	1,35	0,10	0,06	201,2 kN	80,5 kN	50,0 kN	161%
TPA-S-14,0-46	1,35	0,07	0,05	423,3 kN	169,3 kN	70,0 kN	242%
TPA-S-22,0-62	1,35	0,07	0,05	682,7 kN	273,1 kN	110,0 kN	248%

8.4 GRUND- UND STECKBÜGELBEWEHRUNG

8.4.1 Allgemeines

Die Grund- und Steckbügelbewehrung ist nur für den Bauteiltyp Scheibe obligatorisch. Die Bemessung der Bewehrung erfolgt separat für die Lastfälle zentrischer Zug Z und Schrägzug S:

Für den Lastfall zentrischer Zug Z wird die Grund- und Steckbügelbewehrung auf die Ankernennlast N_N bemessen. Zusätzlich wird ein Nachweis der Steckbügel als Spaltzugbewehrung der horizontalen Lastkomponente H geführt.

Für den Lastfall Schrägzug S wird jeweils die einseitige Steckbügelbewehrung (links- oder rechtsseitig des Ankers) auf die volle Schrägzugennlast $S_N = 80\% N_N$ bemessen.

8.4.2 Stahltragfähigkeit LF Zentrischer Zug

Die aus der Zugverankerungsbewehrung in den Betonkörper eingeleitete und nach oben in das Bauteil ausstrahlende Ankerkraft wird durch die Grund- und Steckbügelbewehrung nach unten zurückgehängt. Die Verankerung der Grund- und Steckbügelbewehrung im Beton erfolgt unterhalb des rechnerischen Betonausbruchkegels (s. Abs. 8.1.4), um eine vollständige Lastaufnahme zu gewährleisten.

Die Steckbügelbewehrung wird mit vollem Querschnitt angesetzt. Der Querschnitt der Grundbewehrung wird auf der effektiven Breite der doppelten Ankerlänge $b_{G,ef} = 2l$ in Ansatz gebracht.

Die Stahltragfähigkeit $N_{Rk,G}$ der effektiven Grundbewehrung $A_{S,G}$ in Ankernormalenrichtung beträgt:

$$N_{Rk,G} = A_{S,G} \cdot f_{sk} = 4l \cdot a_{S,G} \cdot f_{sk} \quad (88)$$

Die Stahltragfähigkeit der n_B Stück Steckbügelbewehrung $N_{Rk,B,s}$ in Ankernormalenrichtung beträgt:

$$N_{Rk,B,s} = A_{S,B} \cdot f_{sk} = 2 n_B d_{S,B}^2 / 4 \cdot \pi \cdot f_{sk} \quad (89)$$

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

$$N_{zul,GB,s} = (N_{Rk,G} + N_{Rk,B,s}) / \gamma_s \quad \text{mit } \gamma_s = 2,5 \quad (90)$$

$$\eta_{GB,s} = N_{zul,GB,s} / N_N \geq 100\% \quad (91)$$

Tabelle 28: Ankertraglasten infolge Stahltragfähigkeit der Grund- und Steckbügelbewehrung LF Z Zug

Anker	Ankerlänge	effektive Breite Grundbew.	Grundbewehrung		Steckbügel		
			Flächenqu.	Querschnitt	Anzahl	∅	Querschnitt
	l_{max}	$b_{G,ef}$	$a_{s,G}$	$A_{s,G}$	n	$d_{s,B}$	$A_{s,B}$
TPA-S-0,7	110 mm	220 mm	188 mm ² /m	83 mm ²	4	6 mm	226 mm ²
TPA-S-1,4	160 mm	320 mm	188 mm ² /m	120 mm ²	4	6 mm	226 mm ²
TPA-S-2,0	210 mm	420 mm	188 mm ² /m	158 mm ²	4	6 mm	226 mm ²
TPA-S-2,5	250 mm	500 mm	188 mm ² /m	188 mm ²	4	8 mm	402 mm ²
TPA-S-3,0	280 mm	560 mm	188 mm ² /m	211 mm ²	4	8 mm	402 mm ²
TPA-S-4,0	320 mm	640 mm	188 mm ² /m	241 mm ²	4	8 mm	402 mm ²
TPA-S-5,0	400 mm	800 mm	188 mm ² /m	301 mm ²	4	10 mm	628 mm ²
TPA-S-5,3	340 mm	680 mm	188 mm ² /m	256 mm ²	4	10 mm	628 mm ²
TPA-S-7,5	420 mm	840 mm	188 mm ² /m	316 mm ²	4	10 mm	628 mm ²
TPA-S-10,0	520 mm	1040 mm	188 mm ² /m	391 mm ²	6	10 mm	942 mm ²
TPA-S-14,0	460 mm	920 mm	188 mm ² /m	346 mm ²	8	10 mm	1257 mm ²
TPA-S-22,0	620 mm	1240 mm	188 mm ² /m	466 mm ²	8	12 mm	1810 mm ²

Anker	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	$N_{Rk,GB,s}$	$N_{zul,GB,s}$		
TPA-S-0,7	154,5 kN	61,8 kN	7 kN	883%
TPA-S-1,4	173,3 kN	69,3 kN	14 kN	495%
TPA-S-2,0	192,1 kN	76,8 kN	20 kN	384%
TPA-S-2,5	295,1 kN	118,0 kN	25 kN	472%
TPA-S-3,0	306,3 kN	122,5 kN	30 kN	408%
TPA-S-4,0	321,4 kN	128,6 kN	40 kN	321%
TPA-S-5,0	464,6 kN	185,8 kN	50 kN	372%
TPA-S-5,3	442,0 kN	176,8 kN	53 kN	334%
TPA-S-7,5	472,1 kN	188,8 kN	75 kN	252%
TPA-S-10,0	666,8 kN	266,7 kN	100 kN	267%
TPA-S-14,0	801,3 kN	320,5 kN	140 kN	229%
TPA-S-22,0	1137,9 kN	455,2 kN	220 kN	207%

8.4.3 Verbundtragfähigkeit LF Zentrischer Zug

Die Verbundtragfähigkeit im Lastfall zentrischer Zug der Grund- und Steckbügelbewehrung setzt sich aus den Anteilen der Grundbewehrung und der Steckbügelbewehrung zusammen. Die Grundbewehrung aus Bewehrungsmatten Q188 ist mit der angegebenen Mindesthöhe h_G im Beton C12/15 stets voll verankert. Damit entspricht die Verbundtragfähigkeit der Stahltragfähigkeit der Grundbewehrung.

Die Verbundtragfähigkeit der Steckbügelbewehrung beträgt für Beton C12/15:

$$N_{Rk,B,b} = 2 n_B \cdot l_{B,b} \cdot \pi \cdot d_{S,B} \cdot f_{bk,15} \quad \text{mit } l_{B,b} = l_B - h_{ef} \quad (92)$$

n_B ist dabei die Gesamtanzahl der Steckbügel. Die Verankerungslänge $l_{B,b}$ ist die Differenz aus Schenkellänge l_B und rechnerischer Ausbruchkegeltiefe h_{ef} :

$$l_{B,b} = l_B - h_{ef} \quad (93)$$

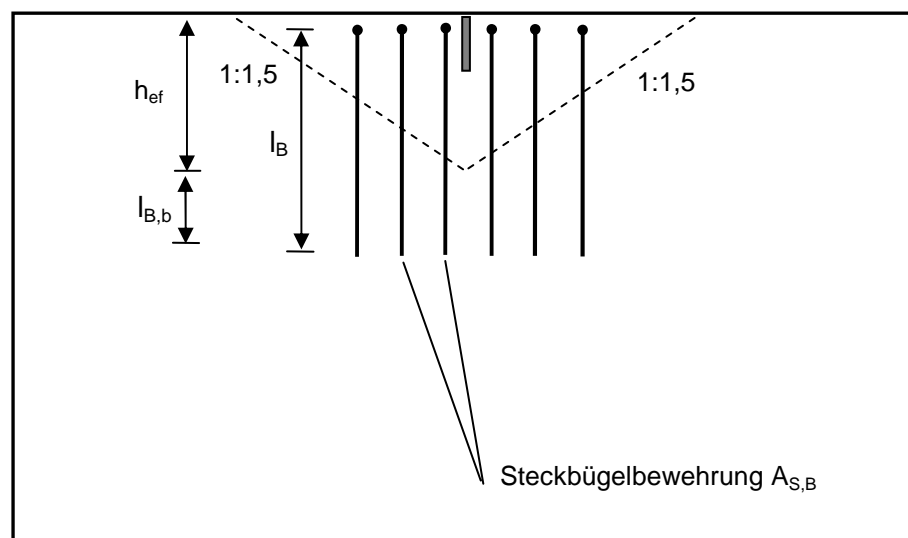


Bild 14: Verankerung der Steckbügelbewehrung unterhalb des Betonausbruchkegels

Die Gesamtverbundtragfähigkeit $N_{Rk,GB}$ wird wie folgt berechnet:

$$N_{Rk,GB,b} = N_{Rk,G} + N_{Rk,B,b} \quad (94)$$

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

$$N_{zul,GB,b} = N_{Rk,GB,b} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (95)$$

$$\eta_{GB,b} = N_{zul,GB,b} / N_N \geq 100\% \quad (96)$$

Tabelle 29: Ankertraglasten inf. Verbundtragfähigkeit der Grund- und Steckbügelbew. LF Z Zug C12/15

Anker	Anzahl	Steckbügel			
		\varnothing	Schenkellä.	ef. Verank.	Verbundlä.
	n	$d_{S,B}$	l_B	$h_{ef,max}$	$l_{B,b}$
TPA-S-0,7	4	6 mm	300 mm	120 mm	180 mm
TPA-S-1,4	4	6 mm	400 mm	170 mm	230 mm
TPA-S-2,0	4	6 mm	500 mm	220 mm	280 mm
TPA-S-2,5	4	8 mm	600 mm	260 mm	340 mm
TPA-S-3,0	4	8 mm	700 mm	290 mm	410 mm
TPA-S-4,0	4	8 mm	800 mm	330 mm	470 mm
TPA-S-5,0	4	10 mm	800 mm	410 mm	390 mm
TPA-S-5,3	4	10 mm	800 mm	355 mm	445 mm
TPA-S-7,5	4	10 mm	800 mm	435 mm	365 mm
TPA-S-10,0	6	10 mm	1000 mm	535 mm	465 mm
TPA-S-14,0	8	10 mm	1000 mm	475 mm	525 mm
TPA-S-22,0	8	12 mm	1200 mm	635 mm	565 mm

Anker	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	$N_{Rk,GB,b}$	$N_{zul,GB,b}$	N_N	$\eta_{GB,b}$
TPA-S-0,7	75,6 kN	30,2 kN	7 kN	1079%
TPA-S-1,4	103,9 kN	41,5 kN	14 kN	742%
TPA-S-2,0	132,2 kN	52,9 kN	20 kN	661%
TPA-S-2,5	180,1 kN	72,1 kN	25 kN	721%
TPA-S-3,0	209,1 kN	83,7 kN	30 kN	697%
TPA-S-4,0	239,4 kN	95,8 kN	40 kN	598%
TPA-S-5,0	273,9 kN	109,6 kN	50 kN	548%
TPA-S-5,3	268,8 kN	107,5 kN	53 kN	507%
TPA-S-7,5	273,5 kN	109,4 kN	75 kN	365%
TPA-S-10,0	416,4 kN	166,6 kN	100 kN	416%
TPA-S-14,0	505,5 kN	202,2 kN	140 kN	361%
TPA-S-22,0	662,5 kN	265,0 kN	220 kN	301%

8.4.4 Spaltzugtragfähigkeit LF Zentrischer Zug

Die Horizontalkomponente H der Ankerlast wird beim Lastfall Zentrischer Zug nicht durch eine Schrägzugbewehrung aufgenommen, sondern durch Betonpressung über den Ankeraussparungskörper abgetragen. Durch die konzentrierte Lasteinleitung treten neben dem Aussparungskörper Spaltzugkräfte Z_{Sp} auf, die von dem einseitigen Querschnitt der Steckbügelbewehrung aufgenommen werden müssen.

