[referate]

CRET «Verbinden von Bauteilen mit Querkraftdornen»

Referat im Rahmen der DEHA-Seminarreihe 2001 «state of the art» in Deutschland
von Prof. em. Dr. U. Oelhafen

F.J. Aschwanden AG CH-3250 Lyss Switzerland
Phone 032 387 95 95 Fax 032 387 95 99
E-Mail info@aschwanden.com
www.aschwanden.com

EN ISO 9001 zertifiziert/certifié

Aschwanden

1.1 Fugenplanung

Anmerkung

Auswirkungen infolge von

- Schwinden
- Temperatur
- Kriechen (inf. Vorspannung)

erfordern bei grösseren Tragwerken konstruktive Massnahmen

Zwängungsbeanspruchung	
gering	**gross**
Dilatationsfugen	**fugenlos, monolithisch**
Erfordert konstruktiv sorgfältige Planung der Fugenbereiche	Erfordert entsprechend stark bemessene Bewehrung über grosse Bereiche zur Begrenzung der Rissbreiten

1.2 Mindestbewehrung bei fugenloser Bauweise nach DIN 1045 (1988)

Anmerkung

Fugenlose Bauweise: Mindestbewehrung zu Begrenzung der Rissbreiten (erforderlich je nach Umweltbedingungen gemäss DIN 1045, Tabelle 10)

Mindestbewehrung nach 17.6.2(3):

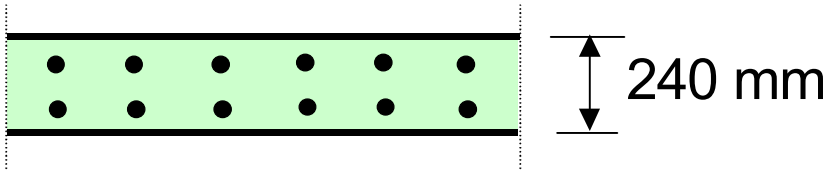
$$\mu_z = k_o \, \beta_{bz} / \sigma_s$$

mit $k_o = 0.4$ für Biegezwang

→ **1.0 für Zugzwang**

Beispiel: Verkürzungsbehinderte Garagedeckenplatte

Umweltbedingung nach Tabelle 10: Zeile 2, d.h. häufiger Aussenluftzugang → erfordert Mindestbewehrung

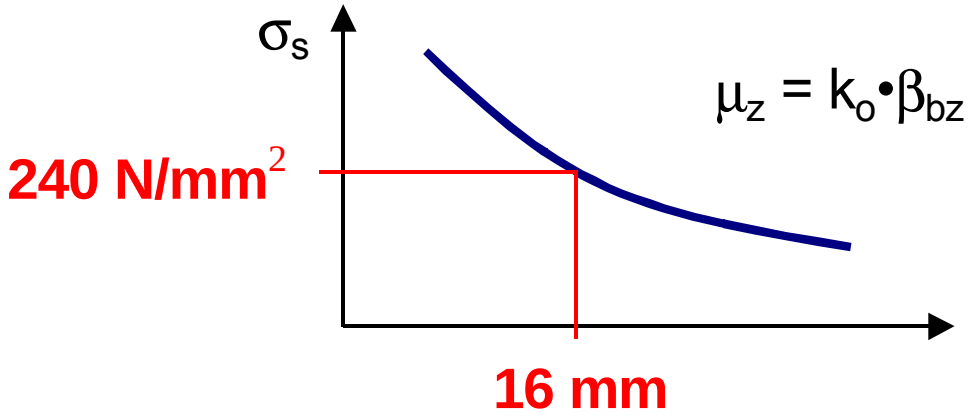


Beton B 35: $\beta_{bz} = 0.25 \, \beta_{WN}^{2/3} = 2.68$ N/mm^2

1.2 Mindestbewehrung bei fugenloser Bauweise (Fortsetzung 1) nach DIN 1045 (1988)

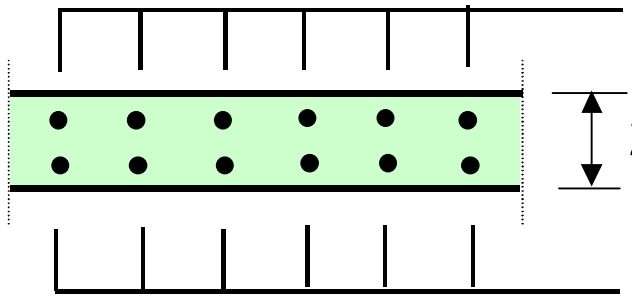
Anmerkung

Grenzdurchmesser der Bewehrung nach DIN 1045 Tabelle 14:



$\mu_z = k_o \cdot \beta_{bz} / \sigma_s = 100 \cdot 2.68 / 240 = 1.11\ \%$

bezogen auf den gesamten Betonquerschnitt

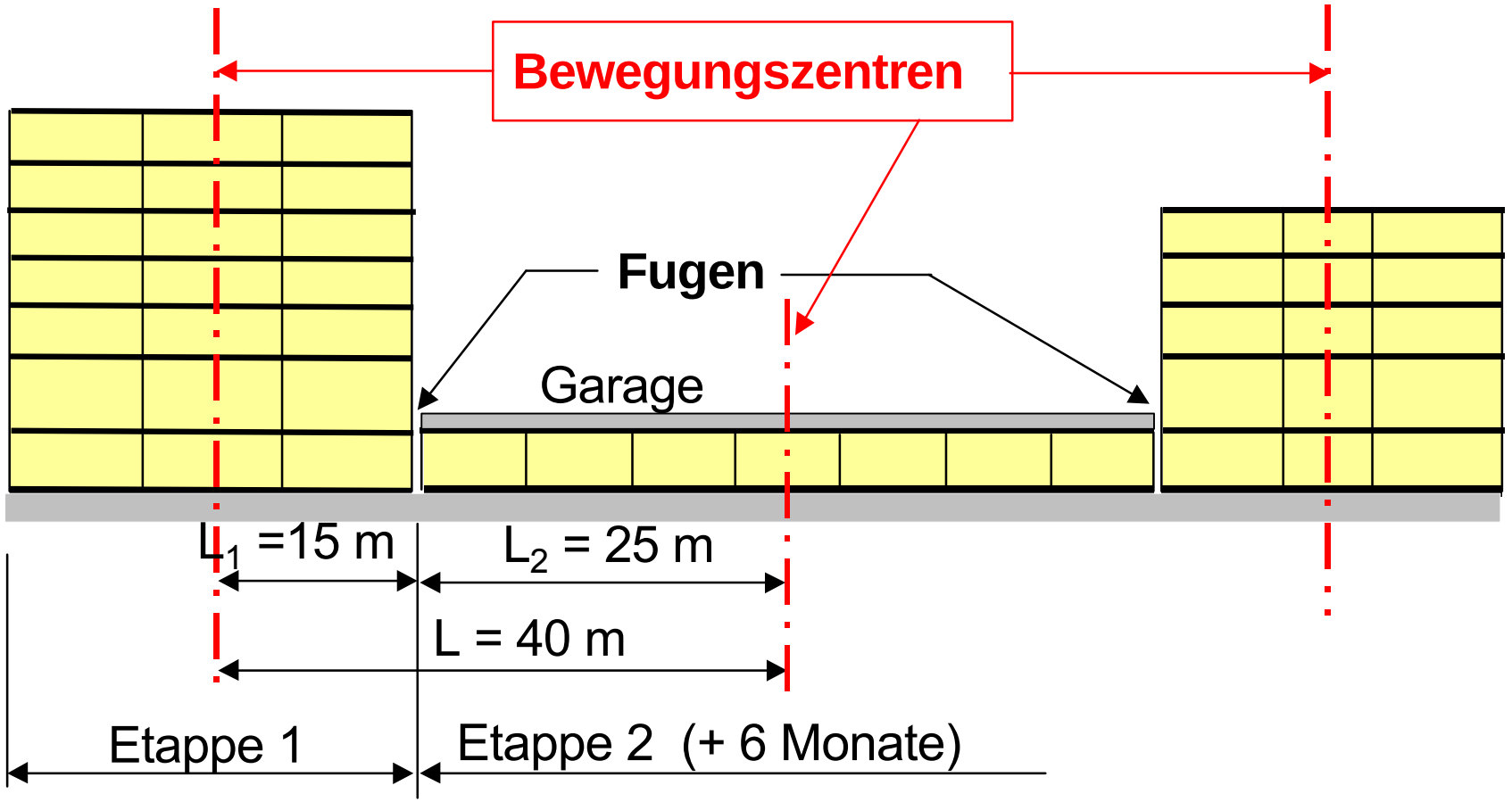


$\mu_{eff} = 1.12\ \%$

Die aus den Lastschnittkräften erforderliche Bewehrung ist oft wesentlich geringer, d.h. die Anordnung einer Dilatationsfuge ist prüfenswert

1.3 Fugenöffnung, zeitabhängige Veränderung infolge Schwinden und Temperatur

Anmerkung



- Schwindverkürzung (DIN 4227, Tabelle 8)
- Temperaturbewegungen (DIN 1045, 16.5)
- Kriechverformungen (nur bei Vorspannung, DIN 4227)

1.3 Fugenöffnung, zeitabhängige Veränderung infolge Schwinden und Temperatur (Fortsetzung 1)

Anmerkung

Schwinden

Grundschwindmass $\varepsilon_{s0} = -32 \cdot 10^{-5}$ (allgemein, im Freien)

zeitl. Entwicklung: nach 6 Monaten $k_{s,t0} = 0.3 \ldots 0.5$ (d =0.2 ... 0.4 m)

Endwert $k_s = 0.8 \ldots 0.9$ (d =0.2 ... 0.4 m)

Fugenöffnung infolge Schwinden: $\Delta e = \varepsilon_{s0} \cdot (k_s - k_{s,t0}) \cdot L_1 + e_{s0} \cdot k_s \cdot L_2$

$$\Delta e = 32 \cdot 10^{-5} \cdot (0.85 - 0.4) \cdot 15'000 + 32 \cdot 10^{-5} \cdot 0.85 \cdot 25'000 = 9 \text{ mm}$$

Temperatur

$\Delta T = \pm 7.5$ K DIN 1045, 16.5, z.B. für Bauteile die durch Überschüttung vor grösseren Temperaturschwankungen geschützt sind

$$\Delta e = \alpha_T \cdot \Delta T \cdot (L_1 + L_2) = 10^{-5} \cdot 7.5 \cdot 40'000 = 3 \text{ mm}$$

1.3 Fugenöffnung, zeitabhängige Veränderung infolge Schwinden und Temperatur (Fortsetzung 2)

Anmerkung

Geplante Fugenbreite: $e_0 = 15$ mm

Bewegung infolge Schwinden und Temperatur: $\Delta e = 9 + 3 = 12$ mm

Maximale Fugenöffnung: $e = 15 + 12 = 27$ mm

➡ **Dimensionierung der Querkraftdorne für e = 30 mm**

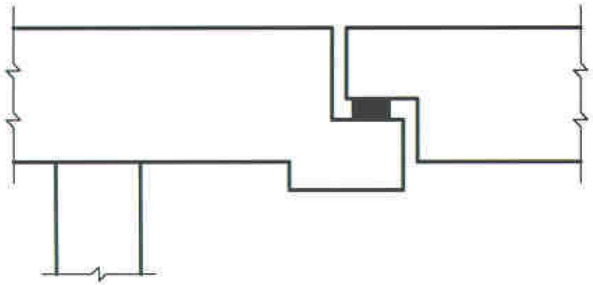
In der Praxis werden bei Hochbauten in der Regel nur sehr geringe Fugenbewegungen beobachtet. Gründe dafür sind unvermeidliche Verformungsbehinderungen (Zwang) z.B. durch Reibung zwischen Bodenplatte und Untergund sowie der aufgrund der Gebäudeisolation sehr geringen Temperaturschwankungen.

Anmerkung

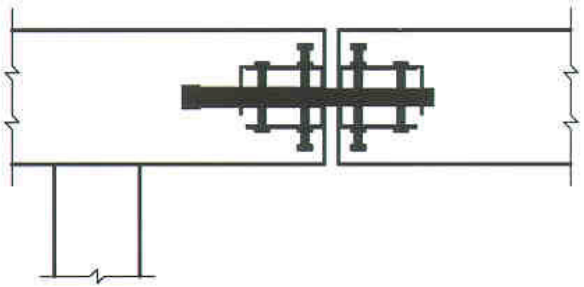
2.1 Querkraftübertragung bei Fugen
Konstruktive Vorteile der Querkraftdornverbindungen (1)

Flachdecke

konventionell

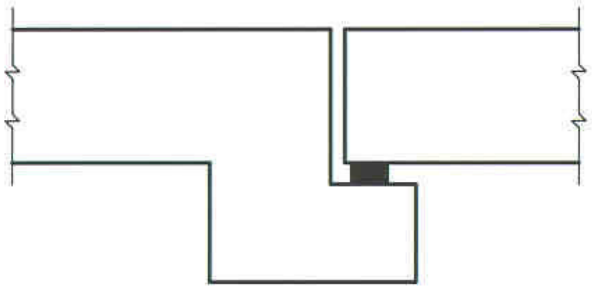


mit CRET-Querkraftdornen

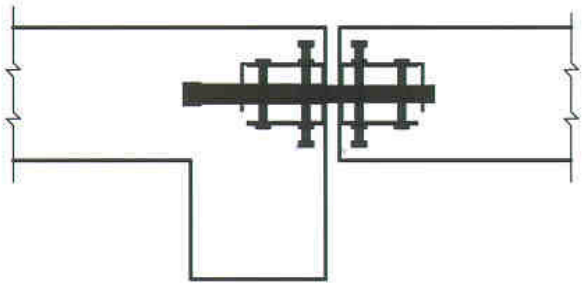


Deckenanschluss an Unterzug

konventionell



mit CRET-Querkraftdornen

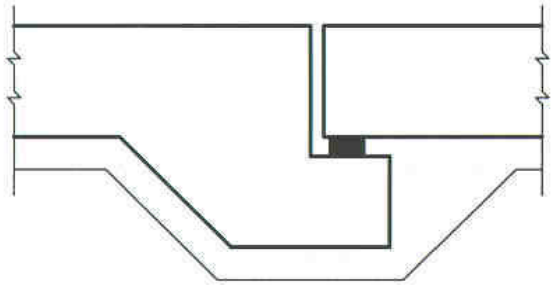


Anmerkung

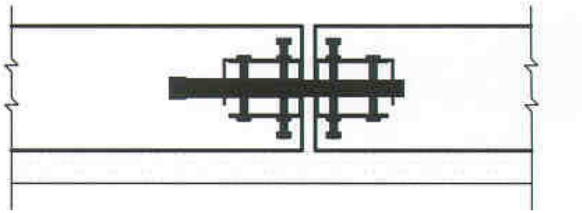
2.1 Querkraftübertragung bei Fugen
Konstruktive Vorteile der Querkraftdornverbindungen (2)

