

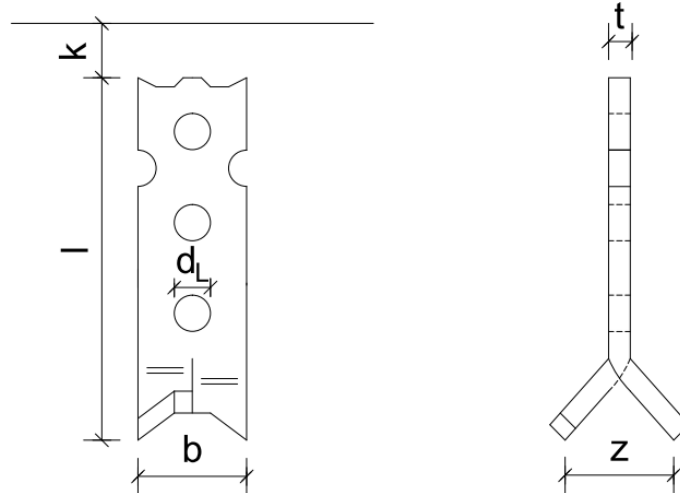
ANLAGE A

VERWENDUNGSANLEITUNG

UND

TRAGFÄHIGKEITSTABELLEN

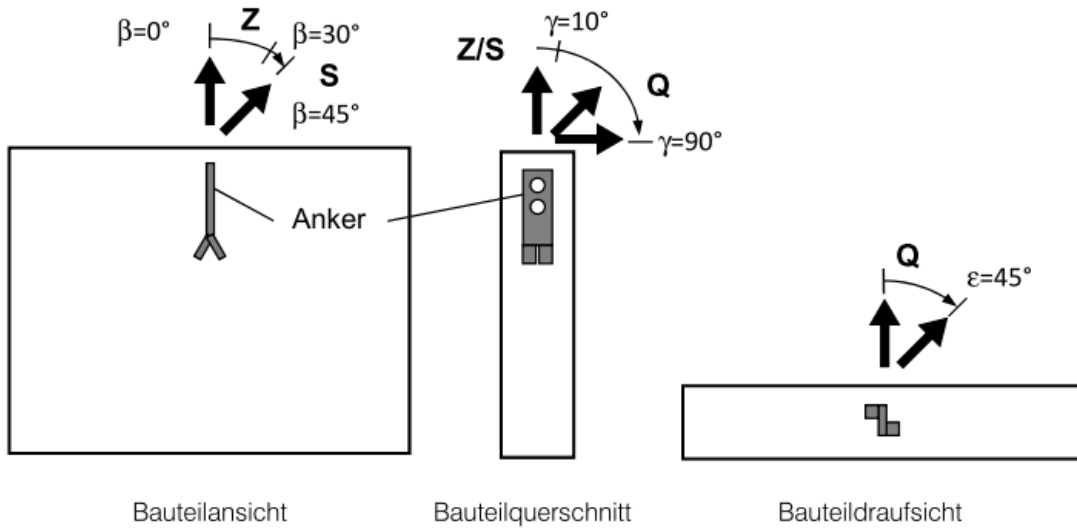
1. Ankerabmessungen



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

Anker	Laststufe	Lastgruppe	Länge	Breite	Dicke	Spreizung	Lochbreite	Spalt
			l	b	t	z	d_L	k
RKS-U-1,25-10	1,25 t	1,25 t	100 mm	30 mm	6 mm	40 mm	10 mm	10 mm
RKS-U-1,25-12	1,25 t		125 mm	30 mm	6 mm	40 mm	10 mm	10 mm

2. Tragfähigkeiten, Lastfälle

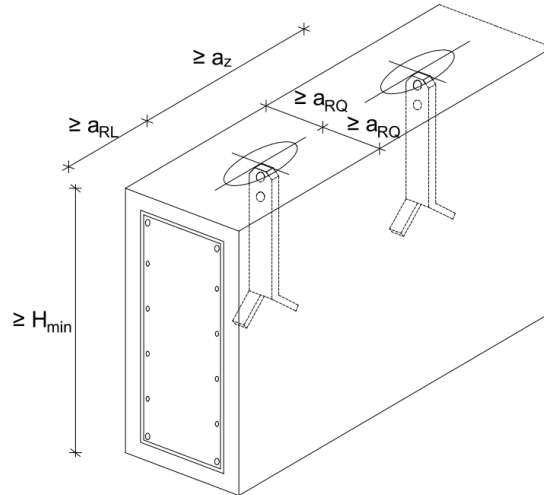


Anker	Bauteil- dicke	zulässige Zuglast $\beta \leq 30^\circ$			zulässige Schrägzuglast $30^\circ < \beta \leq 45^\circ$			zulässige Querzuglast $\gamma > 10^\circ$		
		$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²
		H	Z_{zul}			S_{zul}			Q_{zul}	
RKS-U-1,25-10	60 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	1,20 kN	1,60 kN	1,90 kN
	80 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	2,30 kN	3,00 kN	3,50 kN
	100 mm	12,5 kN	11,6 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	3,50 kN	4,60 kN	5,40 kN
	120 mm	10,1 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	4,90 kN	6,25 kN	6,25 kN
	140 mm	11,3 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	6,25 kN	6,25 kN	6,25 kN
RKS-U-1,25-12	60 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	1,30 kN	1,70 kN	2,00 kN
	80 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	2,40 kN	3,20 kN	3,70 kN
	100 mm	11,1 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	3,70 kN	4,80 kN	5,70 kN
	120 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	5,10 kN	6,25 kN	6,25 kN
	140 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	6,25 kN	6,25 kN	6,25 kN

Werte nur mit Zugbewehrung

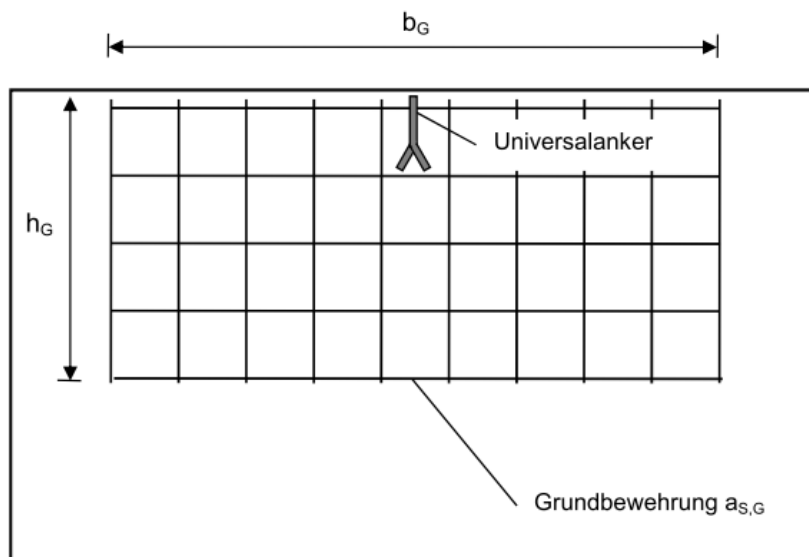
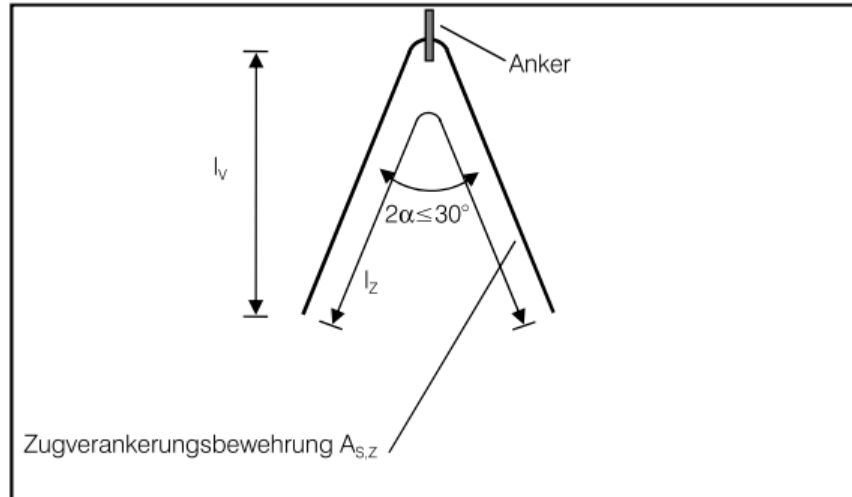
Bei Belastungen mit Schräggehängen ist β auf $\leq 60^\circ$ begrenzt

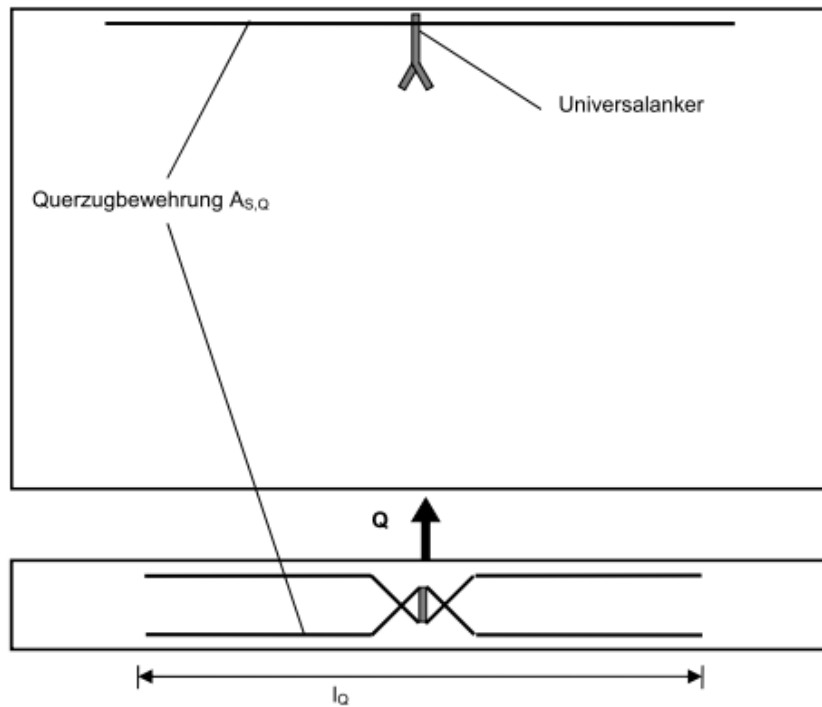
3. Mindestabstände, Mindestabmessungen, Zulagebewehrung



Ankergröße	Zug- verankerungs- bewehrung	Querrandabstand			Längsrand- abstand	Zwischen- abstand	Mindest- bauteilhöhe
		$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²			
		a_{RQ}					
RKS-U-1,25-10	mit	30 mm			100 mm	200 mm	400 mm
	ohne	60 mm	50 mm	50 mm	-	250 mm	-
RKS-U-1,25-12	mit	30 mm			100 mm	200 mm	400 mm
	ohne	60 mm	50 mm	50 mm	-	250 mm	-

4. Grund- und Zulagebewehrung





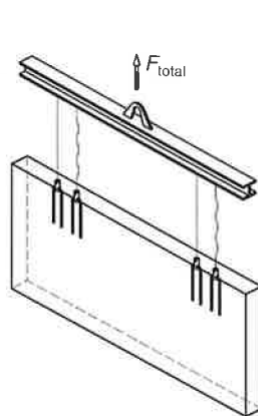
Anker	Grundbewehrung		Zugverankerungsbewehrung		Querzugbewehrung	
	Fläche	\varnothing	\varnothing	Gesamtlänge	\varnothing	Stablänge
	$a_{s,G}$	$d_{s,G}$	$d_{s,Z}$	l_Z	$d_{s,Q}$	l_Q
RKS-U-1,25-10	188 cm ² /m	6 mm	8 mm	700 mm	8 mm	600 mm
RKS-U-1,25-12	188 cm ² /m	6 mm	8 mm	700 mm	8 mm	600 mm