Nach DAfStb-Heft 240 beträgt die Spaltzugkraft Z_{Sp} höchstens 25% der einwirkenden Horizontalkomponente H der zentrischen Zuglast:

$$Z_{Sp} \leq 0,25 H \quad (97)$$

Die Tragfähigkeit $H_{Rk,B,Sp}$ der vorhandenen Spaltzugbewehrung, des Kappenquerschnitts der einseitigen Steckbügel, wird damit wie folgt bestimmt:

$$H_{Rk,B,Sp} = 4 A_{S,B} / 4 \cdot f_{sk} = n \cdot d_{S,B}^2 \cdot \pi \cdot f_{sk} \quad (98)$$

Die einwirkende Last besteht aus der H -Komponente der zentrischen Zuglast. Sie beträgt auf Grund der Neigungswinkelbegrenzung von $\beta \leq 30^\circ$ maximal $0,5 Z$ (vgl. Abs. 7.1). Die Spaltzugtragfähigkeit $N_{Rk,B,Sp}$ der Bewehrung aus n Steckbügeln in Ankernormalrichtung berechnet sich zu:

$$N_{Rk,B,Sp} = H_{Rk,B,Sp} / 0,5 = n \cdot d_{S,B}^2 \cdot \pi \cdot f_{sk} \quad (99)$$

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

$$N_{zul,B,Sp} = N_{Rk,B,Sp} / \gamma_s \quad \text{mit } \gamma_s = 2,5 \quad (100)$$

$$\eta_{B,Sp} = N_{zul,B,Sp} / N_N \geq 100\% \quad (101)$$

Tabelle 30: Ankertraglasten infolge Spaltzugtragfähigkeit der einseitigen Steckbügelbewehrung

Anker	Steckbügel			Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	Anzahl	Ø	Querschnitt				
	n	d _{S,B}	A _{S,B}	H _{Rk,B,Sp}	N _{zul,B,Sp}	N _N	η _{B,Sp}
TPA-S-0,7	1	6 mm	28 mm ²	56,5 kN	45,2 kN	7 kN	646%
TPA-S-1,4	1	6 mm	28 mm ²	56,5 kN	45,2 kN	14 kN	323%
TPA-S-2,0	1	6 mm	28 mm ²	56,5 kN	45,2 kN	20 kN	226%
TPA-S-2,5	1	8 mm	50 mm ²	100,5 kN	80,4 kN	25 kN	322%
TPA-S-3,0	1	8 mm	50 mm ²	100,5 kN	80,4 kN	30 kN	268%
TPA-S-4,0	1	8 mm	50 mm ²	100,5 kN	80,4 kN	40 kN	201%
TPA-S-5,0	1	10 mm	79 mm ²	157,1 kN	125,7 kN	50 kN	251%
TPA-S-5,3	1	10 mm	79 mm ²	157,1 kN	125,7 kN	53 kN	237%
TPA-S-7,5	1	10 mm	79 mm ²	157,1 kN	125,7 kN	75 kN	168%
TPA-S-10,0	1	10 mm	79 mm ²	157,1 kN	125,7 kN	100 kN	126%
TPA-S-14,0	2	10 mm	157 mm ²	314,2 kN	251,3 kN	140 kN	180%
TPA-S-22,0	2	12 mm	226 mm ²	452,4 kN	361,9 kN	220 kN	165%

8.4.5 Stahltragfähigkeit LF Schrägzug

Für den Lastfall Schrägzug S ist nach CEN/TC 229 [6], Abs. 8.3.5 die Steckbügelbewehrung auf 100% der horizontalen Lastkomponente von S zu bemessen. Da die Lastneigung $\beta=90^\circ$ annehmen kann, gilt $H_{\max}=S$. Die Lasteinleitung der Horizontalkomponente H erfolgt über die Schrägzugbewehrungsschleife, die links- oder rechtsseitig des Ankers im Beton verankert ist. Die Last wird als schräge Druckstrebe im Betonkörper abgetragen. Zur Aufnahme der zugehörigen vertikalen Lastkomponente bei wird die einseitige Steckbügelbewehrung auf die Nennschrägzuglast S_N bemessen.

Die Stahltragfähigkeit $N_{Rk,B,s}$ der $n_B/2$ -Stück einseitigen Steckbügelbewehrung in Ankernormalenrichtung beträgt:

$$N_{Rk,B,s} = 0,5 A_{S,B} \cdot f_{sk} = n_B d_{S,B}^2 / 4 \cdot \pi \cdot f_{sk} \quad (102)$$

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

$$S_{zul,B,s} = N_{Rk,B,s} / \gamma_S \quad \text{mit } \gamma_S = 2,5 \quad (103)$$

$$\eta_{B,s} = S_{zul,B,s} / S_N \geq 100\% \quad (104)$$

Tabelle 31: Ankertraglasten infolge Stahltragfähigkeit der Steckbügelbewehrung auf Schrägzug

Anker	Steckbügel			Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	Anzahl	∅	Querschnitt	$N_{Rk,B,s}$	$S_{zul,B,s}$		
	n	$d_{s,B}$	$A_{s,B}$			S_N	$\eta_{B,s}$
TPA-S-0,7	4	6 mm	113 mm ²	57 kN	23 kN	5,6 kN	404%
TPA-S-1,4	4	6 mm	113 mm ²	57 kN	23 kN	11,2 kN	202%
TPA-S-2,0	4	6 mm	113 mm ²	57 kN	23 kN	16,0 kN	141%
TPA-S-2,5	4	8 mm	201 mm ²	101 kN	40 kN	20,0 kN	201%
TPA-S-3,0	4	8 mm	201 mm ²	101 kN	40 kN	24,0 kN	168%
TPA-S-4,0	4	8 mm	201 mm ²	101 kN	40 kN	32,0 kN	126%
TPA-S-5,0	4	10 mm	314 mm ²	157 kN	63 kN	40,0 kN	157%
TPA-S-5,3	4	10 mm	314 mm ²	157 kN	63 kN	42,4 kN	148%
TPA-S-7,5	4	10 mm	314 mm ²	157 kN	63 kN	60,0 kN	105%
TPA-S-10,0	6	10 mm	471 mm ²	236 kN	94 kN	80,0 kN	118%
TPA-S-14,0	8	10 mm	628 mm ²	314 kN	126 kN	112,0 kN	112%
TPA-S-22,0	8	12 mm	905 mm ²	452 kN	181 kN	176,0 kN	103%

8.4.6 Verbundtragfähigkeit LF Schrägzug

Die Verbundtragfähigkeit bei Schrägzugbeanspruchung der einseitigen Steckbügelbewehrung beträgt für Beton C12/15:

$$N_{Rk,B,b} = 0,5 \cdot 2 \cdot n_B \cdot l_{B,b} \cdot \pi \cdot d_{s,B} \cdot f_{bk,15} \quad (105)$$

n_{BS} ist dabei die Gesamtanzahl der Steckbügel bei Schrägzugbelastung. Die Verankerungslänge $l_{B,b}$ ist die Differenz der Schenkellänge l_{BS} und maßgebender rechnerischer Ausbruchkegeltiefe $h_{ef,max}$:

$$l_{B,b} = l_B - h_{ef,max} \quad (106)$$

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

$$S_{zul,B,b} = N_{Rk,B,b} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (107)$$

$$\eta_{B,b} = S_{zul,B,b} / S_N \geq 100\% \quad (108)$$

Tabelle 32: Ankertraglasten infolge Verbundtragfähigkeit der Grund- und Steckbügelbewehrung (C12/15)

Anker	Anzahl	Steckbügel			
		∅	Schenkellä.	Ankerlänge	Verbundlä.
	n	$d_{s,B}$	l_B	$h_{ef,max}$	$l_{B,b}$
TPA-S-0,7	4	6 mm	300 mm	120 mm	180 mm
TPA-S-1,4	4	6 mm	400 mm	170 mm	230 mm
TPA-S-2,0	4	6 mm	500 mm	220 mm	280 mm
TPA-S-2,5	4	8 mm	600 mm	260 mm	340 mm
TPA-S-3,0	4	8 mm	700 mm	290 mm	410 mm
TPA-S-4,0	4	8 mm	800 mm	330 mm	470 mm
TPA-S-5,0	4	10 mm	800 mm	410 mm	390 mm
TPA-S-5,3	4	10 mm	800 mm	355 mm	445 mm
TPA-S-7,5	4	10 mm	800 mm	435 mm	365 mm
TPA-S-10,0	6	10 mm	1000 mm	535 mm	465 mm
TPA-S-14,0	8	10 mm	1000 mm	475 mm	525 mm
TPA-S-22,0	8	12 mm	1200 mm	635 mm	565 mm

Anker	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	$N_{Rk,B,b}$	$S_{zul,B,b}$	S_N	$\eta_{B,b}$
TPA-S-0,7	34,2 kN	13,7 kN	5,6 kN	611%
TPA-S-1,4	43,7 kN	17,5 kN	11,2 kN	390%
TPA-S-2,0	53,2 kN	21,3 kN	16,0 kN	333%
TPA-S-2,5	86,1 kN	34,5 kN	20,0 kN	431%
TPA-S-3,0	103,9 kN	41,5 kN	24,0 kN	433%
TPA-S-4,0	119,1 kN	47,6 kN	32,0 kN	372%
TPA-S-5,0	123,5 kN	49,4 kN	40,0 kN	309%
TPA-S-5,3	140,9 kN	56,4 kN	42,4 kN	332%
TPA-S-7,5	115,6 kN	46,2 kN	60,0 kN	193%
TPA-S-10,0	220,9 kN	88,4 kN	80,0 kN	276%
TPA-S-14,0	332,5 kN	133,0 kN	112,0 kN	297%
TPA-S-22,0	429,4 kN	171,8 kN	176,0 kN	244%

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:

$$H_{Rk,S,s} = 2 A_{S,S} \cdot f_{sk} = 2 d_{S,S}^2 \cdot \pi / 4 \cdot f_{sk} \quad (109)$$

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

$$S_{zul,S,s} = N_{Rk,S,s} / \gamma_S \quad \text{mit } \gamma_S = 2,5 \quad (110)$$

$$\eta_{S,s} = S_{zul,S,s} / S_N \geq 100\% \quad (111)$$

Tabelle 33: Ankertraglasten infolge Stahltragfähigkeit der Schrägzugbewehrung LF Schrägzug

Anker	Schrägzugbewehrung		Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	Durchmesser	Querschnitt				
	$d_{S,S}$	$A_{S,S}$	$H_{Rk,S,s}$	$S_{zul,S,s}$	S_N	$\eta_{S,s}$
TPA-S-0,7	6 mm	28 mm ²	28,3 kN	11,3 kN	5,6 kN	202%
TPA-S-1,4	6 mm	28 mm ²	28,3 kN	11,3 kN	11,2 kN	101%
TPA-S-2,0	8 mm	50 mm ²	50,3 kN	20,1 kN	16,0 kN	126%
TPA-S-2,5	8 mm	50 mm ²	50,3 kN	20,1 kN	20,0 kN	101%
TPA-S-3,0	10 mm	79 mm ²	78,5 kN	31,4 kN	24,0 kN	131%
TPA-S-4,0	12 mm	113 mm ²	113,1 kN	45,2 kN	32,0 kN	141%
TPA-S-5,0	12 mm	113 mm ²	113,1 kN	45,2 kN	40,0 kN	113%
TPA-S-5,3	12 mm	113 mm ²	113,1 kN	45,2 kN	42,4 kN	107%
TPA-S-7,5	14 mm	154 mm ²	153,9 kN	61,6 kN	60,0 kN	103%
TPA-S-10,0	16 mm	201 mm ²	201,1 kN	80,4 kN	80,0 kN	101%
TPA-S-14,0	20 mm	314 mm ²	314,2 kN	125,7 kN	112,0 kN	112%
TPA-S-22,0	25 mm	491 mm ²	490,9 kN	196,3 kN	176,0 kN	112%

8.5.2 Verbundtragfähigkeit

Die Verbundtragfähigkeit $H_{Rk,S,b}$ der Schrägzugbewehrung beträgt für Beton C12/15:

$$H_{Rk,S,b} = 2 l_H \cdot \pi \cdot d_{S,S} \cdot f_{bk,15} \quad (112)$$

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 :

$$l_H = 0,5 l_S - \pi/4 \cdot d_{br,S} - b_A \quad (113)$$

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

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

$$S_{zul,S,b} = H_{Rk,S,b} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (114)$$

$$\eta_{S,b} = S_{zul,S,b} / S_N \geq 100\% \quad (115)$$

Tabelle 34: Ankertraglasten inf. Verbundtragfähigkeit der Schrägzugbewehrung LF Schrägzug, C12/15

Anker	Schrägzugbewehrung			Ankertragfähigkeit		Nennlast S_N	Sicherheit η_{sb}
	Durchmesser	Gesamtlänge	Verankerslänge	$H_{Rk,S,b}$	$S_{zul,S,b}$		
	$d_{S,S}$	l_S	l_H				
TPA-S-0,7	6 mm	600 mm	160 mm	15,2 kN	6,1 kN	5,6 kN	108%
TPA-S-1,4	6 mm	900 mm	310 mm	29,4 kN	11,8 kN	11,2 kN	105%
TPA-S-2,0	8 mm	950 mm	335 mm	42,4 kN	17,0 kN	16,0 kN	106%
TPA-S-2,5	8 mm	1200 mm	460 mm	58,2 kN	23,3 kN	20,0 kN	116%
TPA-S-3,0	10 mm	1150 mm	406 mm	64,2 kN	25,7 kN	24,0 kN	107%
TPA-S-4,0	12 mm	1500 mm	581 mm	110,3 kN	44,1 kN	32,0 kN	138%
TPA-S-5,0	12 mm	1550 mm	606 mm	115,1 kN	46,0 kN	40,0 kN	115%
TPA-S-5,3	12 mm	1700 mm	595 mm	113,1 kN	45,2 kN	42,4 kN	107%
TPA-S-7,5	14 mm	2000 mm	745 mm	165,1 kN	66,1 kN	60,0 kN	110%
TPA-S-10,0	16 mm	2300 mm	895 mm	226,7 kN	90,7 kN	80,0 kN	113%
TPA-S-14,0	20 mm	2600 mm	946 mm	299,5 kN	119,8 kN	112,0 kN	107%
TPA-S-22,0	25 mm	3300 mm	1296 mm	512,9 kN	205,2 kN	176,0 kN	117%

8.6 RANDBEWEHRUNG

8.6.1 Tragfähigkeit LF Zentrischer Zug

Die Randbewehrung $A_{S,R}$ wird auf die Horizontalkomponente H der Ankerlast Z bemessen. Beim Lastfall Zentrischer Zug ist eine Neigung der Kraft Z um $\beta \leq 30^\circ$ zur Ankerachse möglich. Die H -Komponente der Ankerlast beträgt maximal $H = 0,5 \cdot Z$ (vgl. Abs. 7.1).