Dilatationsfuge in Bodenplatte

konventionell

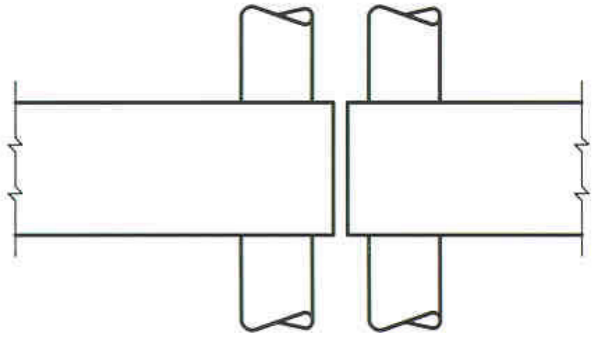


mit CRET-Querkraftdornen

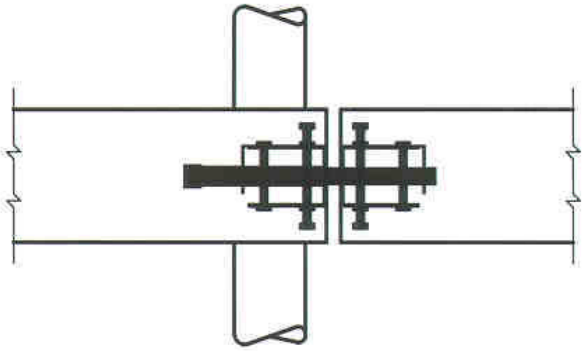


Doppelstützen ersetzt durch Einzelstützen

konventionell



mit CRET-Querkraftdornen

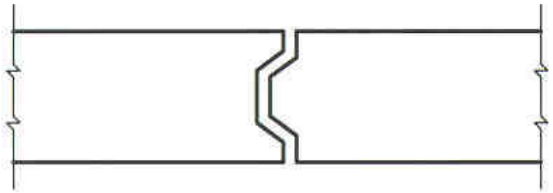


Anmerkung

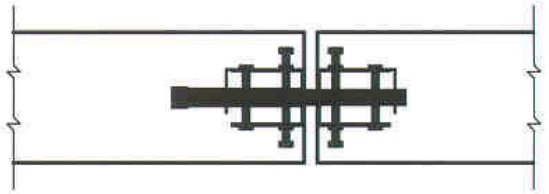
2.1 Querkraftübertragung bei Fugen
Konstruktive Vorteile der Querkraftdornverbindungen (3)

Verbindung bei Stützmauer

konventionell

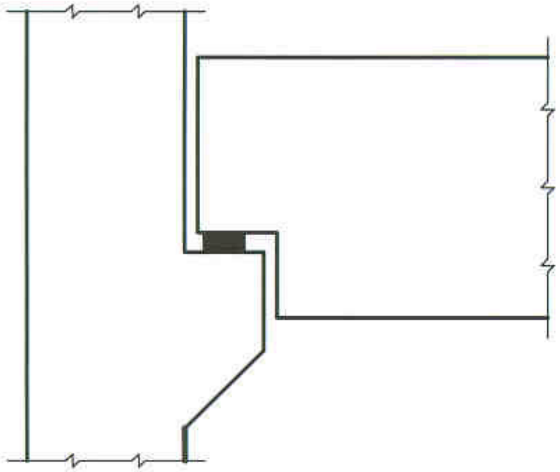


mit CRET-Querkraftdornen

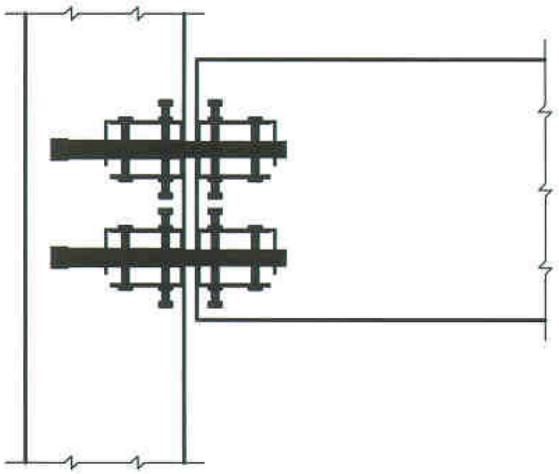


Anschluss Träger / Stütze

konventionell



mit CRET-Querkraftdornen



2.2 Querkraftübertragung bei Fugen
Gründe für die Verwendung von Querkraftdornen

Anmerkung

Querkraftübertragung bei Fugen kann erforderlich sein

- aus Gleichgewichtsgründen
- zur Gewährleistung der Verformungsverträglichkeit zwischen den Fugenrändern

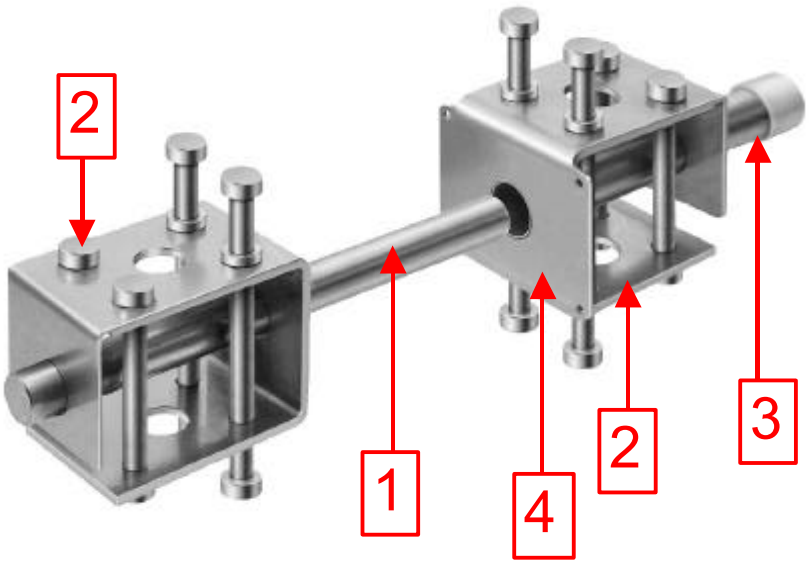
Vorteile bei der Verwendung von Querkraftdornen:

- Einfache Geometrie der Fugenausbildung
- Einfache Ausbildung der Schalung
- Einfache Bewehrungsführung
- Raumgewinn durch Verzicht auf Doppelstützen oder Doppelwände
- Kosteneinsparungen und Raumgewinn bei etappenweiser Erstellung der Baukörper (mit beliebigen zeitlichen Unterbrüchen zwischen der Erstellung der Etappen)

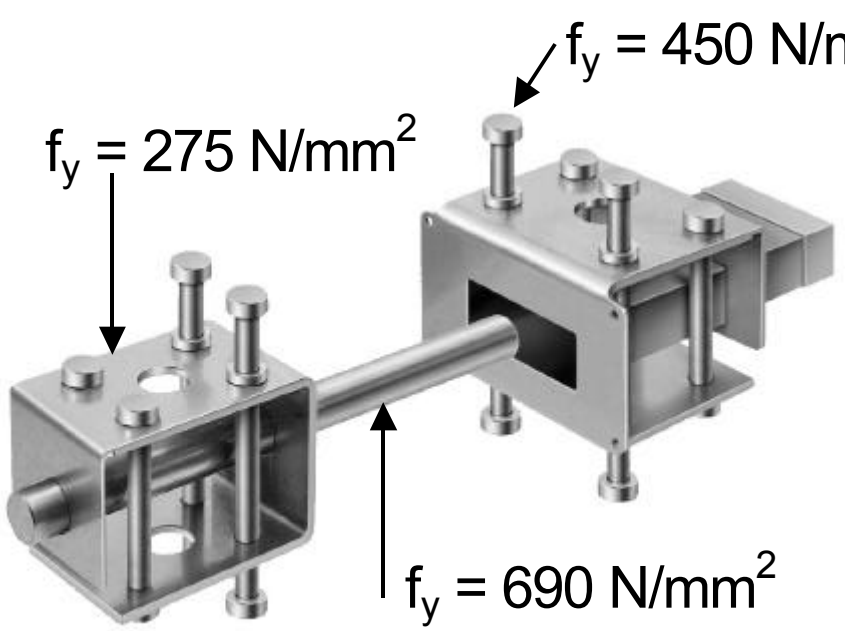
3.1 CRET-Querkraftdorne, konstruktiver Aufbau

Anmerkung

quer unverschieblich



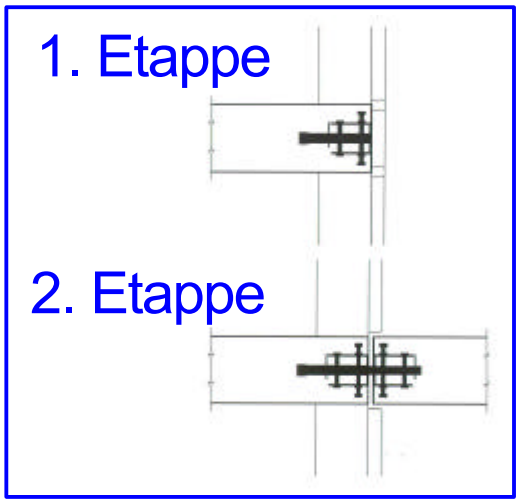
quer verschieblich



Modelle:

CRET-122
CRET-124
CRET-128
CRET-134
CRET-140

1 Dorn
2 Lastverteilkörper
3 Hülse
4 Nagelplatte



Modelle:

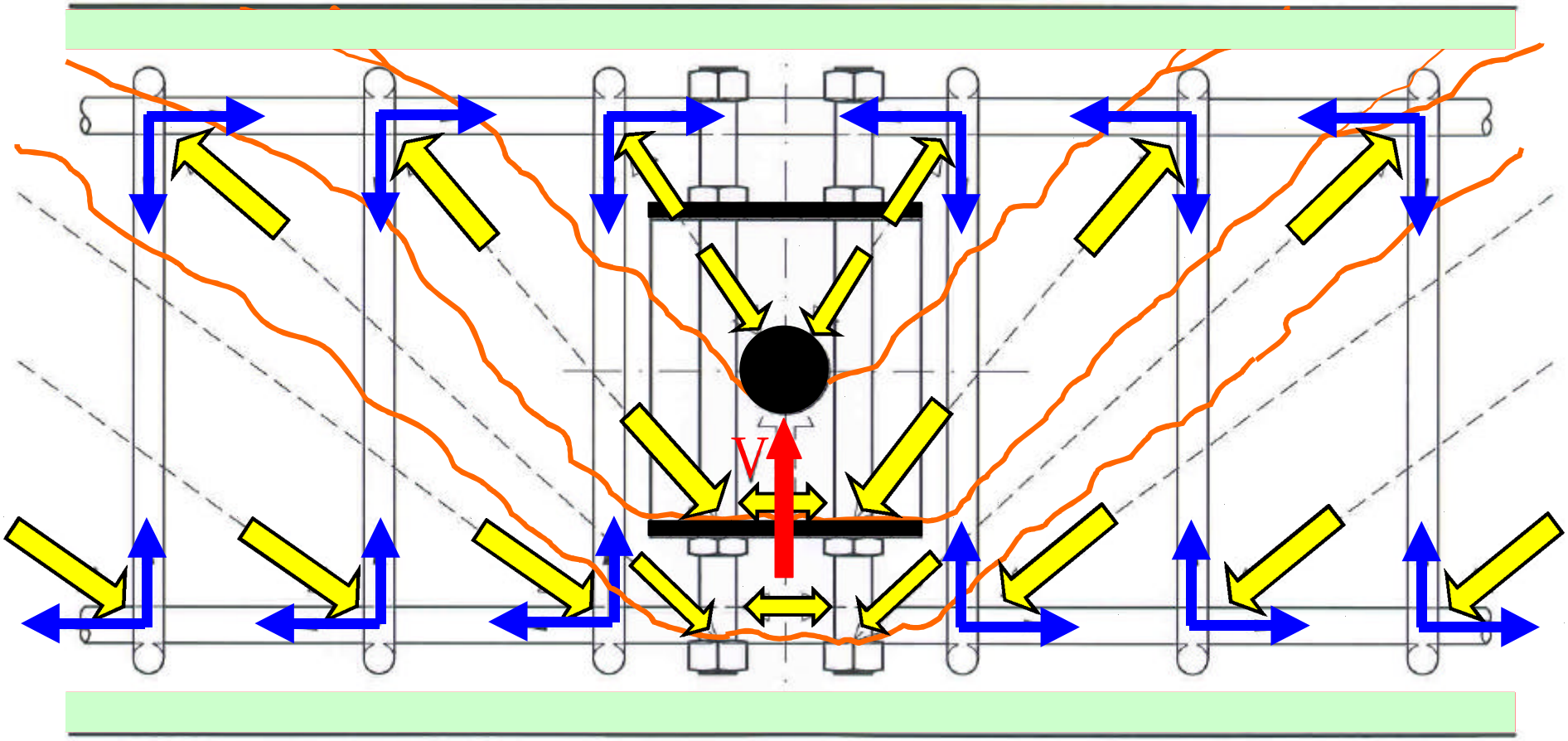
CRET-122V
CRET-124V
CRET-128V
CRET-134V
CRET-140V