5. Konstruktive Anforderungen

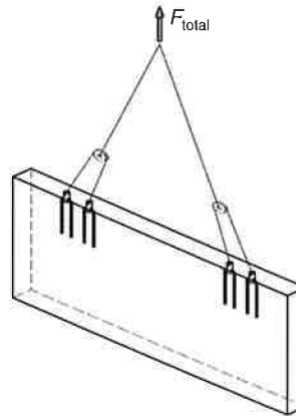
- Die Anker sind orthogonal und mit dem Aussparungskörper bündig zur Oberfläche einzubauen.
- Die Anker sind so einbauen, dass das Bauteil im Schwerpunkt zu heben ist. Keine Ankerpaare zulässig!
- Mindestabstände in alle Richtungen einhalten.
- Zulagebewehrung einbauen.
- Betonmindestanforderungen zum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

6. 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: $n=3$)

Ankerlast F_Q in Seilrichtung

Allgemein:

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

1. Lastfall Abheben:

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

2. Lastfall Transport:

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

F_G – Eigenlast der Betonschalen

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

F_{adh} – Schalungshaftung

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

z – Schrägzugfaktor

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

ψ_{dyn} – Dynamikfaktor

n – Anzahl der tragenden Anker

Richtwerte für Schalungshaftung q_{adh}

Übliche Dynamikfaktoren ψ_{dyn}

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

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

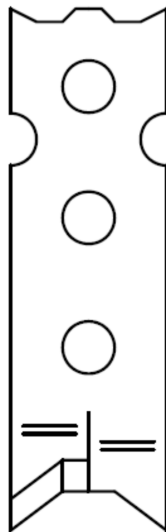
7. Bemessung

Lastfall Zentrischer Zug:	$F = Z \leq Z_{zul}$
Lastfall Schrägzug:	$F = S \leq S_{zul}$
Lastfall Querzug:	$F = Q \leq Q_{zul}$

8. Hinweise

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

TYPENBERECHNUNG BGW TRANSPORTANKER TEIL 7: UNIVERSALANKER



Auftraggeber:

BGW-Bohr GmbH
Kastanienstr. 100
97854 Steinfeld



Aufsteller:

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

Projekt:

TP07-22-7

Datum:

20.03.2014

Diese Typenberechnung umfasst 54 Seiten und 1 Anlage (7 Seiten).

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG	4
2	LITERATUR	5
3	FORMELZEICHEN	6
4	UNIVERSALANKER	10
4.1	Allgemeines	10
4.2	Ankerbeschreibung	11
4.3	Material	13
4.3.1	Ankerstahl	13
4.3.2	Betonstahl	13
4.3.3	Beton	13
4.4	Konstruktive Anforderungen	14
4.4.1	Allgemeines	14
4.4.2	Betonfestigkeitsklassen	14
4.4.3	Einbaubedingungen	14
4.4.4	Aussparungskörper	15
4.4.5	Hebezeug	15
4.5	Belastungsarten (Lastfälle)	16
4.6	Mindestabmessungen und Mindestabstände	17
4.7	Bewehrung	19
4.7.1	Allgemeines	19
4.7.2	Zugverankerungsbewehrung	19
4.7.3	Grundbewehrung	20
4.7.4	Aufrichtbewehrung	21
4.7.5	Zusammenstellung der Bewehrung	21
5	LASTANNAHMEN	22
5.1	Allgemeines	22
5.2	Eigenlasten	22
5.3	Schalungshaftung	22
5.4	Dynamikfaktor	23
6	SICHERHEITSKONZEPT	24
6.1	Grundlage	24
6.2	Einwirkungen	24

6.2.1	Lastfall Abheben mit Schalungshaftung	25
6.2.2	Lastfall Transport	25
6.2.3	Lastfall Aufrichten	25
6.3	Widerstände	26
6.4	Sicherheitsbeiwerte	26
6.5	Grenzwerte	27
6.6	Nachweise	28
7	BEMESSUNGSKONZEPT	29
7.1	Lastfälle/Kraftgrößen	29
7.2	Kraftgrößen	30
7.3	Tragmodell	32
7.4	Tragelemente	34
8	TRAGFÄHIGKEITEN	36
8.1	Ankerstahl	36
8.1.1	Maßgebende Stahltragfähigkeit	36
8.1.2	Normalkrafttragfähigkeit der Ösenflanken	37
8.1.3	Normalkrafttragfähigkeit des Ösenscheitels	37
8.1.4	Querkrafttragfähigkeit des Ankers	38
8.2	Lokale Lasteinleitung	40
8.3	Betonausbruch	42
8.3.1	Allgemeines	42
8.3.2	Betonausbruch auf der Bauteiloberseite	42
8.3.3	Betonabplatzungen an den Bauteilseiten	44
8.3.4	Betonausbruch unter Querkraftlasten	45
8.4	Zugverankerungsbewehrung	48
8.4.1	Allgemeines	48
8.4.2	Stahltragfähigkeit	48
8.4.3	Verbundtragfähigkeit	49
8.5	Grundbewehrung	51
8.6	Aufrichtbewehrung	52
9	ZUSAMMENSTELLUNG DER TRAGFÄHIGKEITEN	53
ANLAGE A TRAGFÄHIGKEITSTABELLEN		

1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG

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

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

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

2 LITERATUR

- [1] DIN EN 1990 inkl. NA: Grundlagen der Tragwerksplanung. Dezember 2010.
- [2] DIN EN 1992-1-1 inkl. NA: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Januar 2011.
- [3] DIN EN 1993-1-1 inkl. NA: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau. Dezember 2010.
- [4] DIN 15018-1 Krane – Teil 1: Grundsätze für Stahltragwerke, Berechnung. Stand: November 1984
- [5] EOTA: ETAG 001 Metalle Dübel zur Verankerung im Beton – Anhang C: Bemessungsverfahren für Verankerungen. Stand: November 2006
- [6] CEN/TC 229/WG 4 „Precast concrete products“: Design and use of Inserts for Lifting and Handling of Precast Concrete Elements – Technical Report – Draft 9. Stand: Oktober 2006
- [7] DIN SPEC 1021-4-1: Bemessung der Verankerung von Befestigungen im Beton – Teil 4-1: Allgemeines; Deutsche Fassung CEN/TS 1992-4-1: 2009. August 2009.
- [8] DIN SPEC 1021-4-2: Bemessung der Verankerung von Befestigungen im Beton – Teil 4-2: Kopfbolzen; Deutsche Fassung CEN/TS 1992-4-2: 2009. August 2009.
- [9] VDI/BV-BS Richtlinie 6205: Transportanker und Transportankersysteme für Betonfertigteile. Entwurf Stand August 2009
- [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_f	haftende Schalungsfläche
a_{RL}	Mindestachsabstand der Anker zum Rand in Bauteillängsrichtung
a_{RQ}	Mindestachsabstand der Anker zum Rand in Bauteilquerrichtung
a_z	Mindestzwischenabstand der Anker
$a_{S,G}$	Flächenquerschnitt der Grundbewehrung
$A_{S,G}$	Querschnitt der Grundbewehrung
$A_{S,Q}$	Querschnitt der Aufrichtbewehrung
$A_{S,Z}$	Querschnitt der Zugverankerungsbewehrung
A_{Sch}	haftende Schalfläche
b	Ankerbreite
b_A	Breite des Aussparungskörpers
b_{RK}	Breite (Dicke) der Ringkupplung
c_{min}	Mindestbetondeckung
c_{nom}	Nennmaß der Betondeckung
d_A	Dicke des Aussparungskörpers
D_{min}	Biegerollendurchmesser nach DIN 1045-1, Tabelle 23
$d_{br,Z}$	Biegerollendurchmesser der Zugverankerungsbewehrung
d_L	Durchmesser (Breite) des Ösenlochs
d_R	Durchmesser des Ringkupplungsriegels
d_{RK}	Durchmesser der Ringkupplung
$d_{S,G}$	Bewehrungsstabdurchmesser Grundbewehrung
$d_{S,Q}$	Bewehrungsstabdurchmesser Aufrichtbewehrung
$d_{S,Z}$	Bewehrungsstabdurchmesser Zugverankerungsbewehrung
D_{min}	Mindestbauteildicke (Wandstärke)
f	Ösenflankenbreite
g	Abstand der Ösenlöcher
h_1	Höhe des oberen Ösenlochs
h_2	Höhe des mittleren Ösenlochs
h_3	Höhe des unteren Ösenlochs
h_A	Höhe des Aussparungskörpers
h_{ef}	effektive Verankerungstiefe der Anker im Beton
H_{min}	Mindestbauteildicke h_K Mindestbauteilhöhe, Versuchskörperhöhe
k	Ankerkopfabstand zur Bauteiloberfläche
l	Ankerlänge
l_b	Verankerungslänge
l_K	Länge des Versuchskörpers
l_Q	Gesamtlänge der Aufrichtbewehrung

l_v	Projizierte, vertikale Schenkellänge der Zugverankerungsbewehrung
l_z	Gesamtlänge der Zugbewehrung
n	Anzahl der Bewehrungspositionen
s	Ösenscheitelhöhe
s_1	Spreizung der Aufrichtbewehrung
t	Ankerstahlblechdicke
V	Volumen der Betonschalen
z	Schrägzugfaktor
α	halber Spreizungswinkel der Verankerungsbewehrung
α	halber Spreizungswinkel der Ankerschenkel
β	Neigungswinkel der Lastrichtung zur Ankerachse bei Schrägzug
δ	Neigung der gekröpften Aufrichtbewehrung
ε_R	Neigung der Ringkupplung zur Horizontalen im LF Querzug

Baustoffkenngrößen

f_{bk}	charakteristischer Wert der Verbundspannung
f_{ck}	charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons
$f_{ck,cube}$	charakteristischer Wert der Betonwürfeldruckfestigkeit
$f_{cc,cube}$	Druckfestigkeit des Betons an 150 mm Würfeln (Messwert)
$f_{cc,cyl}$	Zylinderdruckfestigkeit des Betons (abgeleiteter Messwert)
$f_{cc,cyl,equ}$	äquivalente Zylinderdruckfestigkeit des Betons (abgeleitet aus den Messwerten der Spaltzugfestigkeit)
f_{cpk}	Betonteilflächenpressungsfestigkeit
$f_{ctk;0,05}$	charakteristischer Wert des 5%-Quantils der Betonzugfestigkeit
f_{ctm}	Mittelwert der Betonzugfestigkeit
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
N_{Rk}	charakteristische Ankernormaltraglast
$N_{Rk,A,F}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit der Ösenflanken
$N_{Rk,A,S}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit des Ösenscheitels
$N_{Rk,C,L}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit auf seitlichem Betonausbruch
$N_{Rk,C,O}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit auf oberseitigen Betonausbruch
$N_{Rk,G}$	Ankernormaltraglast inf. Stahltragfähigkeit der Grundbewehrung
$N_{Rk,LE}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit der lokalen Lasteinleitung
$N_{Rk,Z,b}$	Ankernormaltraglast inf. Verbundtragfähigkeit d. Zugverankerungsbew.
$N_{Rk,Z,s}$	Ankernormaltraglast inf. Stahltragfähigkeit d. Zugverankerungsbew.
R_k	allgemeiner Bauteilwiderstand

$V_{Rk,C,T}$	Ankernormaltraglast inf. Tragfähigkeit auf oberseitigen Betonausbruch im LF Querkzug (transversaler Betonausbruch)
α_1	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_Q	Beiwert für Betonausbruchkegel in Bauteilquerrichtung