Die Randbewehrung besteht aus 2 Stäben mit dem Stabdurchmesser $d_{S,R}$. Zusätzlich zur Randbewehrung werden auch die horizontalen Bewehrungsquerschnitte der Grundbewehrung $a_{S,G}$ in Rechnung gestellt, die sich innerhalb der Ankerlänge l befinden. Die Anzahl n_{Gh} der angesetzten Horizontalstäbe der Grundbewehrung wird wie folgt ermittelt:

$$n_{Gh} = (l + 75\text{mm}) / 150\text{mm} \quad (116)$$

Dabei wird auf ganze Stabanzahlen auf- oder abgerundet.

Die Stahltragfähigkeit $H_{Rk,R}$ der Randbewehrung und der angerechneten Grundbewehrung beträgt in Ankerhorizontalrichtung:

$$H_{Rk,R} = 2 \left(d_{S,R}^2 / 4 \cdot \pi + n_{Gh} \cdot A_{S,G,i} \right) \cdot f_{sk} \quad (117)$$

Die zulässige Ankerzugkraft $N_{zul,R}$ und das Sicherheitsniveau η_R betragen:

$$N_{zul,R} = 2 H_{Rk,R} / \gamma_S \quad \text{mit } \gamma_S = 2,5 \quad (118)$$

$$\eta_R = N_{zul,R} / N_N \geq 100\% \quad (119)$$

Die Ankertraglasten der Rand- und Grundbewehrung im Lastfall Zentrischer Zug sind in Tabelle 35 aufgeführt.

Tabelle 35: Ankertraglasten infolge Stahltragfähigkeit der Grund- und Randbewehrung im Lastfall Zug

Anker	Randbewehrung		Grundbewehrung			
	\varnothing	Querschnitt	effekt. Verank.tiefe	\varnothing	Anzahl	Querschnitt
	$d_{s,R}$	$A_{s,R}$	$h_{ef,min}$	$d_{s,G}$	n_H	$A_{s,G}$
TPA-S-0,7	8 mm	50 mm ²	120 mm	6 mm	1	28 mm ²
TPA-S-1,4	8 mm	50 mm ²	120 mm	6 mm	1	28 mm ²
TPA-S-2,0	8 mm	50 mm ²	140 mm	6 mm	1	28 mm ²
TPA-S-2,5	10 mm	79 mm ²	160 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-3,0	10 mm	79 mm ²	170 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-4,0	12 mm	113 mm ²	190 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-5,0	12 mm	113 mm ²	190 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-5,3	12 mm	113 mm ²	235 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-7,5	12 mm	113 mm ²	275 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-10,0	14 mm	154 mm ²	315 mm	6 mm	3	85 mm ²
TPA-S-14,0	16 mm	201 mm ²	385 mm	6 mm	3	85 mm ²
TPA-S-22,0	20 mm	314 mm ²	515 mm	6 mm	4	113 mm ²

Anker	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	$H_{Rk,R}$	$N_{zul,R}$	N_N	η_R
TPA-S-0,7	78,5 kN	62,8 kN	7,0 kN	898%
TPA-S-1,4	78,5 kN	62,8 kN	14,0 kN	449%
TPA-S-2,0	78,5 kN	62,8 kN	20,0 kN	314%
TPA-S-2,5	135,1 kN	108,1 kN	25,0 kN	432%
TPA-S-3,0	135,1 kN	108,1 kN	30,0 kN	360%
TPA-S-4,0	169,6 kN	135,7 kN	40,0 kN	339%
TPA-S-5,0	169,6 kN	135,7 kN	50,0 kN	271%
TPA-S-5,3	169,6 kN	135,7 kN	53,0 kN	256%
TPA-S-7,5	169,6 kN	135,7 kN	75,0 kN	181%
TPA-S-10,0	238,8 kN	191,0 kN	100,0 kN	191%
TPA-S-14,0	285,9 kN	228,7 kN	140,0 kN	163%
TPA-S-22,0	427,3 kN	341,8 kN	220,0 kN	155%

8.6.2 Tragfähigkeit LF Schrägzug

Die Randbewehrung im Lastfall Schrägzug $A_{S,RS}$ wird auf die Horizontalkomponente H der Ankerlast bemessen. Bei Schrägzugbeanspruchung S des Ankers ist eine Neigung der Kraft um $\beta=90^\circ$ zur Ankerachse möglich. Die H -Komponente der Schrägzuglast beträgt somit maximal $H=S$ (vgl. Abs. 7.1).

Die Randbewehrung besteht aus 2 Stäben mit dem Stabdurchmesser $d_{S,R}$. Zusätzlich zur Randbewehrung werden auch die horizontalen Bewehrungsquerschnitte der Grundbewehrung $a_{S,G}$ in Rechnung gestellt, die sich innerhalb der Ankerlänge l befinden. Die Anzahl n_G der angesetzten Horizontalstäbe wird gemäß Abs. 8.6.1 ermittelt:

Die Stahltragfähigkeit $H_{Rk,RS}$ der Randbewehrung und der angerechneten Grundbewehrung beträgt im Lastfall Schrägzug in Ankerhorizontalrichtung:

$$H_{Rk,RS} = 2 (d_{S,RS}^2 / 4 \cdot \pi + n_G \cdot A_{S,G,i}) \cdot f_{sk} \quad (120)$$

Die zulässige Ankerzugkraft $S_{zul,RS}$ und das Sicherheitsniveau η_{RS} betragen:

$$S_{zul,RS} = H_{Rk,RS} / \gamma_S \quad \text{mit } \gamma_S = 2,5 \quad (121)$$

$$\eta_{RS} = N_{zul,RS} / S_N \geq 100\% \quad (122)$$

Tabelle 36: Ankertraglasten infolge Stahltragfähigkeit der Grund- und Randbewehrung im LF Schrägzug

Anker	Randbewehrung		Grundbewehrung			
	\varnothing	Querschnitt	effekt. Verank.tiefe	\varnothing	Anzahl	Querschnitt
	$d_{s,R}$	$A_{s,R}$	$h_{ef,min}$	$d_{s,G}$	n_H	$A_{s,G}$
TPA-S-0,7	8 mm	50 mm ²	120 mm	6 mm	1	28 mm ²
TPA-S-1,4	8 mm	50 mm ²	120 mm	6 mm	1	28 mm ²
TPA-S-2,0	8 mm	50 mm ²	140 mm	6 mm	1	28 mm ²
TPA-S-2,5	10 mm	79 mm ²	160 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-3,0	10 mm	79 mm ²	170 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-4,0	12 mm	113 mm ²	190 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-5,0	12 mm	113 mm ²	190 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-5,3	12 mm	113 mm ²	235 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-7,5	12 mm	113 mm ²	275 mm	6 mm	2	57 mm ²
TPA-S-10,0	14 mm	154 mm ²	315 mm	6 mm	3	85 mm ²
TPA-S-14,0	16 mm	201 mm ²	385 mm	6 mm	3	85 mm ²
TPA-S-22,0	20 mm	314 mm ²	515 mm	6 mm	4	113 mm ²

Anker	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	$H_{Rk,R}$	$S_{zul,R}$	S_N	η_R
TPA-S-0,7	78,5 kN	31,4 kN	5,6 kN	561%
TPA-S-1,4	78,5 kN	31,4 kN	11,2 kN	280%
TPA-S-2,0	78,5 kN	31,4 kN	16,0 kN	196%
TPA-S-2,5	135,1 kN	54,0 kN	20,0 kN	270%
TPA-S-3,0	135,1 kN	54,0 kN	24,0 kN	225%
TPA-S-4,0	169,6 kN	67,9 kN	32,0 kN	212%
TPA-S-5,0	169,6 kN	67,9 kN	40,0 kN	170%
TPA-S-5,3	169,6 kN	67,9 kN	42,4 kN	160%
TPA-S-7,5	169,6 kN	67,9 kN	60,0 kN	113%
TPA-S-10,0	238,8 kN	95,5 kN	80,0 kN	119%
TPA-S-14,0	285,9 kN	114,4 kN	112,0 kN	102%
TPA-S-22,0	427,3 kN	170,9 kN	176,0 kN	97%

8.7 BETONPRESSUNG

8.7.1 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 eine Abstützkraft A , die das Kräftegleichgewicht zwischen Z und N herstellt (vgl. Bild 15).

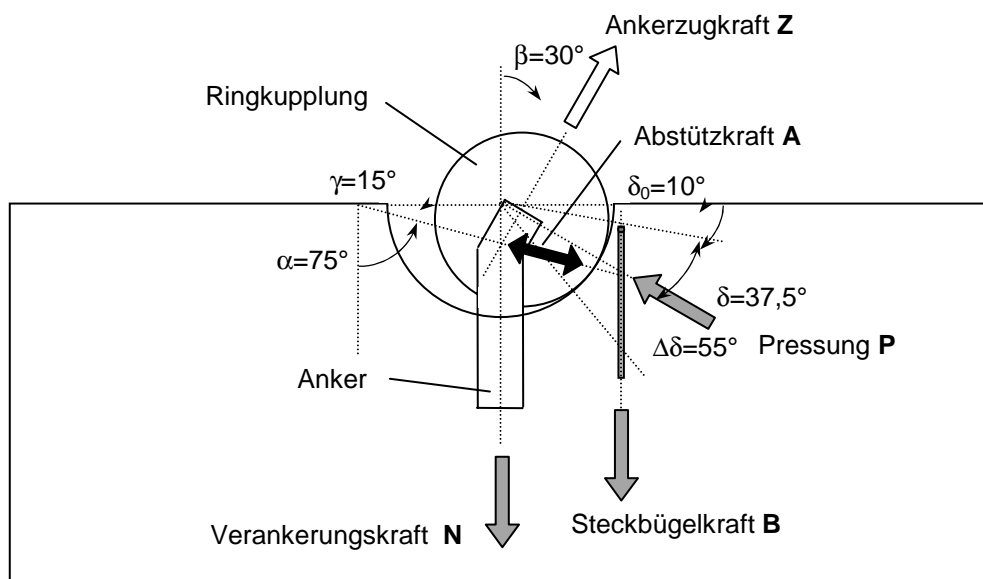


Bild 15: Tragmodell Anker/Ringkupplung/Bauteil bis 30° Ankerlastneigung (Zentrischer Zug)

Zur Bestimmung der maximalen Abstützkraft wurden Versuche an einbetonierten Ankern, die mit Dehnungsmessstreifen (DMS) versehen waren, am IMB der RWTH Aachen durchgeführt (vgl. Bericht B10-07 [10]). Die Auswertung der Versuche an 5,0t-Ankern ergab, dass der Winkel der Abstützkraft $\alpha = 75-90^\circ$ zur Ankerachse beträgt und dass damit die Abstützkraft A mit $\alpha = 75^\circ$ auf der sicheren Seite wie folgt zu bestimmen ist (vgl. Bild 16):

$$A = Z \cdot \sin \beta / \sin \alpha = Z \cdot \sin 30^\circ / \sin 75^\circ = 0,518 Z \quad (123)$$

Für die axiale Verankerungskraft N ergibt sich:

$$N = Z \cdot \sin (180^\circ - \alpha - \beta) / \sin \alpha = Z \cdot \sin 75^\circ / \sin 75^\circ = Z \quad (124)$$

Es wird angenommen, dass die Abstützkraft A im Bauteil durch ein Kräftepaar aufgenommen wird, das sich aus der resultierenden Betonpressung P und der Rückhängekraft B der Steckbügelbewehrung zusammensetzt. Die Betonpressung wird auf einem Winkelsektor der Ringkupplung von $\Delta\delta=55^\circ$ angesetzt, beginnend ab $\delta_0=10^\circ$ unterhalb der Horizontalen. Die Neigung der Pressungsergebnierenden P ist somit $\delta=37,5^\circ$ zur Horizontalen (vgl. Bild 15). Die vertikale Steckbügelbewehrung schließt das Krafteck.