3.2 Krafteinwirkungen von den Dornkomponenten auf den Beton und die Bewehrung

Anmerkung

Druckkräfte im Beton

Zugkräfte in der Bewehrung



Anmerkung

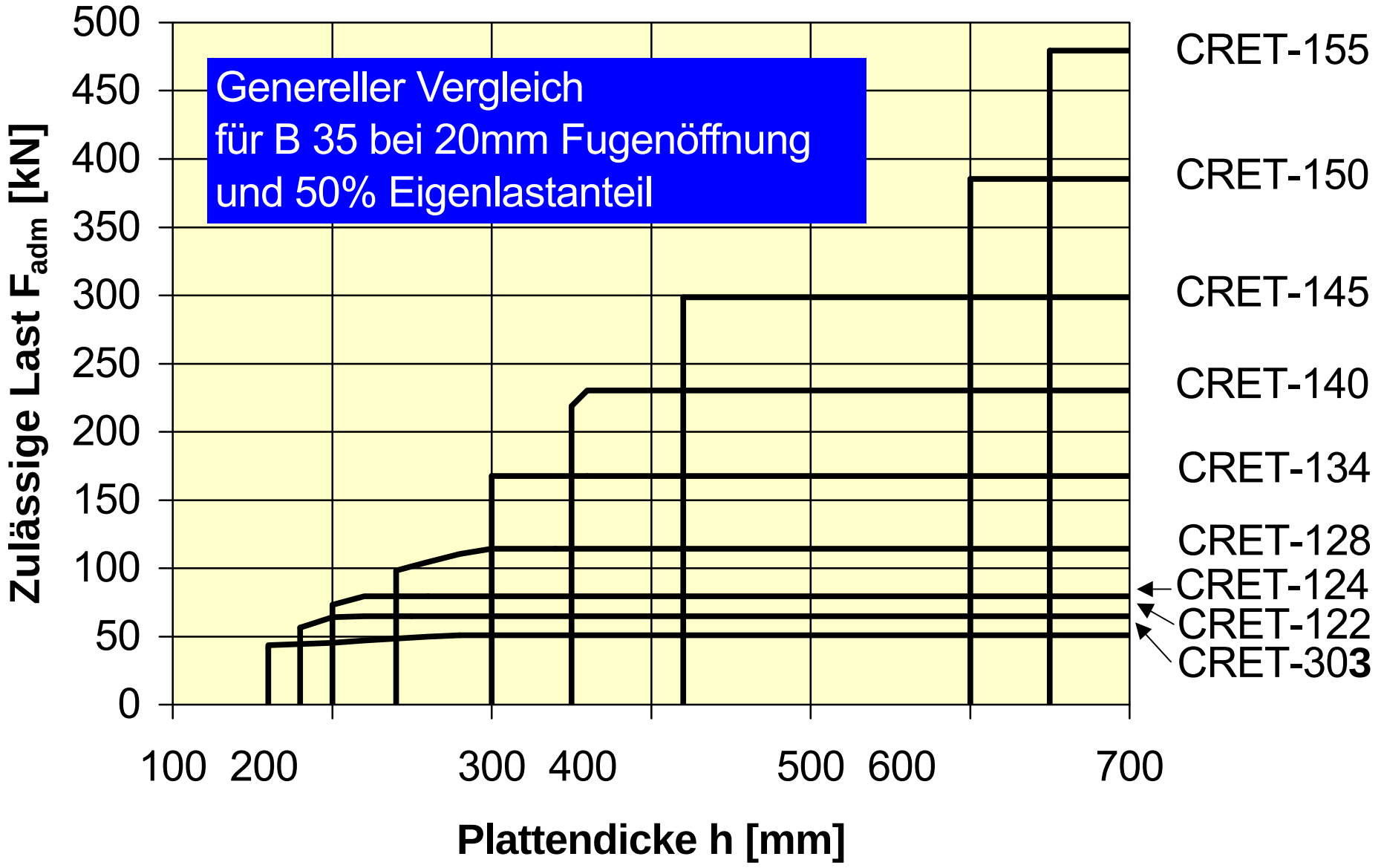
3.3 Dauerhaftigkeit

Umweltbedingungen gem. allg. bauaufsichtl. Zulassung Z-30.3-6
für Bauteile und Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen

Korrosion Wid.Klasse/ Anforderung	Korrosionsbelastung und typische Anwendungen	Werk-stoff Nr.	
I / gering	Innenräume		
II / mässig	Zugängliche Konstruktionen ohne nennenswerte Gehalte an Chloriden und Schwefeldioxyd		
III / mittel	Unzugängliche Konstruktionen mit mässiger Chlorid- und Schwefel-dioxydbelastung	1.4401 1.4404 1.4571 1.4439	Quer-kraft-Dorne
IV / stark	Hohe Korrosionsbelastung (Meerwasser, Schwimmbäder, Strassentunnel, ...)		

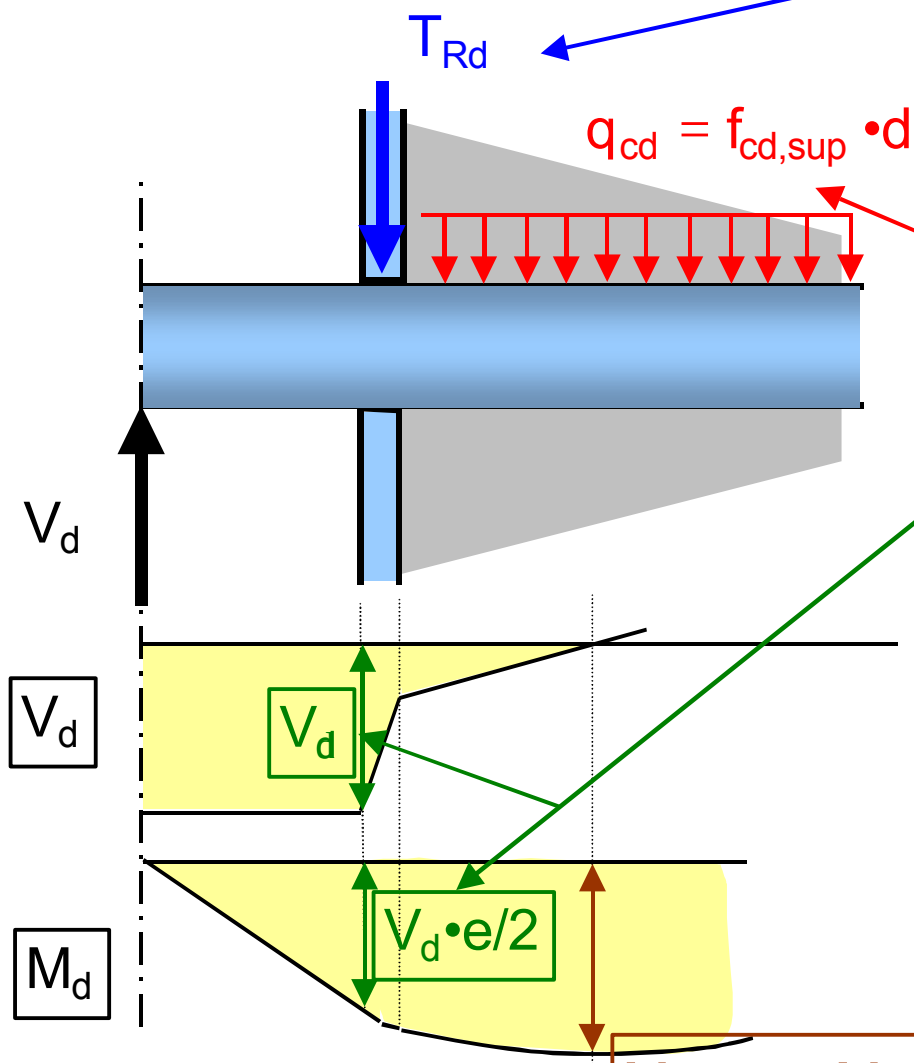
3.4 Zulässige Lasten der CRET-Querkraftdorne

Anmerkung



4.1 Tragwiderstand, Berechnungsmodell

Anmerkung



Begrenzt durch Blech:
- Lochleibungsdruck
- Zug- und Druckwiderstand

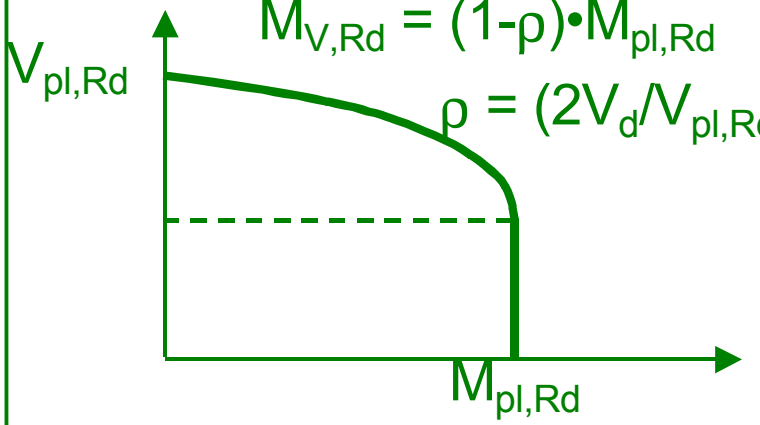
Begrenzt durch Betonwiderstand bei Dübeln (EC 4, 6.3.2.1):

$f_{cd,sup} = \alpha_0 \cdot (f_{ck} \cdot E_{cm})^{0.5} / \gamma_v$

Begrenzt durch M-V-Interaktion im Dorn (EC 3, 5.4.7(3)b)