Kraftgrößen

A	Abstützkraft am Ankerende im LF Querkzug
B	Rückhängekraft der Aufrichtbewehrung im LF Querkzug
F	vertikale Gehängekraft, Versuchslast
F_{adh}	Schalungshaftkraft
F_G	Eigengewichtskraft eines Betonelements
F_Q	Ankerlast
F_u	Maximale Versuchslast / Bruchlast
F_{zul}	zulässige Ankerlast (allgemein)
H	horizontale Ankerlast ($\beta=90^\circ$) / Horizontalkraftkomponente
N	vertikale Ankerlast ($\beta=0^\circ$) / Vertikalkraftkomponente
N_N	Nenntraglast der Anker auf zentrische Zuglasten ($\beta \leq 30^\circ$)
N_{zul}	zulässige, charakteristische, zentrische Ankerzuglast ($\beta \leq 30^\circ$)
q_{adh}	Flächenwert der Schalungshaftung
Q	Querkzuglast orthogonal zur Bauteilebene
Q_N	Nenntraglast der Anker auf Querkzuglasten
Q_{zul}	zulässige Anker-Querkzuglast
S	Ankerlast im LF Schrägzug ($\beta > 30^\circ$)
S_N	Nenntraglast der Anker auf Schrägzuglasten ($\beta > 30^\circ$)
S_{zul}	zulässige Anker-Schrägzuglast ($\beta > 30^\circ$)
Z	Ankerlast im LF Zentrischer Zug ($\beta \leq 30^\circ$)
Z_{zul}	zulässige Ankerlast (LF Zentrischer Zug ($\beta \leq 30^\circ$))
σ	Normalspannung
σ	Normalspannung
ψ_{dyn}	Dynamikfaktor

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

A	Ankerstahl
b	Verbund Betonstahl-Beton
B	Steckbügelbewehrung
C	Beton / Betonausbruch
F	Ösenflanke
G	Grundbewehrung (Bewehrungsmatte)
k	Charakteristischer Wert
L	lateral (seitlicher blowout)
LE	Lokale Lasteinleitung
max	Maximum
min	Minimum
mind	Mindestwert
O	oben (oberseitiger Betonausbruch)
Q	Querzug
R	Ranbbewehrung
RS	Ranbbewehrung bei Schrägzuglast
Rk	charakteristischer Widerstand
s	Betonstahl
S	Ösenscheitel
T	transversal (Betonausbruch unter Querzuglast)
Z	Zugbewehrung
zul	zulässiger Wert

4 UNIVERSALANKER

4.1 ALLGEMEINES

Die Universalanker 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 Universalanker erfordern 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.

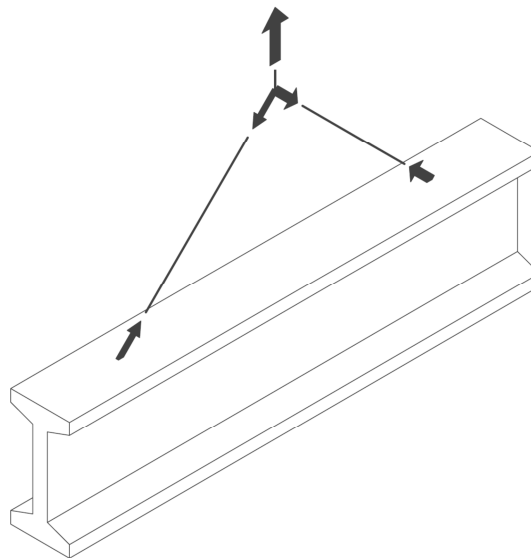


Bild 1: Fertigteilelement mit eingebauten Transportankern und schrägem Seilgehänge

4.2 ANKERBESCHREIBUNG

Die in der vorliegenden Typenberechnung behandelten Universalanker sind nur in zwei verschiedenen Varianten, d.h. Längen einer Laststufe verfügbar. Jeder Laststufe in Tonnen [t] ist eine Ankernennlast in [kN] zugeordnet (Tabelle 1). Mehrere Laststufen sind in einer Lastgruppe gebündelt. Die Nennlast entspricht der zulässigen Ankertraglast bei zentrischer Zuglast.

Tabelle 1: Ankerübersicht

Ankergröße	Laststufe	Lastgruppe	Nennlast
			N_N
RKS-U-1,25-10	1,25 t	1,25 t	12,5 kN
RKS-U-1,25-12			12,5 kN

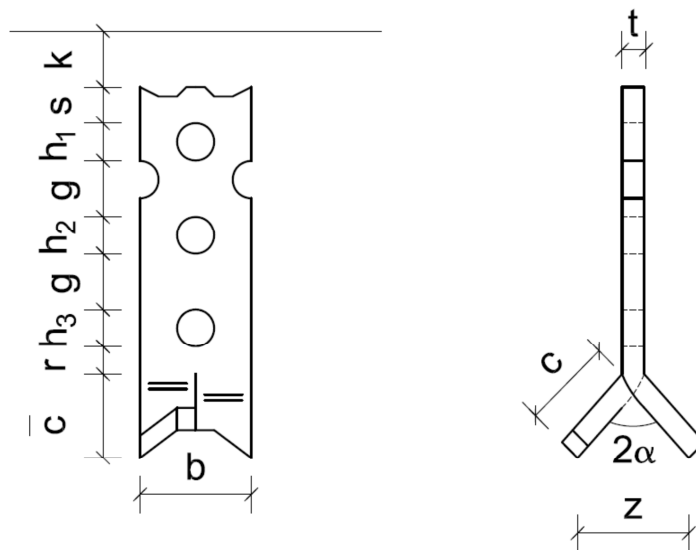


Bild 2: Bezeichnung der Ankerabmessungen

Die maßgebenden Abmessungen sind in Bild 2 bezeichnet sowie in Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 2: Äußere Ankerabmessungen [mm]

Ankergröße	Laststufe	Lastgruppe	Länge	Breite	Dicke	Spreizung	Anker-Bauteilok.
			l	b	t	z	k
RKS-U-1,25-10	1,25 t	1,25 t	100	30	6,0	40	10
RKS-U-1,25-12			125	30	6,0	40	10

Tabelle 3: Innere Ankerabmessungen [mm]

Ankergröße	Lochbreite	Ösenflanke	Ösenskeitel	Lochhöhe	Lochabstand	Restlänge	Riegel- \emptyset
	d_L	f	s	h_1, h_2, h_3	g	r	d_R
RKS-U-1,25-10	10	10,0	9,0	10	15	11	7,0
RKS-U-1,25-12	10	10,0	9,0	10	15	26	7,0

4.3 MATERIAL

4.3.1 Ankerstahl

Die Universalanker 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 DIN EN 1993-1 [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 Plattenanker besteht aus Betonstahl BSt 500 S/M (A) oder (B).

Die Streckgrenze des Betonstahls f_{sk} wird gemäß DIN EN 1992-1 [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 [2] gewählt. Es werden die folgenden charakteristischen Kennwerte der Mindestbetonfestigkeitsklasse C12/15 angesetzt:

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

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

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

4.4 KONSTRUKTIVE ANFORDERUNGEN

4.4.1 Allgemeines

Die Verwendung der Universalanker 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):

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

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

4.4.3 Einbaubedingungen

Die Verwendung von Universalankern ist für dünne Scheiben vorgesehen. Die Universalanker sind dabei stets orthogonal und bündig zur schmalen Bauteiloberfläche einzubauen.

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 Hebepunkt eingesetzt werden.

Bei der Anordnung von mehr als zwei Universalankern 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 Zugverankerungsbewehrung sowie mit einer Aufrichtbewehrung zu bewehren, die abhängig von der geplanten Beanspruchung zu wählen sind.

4.4.4 Aussparungskörper

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

Tabelle 4: Abmessungen der Aussparungskörper

Anker		Aussparungskörper		
Ankergröße	Laststufe	Höhe	Breite	Dicke
		h_A	b_A	d_A
RKS-U-1,25-10	1,25 t	32 mm	60 mm	28 mm
RKS-U-1,25-12				

4.4.5 Hebezeug

Die Universalanker 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 (2,5t, 5t, 10t, 26t) verfügbar. Die Lastgruppen umfassen die Laststufen der Anker bis einschließlich der angegebenen Nennlast.

Tabelle 5: Abmessungen der Ringkupplung

Ankergröße	Ringkupplung		
	Rk- \emptyset	Rk-Breite	Riegel- \emptyset
	d_{RK}	b_{RK}	d_R
RKS-U-1,25-10	52 mm	20 mm	9 mm
RKS-U-1,25-12			

4.5 BELASTUNGSARTEN (LASTFÄLLE)

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

Beim Schrägzugbeanspruchung ist der Neigungswinkel der Last zur Ankerachse (Vertikale) auf $\beta=45^\circ$ begrenzt. 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).

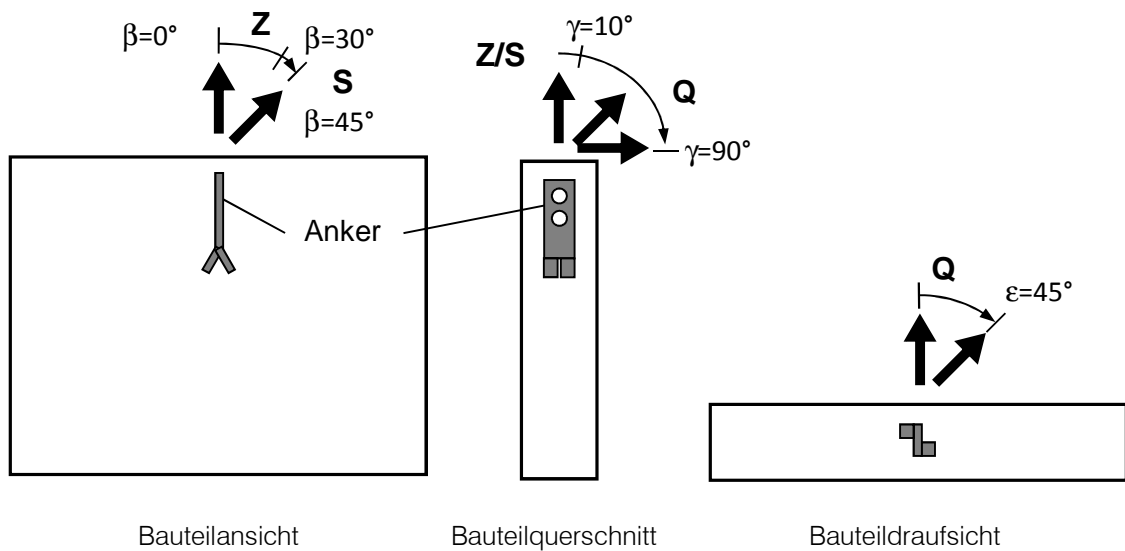


Bild 3: Zulässige Ankerbelastungsrichtungen

4.6 MINDESTABMESSUNGEN UND MINDESTABSTÄNDE

Beim Einbau der Universalanker in Betonfertigteilen sind Mindestbauteildicken und -höhen, die Mindestabstände zu den Bauteilrändern und zu anderen Ankern einzuhalten. Neben den Ankerachsabständen a_z sind die Randabstände in Bauteillängsrichtung a_{RL} und in Bauteilquerrichtung a_{RQ} zu unterscheiden. Die Mindestabstände berücksichtigen bei der Verwendung der Universalanker ohne Zugbewehrung die Breite des Betonausbruchkegels (Abs. 8.1.4):

$$a_z \geq 3 l \quad (1)$$

Bei der Verwendung der Universalanker mit Zugbewehrung ist der Mindestzwischenabstand konstruktiv wie folgt festgelegt:

$$a_z \geq 2 l \quad (2)$$

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

$$a_{RL} = 0,5 a_z \quad (3)$$

Die Mindestbauteildicke H_{min} unter Verwendung der Zugverankerungsbewehrung entspricht muss mindestens dem Siebenfachen der Stabdicke der Zugbewehrung entsprechen:

$$H_{min} \geq 7 d_{s,z} = 7 \cdot 8 = 56 \text{ mm} \quad (4)$$

Die Mindestbauteildicke H_{min} entspricht dem doppelten Randabstand a_{RQ} in Bauteilquerrichtung:

$$H_{min} = 2 a_{RQ} \quad (5)$$

Die Mindestrandabstände in Bauteilquerrichtung a_{RQ} ohne Verwendung der Zugverankerungsbewehrung sind in Abhängigkeit von der Betonfestigkeit durch den erforderlichen Widerstand gegen Betonausbruch bestimmt.