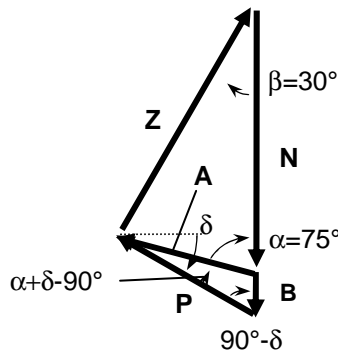


Bild 16: Krafteck des Tragmodells Anker/Ringkupplung/Bauteil bis 30° Ankerlastneigung (Zentr. Zug)

Gemäß Bild 16 ergibt sich:

$$P = Z \cdot \sin \beta / \sin (90^\circ - \delta) \quad (125)$$

$$P = Z \cdot \sin 30^\circ / \sin 52,5^\circ = 0,630 Z \quad \text{mit } \delta=37,5^\circ \quad (126)$$

und

$$B = A \cdot \sin (\alpha + \delta - 90^\circ) / \sin (90^\circ - \delta) \quad (127)$$

$$B = Z \cdot \sin \beta \cdot \sin (\alpha + \delta - 90^\circ) / [\sin \alpha \cdot \sin (90^\circ - \delta)] \quad (128)$$

Mit $\delta=37,5^\circ$, $\alpha=75^\circ$, $\beta=30^\circ$ gilt:

$$B = Z \cdot \sin 30^\circ \cdot \sin 22,5^\circ / [\sin 75^\circ \cdot \sin 52,5^\circ] = 0,25 Z \quad (129)$$

Die Bemessung der Steckbügelbewehrung im Lastfall zentrischer Zug erfolgt in Abschnitt 8.4.2 und liegt in Bezug auf die Rückhängekraft B auf der sicheren Seite.

Die Betonpressungen werden auf einem Winkelsektor von $\Delta\delta=55^\circ$ und 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:

$$A_p = s_v \cdot s_h \quad \text{Pressungsfläche} \quad (130)$$

$$s_v = d_{RK} \cdot \Delta\delta \cdot \pi / 360^\circ = 0,480 d_{RK} \quad \text{mit } \Delta\delta = 55^\circ \quad (131)$$

$$s_h = \pi / 2 \cdot b_{RK} = 1,571 b_{RK} \quad (132)$$

Aus den DMS-Schrägzugversuchen wurde ersichtlich, dass die Betonpressungen p infolge der Einschnürung durch die Randbewehrungsstäbe und die Steckbügelbewehrung eine Größenordnung annehmen, die die Grenzwerte der Teilflächenpressung nach DIN 1045-1 [1], Abs. 10.7 überschreiten. Die Schrägzugversuche wurden auf hohem Lastniveau abgebrochen, ohne dass ein Versagen auftrat. Im Folgenden wird daher eine erhöhte Teilflächenpressung von $f_{cpk}=3 \cdot f_{ck}$ auf der Pressungsfläche angesetzt:

$$P_{RK} = A_p \cdot f_{cpk} \quad f_{cpk}=3 \quad f_{ck}=36 \text{ N/mm}^2 \quad (133)$$

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

$$Z_{RK,P} = P_{RK} \cdot \sin(90^\circ - \delta) / \sin \beta \quad (134)$$

$$Z_{RK,P} = P_{RK} \cdot \sin 52,5^\circ / \sin 30^\circ = 1,589 P_{RK} \quad (135)$$

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

$$N_{zul,P} = Z_{RK,P} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (136)$$

$$\eta_p = N_{zul,P} / N_N \geq 100\% \quad (137)$$

Tabelle 37: Ankertraglasten infolge Teilflächenpressungstragfähigkeit Ringkupplung-Beton

Anker	Ringkupplung		Pressungsfläche		
	∅	Breite	Bogenlänge vertikal	Bogenlänge horizontal	Pressungsfläche
	d_{RK}	b_{RK}	s_V	s_H	A_P
TPA-S-0,7	79 mm	27 mm	37,9 mm	42,4 mm	16,1 cm ²
TPA-S-1,4	79 mm	27 mm	37,9 mm	42,4 mm	16,1 cm ²
TPA-S-2,0	79 mm	27 mm	37,9 mm	42,4 mm	16,1 cm ²
TPA-S-2,5	79 mm	27 mm	37,9 mm	42,4 mm	16,1 cm ²
TPA-S-3,0	98 mm	36 mm	47,0 mm	56,5 mm	26,6 cm ²
TPA-S-4,0	98 mm	36 mm	47,0 mm	56,5 mm	26,6 cm ²
TPA-S-5,0	98 mm	36 mm	47,0 mm	56,5 mm	26,6 cm ²
TPA-S-5,3	137 mm	50 mm	65,8 mm	78,5 mm	51,6 cm ²
TPA-S-7,5	137 mm	50 mm	65,8 mm	78,5 mm	51,6 cm ²
TPA-S-10,0	137 mm	50 mm	65,8 mm	78,5 mm	51,6 cm ²
TPA-S-14,0	210 mm	72 mm	100,8 mm	113,1 mm	114,0 cm ²
TPA-S-22,0	210 mm	72 mm	100,8 mm	113,1 mm	114,0 cm ²

Anker	Ankertragfähigkeit			Nennlast	Sicherheit
	P_{RK}	$Z_{RK,P}$	$N_{zul,P}$	N_N	η_P
TPA-S-0,7	58 kN	92 kN	37 kN	7 kN	525%
TPA-S-1,4	58 kN	92 kN	37 kN	14 kN	262%
TPA-S-2,0	58 kN	92 kN	37 kN	20 kN	184%
TPA-S-2,5	58 kN	92 kN	37 kN	25 kN	147%
TPA-S-3,0	96 kN	152 kN	61 kN	30 kN	203%
TPA-S-4,0	96 kN	152 kN	61 kN	40 kN	152%
TPA-S-5,0	96 kN	152 kN	61 kN	50 kN	122%
TPA-S-5,3	186 kN	295 kN	118 kN	53 kN	223%
TPA-S-7,5	186 kN	295 kN	118 kN	75 kN	157%
TPA-S-10,0	186 kN	295 kN	118 kN	100 kN	118%
TPA-S-14,0	410 kN	651 kN	260 kN	140 kN	186%
TPA-S-22,0	410 kN	651 kN	260 kN	220 kN	118%

8.7.2 Tragfähigkeit LF Schrägzug

Im Lastfall Schrägzug ($\beta > 30^\circ$) erfolgt die Abtragung der Horizontalkomponente der schrägen Zuglast über die eingelegte Schrägzugbewehrung, vgl. Abschnitt 4.7.5. Ein Nachweis der Betonpressung entfällt somit.

9 VERSUCHSAUSWERTUNG

9.1 ALLGEMEINES

Zur Verifizierung der verwendeten Bemessungsmodelle und zur Kalibrierung der angesetzten Parameter wurden einige exemplarische Auszieh- und Ösenzugversuche an ausgewählten Spreizankern durchgeführt, vgl. [10], [11], [12], [13] und [14].

Für die Ausziehversuche wurden Spreizanker mitsamt der zugehörigen Bewehrung in Betonkörper einbetoniert und bis zum Bruch belastet.

Die in den Auszieh- und Ösenzugversuchen erzielten Bruch- oder Maximallasten wurden mit den Werten verglichen, die sich aus den Bemessungsmodellen ergeben. In den Bemessungsgleichungen wurden der Sicherheitsbeiwert zu $\gamma=1,0$ gesetzt, um die Versuche auf Bruchlastniveau kalibrieren zu können.

9.2 MATERIALFESTIGKEITEN

Die Materialfestigkeiten für die Auswertung der Versuche werden im Folgenden bestimmt.

Ankerstahl

Im Rahmen der Versuche wurden die Werte der Streckgrenze f_{yk} und der Bruchfestigkeit f_{uk} des Ankermaterials S355 auf Grund vorzeitigen Ösenversagens wie folgt angesetzt:

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

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

Entgegen der in der Typenberechnung geforderten Mindestzugfestigkeit des Ankerstahls von $f_{uk}=510 \text{ N/mm}^2$ wird eine etwas geringere Zugfestigkeit angesetzt.

Betonstahl

Im Rahmen der Versuche wurde der normierte Wert der Streckgrenze von Betonstahl f_{sk} angesetzt:

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

Beton

Am Institut für Massivbau an der RWTH Aachen (IMB) wurden am Tag des jeweiligen Ausziehversuchs die Betonwürfeldruckfestigkeit $f_{cc,cube}$ und die Spaltzugfestigkeit $f_{cct,sp}$ an Spaltzugzylindern ermittelt. Die Festigkeiten sind Mittelwerte aus Messungen an i.d.R. drei Würfeln (150 mm), bzw. drei Zylindern (300/150 mm). Die für die Bemessung erforderlichen Betonkennwerte werden aus diesen Festigkeiten rechnerisch abgeleitet:

$$\text{Zylinderdruckfestigkeit} \quad f_{cc,cyl} = 0,80 f_{cc,cube} \quad (138)$$

$$\text{zentrische Betonzugfestigkeit} \quad f_{cct,z} = 0,90 f_{cct,sp} \quad (139)$$

$$\text{Verbundspannung} \quad f_{cb} = 2,25 f_{cct,z} \quad (140)$$

Ein maßgebendes Versagenskriterium der Transportanker bei den vorliegenden Versuchen ist ein Betonausbruch des Ankers. Dieses Versagen ist im Wesentlichen von der Betonzugfestigkeit abhängig. In der Bemessungsformel ist jedoch der Wert der Zylinderdruckfestigkeit f_{ck} , bzw. $f_{c,cyl}$ einzusetzen. Da bei den Versuchen am IMB das Verhältnis zwischen Zug- und Druckfestigkeit des Betons im Mittel um ca. 20% geringer als gemäß DIN EN 1992-1-1 [2], Tab. 3.1 ausfällt, erfolgt die Auswertung der Versuche indirekt über die gemessene Betonzugfestigkeit.

Nach [2], Tab. 3.1 besteht zwischen dem Mittelwert der Betonzugfestigkeit und der Zylinderdruckfestigkeit folgender Zusammenhang:

$$f_{ctm} = 0,30 (f_{ck})^{2/3} \quad \text{Normgleichung} \quad (141)$$

Die gemessenen Zugfestigkeiten können über eine an die Normkurven angepasste Korrelationsgleichung aus den gemessenen Zylinderdruckfestigkeiten $f_{c,cyl}$ approximiert werden. Die Anpassung erfolgt über die Ergänzung des Faktors 0,70 im Klammerterm. Die im Bauteil vorhandene zentrische Zugfestigkeit $f_{cct,z}$, die aus der Messgröße der Spaltzugfestigkeit $f_{cct,sp}$ abgeleitet wird, ist dabei als Mittelwert der Zugfestigkeit f_{ctm} zu verstehen:

$$f_{cct,z} = 0,30 (0,70 f_{cc,cyl})^{2/3} \quad \text{Approximationsgleichung} \quad (142)$$

Für die Auswertung der Versuche wird die vorliegende Zugfestigkeit $f_{cct,z}$ mit Hilfe der Normgleichung in die äquivalente Betonzyylinderdruckfestigkeit $f_{cc,cyl,equ}$ bzw. die äquivalente Betonwürfeldruckfestigkeit $f_{cc,cube,equ}$ umgerechnet.