$M_{V,Rd} = (1-\rho) \cdot M_{pl,Rd}$

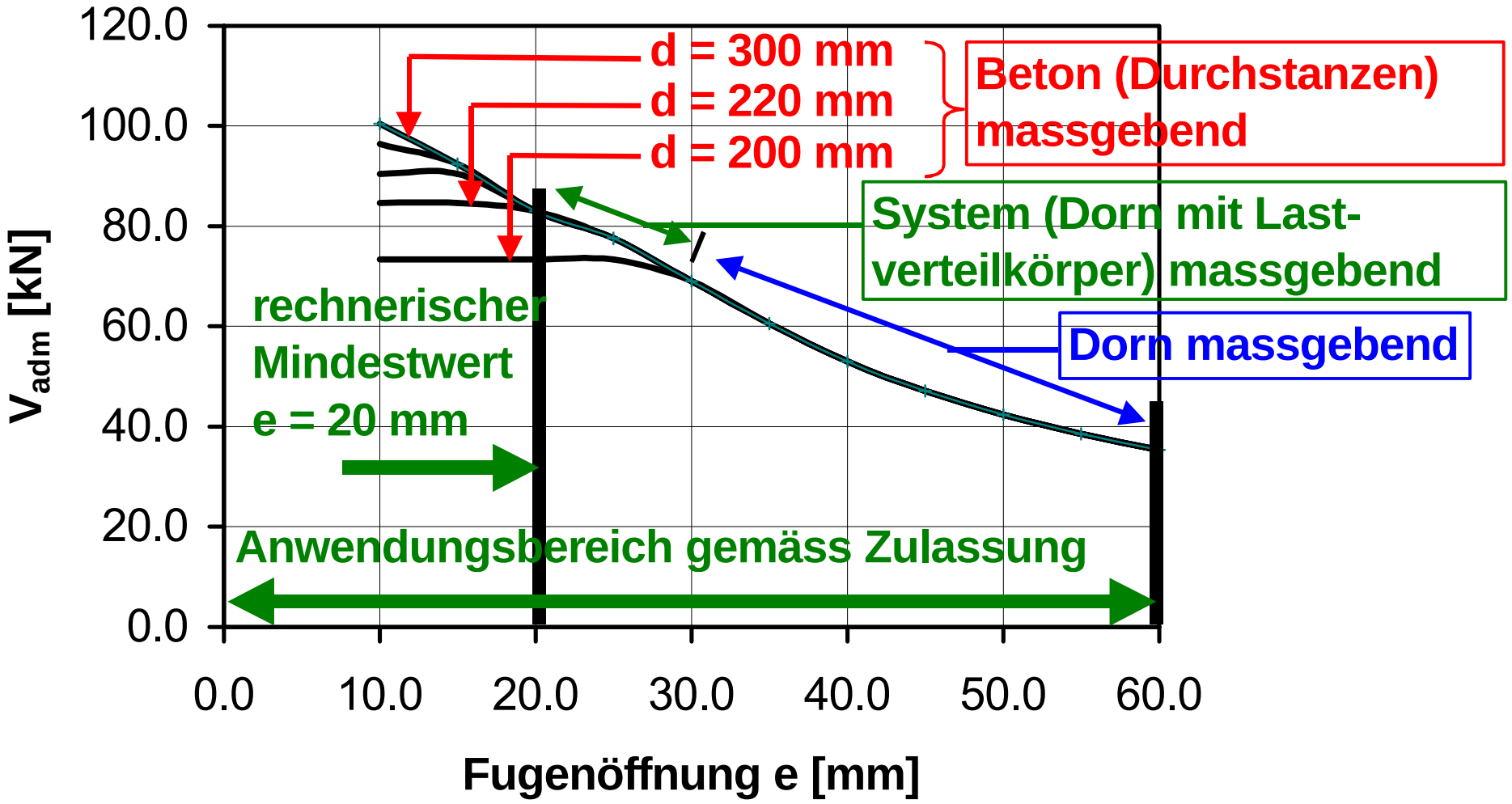
$\rho = (2V_d/V_{pl,Rd}-1)^2$



$M_{d,max} \le M_{pl,Rd} = f_{yd} \cdot d^3/6$

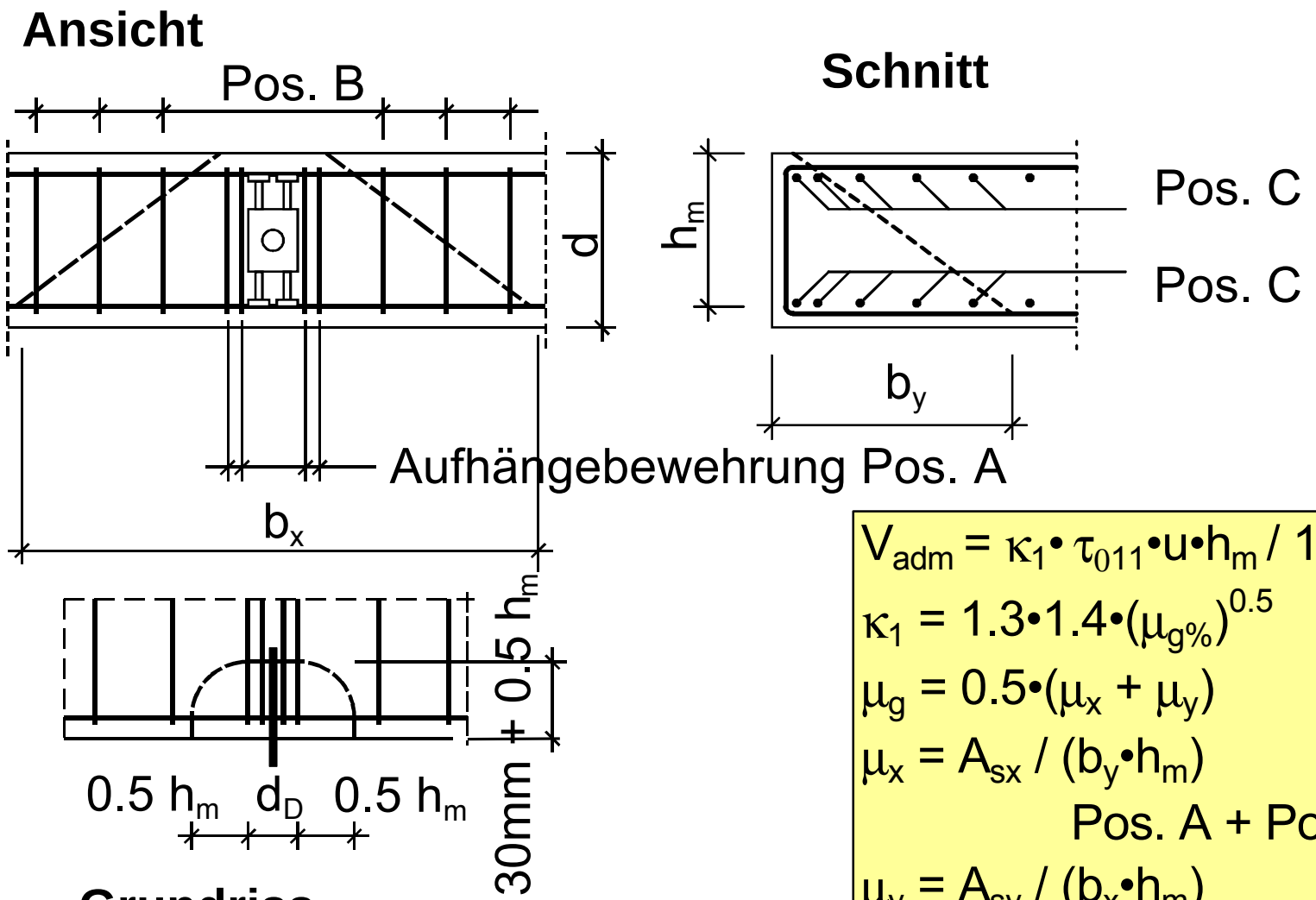
Anmerkung

zulässige Querkraft V_{adm} für CRET-124



4.3 Durchstanznachweis in Anlehnung an DIN 1045 (1988), 22.5

Anmerkung



$$V_{adm} = \kappa_1 \bullet \tau_{011} \bullet u \bullet h_m / 1.4$$

$$\kappa_1 = 1.3 \bullet 1.4 \bullet (\mu_{g\%})^{0.5}$$

$$\mu_g = 0.5 \bullet (\mu_x + \mu_y)$$

$$\mu_x = A_{sx} / (b_y \bullet h_m)$$

Pos. A + Pos. B

$$\mu_y = A_{sy} / (b_x \bullet h_m)$$

Pos. C

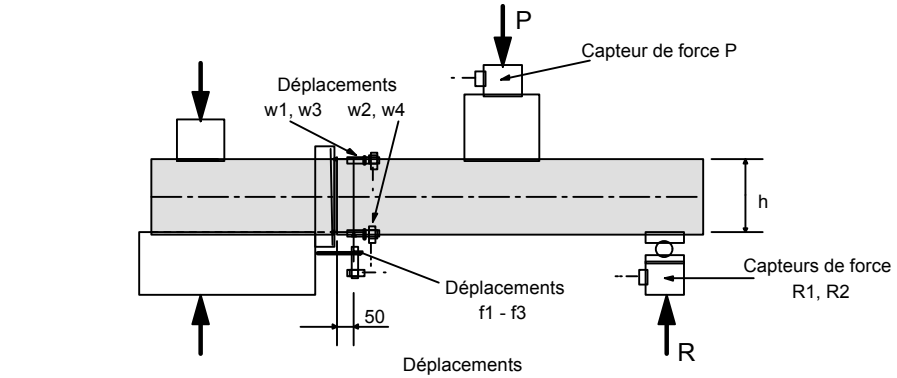
Anmerkung

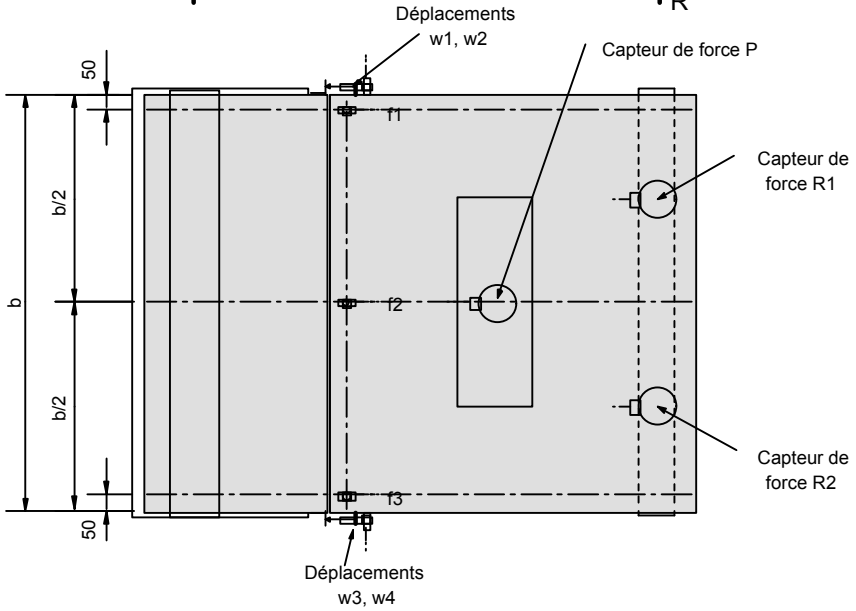
5.1 Versuchseinrichtung zur Prüfung von Dornverbindungen

Prüfanstalt: EPFL

Eidgenössische Technische

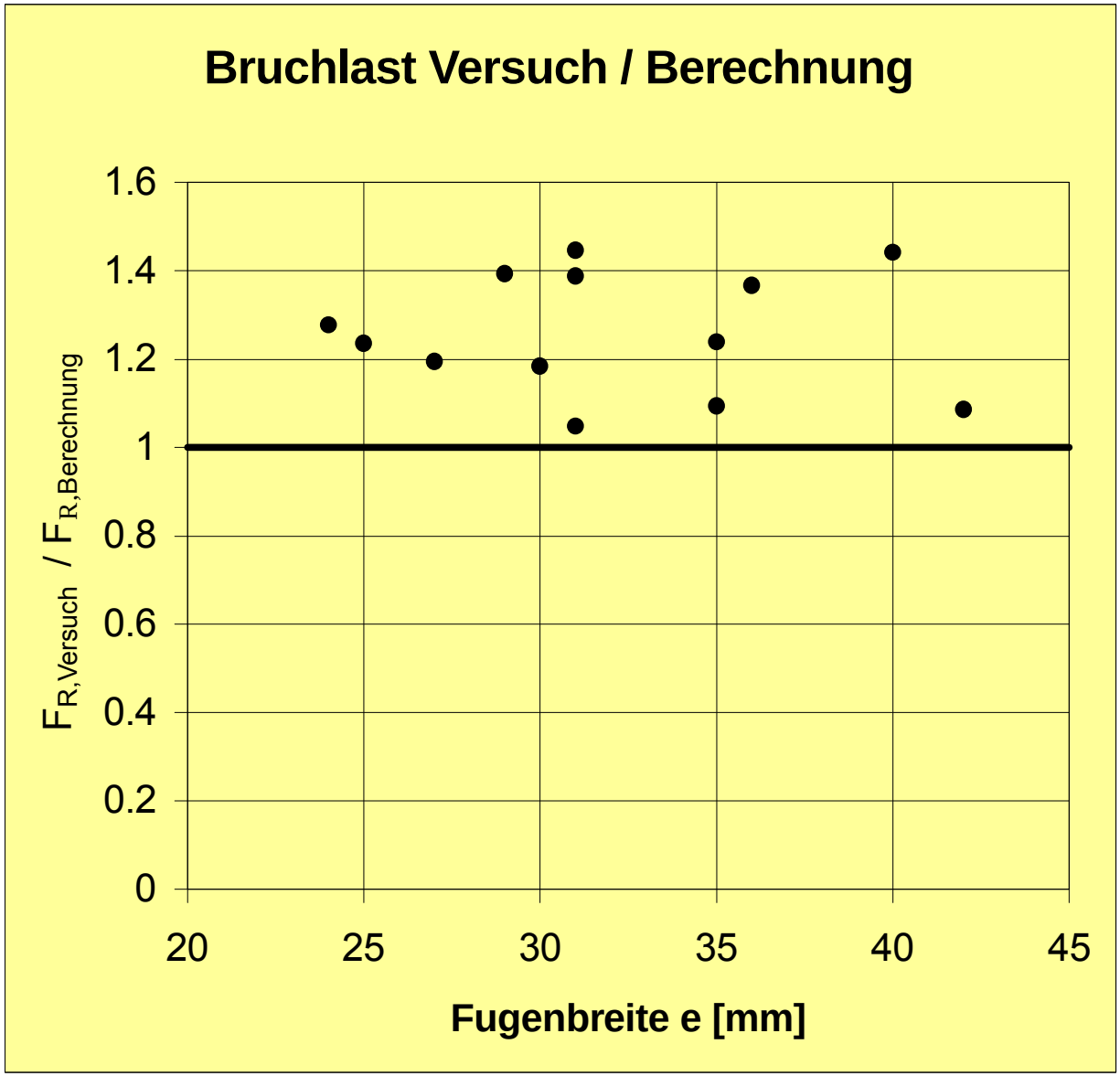
Hochschule Lausanne





5.2 Vergleich von Versuchsergebnissen mit theoretischen Tragwiderständen

Anmerkung

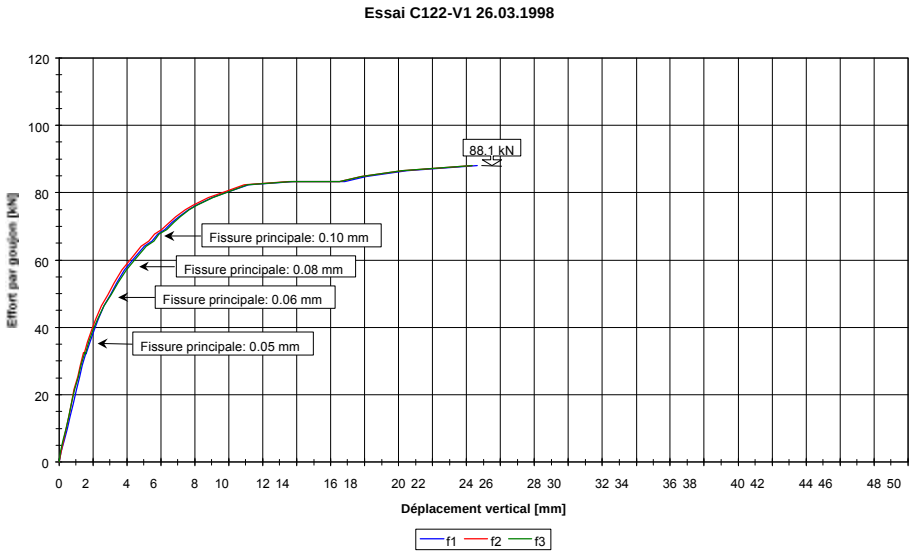


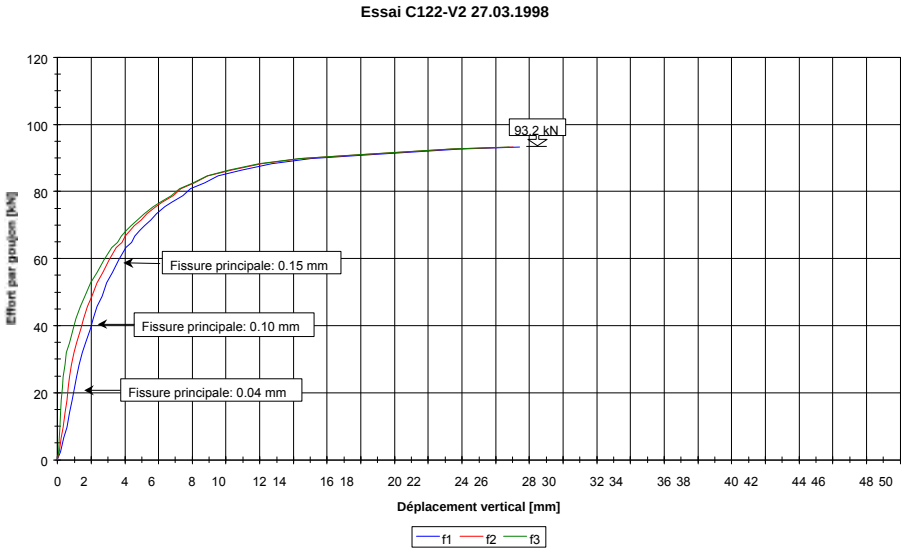
$F_{R,Versuch}$:
im Versuch gemessene Höchstlast

$F_{R,Berechnung}$:
mit den tatsächlichen Festigkeiten der Werkstoffe berechnete Tragwiderstände