Die Mindestabstände a_{RQ} , a_{RL} und a_z sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6: Mindestankerabstände und Mindestbauteildicke

Ankergröße	Zugverankerungs- bewehrung	Querrandabstand			Längsrand- abstand	Zwischen- abstand
		15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²		
		a _{RQ}				
RKS-U-1,25-10	mit	30 mm			100 mm	200 mm
	ohne	60 mm	50 mm	50 mm	125 mm	250 mm
RKS-U-1,25-12	mit	30 mm			100 mm	200 mm
	ohne	60 mm	50 mm	50 mm	125 mm	250 mm

4.7 BEWEHRUNG

4.7.1 Allgemeines

In den folgenden Abschnitten wird die für die lokale Lasteinleitung im Bereich des Universalankers erforderliche Bewehrung dargestellt.

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

4.7.2 Zugverankerungsbewehrung

Die Universalanker erhalten in Abhängigkeit von der Bauteildicke H ggf. eine Zugverankerungsbewehrung $A_{s,z}$ in Form einer Stabstahlschleife mit der Gesamtlänge l_z , die durch das untere Loch des Ankers geführt wird und die nach unten in das Bauteil reicht. Die Schleife ist maximal um den Winkel von $2\alpha=30^\circ$ gespreizt und ist symmetrisch zur Ankerachse einzubauen (s. Bild 4). Die Zugverankerungsbewehrung kann mit geraden oder abgewinkelten Enden zur Verkürzung der Verankerungslänge ausgeführt werden.

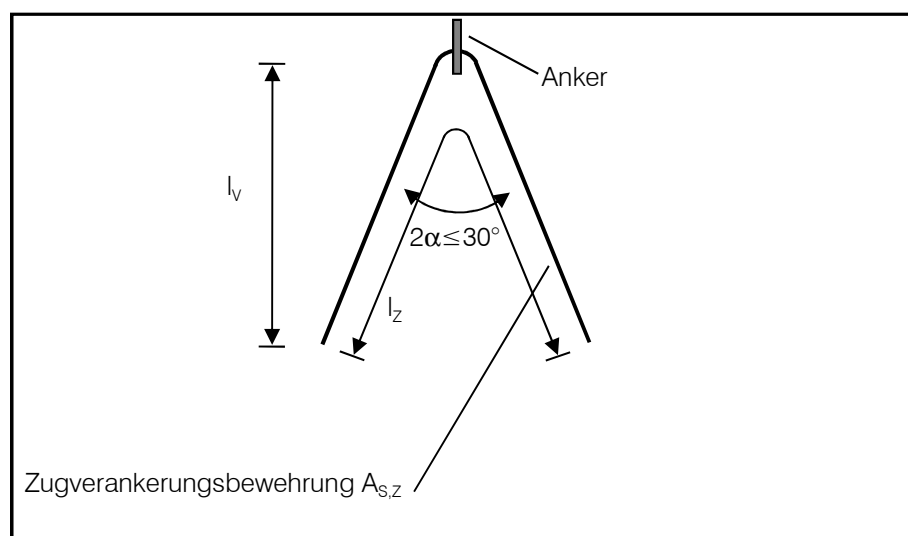


Bild 4: Zugverankerungsbewehrung

4.7.3 Grundbewehrung

Im Ankerbereich ist eine Grundbewehrung $a_{s,G}$ aus Bewehrungsmatten an den Bauteiloberflächen vorzusehen (s. Bild 5).

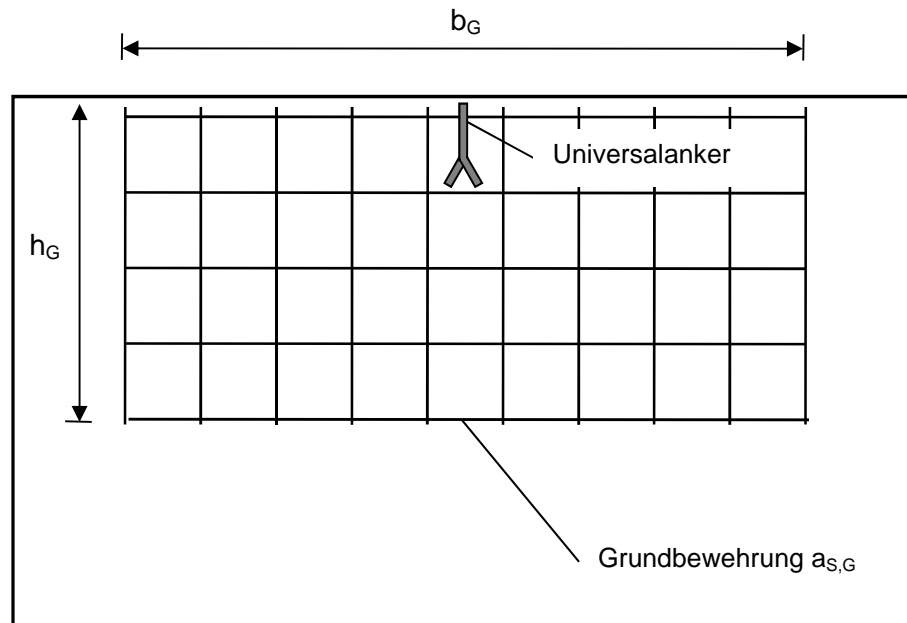


Bild 5: Grundbewehrung

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.

$$b_G \geq a_z \quad (6)$$

4.7.4 Aufrichtbewehrung

An der Bauteilstirnseite ist eine Quersug- bzw. Aufrichtbewehrung $A_{s,Q}$ in Form von zwei gegenläufigen Stäben mit V-förmiger Kröpfung vorzusehen, die in den Kerben des Universalankers geführt wird. Der Biegerollendurchmesser $d_{br,Q}$ nach DIN EN 1992-1-1 [2] sind dabei einzuhalten.

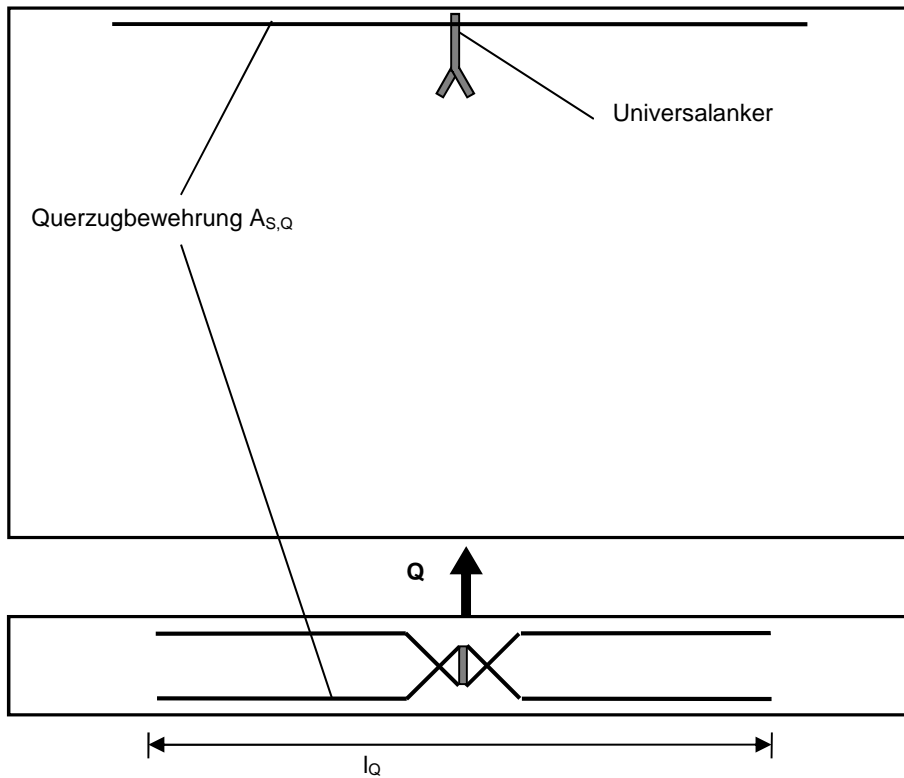


Bild 6: Aufrichtbewehrung

4.7.5 Zusammenstellung der Bewehrung

Im Folgenden sind die erforderlichen Stückzahlen, Durchmesser und Stablängen der Grund- und Zulagebewehrung gemäß Abs. 4.7.3 bis 4.7.4 in Abhängigkeit von der Ankergröße dargestellt.

Tabelle 7: Grund- und Zulagebewehrung der Universalanker

Anker	Laststufe	Grundbewehrung		Zugverankerungsbew.		Quersugbewehrung	
		Fläche	Ø	Ø	Gesamtlänge	Ø	Stablänge
		$a_{s,G}$	$d_{s,G}$	$d_{s,Z}$	l_z	d_Q	l_Q
RKS-U-1,25-10	1,25 t	188	6	8	700	8	600
RKS-U-1,25-12		188	6	8	700	8	600

5 LASTANNAHMEN

5.1 ALLGEMEINES

Universalanker 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:

$$F_G = V \cdot \gamma_{\text{Beton}} \quad \gamma_{\text{Beton}} = 25 \text{ kN/m}^3 \quad (7)$$

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:

$$F_{\text{adh}} = q_{\text{adh}} \cdot A_f \quad \text{mit } A_f \quad \text{Kontaktfläche Schalung/Beton (8)}$$

und q_{adh} Grundwerte Schalungshaftung

Tabelle 8: Richtwerte für Schalungshaftung

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

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

Tabelle 9: Schalungshaftung in Abhängigkeit des Betonkörpertyps

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

5.4 DYNAMIKFAKTOR

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

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

Tabelle 8: Dynamikfaktoren gemäß [9]

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

6 SICHERHEITSKONZEPT

6.1 GRUNDLAGE

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

6.2 EINWIRKUNGEN

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

$$F_Q = (\psi_{dyn} \cdot F_G + F_{adh}) \cdot z / n \quad (9)$$

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

$$z = 1 / \cos \beta \quad \beta - \text{Lastneigung zur Senkrechten} \quad (10)$$

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

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

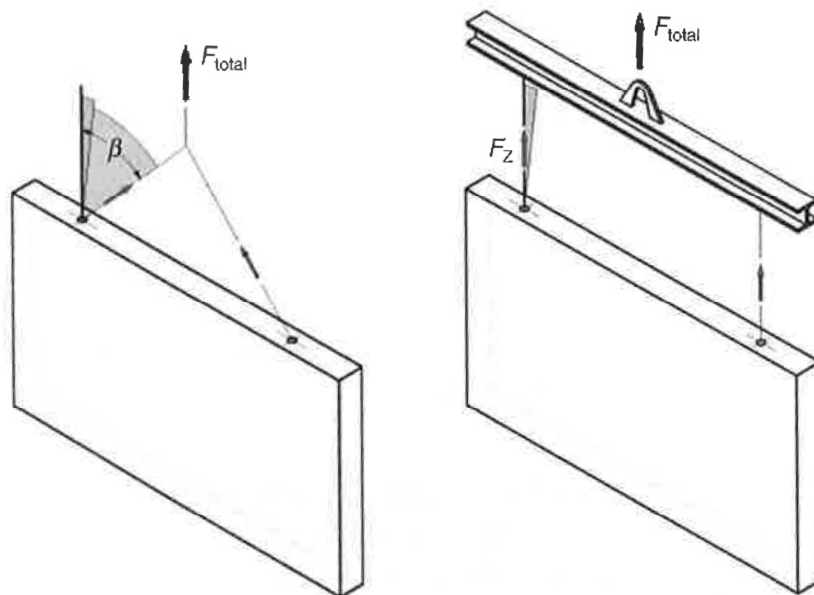


Bild 7: Wandelement im LF Abheben/Transport mit a) Schrägeilgehänge und b) Lasttraverse