Über die fiktive Festigkeit $f_{cc,cube,equ}$ wird die Bemessungsformel für Betonausbruch an den Versuchsergebnissen kalibriert:

$$f_{cc,cyl,equ} = (f_{cct,z} / 0,30)^{1,5} \quad \text{äquivalente Zylinderdruckfestigkeit} \quad (143)$$

$$f_{c,cyl,equ} = 6,086 f_{ct,z}^{1,5} \quad (144)$$

$$f_{cc,cube,equ} = f_{cc,cyl,equ} / 0,8 \quad (145)$$

$$f_{cc,cube,equ} = 7,6 f_{cct,z}^{1,5} \quad \text{äquivalente Würfeldruckfestigkeit} \quad (146)$$

9.3 RECHNERISCHE TRAGLASTEN

Die rechnerischen Traglasten werden mit den Gleichungen aus Abschnitt 8 unter Verwendung der gemessenen, bzw. angenommenen Materialkennwerten (vgl. Abs. 9.2) bestimmt. Bei den durchgeführten Versuchen wurden die Anker nur auf zentrische Zuglast beansprucht, so dass hier keine Ausweisung der Schrägzugtraglasten erfolgt.

9.4 VERSUCHSLASTEN

Bei allen Versuchskörpern wurde die Bruchlast, bzw. Maximallast F_U und die zugehörigen Verschiebung u_u gemessen. Die Darstellung des Kraft-/Verschiebungsverlaufs erfolgt im Anhang B des Dokuments TP07-22-8 (Ausziehversuche an BGW-Transportankern).

9.5 AUSWERTUNG

Die Auswertung der Ausziehversuche erfolgt über eine Gegenüberstellung der tatsächlichen Maximallast F_U zu den rechnerischen, charakteristischen Tragfähigkeiten F_{Rk} , die aus den gemessenen, bzw. angenommenen Materialfestigkeiten bestimmt werden.

Dabei werden folgende Grundsätze eingehalten:

- Die maßgebende Versagensart lässt sich aus den rechnerischen, charakteristischen Tragfähigkeiten F_{Rk} (vgl. Abs. 9.3) eindeutig bestimmen.
- Die im Versuch erzielten Bruchlasten F_U sollen mindestens das 1,0-fache aller rechnerischen, charakteristischen Tragfähigkeiten F_{Rk} betragen.

Die Nachweise werden über das Bruchsicherheitsverhältnis η_U mit dem maßgebenden Wert der rechnerischen Tragfähigkeit $F_{Rk,min}$ geführt:

$$F_{Rk,min} = \min \begin{cases} F_{Rk,A,F} \\ F_{Rk,A,S} \\ F_{Rk,Z,s} \\ F_{Rk,Z,b} \\ F_{Rk,GB,s} \\ F_{Rk,GB,b} \end{cases} \quad (147)$$

$$\text{Bruchsicherheit} \quad \eta_U = F_u / F_{Rk,min} \geq 1,00 \quad (148)$$

In einer weiteren Betrachtung werden die Bruchlasten F_u den rechnerischen Betonausbruchtragfähigkeit $F_{Rk,C}$ gegenübergestellt. Dieser Wert ist jedoch von untergeordneter Bedeutung, da eine Überschreitung der rechnerischen Ausbruchtraglasten nicht zwangsläufig zum Versagen des einbetonierten Ankers führen muss. Die Betrachtung erfolgt über den Ausnutzungsfaktor n_C der rechnerischen Betonausbruchtragfähigkeit:

$$\text{Ausnutzung Betonausbruch} \quad n_C = F_u / F_{Rk,C} \quad (149)$$

Die Auswertung der Versuchsergebnisse mit den rechnerischen Tragfähigkeiten erfolgt in tabellarischer Form in den folgenden Abschnitten.

9.6 VERSUCHSBEWERTUNG

9.7 AUSWERTUNGSTABELLEN

9.7.1 Zug- und Schrägzugversuche an Scheiben

Das maßgebende Versagen bei den zentrischen Zugversuchen und Schrägzugversuchen bestand in einem Herausziehen der Anker nach einem lateralen Betonausbruch an den Scheibenseiten.

Für die Versuchsauswertung werden die Versuchsbruchlasten den rechnerischen Tragfähigkeiten infolge eines lateralen Betonausbruchs gemäß Abschnitt 8.3.5 gegenübergestellt.

Dabei wird angenommen, dass unter der Schrägzugbelastung mit einer Lastneigung von $\beta=60^\circ$ infolge der Kraftumlenkung durch die Schrägzugbewehrung eine Normalkraft im Ankerschaft entstand, die in etwa demselben Betrag entsprach wie die schräge Versuchslast.

Tabelle 38: Auswertung der Tragfähigkeit auf lateralen Betonausbruch (Teil 1)

Versuchnr.	Anker	Ankerbreite	Spreizung	Querrand- abstand
		b	z	a _{RQ}
S-2,5-S-Z1	TPA-S-2,5-25	30 mm	35 mm	52,5 mm
S-2,5-S-Z2				
S-2,5-S-Z3				
S-2,5-S-Qs1	TPA-S-2,5-25	30 mm	35 mm	65,0 mm
S-2,5-S-Qs2				
S-2,5-S-Qs3				
S-3,0-S-Z1	TPA-S-3,0-28	40 mm	38 mm	57,5 mm
S-3,0-S-Z2				
S-3,0-S-Z3				
S-3,0-S-Qs1	TPA-S-3,0-28	40 mm	38 mm	70,0 mm
S-3,0-S-Qs2				
S-3,0-S-Qs3				

Tabelle 39: Auswertung der Tragfähigkeit auf lateralen Betonausbruch (Teil 2)

Versuchnr.	Betonwürfel- druck- festigkeit	Betonspalt- zugfestigkeit	Betonwürfel- druck- festigkeit	rechner. Tragfähig- keit	Bruchlast	Sicherheit
	$f_{cc,cube}$	$f_{cct,sp}$	$f_{cc,cyl,eq}$	$N_{Rk,C,L}$	F_U	$\eta_{cl,U}$
S-2,5-S-Z1	22,0 N/mm ²	1,64 N/mm ²	10,9 N/mm ²	40,5 kN	63,9 kN	158%
S-2,5-S-Z2					59,3 kN	146%
S-2,5-S-Z3					56,3 kN	139%
S-2,5-S-Qs1	20,5 N/mm ²	1,48 N/mm ²	9,4 N/mm ²	46,5 kN	68,6 kN	148%
S-2,5-S-Qs2					66,3 kN	143%
S-2,5-S-Qs3					71,0 kN	153%
S-3,0-S-Z1	16,0 N/mm ²	1,45 N/mm ²	9,1 N/mm ²	48,7 kN	62,6 kN	129%
S-3,0-S-Z2					57,2 kN	117%
S-3,0-S-Z3					52,7 kN	108%
S-3,0-S-Qs1	22,1 N/mm ²	1,88 N/mm ²	13,4 N/mm ²	72,0 kN	74,4 kN	103%
S-3,0-S-Qs2					72,7 kN	101%
S-3,0-S-Qs3					75,2 kN	104%

9.7.2 Querzugversuche an Scheiben

Das maßgebende Versagen der Spreizanker unter Querzugbelastung bestand bei der Ankergröße S-2,5-20 in einem Stahlbruch der Anker im Bereich der vorderen Öse begleitet von einem transversalen Betonausbruch auf der oberen Scheibenseite. In den Versuchen an der Ankergröße S-3,0-16 trat neben einem oberseitigem transversalen Betonausbruch einmal ein Ankerstahlbruch sowie zweimal ein Herausziehen des Ankers auf.

Für die Versuchsauswertung werden die Versuchsbruchlasten den rechnerischen Tragfähigkeiten infolge eines transversalen Betonausbruchs gemäß Abschnitt 8.3.6 sowie infolge eines Ankerstahlbruchs unter Querzug gemäß Abschnitt 8.1.4 gegenübergestellt.

Tabelle 40: Auswertung der Tragfähigkeit auf transversalen Betonausbruch

Versuchnr.	Anker	Bauteildicke	Anker				
			Breite	Dicke	Länge	eff. Verank.-Tiefe	äquivalent. \emptyset
		H	b	t	l	h_{ef}	d_{equ}
S-2,5-S-Qp1	TPA-S-2,5-20	200 mm	30 mm	10 mm	250 mm	260 mm	17,3 mm
S-2,5-S-Qp2							
S-2,5-S-Qp3							
S-3,0-S-Qp1	TPA-S-3,0-16	300 mm	40 mm	10 mm	160 mm	170 mm	20,0 mm
S-3,0-S-Qp2							
S-3,0-S-Qp3							

Versuchnr.	ideeller Randabstand	Spreizung	Flächenfaktor	Beiwert	Beiwert
	c_1	s	$A_{c,v}/A_{c,v}^0$	α	β
S-2,5-S-Qp1	170 mm	170 mm	1,33	0,12	0,06
S-2,5-S-Qp2					
S-2,5-S-Qp3					
S-3,0-S-Qp1	270 mm	280 mm	1,35	0,08	0,06
S-3,0-S-Qp2					
S-3,0-S-Qp3					

Versuchnr.	Betonspaltzugfestigkeit	Betonwürfeldruckfestigkeit		rechner. Tragfähigkeit	Bruchlast	Sicherheit
	$f_{cct,sp}$	$f_{cc,cube}$	$f_{cc,cube,equ}$	$V_{Rk,C,T}$	F_U	$\eta_{CT,U}$
S-2,5-S-Qp1	1,71 N/mm ²	19,5 N/mm ²	14,5 N/mm ²	31,9 kN	55,5 kN	174%
S-2,5-S-Qp2					59,1 kN	185%
S-2,5-S-Qp3					67,1 kN	210%
S-3,0-S-Qp1	1,71 N/mm ²	19,5 N/mm ²	14,5 N/mm ²	54,8 kN	65,3 kN	119%
S-3,0-S-Qp2					56,2 kN	103%
S-3,0-S-Qp3					58,0 kN	106%

Tabelle 41: Auswertung der Tragfähigkeit auf Ankerstahlbruch unter Querlasten

Versuchnr.	Anker	Blechdicke	Flankenbreite	Ösen- \varnothing	Hebelarm
		t	f	d_L	x_Q
S-2,5-S-Qp1	TPA-S-2,5-20	10 mm	8,0 mm	14 mm	10 mm
S-2,5-S-Qp2					
S-2,5-S-Qp3					
S-3,0-S-Qp1	TPA-S-3,0-16	10 mm	11,0 mm	18 mm	11 mm
S-3,0-S-Qp2					
S-3,0-S-Qp3					

Versuchnr.	Stahzugfestigkeit	rechner. Tragfähigkeit	Bruchlast	Sicherheit
	R_{pm}	$V_{Rk,A}$	F_U	$\eta_{AV,U}$
S-2,5-S-Qp1	500 MPa	38,1 kN	55,5 kN	146%
S-2,5-S-Qp2			59,1 kN	155%
S-2,5-S-Qp3			67,1 kN	176%
S-3,0-S-Qp1	500 MPa	56,4 kN	65,3 kN	116%
S-3,0-S-Qp2			56,2 kN	100%
S-3,0-S-Qp3			58,0 kN	103%

9.7.3 Versuche an S-2,5-20 in Platten

Das maßgebende Versagen der Spreizanker in Platten unter zentrischer Zugbelastung bestand bei der Ankergröße S-2,5-20 einmal in einem Stahlbruch der Anker im Ösenskeitel und zweimal in einem Herausziehen des Ankers nach einem Zusammenbiegen der Ankerenden ohne einen Betonausbruch. Bei den Schrägzug- und Querschugversuchen trat in allen Fällen ein Stahlversagen des Ösenskeitels auf.

Für die Versuchsauswertung werden die Versuchsbruchlasten den rechnerischen Tragfähigkeiten infolge eines Ösenskeitelversagens gemäß Abschnitt 8.1.3 gegenübergestellt.

Dabei werden die rechnerischen Tragfähigkeiten unter Schrägzug- und Querschugbelastung auf 80% der zentrischen Tragfähigkeit gemäß Abschnitt 7 reduziert.