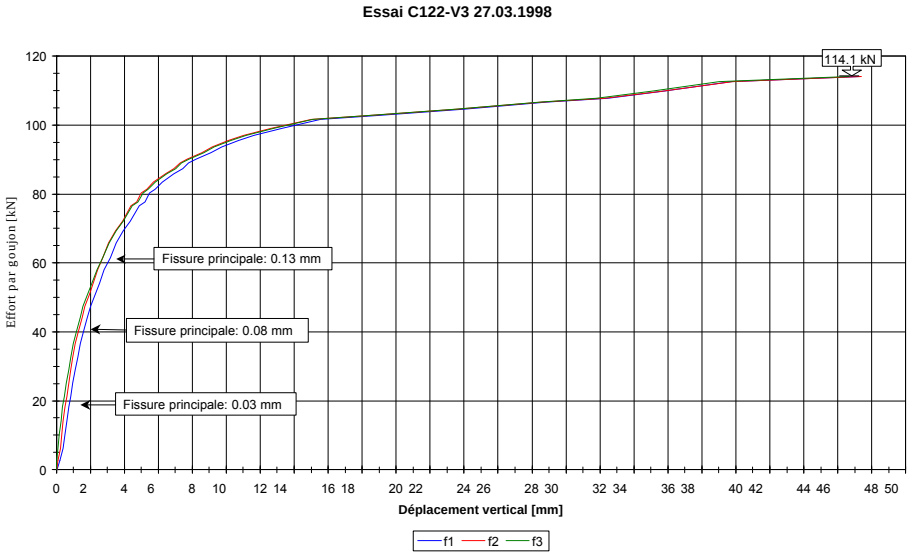
5.3 Last-Verschiebungsbeziehungen für CRET-122

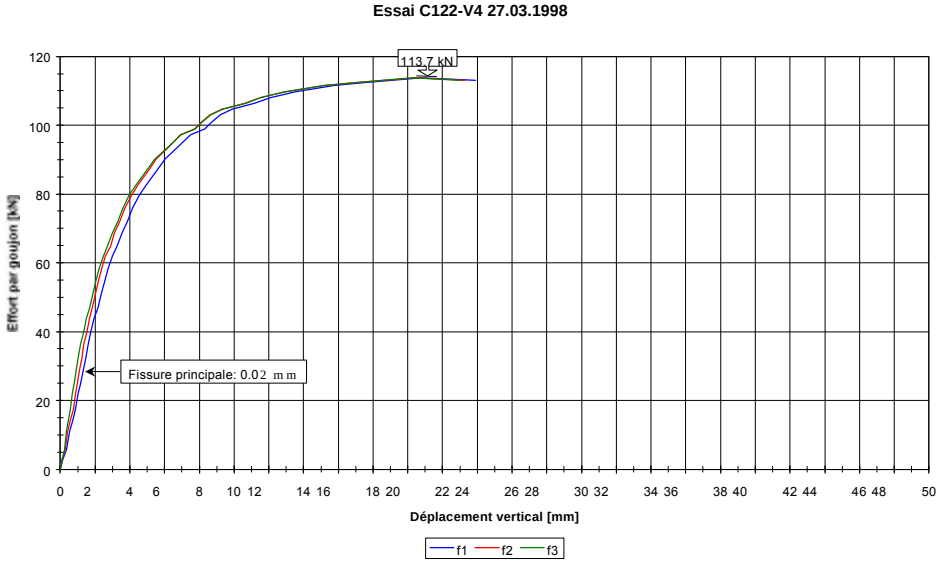
Anmerkung





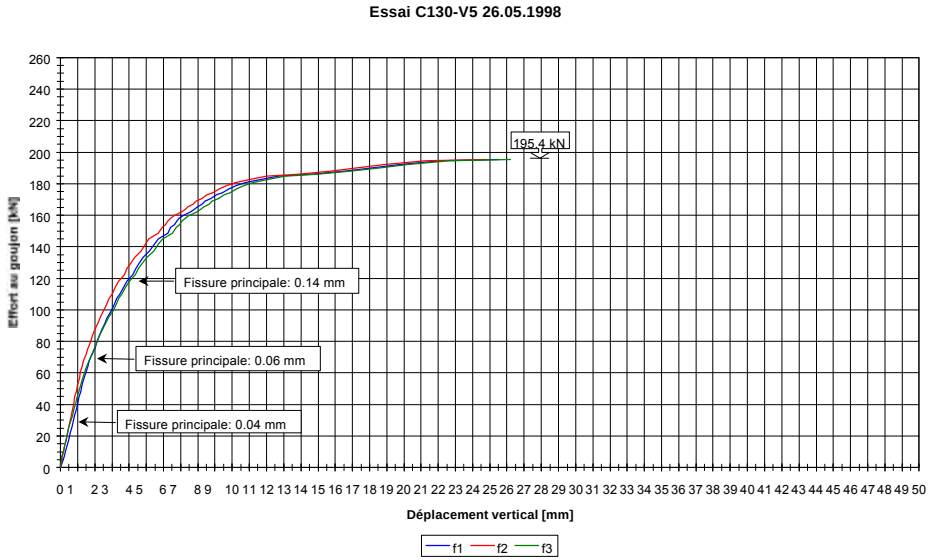
maximale vertikale Verschiebungen: 24 - 47 mm

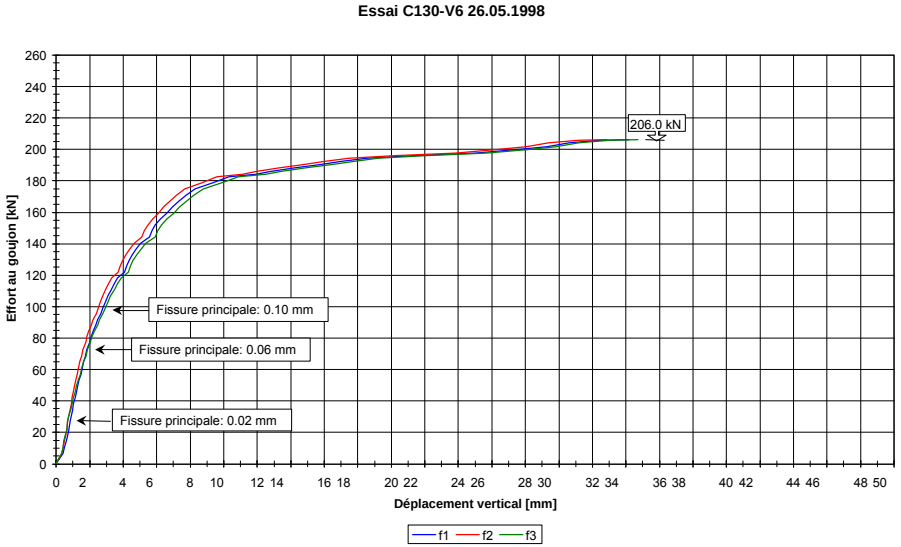




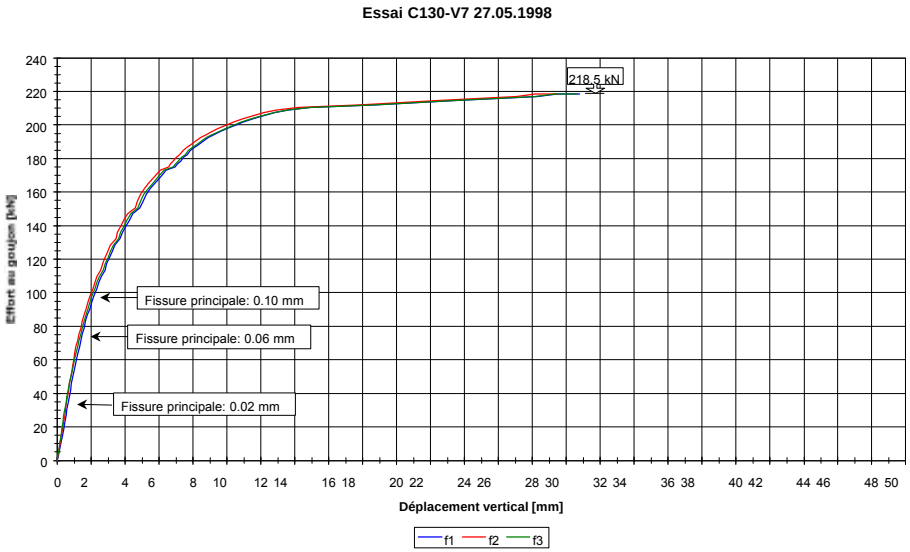
5.3 Last-Verschiebungsbeziehungen für CRET-130

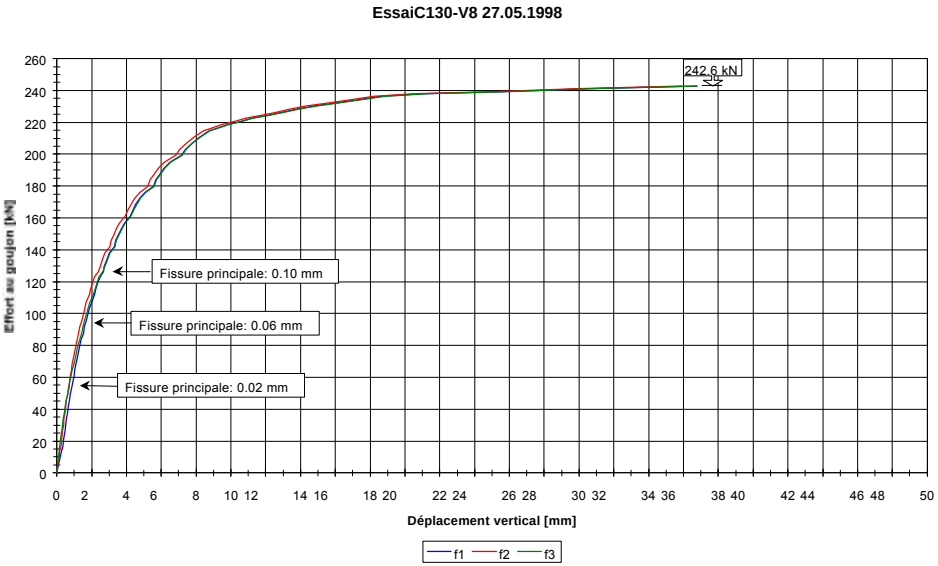
Anmerkung





maximale vertikale Verschiebungen: 26 - 36 mm





Anmerkung

5.4 Duktilität

Voraussetzungen für eine duktile Querkraftdornverbindung:

- Duktile Werkstoffe (insbesondere Dornstahl)
- Konstruktiv entwickeltes Dornsystem für eine möglichst optimale Krafteintragung in den Beton