6.2.1 Lastfall Abheben mit Schalungshaftung

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

$$F_z = (F_G + F_{adh}) \cdot z / n \quad n = \begin{cases} 2 & \text{ohne Ausgleichsgehänge} \\ 4 & \text{mit Ausgleichsgehänge} \end{cases} \quad (11)$$

6.2.2 Lastfall Transport

Im Lastfall Transport beträgt die Einwirkung F_z je Transportanker bei Verwendung gemäß Bild 7:

$$F_z = \psi_{dyn} \cdot F_G \cdot z / n \quad n = \begin{cases} 2 & \text{ohne Ausgleichsgehänge} \\ 4 & \text{mit Ausgleichsgehänge} \end{cases} \quad (12)$$

6.2.3 Lastfall Aufrichten

Im Lastfall Aufrichten beträgt die Einwirkung F_Q bzw. F_{Qz} je Transportanker bei Verwendung gemäß Bild 8:

$$F_{Q(z)} = (F_G + F_{adh}) \cdot z / (2 n) \quad n = 2 \quad (13)$$

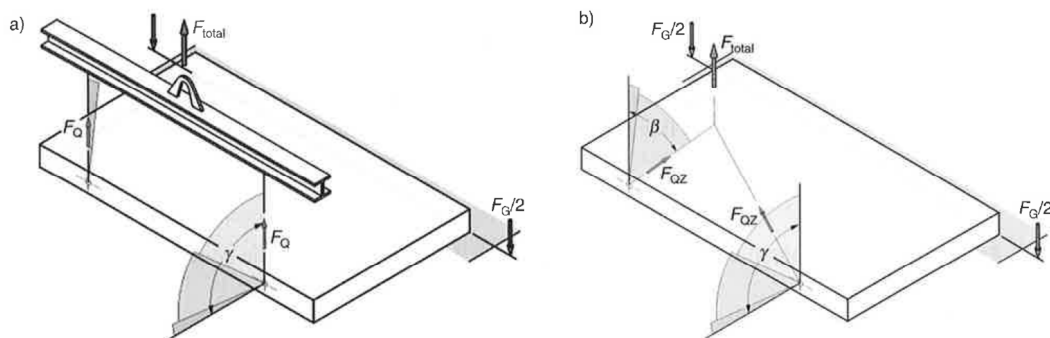


Bild 8: Wandelement im Lastfall Aufrichten mit a) Lasttraverse und b) Schrägseilgehänge

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:

$$R_{zul} = R_k / \gamma \quad (14)$$

Für die Tragfähigkeitswerte R_k werden die charakteristischen Werte der Widerstände gemäß DIN EN 1992-1-1 [1] und DIN EN 1993-1-1 [3] verwendet.

Für die einzelnen Versagensarten der Baustoffe sind dies die folgenden Kenngrößen:

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

6.4 SICHERHEITSBEIWERTE

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

$$\text{Ankerstahlbruch} \quad \gamma_A = 3,0 \quad (15)$$

$$\text{Betonversagen, Verbundversagen} \quad \gamma_C = 2,5 \quad (16)$$

$$\text{Betonstahlversagen} \quad \gamma_S = 2,5 \quad (17)$$

$$\text{Gebrauchstauglichkeit} \quad \gamma_D = 2,0 \quad (18)$$

6.5 GRENZWERTE

Der nominelle Grenzwert der Belastung der Anker wird in Abhängigkeit vom Lastfall durch die Ankernennlast N_N (Zentrischer Zug), S_N (Schrägzug) oder Querzug (Q_N) gebildet (vgl. Abs. 7.1). Die Ankernennlast für Schrägzuglasten S_N entspricht dabei stets 80%, die Nennlasten für Querzuglasten Q_N 50% der Nennlast für Zentrischen Zug. Die Ankernennlasten N_N , S_N bzw. Q_N stellen eine obere Begrenzung der zulässigen Lastwerte infolge aller Versagensarten bzw. Tragfähigkeiten N_{zul} , S_{zul} bzw. Q_{zul} nach Abs. 8 dar.

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

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

$$N_{zul} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_N \\ N_{zul,A,F/S} \\ N_{zul,L,B/Sch/St} \\ N_{zul,C} \\ N_{zul,P} \end{array} \right. \quad (19)$$

Es gilt im Lastfall Schrägzug ($30^\circ < \beta \leq 45^\circ$):

$$S_{zul} = \min \left\{ \begin{array}{l} S_N \\ 0,8 N_{zul,A,F/S} \\ 0,8 N_{zul,L,B/Sch/St} \\ 0,8 N_{zul,C} \\ S_{zul,S,s/b} \end{array} \right. \quad (20)$$

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

$$Q_{zul} = \min \left\{ \begin{array}{l} Q_N \\ Q_{zul,A} \\ Q_{zul,C} \\ Q_{zul,Q} \end{array} \right. \quad (21)$$

6.6 NACHWEISE

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

$$F \leq R_{zul} \quad \text{allgemein} \quad (22)$$

$$F_z \leq N_{zul} \quad \text{Lastfall Zentrischer Zug } (\beta \leq 30^\circ) \quad (23)$$

$$F_z \leq S_{zul} \quad \text{Lastfall Schrägzug } (30^\circ < \beta \leq 45^\circ) \quad (24)$$

$$F_Q \leq Q_{zul} \quad \text{Lastfall Querkzug } (\beta \leq 45^\circ) \quad (25)$$

7 BEMESSUNGSKONZEPT

7.1 LASTFÄLLE/KRAFTGRÖSSEN

In der vorliegenden Typenberechnung wird zwischen den äußeren Beanspruchungen der Universalanker 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 9). 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 $\beta=45^\circ$ 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

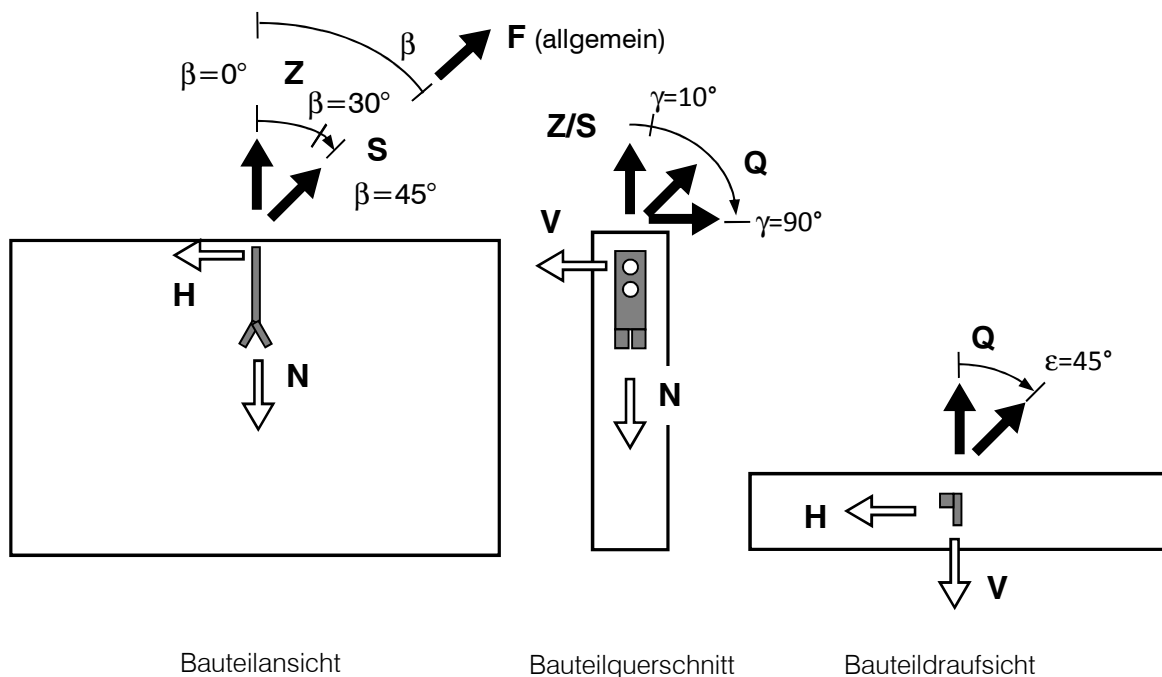


Bild 9: Äußere Lasten F , Z , S , Q und innere Schnittgrößen / Tragfähigkeiten N , H , V

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 :

$$N = F \cdot \cos \beta \quad \text{bzw.} \quad (26)$$

$$N = Q \cdot \cos \gamma \quad (27)$$

$$H = F \cdot \sin \beta \quad \text{bzw.} \quad (28)$$

$$H = Q \cdot \sin \varepsilon \quad (29)$$

$$V = Q \cdot \cos \gamma \cdot \cos \varepsilon \quad (30)$$

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 :
$$N \begin{cases} \geq Z \cdot \cos 30^\circ \approx 0,866 Z \\ \leq Z \end{cases} \quad (31)$$

$$H \begin{cases} \geq 0 \\ \leq Z \cdot \sin 30^\circ = 0,5 Z \end{cases} \quad (32)$$

- Schrägzug S :
$$N \begin{cases} \geq 0 \\ \leq S \cdot \cos 30^\circ \approx 0,866 S \end{cases} \quad (33)$$

$$H \begin{cases} \geq S \cdot \sin 30^\circ = 0,5 S \\ \leq S \cdot \sin 45^\circ = 0,707 S \end{cases} \quad (34)$$

- Querzug Q :
$$N \begin{cases} \geq 0 \\ \leq Q \cdot \cos 10^\circ \approx Q \end{cases} \quad (35)$$

$$H \begin{cases} \geq 0 \\ \leq Q \cdot \sin 45^\circ \approx 0,707 Q \end{cases} \quad (36)$$

$$V \begin{cases} \geq Q \cdot \cos 45^\circ \approx 0,707 Q \\ \leq Q \end{cases} \quad (37)$$

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:
$$Z \leq \begin{cases} N \\ 2 H \end{cases} \quad (38)$$

- Schrägzug S:
$$S \leq \begin{cases} 0,80 N \\ 1,414 H \end{cases} \quad (39)$$

- Querzug Q:
$$Q \leq \begin{cases} N \\ 1,414 H \\ V \end{cases} \quad (40)$$

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 (vgl. Abs. 6.5).

7.3 TRAGMODELL

Im Folgenden wird das Tragmodell der Universalanker kurz erläutert.

Normalkraft N

Der Lastabtrag der Universalanker 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.

Wird der Universalanker mit Zugverankerungsbewehrung verwendet, wird die Ankerlast durch die untere Öse in den Bewehrungsstab (umgekehrter Lastweg Ösenflanken/Ösenscheitel) abgetragen. Die Zugverankerungsbewehrung leitet die Ankerlast über ihre beiden Schenkel mittels Verbundspannungen in den Betonkörper ein. Die Verankerungslänge beginnt unmittelbar am Anker.

Wird der Universalanker ohne Zugverankerungsbewehrung verwendet, wird die Last mittels der gespreizten Ankerenden über Teilflächenpressung in den Beton eingetragen.

Über die Grundbewehrung werden die aus der eingeleiteten Ankerkraft ausstrahlenden Spannungen nach unten in den Betonkörper zurückgehängt. Die Verankerung der Grundbewehrung im Beton erfolgt über Verbund unterhalb des rechnerischen Betonausbruchkegels, um eine vollständige Lastabtragung zu gewährleisten.