Tabelle 42: Auswertung der Tragfähigkeit auf Ankerstahlbruch des Ösenscheitels

Versuchnr.	Anker	Blechdicke	Scheitel- höhe	Ösen- \emptyset	Riegel- \emptyset	Lochleibung
		t	s	d _L	d _R	α_1
S-2,5-P-Z1	TPA-S-2,5-20	10 mm	9,0 mm	14 mm	13 mm	1,15
S-2,5-P-Z2						
S-2,5-P-Z3						
S-2,5-P-Qs1	TPA-S-2,5-20	10 mm	9,0 mm	14 mm	13 mm	1,15
S-2,5-P-Qs2						
S-2,5-P-Qs3						
S-2,5-P-Qp1	TPA-S-2,5-20	10 mm	9,0 mm	14 mm	13 mm	1,15
S-2,5-P-Qp2						
S-2,5-P-Qp3						

Versuchnr.	Stahlzug- festigkeit	rechner. Tragfähig- keit	Bruchlast	Sicherheit
	R _{pm}	N _{Rk,A,S}	F _U	$\eta_{AS,U}$
S-2,5-P-Z1	500 MPa	74,9 kN	78,6 kN	105%
S-2,5-P-Z2			77,3 kN	103%
S-2,5-P-Z3			76,8 kN	102%
S-2,5-P-Qs1	500 MPa	59,9 kN	79,0 kN	132%
S-2,5-P-Qs2			78,9 kN	132%
S-2,5-P-Qs3			81,0 kN	135%
S-2,5-P-Qp1	500 MPa	59,9 kN	71,0 kN	118%
S-2,5-P-Qp2			72,6 kN	121%
S-2,5-P-Qp3			63,6 kN	106%

9.7.4 Versuche an S-3,0-16 in Platten

In den Zugversuchen an der Ankergröße S-3,0-16 in Platten fand in allen Fällen ein Herausziehen des Ankers in Begleitung von einem klaffenden Biegeriss (Spalten) des Versuchskörpers statt. Im Versuch S-3,0-P-Z2 fand zudem ein oberseitiger Betonausbruch statt.

In den Qp-Schrägzugversuchen fand das Herausziehen der Anker in Begleitung von einem diagonalen Biegeriss (Spalten) des Versuchskörpers statt. In der Folge trat ein Betonausbruch zum oberen Plattenrand hin auf. In allen Fällen trat kein ausgeprägtes Zusammenbiegen der Ankerenden auf.

Die Versuchsauswertung der Z-Zugversuche und Qp-Schrägzugversuche erfolgt mit der maßgebenden Tragfähigkeit auf oberseitigen Betonausbruch gemäß Abschnitt 8.3.3, wobei die ausgeprägte Biegerissbildung mit einer Abminderung des Beiwert für das Spalten ψ_{sp} um 50% (Z) bzw. 20% (Qp) berücksichtigt wird.

In den Qs-Schrägzugversuchen fand das Herausziehen der Anker nach dem vollständigen Zusammenbiegen der Ankerenden und wurde teilweise von einem oberflächennahen Betonausbruch begleitet. Die Versuchsauswertung erfolgt mit der maßgebenden Tragfähigkeit der lokalen Lasteinleitung gemäß Abschnitt 8.2. Dabei wird als Ankerspreizung im Bruchzustand der fiktive Wert $z=30$ mm angesetzt.

Tabelle 43: Auswertung der Tragfähigkeit der lokalen Lasteinleitung

Versuchnr.	Anker	Ankerbreite	Spreizung	rechn. Schenkellä.
		b	z	c_{cal}
S-3,0-P-Qs1	TPA-S-3,0-16	40 mm	30 mm	21,2 mm
S-3,0-P-Qs2				
S-3,0-P-Qs3				

Versuchnr.	Betonspaltzugfestigkeit	Betondruckfestigkeit		rechner. Tragfähigkeit	Bruchlast	Sicherheit
	$f_{cct,sp}$	$f_{cc,cube}$	$f_{cc,cyl,eq}$	$N_{RK,LE}$		
S-3,0-P-Qs1	2,26 N/mm ²	26,6 N/mm ²	17,7 N/mm ²	74,1 kN	80,1 kN	108%
S-3,0-P-Qs2					82,6 kN	111%
S-3,0-P-Qs3					82,7 kN	112%

Bei der Auswertung der Qs- und Qp-Versuche wird angenommen, dass unter der Belastung mit einer Lastneigung von $\beta=60^\circ$ infolge der Kraftumlenkung durch die Ringkupplung eine Normalkraft im Ankerschaft entstand, die in etwa demselben Betrag entsprach wie die schräge Versuchslast.

Tabelle 44: Auswertung der Tragfähigkeit auf oberseitigen Betonausbruch

Versuchnr.	Anker	eff. Verankgstiefe	Plattenhöhe	Querrandabstand	Beiwert Randabst.	Beiwert Spalten
		h_{ef}	H	a_{RQ}	Ψ_c	Ψ_{sp}
S-3,0-P-Z1	TPA-S-3,0-16	170 mm	185 mm	250 mm	1,00	0,33 *
S-3,0-P-Z2						
S-3,0-P-Z3						
S-3,0-P-Qs1	TPA-S-3,0-16	170 mm	185 mm	250 mm	1,00	0,40 *
S-3,0-P-Qs2						
S-3,0-P-Qs3						
S-3,0-P-Qp1	TPA-S-3,0-16	170 mm	185 mm	250 mm	1,00	0,53 **
S-3,0-P-Qp2						
S-3,0-P-Qp3						

* 50% Abminderung wg. ausgeprägtem Biegeriss

** 20% Abminderung wg. Biegeriss

Versuchnr.	Betonspaltzugfestigkeit	Betondruckfestigkeit		rechner. Tragfähigkeit	Bruchlast	Sicherheit
	$f_{cct,sp}$	$f_{cc,cube}$	$f_{cc,cyl,eq}$	$N_{Rk,CO}$	F_U	$\eta_{IE,U}$
S-3,0-P-Z1	1,54 N/mm ²	15,8 N/mm ²	9,9 N/mm ²	45,5 kN	53,2 kN	117%
S-3,0-P-Z2					51,7 kN	114%
S-3,0-P-Z3					51,8 kN	114%
S-3,0-P-Qs1	2,26 N/mm ²	21,3 N/mm ²	17,7 N/mm ²	72,8 kN	80,1 kN	110%
S-3,0-P-Qs2					82,6 kN	113%
S-3,0-P-Qs3					82,7 kN	114%
S-3,0-P-Qp1	1,42 N/mm ²	18,1 N/mm ²	8,8 N/mm ²	68,5 kN	76,7 kN	112%
S-3,0-P-Qp2					88,4 kN	129%
S-3,0-P-Qp3					81,1 kN	118%

Aachen, den 20. März 2014


Dr.-Ing. N. Kerkeni


Dipl.-Ing. C. Bergholz

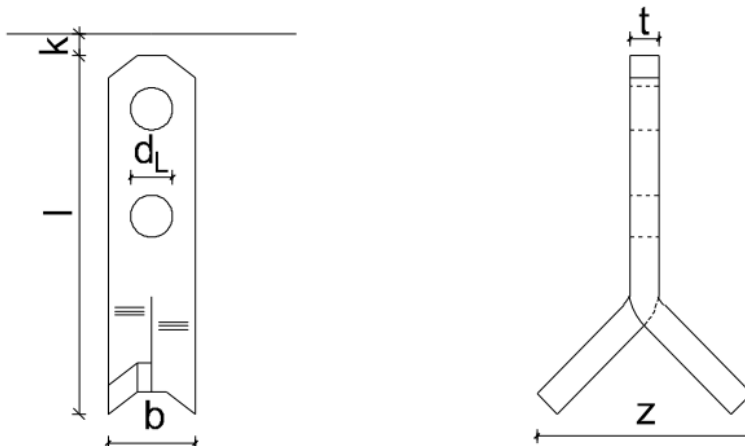
ANLAGE A

VERWENDUNGSANLEITUNG

UND

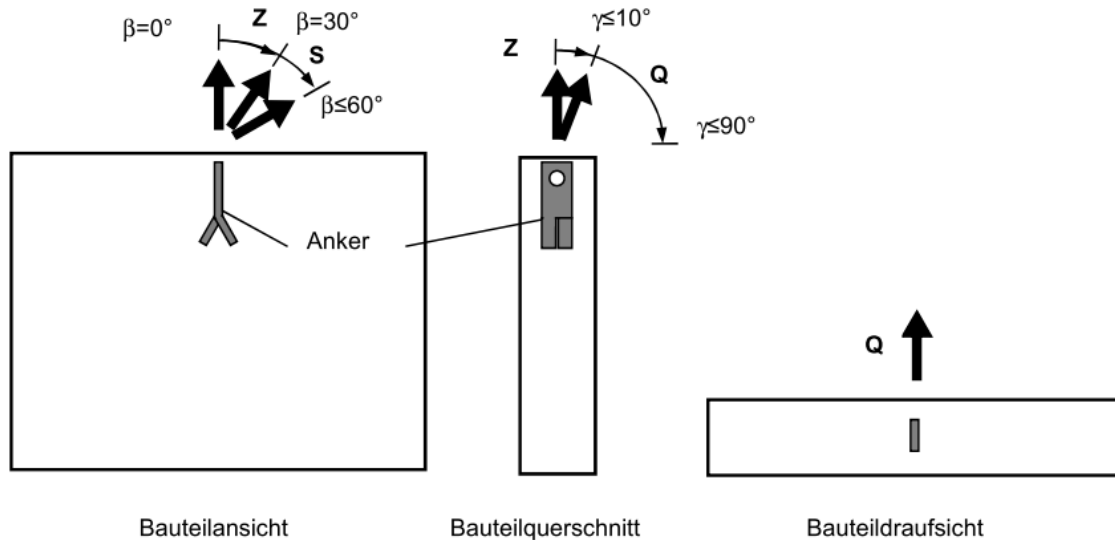
TRAGFÄHIGKEITSTABELLEN

1. Ankerabmessungen



Anker	Laststufe	Lastgruppe	Länge	Breite	Dicke	Spreizung	Lochbreite
			l	b	t	z	d _L
TPA-S-0,7-11	0,7 t	2,5 t	110 mm	30 mm	5 mm	60 mm	14 mm
TPA-S-1,4-11	1,4 t		110 mm	30 mm	6 mm	60 mm	14 mm
TPA-S-1,4-16			160 mm				
TPA-S-2,0-13	2,0 t		130 mm	30 mm	8 mm	60 mm	14 mm
TPA-S-2,0-16			160 mm				
TPA-S-2,0-21			210 mm				
TPA-S-2,5-15	2,5 t		150 mm	30 mm	10 mm	60 mm	14 mm
TPA-S-2,5-20			200 mm				
TPA-S-2,5-25			250 mm				
TPA-S-3,0-16	3,0 t		5,0 t	160 mm	40 mm	10 mm	70 mm
TPA-S-3,0-20		200 mm					
TPA-S-3,0-28		280 mm					
TPA-S-4,0-18	4,0 t	180 mm		40 mm	12 mm	70 mm	18 mm
TPA-S-4,0-24		240 mm					
TPA-S-4,0-32		320 mm					
TPA-S-5,0-18	5,0 t	180 mm		40 mm	15 mm	70 mm	18 mm
TPA-S-5,0-24		240 mm					
TPA-S-5,0-40		400 mm					
TPA-S-5,3-22	5,3 t	10 t		220 mm	60 mm	12 mm	120 mm
TPA-S-5,3-26			260 mm				
TPA-S-5,3-34			340 mm				
TPA-S-7,5-26	7,5 t		260 mm	60 mm	15 mm	120 mm	26 mm
TPA-S-7,5-30			300 mm				
TPA-S-7,5-42			420 mm				
TPA-S-10-30	10,0 t		300 mm	60 mm	20 mm	120 mm	26 mm
TPA-S-10-37			370 mm				
TPA-S-10-52			520 mm				
TPA-S-14-37	14,0 t		26 t	370 mm	80 mm	20 mm	120 mm
TPA-S-14-46		460 mm					
TPA-S-22-50	22,0 t	500 mm		90 mm	28 mm	120 mm	35 mm
TPA-S-22-62		620 mm					