Rückbiegeversuch (nach Norm SIA 162/1) mit CRET-Stahl

Die Randdehnungen und Stauchungen sind >10%, die Proben bleiben rissfrei

5.5 Dynamische Prüfung CRET-122V, Belastungsgeschichte

Fugenöffnung 50mm, 360 Lastzyklen, maximale Amplitude ± 36 mm

inkl. 4xMelipilla-Erdbeben in Echtzeit, Bruchlast 61.5 kN bei max. Amplitude

Anmerkung

Das Ergebnis bestätigt die grosse Duktilität der Dornverbindung

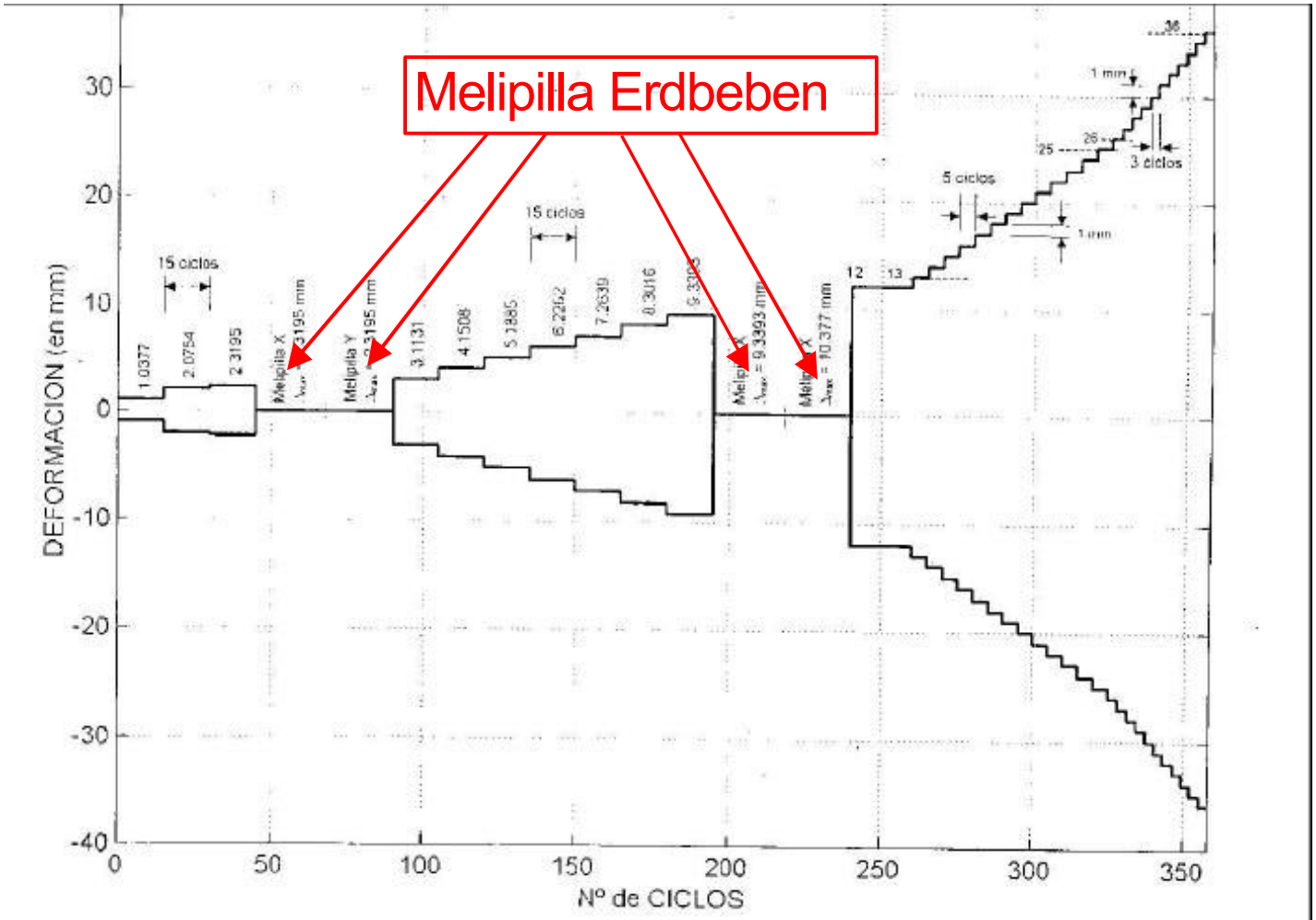


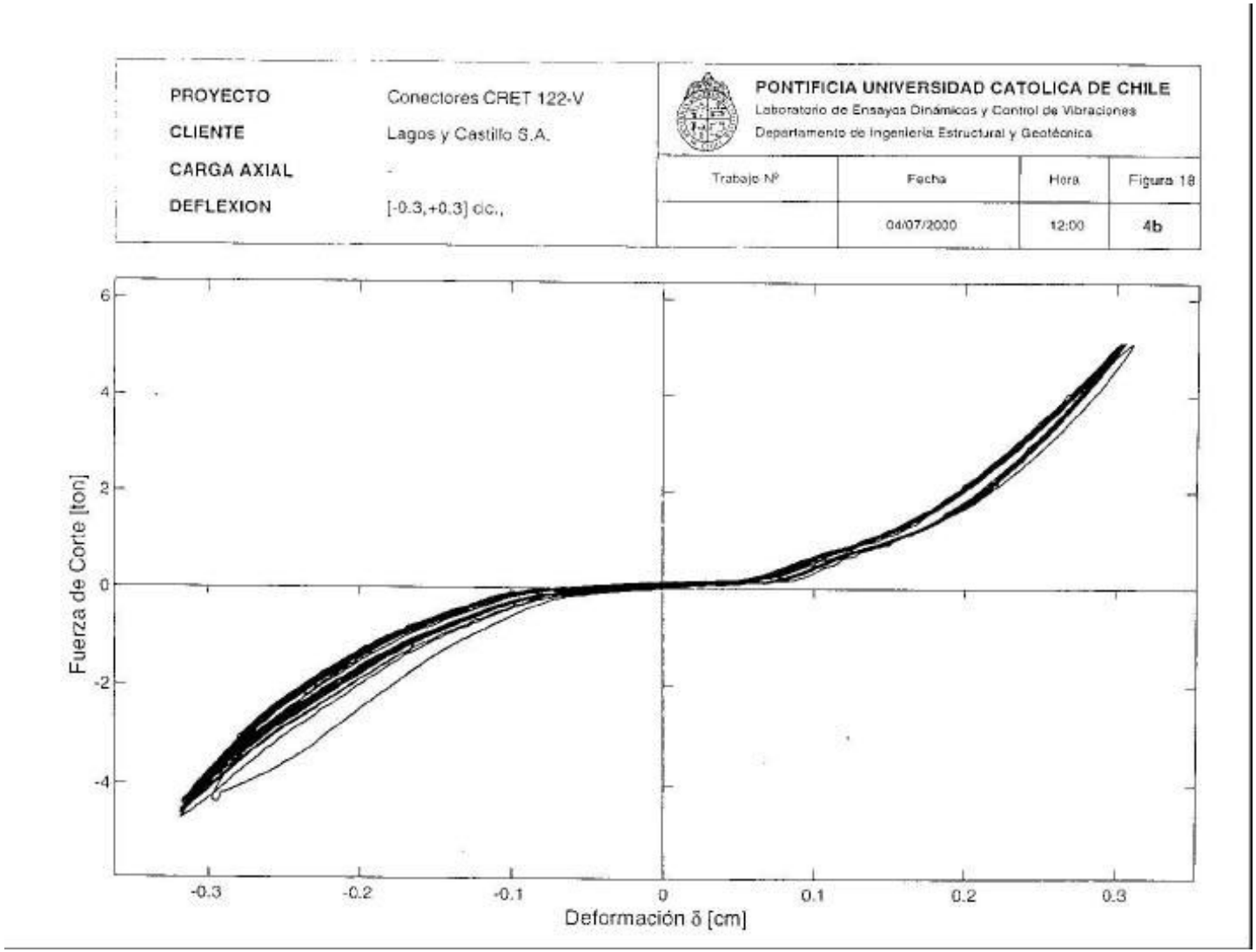
Figura 8a. Historia de carga ejecutada

5.5 Dynamische Prüfung CRET-122V, Hysteresis (elast. Bereich)

Anmerkung

Last-Verformungs-Hysteresis bei einer Amplitude von ca. ± 3 mm

Das Last-Verformungsverhalten ist praktisch vollständig reversibel

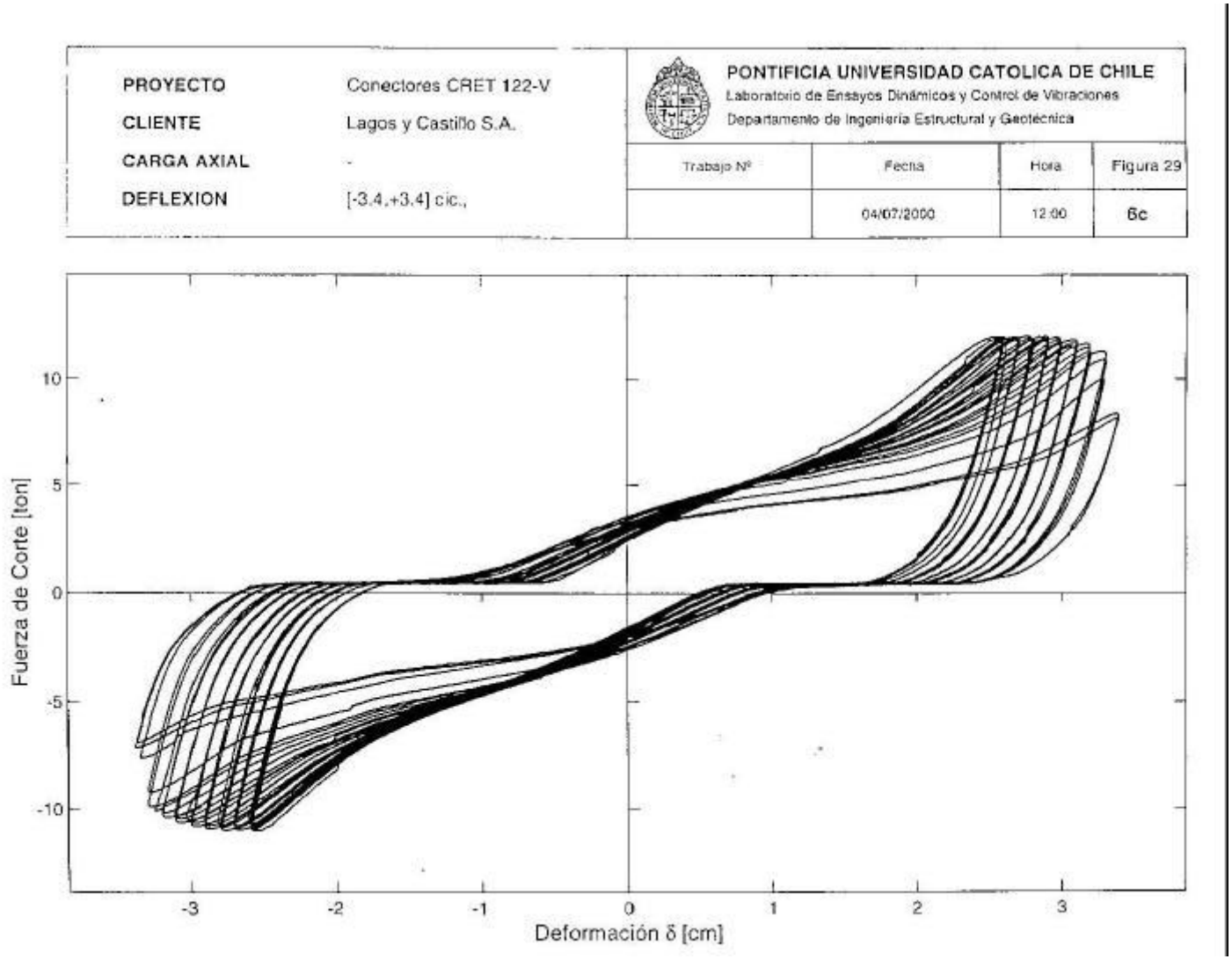


5.5 Dynamische Prüfung CRET-122V, Hysteresis (plast. Bereich)

Anmerkung

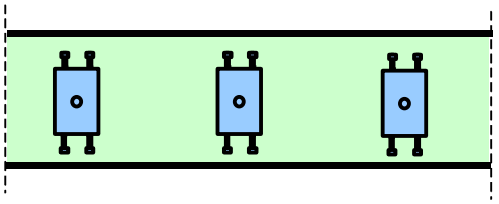
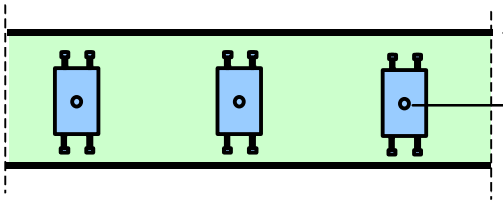
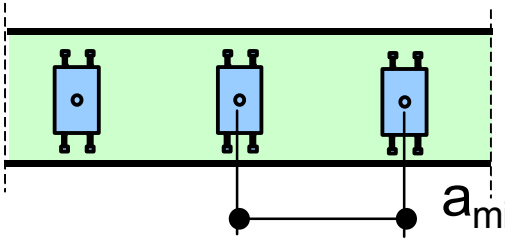
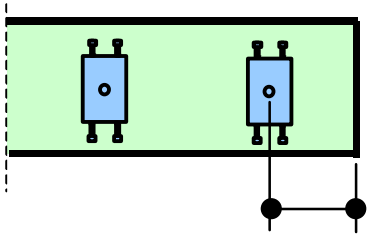
Last-Verformungs-Hysteresis bei einer Amplitude von ca. ± 30 mm

Das plastische Verformungsvermögen ist deutlich zu erkennen



Anmerkung

6.1 Plattenfugen, Mindestmasse und Mindestabstände

CRET-Modell	122	124	128	134	140
Dorndurchmesser d_s [mm]	22	24	28	34	40
Maximale Fugenöffnung e_{max} [mm]	60	60	60	60	60
 d_{min} [mm]	180	200	240	300	350
 $a_{r1,min}$ [mm]	90	100	120	150	175
 $a_{min} = 1.5\ d_{min}$ [mm]	270	300	360	450	525
 $a_{r2,min} = 0.5\ a_{min}$ [mm]	135	150	180	225	262

6.2 Platte mit Schubbewehrung

Anmerkung

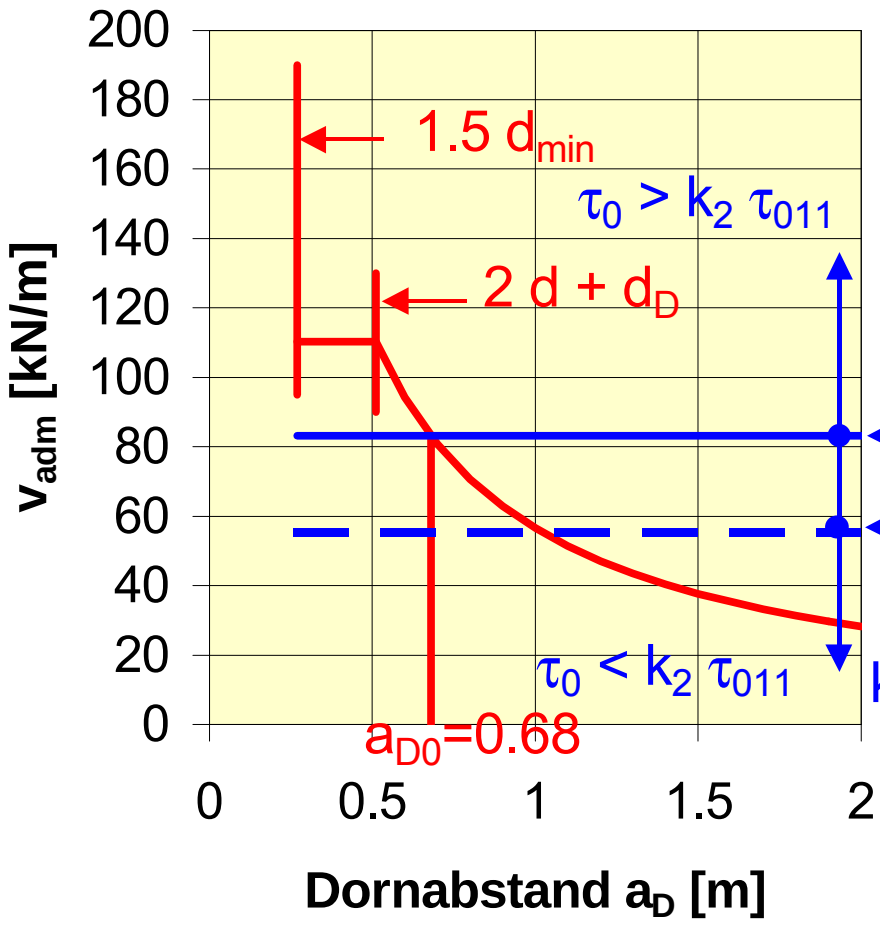
Flughafen Genf

Hochbeanspruchte Platte über der Unterquerung des Rollfeldes

Anmerkung

CRET-122

B 35, d = d_{min} = 180 mm



a_{D0} : Grenzabstand für Platten ohne Schubbewehrung. Für $a_D < a_{D0}$ ist eine Plattenschubbewehrung erforderlich.