Bei dem Bauteiltyp Scheibe wird durch eine Kombination aus Grund-, Steckbügel- und Randbewehrung eine Klammerung des Betonausbruchkörpers erreicht, die geringe Randabstände zulässt.

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, $30^\circ < \beta \leq 45^\circ$) erfolgt der Lastabtrag der horizontalen Lastkomponente durch Anpressung über die eng um den Aussparungskörper geführte, gekröpfte Aufrichtbewehrung $A_{s,Q}$. 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 Bauteil-typ Scheibe über die Grundbewehrung abgetragen wird.

Die weitere Lastweiterleitung wird im vorliegenden Dokument nicht betrachtet.

Querkraft V

Beim Aufrichten von Bauteilen im Lastfall Querzug 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 10 ist das der Bemessung zu Grunde liegende statische Modell des Universalankers dargestellt.

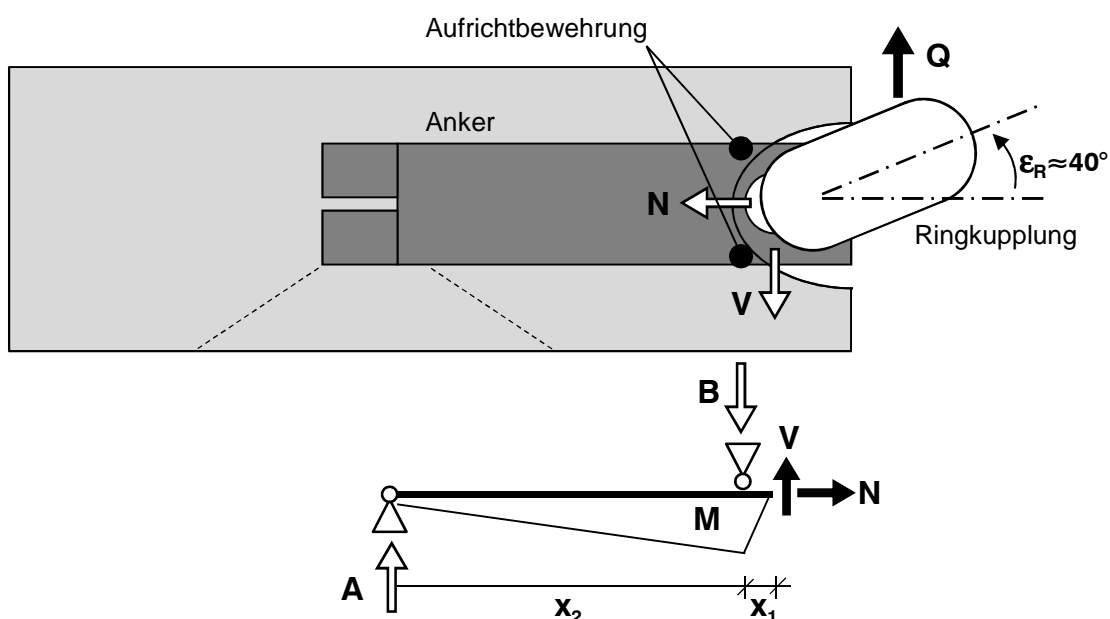


Bild 10: Statisches Modell, Schnittgrößen N, V und M unter Querzuglast Q

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

$$N = Q \cdot \cot \varepsilon_R = 1,192 Q \quad \text{mit } \varepsilon_R = 40^\circ \quad (41)$$

$$V = Q \quad (42)$$

$$A = Q \cdot x_1 / x_2 \quad (43)$$

$$B = Q \cdot (x_1 + x_2) / x_2 \quad (44)$$

$$M = Q \cdot x_1 \quad (45)$$

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 9 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 Ösenscheitels (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 der Abschnitte 6.4 und 6.5 sowie über die Grenzwerte der Kraftgrößenbeziehungen nach Abs. 7.1 die zulässigen Belastungen Z_{zul} für den Lastfall Zentrischer Zug S_{zul} für den Lastfall Schrägzug und Q_{zul} für den Lastfall Querzug bestimmt.

Zuletzt erfolgt der Nachweis, dass die zulässigen Belastungen Z_{zul} , S_{zul} , Q_{zul} in allen Fällen größer ist als die nominelle Ankergrenzlast, die Nennlast N_N (für zentrischen Zug), $S_N = 80\% N_N$ (für Schrägzug) bzw. $Q_N = 50\% N_N$ (für Querzug) (vgl. Abs. 6.5).

Tabelle 9: Übersicht Tragelemente

Lastfall				Zentrischer Zug				Schrägzug			Querzug			
Tragelement	1. Index	Teilelement	2. Index	Tragfähigkeitsrichtung			zulässigeG renzlast	Tragfähigkeitsrichtg.		zulässigeG renzlast	Tfk.rtg.	zulässigeG renzlast		
				normal	horizontal	$\beta=30^\circ$		normal	horizontal		quer			
Ankerstahl	A	Ösenflanke	F	$N_{Rk,A,F}$	-	-	N_N	-	-	S_N	$V_{Rk,A}$	Q_N		
		Ösenskeitel	S	$N_{Rk,A,S}$	-	-		-	-		-			
Lokale Lasteinleitung	LE	Pressung auf Ankerscheitel	-											
Betonausbruch	C	Oberseite	O	$N_{Rk,C,O}$	-	-			-		-			-
		lateral (Bauteilseite)	L	$N_{Rk,C,L}$	-	-			-		-			-
		transversal (obere Bauteilseite)	T	-	-	-			-		-			$V_{Rk,C,T}$
Zugverankerungsbew.	Z	Stahl / Verbund	s / b	$N_{Rk,Z,s/b}$	-	-			-		-			-
Grundbew. vertikal	G	Stahl	-	$N_{Rk,G}$	-	-			-		-			-
Aufrichtbewehrung (Querzugbewehrung)	Q	Stahl	-	-	-	-		-	-		$V_{Rk,Q}$			

8 TRAGFÄHIGKEITEN

8.1 ANKERSTAHL

8.1.1 Maßgebende Stahltragfähigkeit

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

$$f_{uk} / \gamma_A = 510 / 3,0 = 170,0 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{maßgebend}) \quad (46)$$

$$f_{yk} / \gamma_D = 355 / 2,0 = 177,5 \text{ N/mm}^2 \quad (47)$$

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:

$$N_{Rk,A,F} = 2 \cdot t \cdot f \cdot f_{uk} \quad \text{mit } f_{uk} = 510 \text{ N/mm}^2 \quad (48)$$

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

$$N_{zul,A,F} = N_{Rk,A,F} / \gamma_A \quad \text{mit } \gamma_A = 3,0 \quad (49)$$

$$\eta_{A,F} = N_{zul,A,F} / N_N \geq 100\% \quad (50)$$

Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 zusammengestellt.

Tabelle 10: Ankertraglasten infolge Tragfähigkeit der Ösenflanken

Anker	Blechdicke	Flankenbreite	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	t	f	$N_{Rk,A,F}$	$N_{zul,A,F}$	N_N	$\eta_{A,F}$
RKS-U-1,25-10/12	6 mm	10 mm	61 kN	20 kN	12,5 kN	163%

8.1.3 Normalkrafttragfähigkeit des Ösenscheitels

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

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

$$N_{Rk,A,S} = \alpha_l \cdot t \cdot d_R \cdot f_{uk} \quad (51)$$

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

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

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

$$\alpha_i = 1,21 e_1 / d_L - 0,23 \quad (52)$$

$$\alpha_i = 1,21 (s + d_L / 2) / d_L - 0,23 \quad (53)$$

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

$$N_{zul,A,S} = N_{Rk,A,S} / \gamma_A \quad \text{mit } \gamma_A = 3,0 \quad (54)$$

$$\eta_{A,S} = N_{zul,A,S} / N_N \geq 100\% \quad (55)$$

Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

Tabelle 11: Ankernormaltraglasten infolge Tragfähigkeit des Ösenscheitels

Anker	Blechdicke	Scheitelhöhe	Ösen- \emptyset	Riegel- \emptyset	Lochleibung
	t	s	d_L	d_R	α_i
RKS-U-1,25-10/12	6 mm	9 mm	10 mm	9 mm	1,46

Anker	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	$N_{Rk,A,S}$	$N_{zul,A,S}$	N_N	$\eta_{A,S}$
RKS-U-1,25-10/12	40 kN	13 kN	12,5 kN	108%

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:

$$\sigma_A = N / A + M / W_{pl} = N / (2 f \cdot t) + M / (f \cdot t \cdot (f + d_L)) \quad (56)$$

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:

$$\sigma_A = V \cdot \cot \varepsilon_R / (2 f \cdot t) + V \cdot x_1 / (f \cdot t \cdot (f + d_L)) \quad (57)$$

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

$$x_1 = d_L / 2 + 6 \text{ mm} \quad (58)$$

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

$$V_{Rk,A} = f_{uk} \cdot f \cdot t / (\cot \varepsilon_R / 2 + x_1 / (f + d_L)) \quad (59)$$

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

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

$$V_{zul,A} = V_{Rk,A} / \gamma_A \quad \text{mit } \gamma_A = 3,0 \quad (60)$$

$$\eta_{A,V} = V_{zul,A} / Q_N \geq 100\% \quad (61)$$

Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Tabelle 12: Ankerquertraglasten

Anker	Blechdicke	Flankenbreite	Ösen- \emptyset	Hebelarm	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	t	f	d _L	x ₁	V _{Rk,A}	V _{zul,A}	Q _N	$\eta_{A,V}$
RKS-U-1,25-10/12	6 mm	10 mm	10 mm	11 mm	27 kN	8,90 kN	6,25 kN	142%

8.2 LOKALE LASTEINLEITUNG

Für die Bemessung der Universalanker in der Verwendung ohne Zugverankerungsbe-
wehrung sind Nachweise zur lokalen Lasteinleitung in den Universalanker erforderlich.

Die lokale Lasteinleitung der Ankernormalkräfte erfolgt über den Formschluss der
abgespreizten Ankerenden der Universalanker mit dem umgebenden Beton (Bild 11).

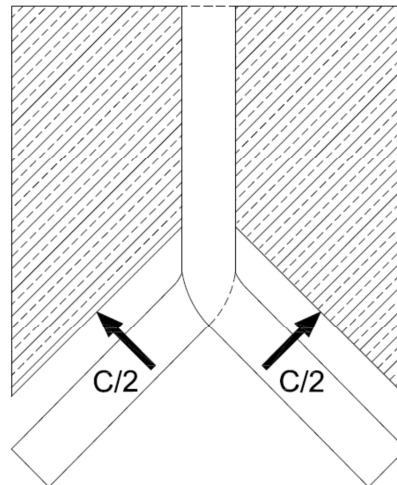


Bild 11: Modell der äußeren Tragfähigkeit der lokalen Lasteinleitung

Die Tragfähigkeit der lokalen Lasteinleitung der Universalanker 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 Universalanker infolge Teilflächenpressung beträgt:

$$N_{Rk,LE} = \sin \alpha \cdot b \cdot c \cdot f_{cpk} \quad \text{mit } f_{cpk} = 7 f_{ck} = 84 \text{ N/mm}^2 \quad (62)$$
$$\alpha = 90^\circ$$

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

$$N_{zul,LE} = N_{Rk,LE} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (63)$$

$$\eta_{LE} = N_{zul,LE} / N_N \geq 100\% \quad (64)$$

Die Formeln werden für den Spreizwinkel $2\alpha=90^\circ$ und Beton C12/15 ausgewertet und
die Ergebnisse in Tabelle 12 zusammengestellt.