2. Tragfähigkeiten, Lastfälle

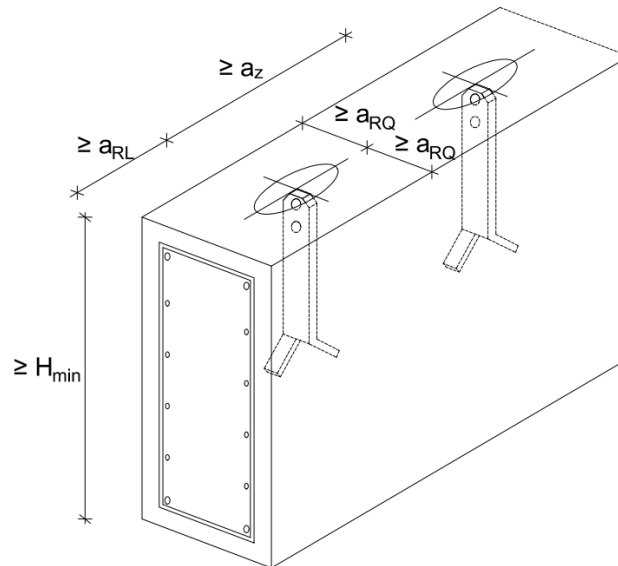


Anker	Laststufe	Lastgruppe	zulässige Zuglast $\beta \leq 30^\circ$ Z_{zul}	zulässige Schrägzuglast $30^\circ < \beta < 60^\circ$ S_{zul}	Erforderliche Ankergröße für Querzug*	zulässige Querzuglast** $10^\circ < \gamma < 90^\circ$ Q_{zul}
TPA-S-0,7	0,7 t	2,5 t	7 kN	5,6 kN	TPA-S-0,7-11	3,5 kN
TPA-S-1,4	1,4 t		14 kN	11,2 kN	TPA-S-1,4-16	7,0 kN
TPA-S-2,0	2,0 t		20 kN	16 kN	TPA-S-2,0-21	10,0 kN
TPA-S-2,5	2,5 t		25 kN	20 kN	TPA-S-2,5-25	12,5 kN
TPA-S-3,0	3,0 t	5,0 t	30 kN	24 kN	TPA-S-3,0-28	15,0 kN
TPA-S-4,0	4,0 t		40 kN	32 kN	TPA-S-4,0-32	20,0 kN
TPA-S-5,0	5,0 t		50 kN	40 kN	TPA-S-5,0-40	25,0 kN
TPA-S-5,3	5,3 t	10,0 t	53 kN	42 kN	–	–
TPA-S-7,5	7,5 t		75 kN	60 kN	TPA-S-7,5-42	37,5 kN
TPA-S-10,0	10,0 t		100 kN	80 kN	TPA-S-10,0-52	50,0 kN
TPA-S-14,0	14,0 t	26,0 t	140 kN	112 kN	TPA-S-14,0-46	70,0 kN
TPA-S-22,0	22,0 t		220 kN	176 kN	TPA-S-22,0-62	110 kN

*) LF Querzug nur mit dem längsten Anker jeder Laststufe zulässig

**) Rückhängebewehrung und höhere Mindestbauteildicken erforderlich

3. Mindestabstände, Mindestbauteilabmessungen für Balken / Scheiben



Anker	Abstände für Balken bei ZUG / SCHRÄGZUG						Abstände für Scheiben bei ZUG / SCHRÄGZUG					
	Mindest-Bauteil-höhe	Querrandabstand bei $f_{cc,cube} =$			Längsrand-abstand	Zwischen-abstand	Querrandabstand bei $f_{cc,cube} =$			Längsrand-abstand	Zwischen-abstand	
		15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²			15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²			
		H_{min}	a_{RQ}				a_{RL}	a_z	a_{RQ}			a_{RL}
TPA-S-0,7-11	200 mm	35 mm	35 mm	35 mm	140 mm	280 mm	30 mm	30 mm	30 mm	165 mm	330 mm	
TPA-S-1,4-11	190 mm	60 mm	40 mm	35 mm	190 mm	380 mm	45 mm	30 mm	30 mm	165 mm	330 mm	
TPA-S-1,4-16	290 mm	35 mm	35 mm	35 mm	265 mm	530 mm	40 mm	30 mm	30 mm	240 mm	480 mm	
TPA-S-2,0-13	225 mm	80 mm	55 mm	45 mm	225 mm	450 mm	60 mm	40 mm	35 mm	195 mm	390 mm	
TPA-S-2,0-16	285 mm	60 mm	40 mm	35 mm	285 mm	570 mm	50 mm	40 mm	35 mm	240 mm	480 mm	
TPA-S-2,0-21	385 mm	45 mm	35 mm	35 mm	385 mm	770 mm	50 mm	40 mm	35 mm	315 mm	630 mm	
TPA-S-2,5-15	260 mm	90 mm	65 mm	50 mm	260 mm	520 mm	70 mm	45 mm	40 mm	225 mm	450 mm	
TPA-S-2,5-20	360 mm	65 mm	45 mm	35 mm	360 mm	720 mm	60 mm	45 mm	40 mm	300 mm	600 mm	
TPA-S-2,5-25	460 mm	50 mm	35 mm	35 mm	460 mm	920 mm	60 mm	45 mm	40 mm	375 mm	750 mm	
TPA-S-3,0-16	275 mm	105 mm	75 mm	60 mm	275 mm	550 mm	85 mm	55 mm	40 mm	240 mm	480 mm	
TPA-S-3,0-20	350 mm	80 mm	60 mm	45 mm	355 mm	710 mm	60 mm	45 mm	40 mm	300 mm	600 mm	
TPA-S-3,0-28	510 mm	55 mm	40 mm	40 mm	513 mm	1025 mm	60 mm	45 mm	40 mm	420 mm	840 mm	
TPA-S-4,0-18	310 mm	140 mm	100 mm	80 mm	305 mm	610 mm	110 mm	75 mm	55 mm	270 mm	540 mm	
TPA-S-4,0-24	425 mm	100 mm	70 mm	55 mm	425 mm	850 mm	75 mm	60 mm	50 mm	360 mm	720 mm	
TPA-S-4,0-32	590 mm	70 mm	50 mm	40 mm	588 mm	1175 mm	75 mm	60 mm	50 mm	480 mm	960 mm	
TPA-S-5,0-18	300 mm	190 mm	135 mm	110 mm	300 mm	600 mm	175 mm	110 mm	80 mm	270 mm	540 mm	
TPA-S-5,0-24	420 mm	135 mm	95 mm	75 mm	420 mm	840 mm	95 mm	70 mm	60 mm	360 mm	720 mm	
TPA-S-5,0-40	740 mm	75 mm	55 mm	45 mm	740 mm	1480 mm	90 mm	70 mm	60 mm	600 mm	1200 mm	



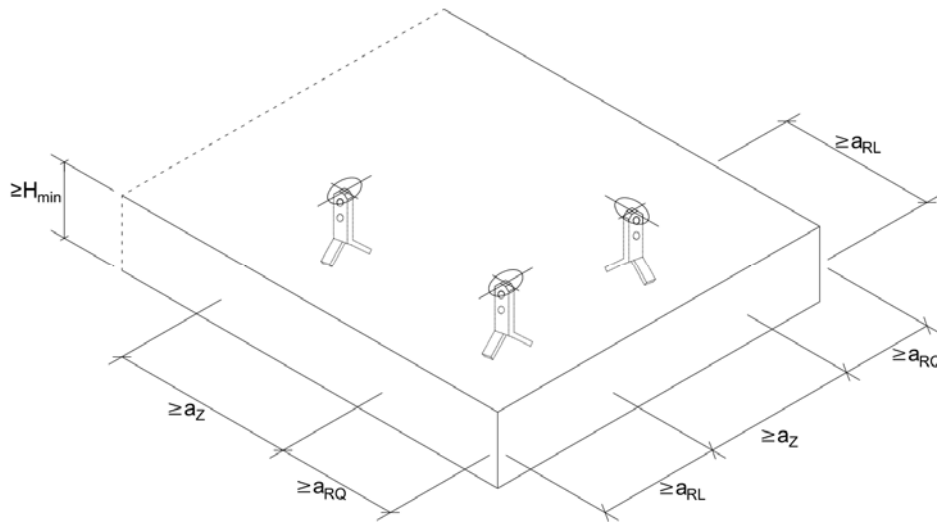
BGW Transportanker – Typ: Spreizanker

Verwendungsanleitung und Tragfähigkeitstabellen

Anker	Abstände für Balken bei ZUG / SCHRÄGZUG						Abstände für Scheiben bei ZUG / SCHRÄGZUG					
	Mindest-Bauteil-höhe	Querrandabstand bei $f_{cc,cube} =$			Längsrand-abstand	Zwischen-abstand	Querrandabstand bei $f_{cc,cube} =$			Längsrand-abstand	Zwischen-abstand	
		15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²			15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²			
	H_{min}	a_{RQ}			a_{RL}	a_z	a_{RQ}			a_{RL}	a_z	
TPA-S-5,3-22	400 mm	190 mm	135 mm	110 mm	375 mm	750 mm	175 mm	105 mm	75 mm	330 mm	660 mm	
TPA-S-5,3-26	460 mm	135 mm	95 mm	75 mm	450 mm	900 mm	90 mm	70 mm	60 mm	390 mm	780 mm	
TPA-S-5,3-34	600 mm	95 mm	75 mm	60 mm	620 mm	1240 mm	90 mm	70 mm	60 mm	510 mm	1020 mm	
TPA-S-7,5-26	450 mm	210 mm	150 mm	120 mm	450 mm	900 mm	170 mm	105 mm	75 mm	390 mm	780 mm	
TPA-S-7,5-30	530 mm	180 mm	125 mm	100 mm	530 mm	1060 mm	125 mm	80 mm	65 mm	450 mm	900 mm	
TPA-S-7,5-42	770 mm	120 mm	85 mm	70 mm	770 mm	1540 mm	100 mm	75 mm	65 mm	630 mm	1260 mm	
TPA-S-10-30	515 mm	270 mm	190 mm	150 mm	515 mm	1030 mm	225 mm	135 mm	95 mm	450 mm	900 mm	
TPA-S-10-37	655 mm	210 mm	150 mm	120 mm	655 mm	1310 mm	140 mm	95 mm	80 mm	555 mm	1110 mm	
TPA-S-10-52	955 mm	140 mm	100 mm	80 mm	955 mm	1910 mm	125 mm	95 mm	80 mm	780 mm	1560 mm	
TPA-S-14-37	615 mm	350 mm	250 mm	200 mm	615 mm	1230 mm	305 mm	180 mm	130 mm	555 mm	1110 mm	
TPA-S-14-46	795 mm	265 mm	190 mm	150 mm	795 mm	1590 mm	175 mm	105 mm	85 mm	690 mm	1380 mm	
TPA-S-22-50	850 mm	450 mm	320 mm	260 mm	850 mm	1700 mm	380 mm	230 mm	165 mm	750 mm	1500 mm	
TPA-S-22-62	1090 mm	350 mm	250 mm	200 mm	1090 mm	2180 mm	225 mm	150 mm	125 mm	930 mm	1860 mm	

Anker	Abstände für Scheiben bei QUERZUG				
	Querrandabstand bei $f_{cc,cube} =$			Längsrand-abstand	Zwischen-abstand
	15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²		
	a_{RQ}			a_{RL}	a_z
TPA-S-0,7-11	30 mm	30 mm	30 mm	165 mm	330 mm
TPA-S-1,4-16	40 mm	30 mm	30 mm	240 mm	480 mm
TPA-S-2,0-21	50 mm	40 mm	35 mm	315 mm	630 mm
TPA-S-2,5-25	60 mm	45 mm	40 mm	375 mm	750 mm
TPA-S-3,0-28	60 mm	45 mm	40 mm	420 mm	840 mm
TPA-S-4,0-32	75 mm	60 mm	50 mm	480 mm	960 mm
TPA-S-5,0-40	90 mm	70 mm	60 mm	600 mm	1200 mm
TPA-S-5,3-34	90 mm	70 mm	60 mm	510 mm	1020 mm
TPA-S-7,5-42	100 mm	75 mm	65 mm	630 mm	1260 mm
TPA-S-10,0-52	125 mm	95 mm	80 mm	780 mm	1560 mm
TPA-S-14,0-46	175 mm	105 mm	85 mm	690 mm	1380 mm
TPA-S-22,0-62	225 mm	150 mm	125 mm	930 mm	1860 mm