Schubbewehrung erforderlich

Grenze bei durchgehender Feldbewehrung

Grenze bei gestaffelter Feldbewehrung

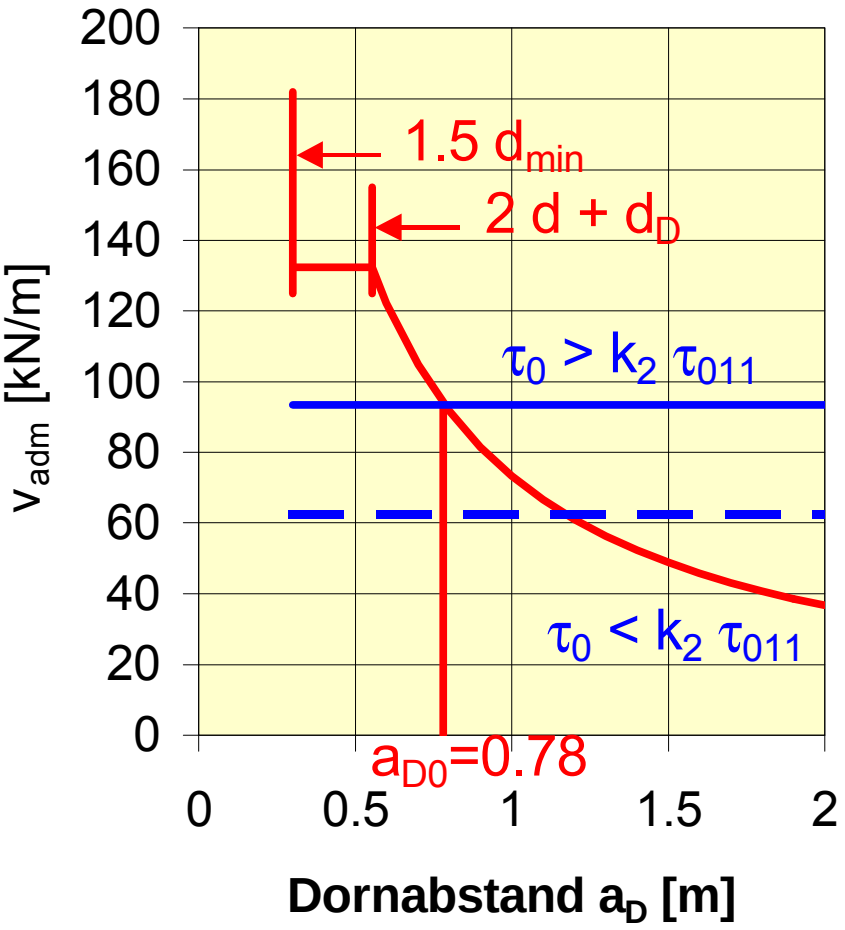
keine Schubbewehrung erforderlich

6.3 Dorn-Grenzabstand für Platten mit/ohne Schubbewehrung

Anmerkung

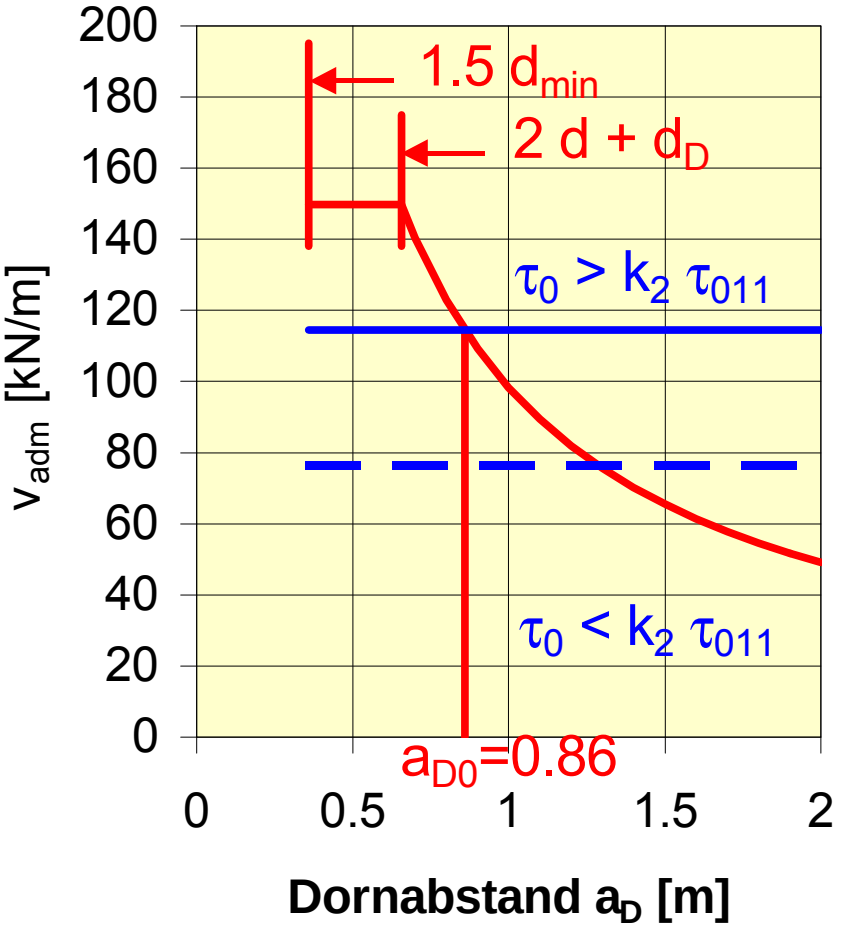
CRET-124

B 35, d = d_{min} = 200 mm



CRET-128

B 35, d = d_{min} = 240 mm

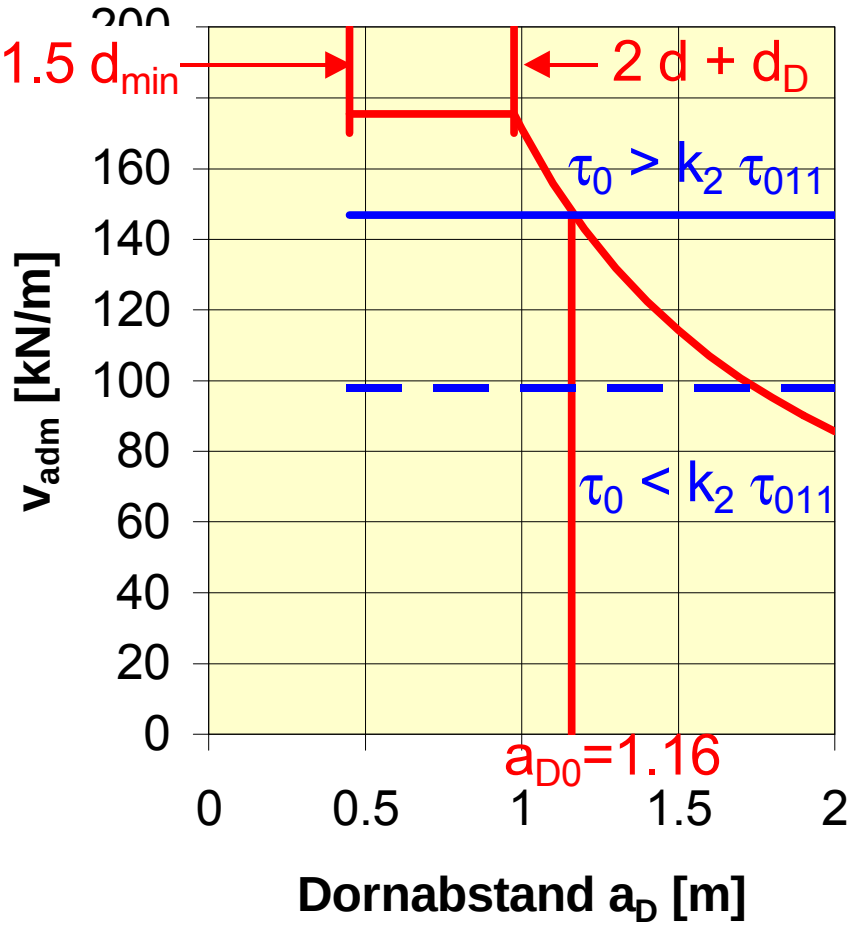


6.3 Dorn-Grenzabstand für Platten mit/ohne Schubbewehrung

Anmerkung

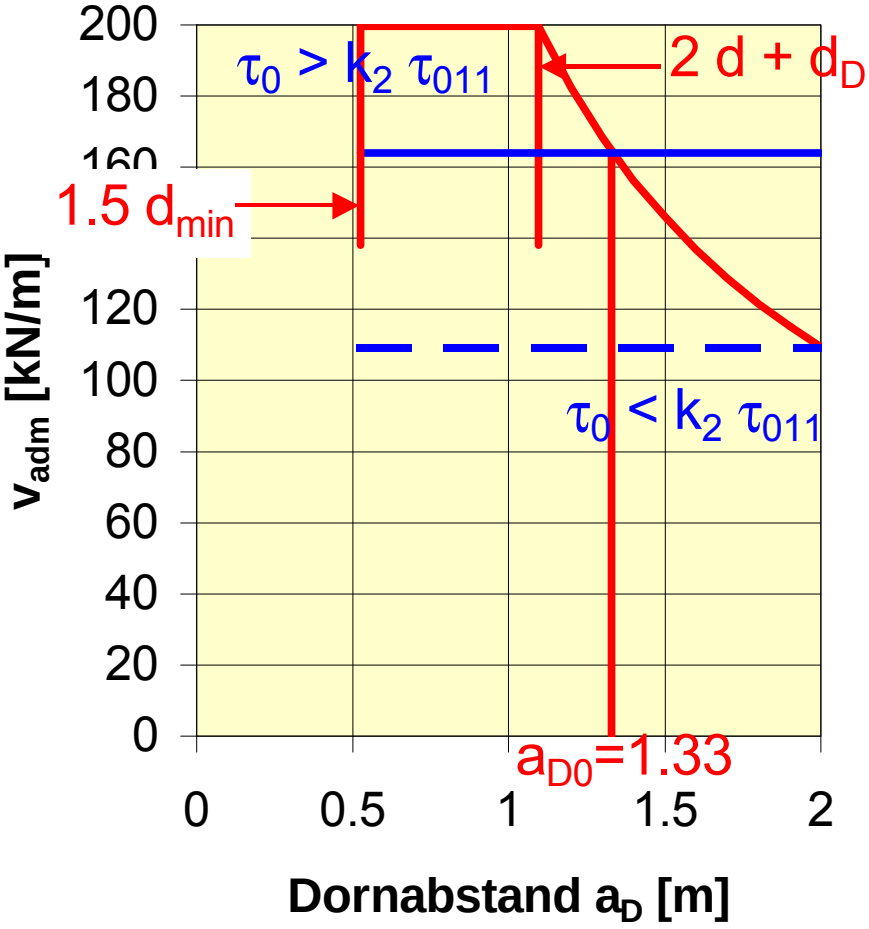
CRET-134

B 35, d = d_{min} = 300 mm



CRET-140

B 35, d = d_{min} = 350 mm



Anmerkung

6.4 Dorn-Grenzabstand für Platten mit/ohne Schubbewehrung Vergleich DIN 1045 (1988) mit E DIN 1045-1: 2000-09

Grenzabstand der Dorne für Platten ohne Schubbewehrung

bei minimaler Plattendicke

Annahmen: 70% G-Anteil, Feldbewehrung nicht gestaffelt ρ=1% und ρ=2%, e = 20 mm

Nach DIN 1045 (1988)

$$a_{D0}^{DIN1988} = V_{Dorn,adm} / (k_2 \, \tau_{011} \, 0.9 \, \delta)$$

(d: stat. Höhe)

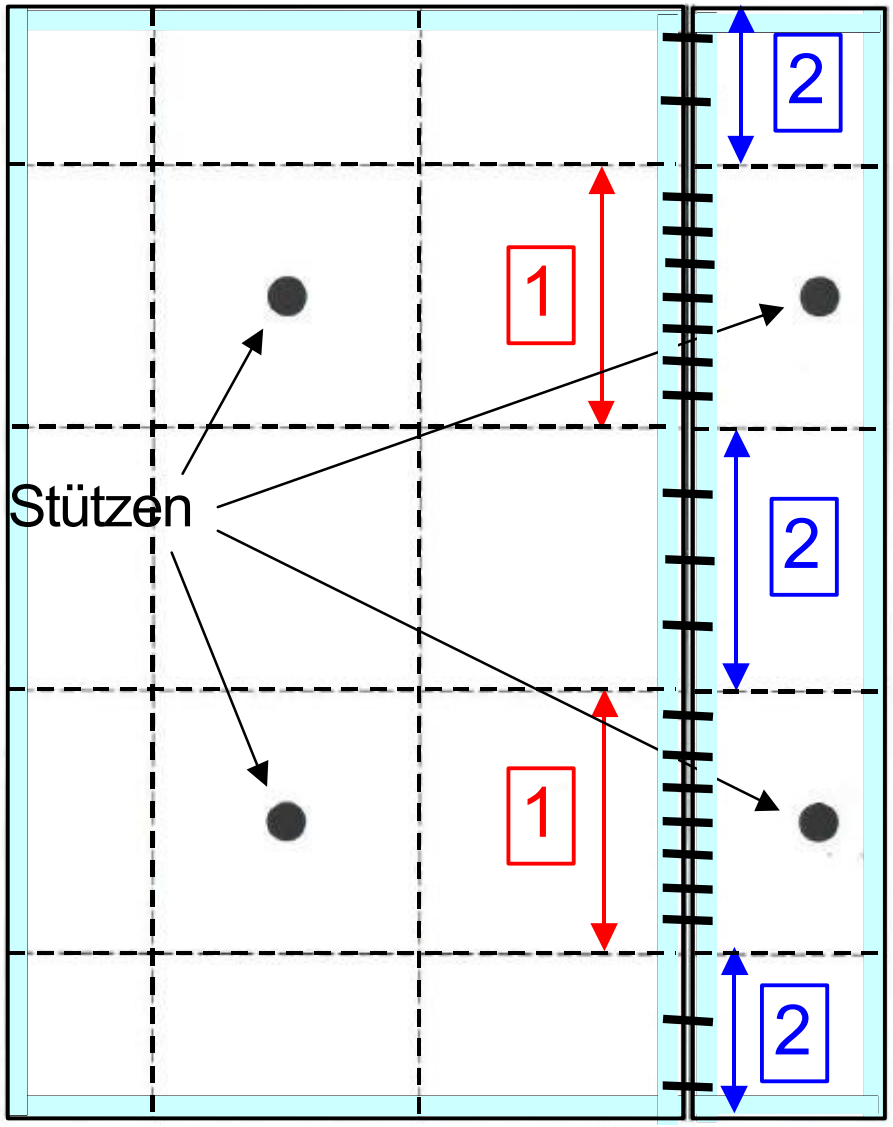
Nach DIN 1045-1: 2000-09

$$a_{D0}^{DIN2000} = V_{Rd} / [0.1 \, k \, (100 \, \rho \, f_{ck})^{1/3} \, d]$$

		$a_{D0}^{DIN2000} / a_{D0}^{DIN1988}$					
	min.Platten-	B 25		B 35		B 45	
	dicke [m]	ρ=1%	ρ=2%	ρ=1%	ρ=2%	ρ=1%	ρ=2%
CRET-122	0.18	1.16	0.92	1.24	0.98	1.34	1.07
CRET-124	0.20	1.16	0.92	1.24	0.98	1.34	1.07
CRET-128	0.24	1.17	0.93	1.258	1.00	1.36	1.08
CRET-134	0.30	1.25	0.99	1.336	1.06	1.45	1.15
CRET-140	0.35	1.22	0.97	1.308	1.04	1.42	1.12