Tabelle 13: Tragfähigkeit der lokalen Lasteinleitung

Anker	Ankerbreite	Schenkel- länge	Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	b	c	$N_{Rk,LE}$	$N_{zul,LE}$	N_N	η_{LE}
RKS-U-1,25-10/12	30 mm	28,3 mm	50 kN	20,2 kN	12,5 kN	161%

8.3 BETON AUSBRUCH

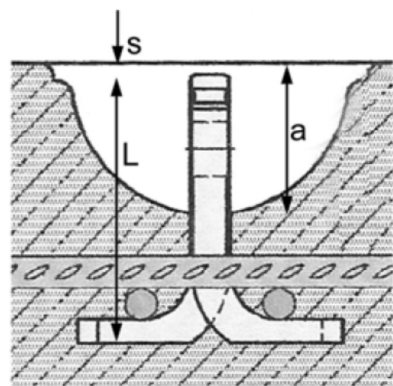
8.3.1 Allgemeines

Die Universalanker sind in der Verwendung ohne Zugverankerungsbewehrung auf die Tragfähigkeit infolge Widerstand gegen Betonausbruch nachzuweisen. Dabei sind unter Normalkraftbeanspruchungen die Nachweise gegen Betonausbruch auf der Bauteiloberseite und gegen Betonabplatzungen auf den Bauteilseiten zu führen. Für den Lastfall Aufrichten ist der Nachweis gegen Betonausbruch auf der oberen Bauteilseite unter Quersugbelastungen zu führen.

Die Zwischenabstände a_z und die Randabstände in Längsrichtung a_{RL} gemäß Abs. 4.6 sind so gewählt, dass sich stets der volle Ausbruchkegel in Bauteillängsrichtung einstellen kann.

8.3.2 Betonausbruch auf der Bauteiloberseite

Die Tragfähigkeit gegen Betonausbruch auf der Bauteiloberseite wird gemäß CEN/TC 229 [6] unter Berücksichtigung des Bauteilquerrandabstands a_{RQ} berechnet. Dazu ist zunächst die effektive Verankerungstiefe der Universalanker zu bestimmen.



$$l_a = 1,25(L + s - a) \leq 0,85L + s$$

Bild 12: Definition der effektiven Verankerungstiefe l_a bzw. h_{ef} gemäß CEN/TC 229 [6]

Die effektive Verankerungstiefe h_{ef} beträgt gemäß CEN/TC 229 [6] (Bild 12):

$$h_{ef} = \min \begin{cases} 1,25 (l + k - h_A) \\ 0,85 l + k \end{cases} \quad (65)$$

Die Tragfähigkeit gegen Betonausbruch auf der Bauteiloberseite $N_{Rk,C,O}$ beträgt:

$$N_{Rk,C,O} = 6,1 \cdot h_{ef}^{1,7} \cdot \psi_Q \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (66)$$

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

Die Tragfähigkeiten werden in Abhängigkeit von der Bauteildicke und der Betonfestigkeit ermittelt.

Die zulässige Normalkraft $N_{zul,C}$ beträgt:

$$N_{zul,C} = N_{Rk,C,O} / \gamma_C \leq N_N \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (68)$$

In Tabelle 14 sind die Ankertraglasten infolge Widerstand gegen Betonausbruch in Abhängigkeit von der Bauteildicke H und Betonfestigkeitsklasse angegeben.

Tabelle 14: Betonausbruchtragfähigkeit der Universalanker ohne Zugverankerungsbewehrung

Anker	Bauteildicke	Anker		Querrandeinfluss	
		Länge	eff. Verank. Tiefe	Querrandabstand	Beiwert
	H	l	h_{ef}	a_{RQ}	Ψ_Q
RKS-U-1,25-10	100 mm	100 mm	95 mm	50 mm	0,46
	120 mm	100 mm	95 mm	60 mm	0,52
	140 mm	100 mm	95 mm	70 mm	0,58
RKS-U-1,25-12	100 mm	125 mm	116 mm	50 mm	0,41
	120 mm	125 mm	116 mm	60 mm	0,45
	140 mm	125 mm	116 mm	70 mm	0,50

Anker	Tragfähigkeit			zulässige Last		
	$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²
	$N_{Rk,C}$			$N_{zul,C}$		
RKS-U-1,25-10	-	29 kN	35 kN	-	11,6 kN	12,5 kN
	25 kN	33 kN	39 kN	10,1 kN	12,5 kN	12,5 kN
	28 kN	36 kN	44 kN	11,3 kN	12,5 kN	12,5 kN
RKS-U-1,25-12	28 kN	36 kN	43 kN	11,1 kN	12,5 kN	12,5 kN
	31 kN	40 kN	48 kN	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN
	35 kN	45 kN	53 kN	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN

8.3.3 Betonabplatzungen an den Bauteilseiten

Der Widerstand der Universalanker gegen laterale Betonabplatzungen auf den Bauteilseitenflächen (sideface blowout, lateraler Betonausbruch) $N_{Rk,C,L}$ wird in Anlehnung an CEN/TC 229 [6] und DIN SPEC 1021-4-2 [8], Abs. 6.2.7 berechnet:

$$N_{Rk,C,L} = 8 a_{RQ} \cdot \sqrt{A_h} \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \quad \text{mit } \psi_Q \leq 1,0 \quad (69)$$

Dabei wird als Ankerkopffläche A_h die projizierte Fläche der gespreizten Ankerenden angesetzt:

$$A_h = b \cdot z / 2 \quad (70)$$

Tabelle 15: Tragfähigkeit auf Betonausbruch an den Bauteilseiten

Anker	Bauteildicke	Anker		Querrandabstand	Tragfähigkeit		
		Breite	Spreizung		$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²
	H	b	z	a_{RQ}	$N_{Rk,C,L}$		
RKS-U-1,25-10	100 mm	30 mm	40 mm	50 mm	-	44 kN	52 kN
	120 mm	30 mm	40 mm	60 mm	41 kN	53 kN	63 kN
	140 mm	30 mm	40 mm	70 mm	48 kN	61 kN	73 kN
RKS-U-1,25-12	100 mm	30 mm	40 mm	50 mm	-	44 kN	52 kN
	120 mm	30 mm	40 mm	60 mm	41 kN	53 kN	63 kN
	140 mm	30 mm	40 mm	70 mm	48 kN	61 kN	73 kN

Anker	zulässige Last			Nennlast	Sicherheit		
	$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²		$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²
	$N_{zul,C,L}$			N_N	η_{CL}		
RKS-U-1,25-10	-	17,5 kN	20,9 kN	12,5 kN	-	140%	167%
	16,3 kN	21,0 kN	25,1 kN	12,5 kN	130%	168%	201%
	19,0 kN	24,5 kN	29,3 kN	12,5 kN	152%	196%	234%
RKS-U-1,25-12	-	17,5 kN	20,9 kN	12,5 kN	-	140%	167%
	16,3 kN	21,0 kN	25,1 kN	12,5 kN	130%	168%	201%
	19,0 kN	24,5 kN	29,3 kN	12,5 kN	152%	196%	234%

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

$$N_{zul,C,L} = N_{Rk,C,L} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (71)$$

$$\eta_{CL} = N_{zul,C,L} / N_N \geq 100\% \quad (72)$$

In Tabelle 15 sind die Tragfähigkeiten gegen lateralen Betonausbruch in Abhängigkeit von der Betonfestigkeitsklasse angegeben.

8.3.4 Betonausbruch unter Querkraftlasten

Der Widerstand der Universalanker 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:

$$V_{Rk,C,T} = 1,6 d_{eq}^{\alpha} \cdot h_{ef}^{\beta} \cdot c_1^{1,5} \cdot A_{c,V} / A_{c,V}^0 \sqrt{f_{ck,cube}} \quad (73)$$

$$\text{mit: } \alpha = 0,1 (h_{ef} / c_1)^{0,5} \quad (74)$$

$$\beta = 0,1 (t / c_1)^{0,2} \quad (75)$$

Als Ankerschaftdurchmesser wird der äquivalente Durchmesser d_{eq} definiert, der wie folgt berechnet wird:

$$d_{equ} = \sqrt{(b \cdot t)} \quad (76)$$

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:

$$c_1 = H - 30 \text{ mm} \quad (77)$$

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

$$A_{c,V}^0 = 4,5 a_{RQ}^2 \quad \text{für Einzelverankerung} \quad (78)$$

$$A_{c,V} = 1,5 a_{RQ} \cdot (3 a_{RQ} + s) \quad \text{für Doppelverankerung} \quad (79)$$

$$A_{c,V} / A_{c,V}^0 = (3 a_{RQ} + s) / (3 a_{RQ}) = 1 + (s / 3 a_{RQ}) \quad (80)$$

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

$$s = 2 (H/2 + b/2 - 30 \text{ mm}) = H + b - 60 \text{ mm} \quad (81)$$

Tabelle 16: Tragfähigkeit auf Betonausbruch an den Bauteilseiten

Anker	Bauteildicke	Anker				ideeller Randabstand	Spreizung	Flächenfaktor
		Breite	Dicke	eff. Verank.-Tiefe	äquivalent. \varnothing			
		H	b	t	h_{ef}			
RKS-U-1,25-10	60 mm	30 mm	6 mm	85 mm	13,4 mm	30 mm	30 mm	1,33
	80 mm	30 mm	6 mm	85 mm	13,4 mm	50 mm	50 mm	1,33
	100 mm	30 mm	6 mm	85 mm	13,4 mm	70 mm	70 mm	1,33
	120 mm	30 mm	6 mm	85 mm	13,4 mm	90 mm	90 mm	1,33
	140 mm	30 mm	6 mm	85 mm	13,4 mm	110 mm	110 mm	1,33
RKS-U-1,25-12	60 mm	30 mm	6 mm	106 mm	13,4 mm	30 mm	30 mm	1,33
	80 mm	30 mm	6 mm	106 mm	13,4 mm	50 mm	50 mm	1,33
	100 mm	30 mm	6 mm	106 mm	13,4 mm	70 mm	70 mm	1,33
	120 mm	30 mm	6 mm	106 mm	13,4 mm	90 mm	90 mm	1,33
	140 mm	30 mm	6 mm	106 mm	13,4 mm	110 mm	110 mm	1,33

Anker	Beiwert	Beiwert	Tragfähigkeit			zulässige Last		
			$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²
			α	β	$V_{Rk,C,T}$	$V_{zul,C,T}$		
RKS-U-1,25-10	0,17	0,09	3,1 kN	4,0 kN	4,7 kN	1,20 kN	1,60 kN	1,90 kN
	0,13	0,08	5,8 kN	7,4 kN	8,8 kN	2,30 kN	3,00 kN	3,50 kN
	0,11	0,07	8,9 kN	11,4 kN	13,5 kN	3,50 kN	4,60 kN	5,40 kN
	0,10	0,07	12,3 kN	15,9 kN	18,8 kN	4,90 kN	6,25 kN	6,25 kN
	0,09	0,07	16,0 kN	20,7 kN	24,5 kN	6,25 kN	6,25 kN	6,25 kN
RKS-U-1,25-12	0,19	0,09	3,3 kN	4,3 kN	5,0 kN	1,30 kN	1,70 kN	2,00 kN
	0,15	0,08	6,1 kN	7,9 kN	9,3 kN	2,40 kN	3,20 kN	3,70 kN
	0,12	0,07	9,3 kN	12,0 kN	14,2 kN	3,70 kN	4,80 kN	5,70 kN
	0,11	0,07	12,9 kN	16,6 kN	19,7 kN	5,10 kN	6,25 kN	6,25 kN
	0,10	0,07	16,7 kN	21,6 kN	25,5 kN	6,25 kN	6,25 kN	6,25 kN

Die zulässige Querkraft $V_{zul,C,T}$ und das Sicherheitsniveau η_{CT} betragen:

$$V_{zul,C,T} = V_{k,C,T} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (82)$$

$$\eta_{CT} = V_{zul,C,T} / Q_N \geq 100\% \quad (83)$$

In Tabelle 16 sind die Tragfähigkeiten gegen transversalen Betonausbruch in Abhängigkeit von der Betonfestigkeitsklasse angegeben.