4. Mindestabstände, Mindestbauteilabmessungen für Platten



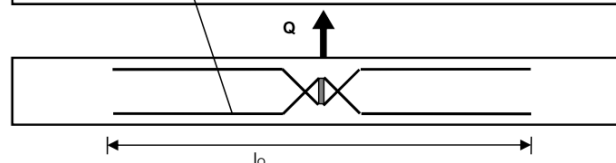
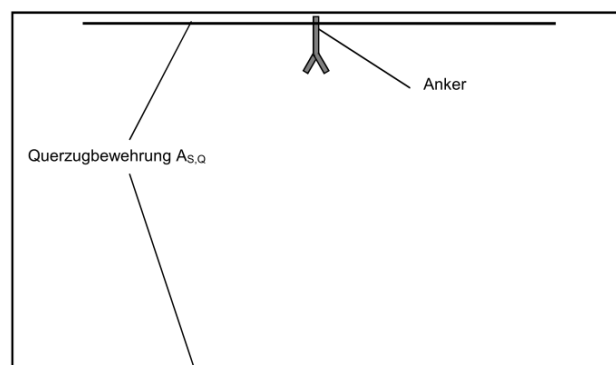
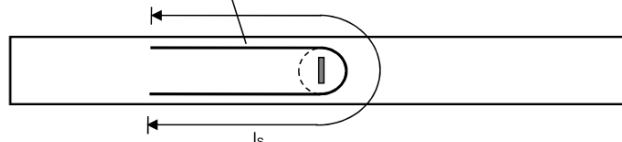
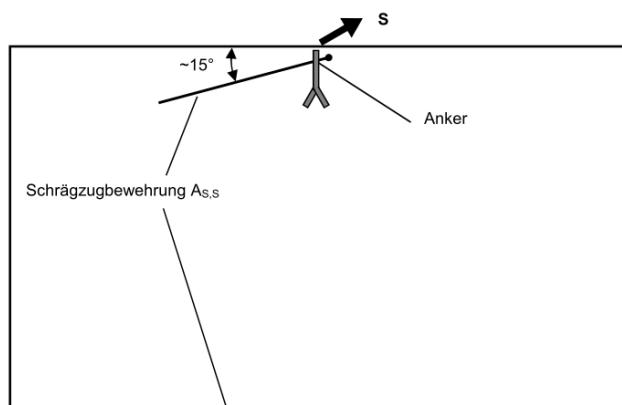
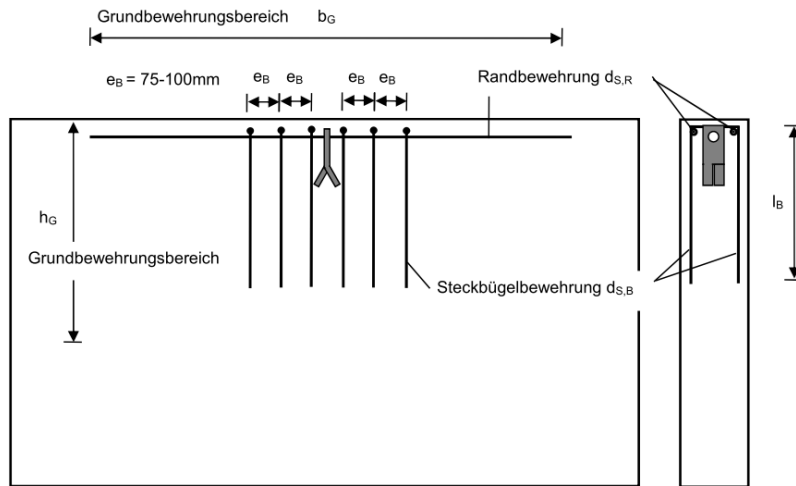
Anker	Abstände PLATTEN					
	Mindest-Bauteilhöhe	Querrandabstand bei $f_{cc,cube} =$			Längsrandabstand	Zwischenabstand
		15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²		
H_{min}	a_{RQ}			a_{RL}	a_z	
TPA-S-0,7-11	145 mm	35 mm	35 mm	35 mm	140 mm	280 mm
TPA-S-1,4-11	145 mm	100 mm	65 mm	50 mm	190 mm	380 mm
TPA-S-1,4-16	195 mm	55 mm	35 mm	35 mm	265 mm	530 mm
TPA-S-2,0-13	165 mm	125 mm	90 mm	70 mm	225 mm	450 mm
TPA-S-2,0-16	195 mm	100 mm	70 mm	50 mm	285 mm	570 mm
TPA-S-2,0-21	245 mm	65 mm	45 mm	35 mm	385 mm	770 mm
TPA-S-2,5-15	185 mm	145 mm	100 mm	80 mm	260 mm	520 mm
TPA-S-2,5-20	235 mm	100 mm	65 mm	50 mm	360 mm	720 mm
TPA-S-2,5-25	285 mm	75 mm	50 mm	40 mm	460 mm	920 mm
TPA-S-3,0-16	195 mm	170 mm	120 mm	95 mm	275 mm	550 mm
TPA-S-3,0-20	235 mm	130 mm	90 mm	65 mm	355 mm	710 mm
TPA-S-3,0-28	315 mm	85 mm	60 mm	50 mm	515 mm	1025 mm
TPA-S-4,0-18	215 mm	220 mm	155 mm	120 mm	305 mm	610 mm
TPA-S-4,0-24	275 mm	155 mm	110 mm	80 mm	425 mm	850 mm
TPA-S-4,0-32	355 mm	110 mm	75 mm	60 mm	590 mm	1175 mm
TPA-S-5,0-18	215 mm	280 mm	210 mm	165 mm	300 mm	600 mm
TPA-S-5,0-24	275 mm	215 mm	150 mm	115 mm	420 mm	840 mm
TPA-S-5,0-40	435 mm	115 mm	85 mm	65 mm	740 mm	1480 mm



BGW Transportanker – Typ: Spreizanker
Verwendungsanleitung und Tragfähigkeitstabellen

Anker	Abstände PLATTEN					
	Mindest-Bauteilhöhe	Querrandabstand bei $f_{cc,cube} =$			Längsrandabstand	Zwischenabstand
		15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²		
	H_{min}	a_{RQ}			a_{RL}	a_z
TPA-S-5,3-22	255 mm	250 mm	180 mm	140 mm	375 mm	750 mm
TPA-S-5,3-26	295 mm	210 mm	145 mm	110 mm	450 mm	900 mm
TPA-S-5,3-34	375 mm	145 mm	105 mm	85 mm	620 mm	1240 mm
TPA-S-7,5-26	300 mm	320 mm	230 mm	180 mm	450 mm	900 mm
TPA-S-7,5-30	340 mm	280 mm	195 mm	150 mm	530 mm	1060 mm
TPA-S-7,5-42	460 mm	190 mm	135 mm	110 mm	770 mm	1540 mm
TPA-S-10-30	340 mm	395 mm	290 mm	230 mm	515 mm	1030 mm
TPA-S-10-37	410 mm	320 mm	225 mm	180 mm	655 mm	1310 mm
TPA-S-10-52	560 mm	225 mm	160 mm	130 mm	955 mm	1910 mm
TPA-S-14-37	410 mm	500 mm	355 mm	285 mm	615 mm	1230 mm
TPA-S-14-46	500 mm	400 mm	285 mm	230 mm	795 mm	1590 mm
TPA-S-22-50	540 mm	675 mm	480 mm	385 mm	850 mm	1700 mm
TPA-S-22-62	660 mm	540 mm	385 mm	310 mm	1090 mm	2180 mm

5. Bewehrung für Balken / Scheiben



Bewehrung in Balken / Scheiben

Anker	Grundbewehrung		Steckbügelbewehrung			Randbewehrung
	Fläche	∅	Anzahl	∅	Schenkellänge	∅
	a _{S,G}	d _{S,G}	n	d _{S,B}	l _B	d _{S,R}
TPA-S-0,7	188 mm ² /m	6 mm	4	6 mm	300 mm	8 mm
TPA-S-1,4	188 mm ² /m	6 mm	4	6 mm	400 mm	8 mm
TPA-S-2,0	188 mm ² /m	6 mm	4	6 mm	500 mm	8 mm
TPA-S-2,5	188 mm ² /m	6 mm	4	8 mm	600 mm	10 mm
TPA-S-3,0	188 mm ² /m	6 mm	4	8 mm	700 mm	10 mm
TPA-S-4,0	188 mm ² /m	6 mm	4	8 mm	800 mm	12 mm
TPA-S-5,0	188 mm ² /m	6 mm	4	10 mm	800 mm	12 mm
TPA-S-5,3	188 mm ² /m	6 mm	4	10 mm	800 mm	12 mm
TPA-S-7,5	188 mm ² /m	6 mm	4	10 mm	800 mm	12 mm
TPA-S-10,0	188 mm ² /m	6 mm	6	10 mm	1000 mm	14 mm
TPA-S-14,0	188 mm ² /m	6 mm	8	10 mm	1000 mm	16 mm
TPA-S-22,0	188 mm ² /m	6 mm	8	12 mm	1200 mm	20 mm

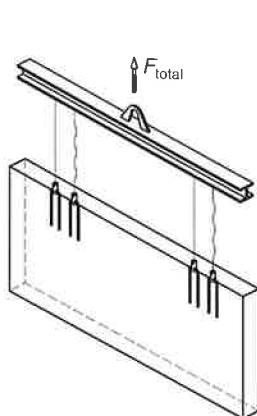
Anker	Schrägzugbewehrung			Querzugbewehrung	
	∅	Gesamtlänge	Schenkellänge	∅	Stablänge
	d _{S,S}	l _S	l _H	d _{S,Q}	l _Q
TPA-S-0,7	6 mm	600 mm	160 mm	8 mm	600 mm
TPA-S-1,4	6 mm	900 mm	310 mm	10 mm	700 mm
TPA-S-2,0	8 mm	950 mm	335 mm	10 mm	750 mm
TPA-S-2,5	8 mm	1200 mm	460 mm	12 mm	800 mm
TPA-S-3,0	10 mm	1150 mm	406 mm	12 mm	850 mm
TPA-S-4,0	12 mm	1500 mm	581 mm	14 mm	950 mm
TPA-S-5,0	12 mm	1550 mm	606 mm	16 mm	1000 mm
TPA-S-5,3	12 mm	1700 mm	595 mm	16 mm	1050 mm
TPA-S-7,5	14 mm	2000 mm	745 mm	20 mm	1200 mm
TPA-S-10,0	16 mm	2300 mm	895 mm	20 mm	1500 mm
TPA-S-14,0	20 mm	2600 mm	946 mm	25 mm	1800 mm
TPA-S-22,0	25 mm	3300 mm	1296 mm	28 mm	1800 mm

6. Konstruktive Anforderungen

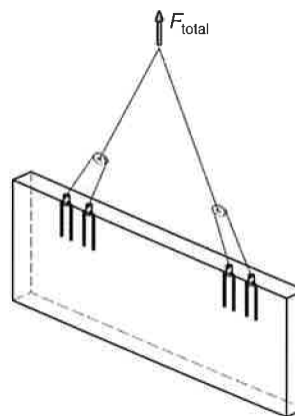
- Die Anker sind orthogonal und mit dem Aussparungskörper bündig zur Oberfläche einzubauen.
- Die Anker sind so einbauen, dass das Bauteil im Schwerpunkt zu heben ist. Keine Ankerpaare zulässig!
- Mindestabstände in alle Richtungen einhalten.
- Zulagebewehrung einbauen.
- Die Schrägzugbewehrung muss 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}	$\geq 1,6 \text{ N/mm}^2$	$\geq 2,2 \text{ N/mm}^2$	$\geq 2,8 \text{ N/mm}^2$

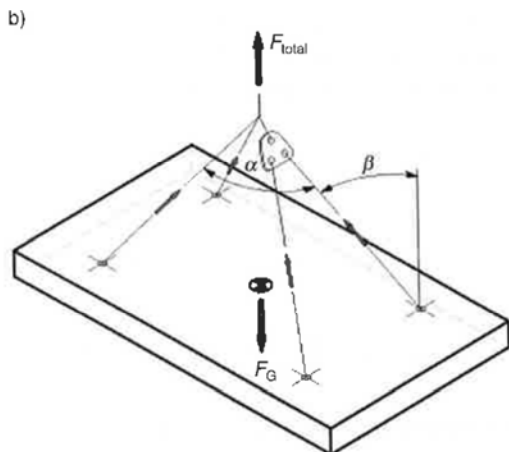
7. Einwirkungen



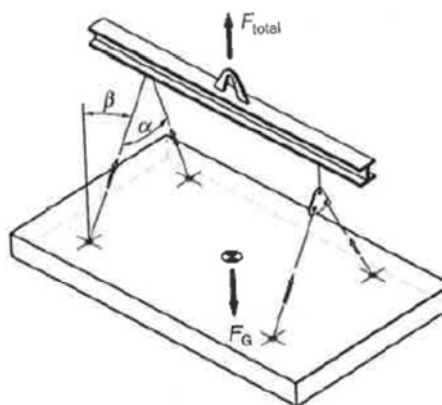
Bauteil mit Lasttraverse ohne Ausgleichsgehänge
 Anzahl der tragenden Anker n=2 (mit AG: n=4)



Bauteil mit Schrägseilgehänge und Ausgleichsrollen
 Anzahl der tragenden Anker n=4 (ohne AG: n=3)



Platte mit Schrägseilgehänge 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

ψ_{dyn} – Dynamikfaktor

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

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

8. Bemessung

Lastfall Zentrischer Zug	$\beta \leq 30^\circ$: $F_Q = Z \leq Z_{zul}$
Lastfall Schrägzug	$\beta > 30^\circ$: $F_Q = S \leq S_{zul}$
Lastfall Querkzug	$\gamma > 10^\circ$: $F_Q = Q \leq Q_{zul}$

9. 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 Anker in einer Ebene, bzw. bei mehr als 3 Anker total sind zwingend erforderlich!