8.4 ZUGVERANKERUNGSBEWEHRUNG

8.4.1 Allgemeines

Die Universalanker können über die Zugverankerungsbewehrung $A_{s,Z}$ in Form einer Stabstahlschleife im Beton verankert werden. Bei dieser Ausführungsvariante ist der Einbau in dünneren Betonschalen möglich (Abs. 4.6). Die Schleife ist maximal um den Winkel von $2\alpha=30^\circ$ gespreizt (s. Bild 4).

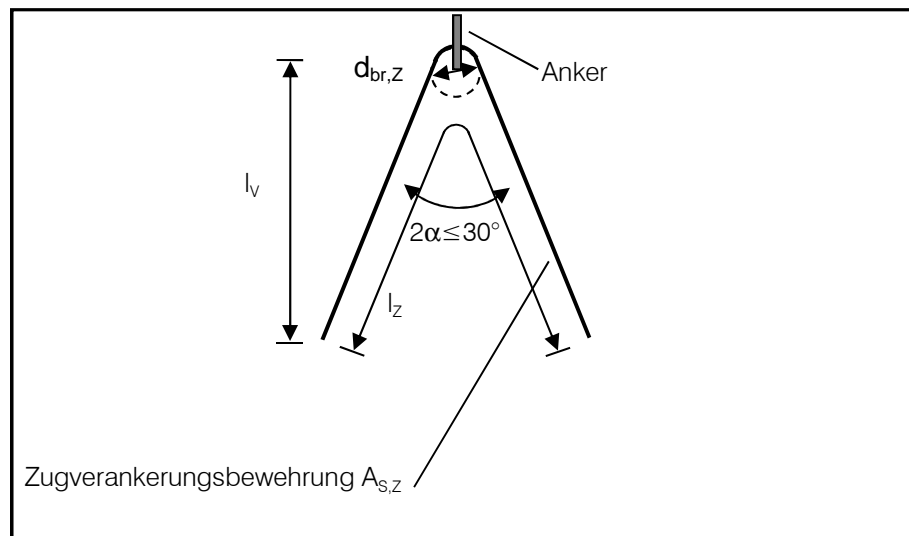


Bild 13: Zugverankerungsbewehrung

Der Biegerollendurchmesser $d_{br,Z}$ wird dabei nach DIN EN 1992-1-1 [2], Tab. 81DE mit dem Wert für D_{min} für Stäbe $d_{s,Z} < 20$ mm bestimmt:

$$d_{br,Z} \geq D_{min} = 4 d_{s,Z} \quad (84)$$

8.4.2 Stahltragfähigkeit

Die Stahltragfähigkeit in Anker normalenrichtung der Zugverankerungsbewehrung $N_{Rk,Z,s}$ wird auf der sicheren Seite liegend mit dem maximalen Spreizungswinkel $2\alpha=30^\circ$ berechnet und beträgt:

$$N_{Rk,Z,s} = 2 \cos \alpha \cdot A_{s,Z} \cdot f_{sk} = 2 \cdot \cos 15^\circ \cdot \pi \cdot d_{s,Z}^2 / 4 \cdot f_{sk} \quad (85)$$

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

$$N_{zul,Z,s} = N_{Rk,Z,s} / \gamma_s \quad \text{mit } \gamma_s = 2,5 \quad (86)$$

$$\eta_{Z,s} = N_{zul,Z,s} / N_N \geq 100\% \quad (87)$$

In Tabelle 17 ist die Stahltragfähigkeit der Zugverankerungsbewehrung angegeben.

Tabelle 17: Ankertraglasten infolge Stahltragfähigkeit der Zugverankerungsbewehrung

Anker	Zugverankerungsbew.		Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	Durchmesser	Querschnitt				
	$d_{s,z}$	$A_{s,z}$	$N_{Rk,z,s}$	$N_{zul,z,s}$	N_N	η_{zs}
RKS-U-1,25-10/12	8 mm	50 mm ²	48,6 kN	19,4 kN	12,5 kN	155%

8.4.3 Verbundtragfähigkeit

Die Verbundtragfähigkeit in Ankernormalenrichtung der Zugverankerungsbewehrung $N_{Rk,Z,b}$ beträgt für Beton C12/15:

$$N_{Rk,Z,b} = 2 l_v \cdot \pi \cdot d_{s,z} \cdot f_{bk,15} \quad (88)$$

Die projizierte Schenkellänge l_v ohne Krümmungsbereich beträgt in Abhängigkeit von der Stabspreizung 2α , der Gesamtlänge der Verankerungsbewehrung l_z und vom Biegerollendurchmesser D_{min} (vgl. Bild 13):

$$l_v = 0,5 \cos \alpha \cdot (l_z - \pi / 2 \cdot D_{min}) \quad \text{mit } \alpha=15^\circ \quad (89)$$

$$D_{min}=4 \cdot d_{s,z}$$

$$l_v = 0,5 \cos 15^\circ \cdot (l_z - 2 \pi \cdot d_{s,z}) \quad (90)$$

Die Verankerungslänge l_v kann nach DIN EN 1992-1-1 [2] mit dem Faktor $\alpha_a=0,7$ bei der Ausführung der Bewehrungsstäbe mit Winkelhaken abgemindert werden. Ebenso kann eine Abminderung der Verankerungslänge l_v im Verhältnis der Verbundspannungen f_{bk} bei der Verwendung höherfester Betone erfolgen.

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

$$N_{zul,Z,b} = N_{Rk,Z,b} / \gamma_C \quad \text{mit } \gamma_C = 2,5 \quad (91)$$

$$\eta_{Z,b} = N_{zul,Z,b} / N_N \geq 100\% \quad (92)$$

Die Ankertraglast infolge Verbundtragfähigkeit der Zugverankerungsbewehrung ist in Tabelle 18 angegeben.

Tabelle 18: Ankertraglast infolge Verbundtragfähigkeit der Zugverankerungsbewehrung (C12/15)

Anker	Zugverankerungsbewehrung			Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	Durchmesser	Gesamtlänge	Verankerslänge				
	$d_{s,z}$	l_z	l_v	$N_{Rk,z,b}$	$N_{zul,z,b}$	N_N	η_{zb}
RKS-U-1,25-10/12	8 mm	700 mm	314 mm	39,7 kN	15,9 kN	12,5 kN	127%

8.5 GRUNDBEWehrUNG

Die Grundbewehrung ist für den Lastfall zentrischer Zug auf die Ankernennlast N_N zu bemessen. Der Nachweis erfolgt nur für die Stahltragfähigkeit, ein Verbundnachweis wird nicht geführt.

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

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

$$N_{Rk,G} = A_{s,G} \cdot f_{sk} \quad (93)$$

Als Querschnitt der effektiven, ansetzbaren Grundbewehrung $A_{s,G}$ wird die beidseitige Flächenbewehrung auf der Länge des Ankerzwischenabstands a_z angesetzt:

$$A_{s,G} = 2 a_z \cdot a_{s,G} \quad (94)$$

Auf der sicheren Seite wird für alle Anwendungsfälle $a_z=200$ mm angesetzt.

Die zulässige Normalkraft $N_{zul,G}$ und das Sicherheitsniveau η_G betragen:

$$N_{zul,G} = N_{Rk,G} / \gamma_s \quad \text{mit } \gamma_s = 2,5 \quad (95)$$

$$\eta_G = N_{zul,G} / N_N \geq 100\% \quad (96)$$

Die Ankertraglasten infolge Stahltragfähigkeit der Grundbewehrung ist in Tabelle 19 angegeben.

Tabelle 19: Ankertraglasten infolge Stahltragfähigkeit der Grundbewehrung

Anker	Ankerzwischenabstand	Aufrichtbewehrung		Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
		Flächenqu.	eff. Quersch.	$N_{Rk,G}$	$N_{zul,G}$		
	a_z	$a_{s,G}$	$A_{s,G}$			N_N	η_G
RKS-U-1,25-10/12	200 mm	188 mm ² /m	75 mm ²	37,6 kN	15,0 kN	12,50 kN	120%

8.6 AUFRICHTBEWEHRUNG

Die Aufrichtbewehrung ist für den Lastfall Querkraft nachzuweisen. Die Querkraftbeanspruchung führt gemäß Tragmodell aus Abs. 7.3 zu einer Rückhängekraft B in der Aufrichtbewehrung, für die diese zu bemessen ist:

$$B = V \cdot (x_1 + x_2) / x_1 \quad \text{mit } x_1 = h_1/2 + 6 \text{ mm} \quad (97)$$

$$\text{mit } x_2 = l - s - h_1/2 - c/2$$

Durch Umstellen ergibt sich:

$$V = B \cdot x_1 / (x_1 + x_2) \quad (98)$$

Die Tragfähigkeit $V_{Rk,Q}$ der um $\delta=45^\circ$ geneigten, um den Anker geführten Aufrichtbewehrung auf Querkraft beträgt:

$$V_{Rk,Q} = 2 \cdot A_{s,Q} \cdot \sin \delta \cdot x_1 / (x_1 + x_2) \cdot f_{sk} \quad (99)$$

Die zulässige Querkraft $V_{zul,Q}$ und das Sicherheitsniveau η_Q betragen:

$$V_{zul,Q} = V_{Rk,Q} / \gamma_s \quad \text{mit } \gamma_c = 2,5 \quad (100)$$

$$\eta_Q = V_{zul,Q} / Q_N \geq 100\% \quad (101)$$

In Tabelle 15 sind die Tragfähigkeiten der Aufrichtbewehrung in Abhängigkeit von der Betonfestigkeitsklasse angegeben.

Tabelle 20: Tragfähigkeit auf Betonausbruch an den Bauteilseiten

Anker	Ankergeometrie		Aufrichtbewehrung		Ankertragfähigkeit		Nennlast	Sicherheit
	Hebelarme		ϕ	Querschnitt	$V_{Rk,Q}$	$V_{zul,Q}$		
	x_1	x_2	$d_{s,Q}$	$A_{s,Q}$			Q_N	η_Q
RKS-U-1,25-10	11 mm	76 mm	8 mm	50 mm ²	15,5 kN	6,2 kN	6,25 kN	99%
RKS-U-1,25-12	11 mm	101 mm	8 mm	50 mm ²	16,0 kN	6,4 kN	6,25 kN	103%

9 ZUSAMMENSTELLUNG DER TRAGFÄHIGKEITEN

In der folgenden Tabelle 21 werden die maßgebenden Tragfähigkeiten für die Lastfälle Zug, Schrägzug und Querkzug in Abhängigkeit von der Bauteildicke H und der Betonfestigkeit $f_{cc,cube}$ zusammengestellt.

Tabelle 21: Maßgebende Tragfähigkeiten der Universalanker

Anker	Bauteildicke	Zentrischer Zug			Schrägzug			Querkzug (Aufrichten)		
		$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 15 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 25 N/mm ²	$f_{cc,cube}$ 35 N/mm ²
		H	N _{zul}			S _{zul}			Q _{zul}	
RKS-U-1,25-10	60 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	1,20 kN	1,60 kN	1,90 kN
	80 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	2,30 kN	3,00 kN	3,50 kN
	100 mm	12,5 kN	11,6 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	3,50 kN	4,60 kN	5,40 kN
	120 mm	10,1 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	4,90 kN	6,25 kN	6,25 kN
	140 mm	11,3 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	6,25 kN	6,25 kN	6,25 kN
RKS-U-1,25-12	60 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	1,30 kN	1,70 kN	2,00 kN
	80 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	2,40 kN	3,20 kN	3,70 kN
	100 mm	11,1 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	3,70 kN	4,80 kN	5,70 kN
	120 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	5,10 kN	6,25 kN	6,25 kN
	140 mm	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN	10,0 kN	10,0 kN	10,0 kN	6,25 kN	6,25 kN	6,25 kN

Werte nur mit Zugbewehrung

Aachen, den 20. März 2014


Dr.-Ing. N. Kerkeni


Dipl.-Ing. O. Bergholz