6.5 Flachdeckenfuge

Anmerkung



Dornanordnung entsprechend dem Tragverhalten der Platte:

Enge Abstände im Bereich der Stützenstreifen 1

Grössere Abstände im Bereich der Feldstreifen 2

6.6 Bemessungsbeispiel: Fuge in Flachdecke, Querkraftübertragung mit CRET-Dornen

Anmerkung

Grundriss

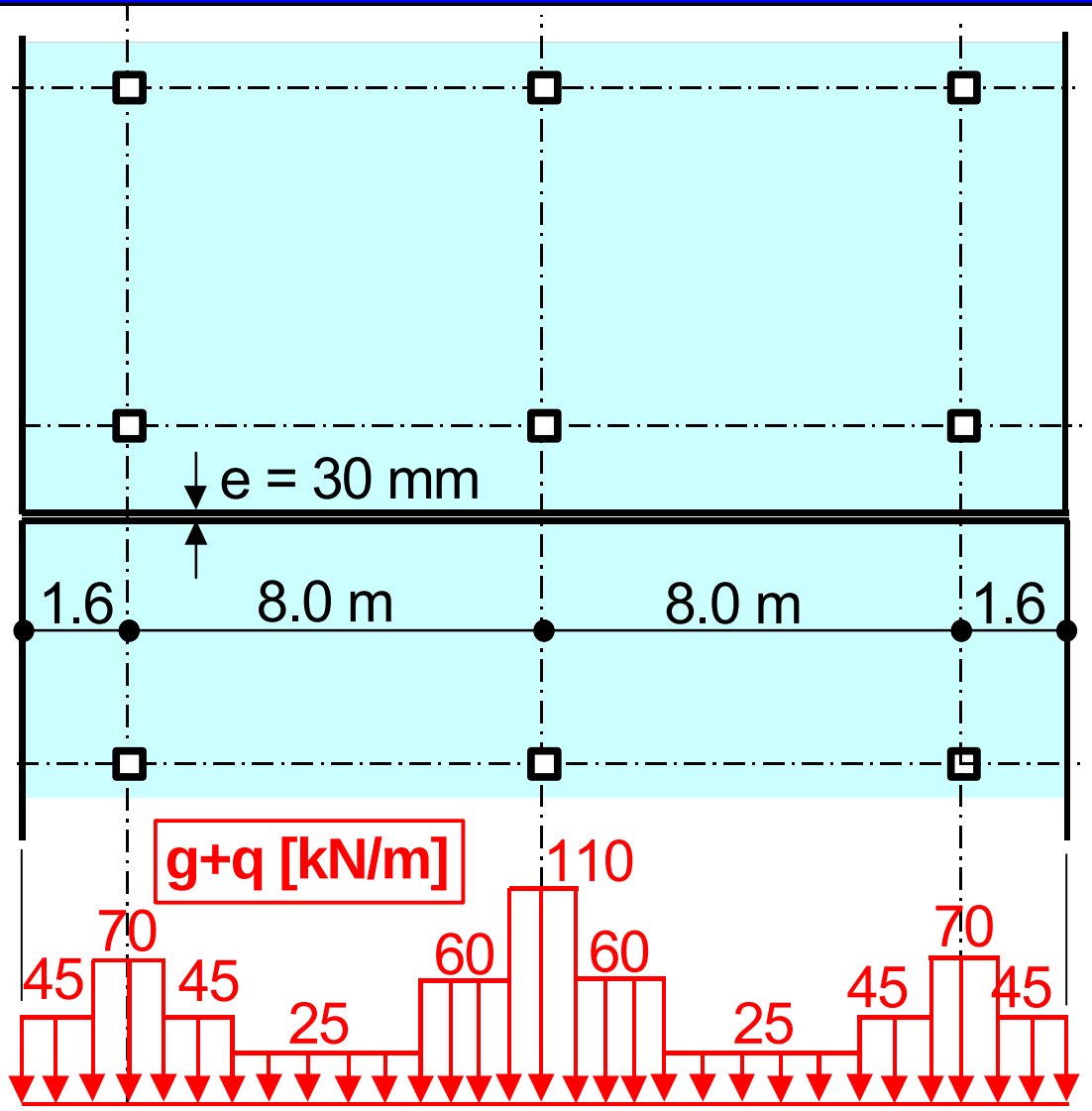
Beton: B 25

Plattendicke: d = 260 mm

Fugenöffnung: e = 30 mm

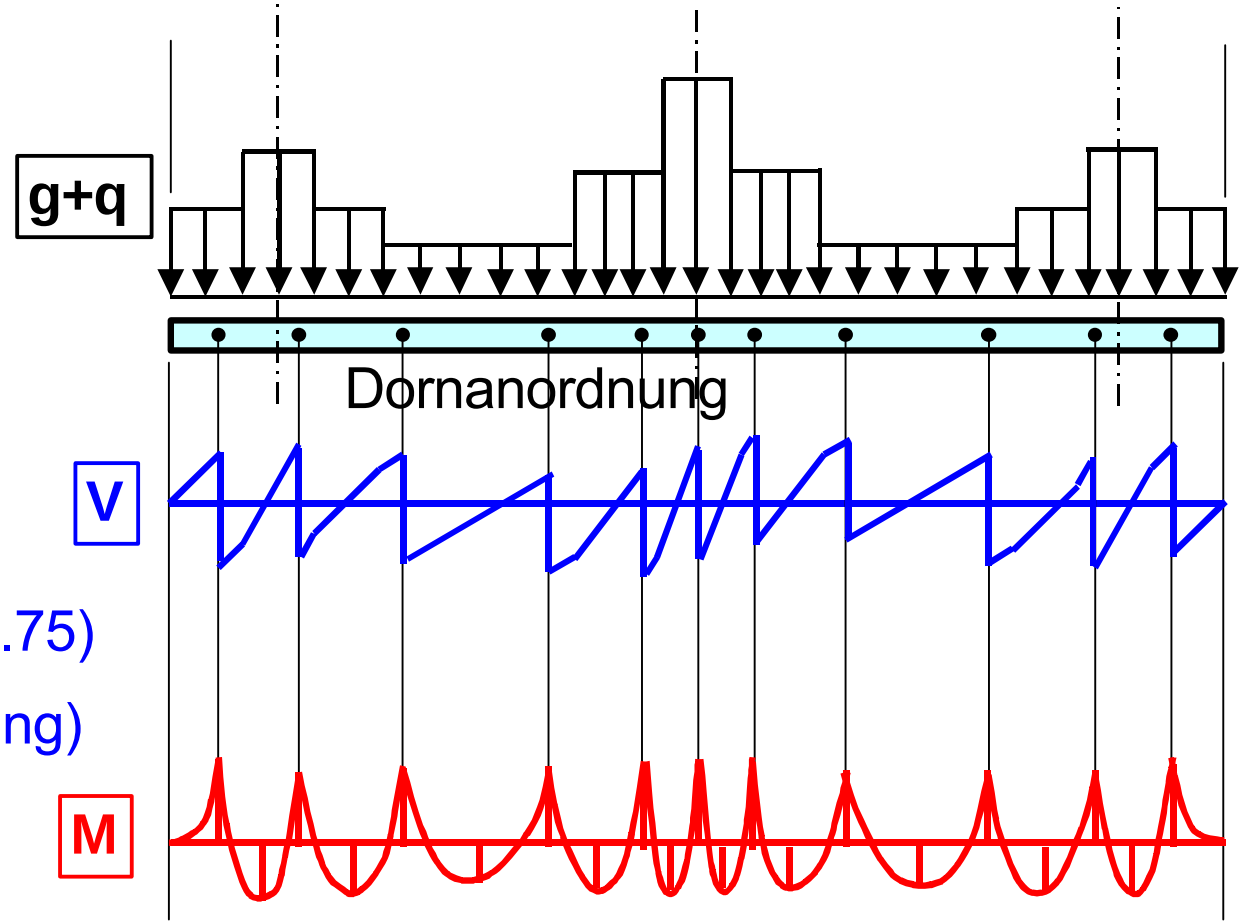
Betondeckung: 20 mm

Grösse und Verteilung der zu übertragenden Querkraft aus FE-Plattenberechnung



6.6 Bemessungsbeispiel: Fuge in Flachdecke, Durchlaufträgermodell für Plattenrand

Anmerkung



Bemessung der Quer-bewehrung für V:

$A_{sw} = 0.4 \cdot V \cdot s_w / (z \cdot f_y/1.75)$

(verminderte Schubdeckung)

Bemessung der Längs-bewehrung für M:

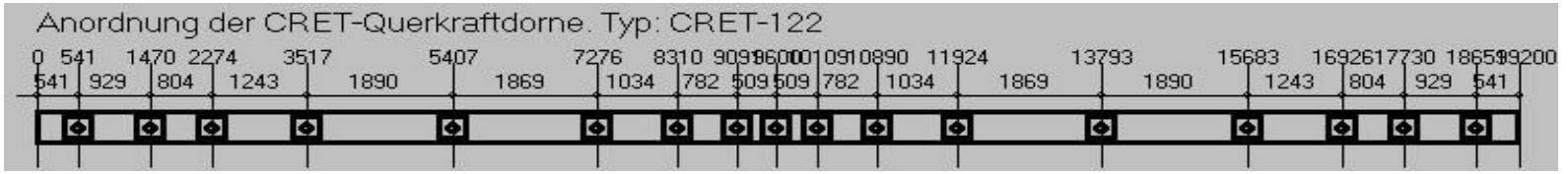
$A_s = M / (z \cdot f_y/1.75)$

Die Werte A_{sw} und A_s sind nur dann massgebend, wenn der Durchstanz-nachweis nicht grössere Werte ergibt

6.6 Bemessungsbeispiel: Fuge in Flachdecke, Lösung mit CRET-Computerprogramm

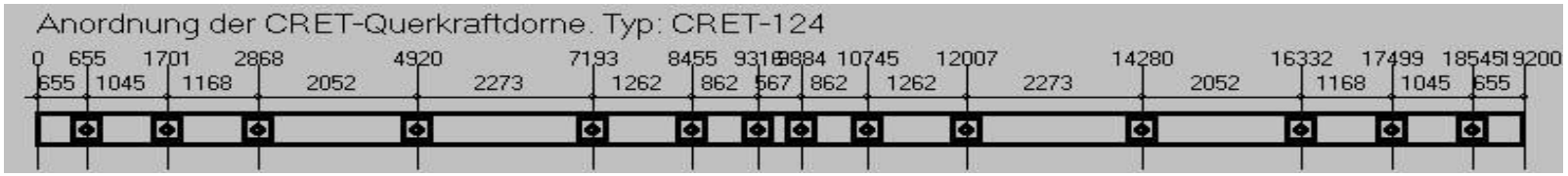
Anmerkung

Variante 1: 17 Dorne CRET-122 (Programmvorschlag)



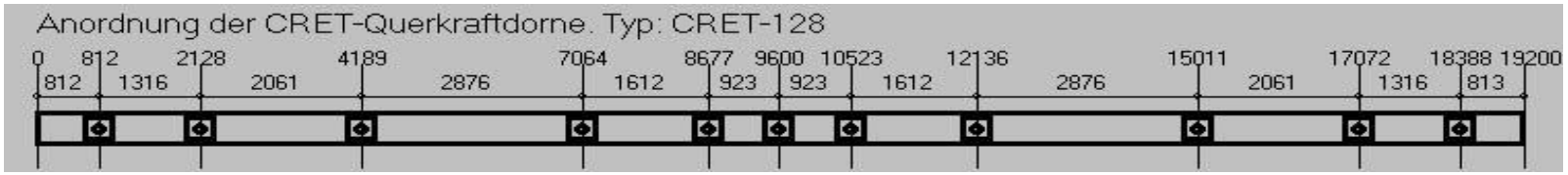
quer: Ø12mm/150mm, längs: 22Ø14mm, Aufhängebew.: 4Ø12mm/Dorn

Variante 2: 14 Dorne CRET-124 (Programmvorschlag)



quer: Ø14mm/150mm, längs: 22Ø16mm, Aufhängebew.: 4Ø14mm/Dorn

Variante 3: 11 Dorne CRET-128 (Programmvorschlag)

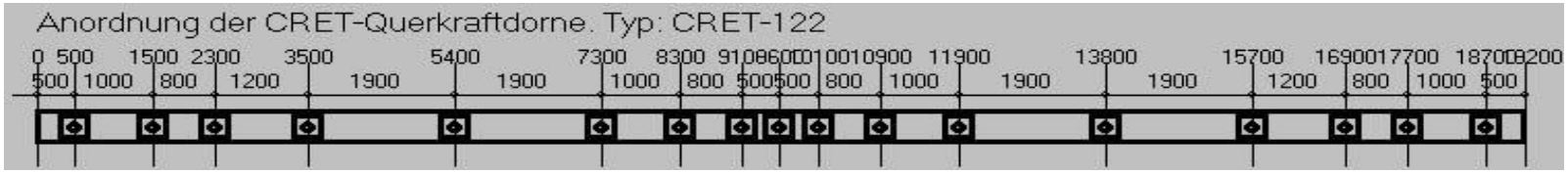


quer: Ø16mm/150mm, längs: 24Ø16mm, Aufhängebew.: 4Ø16mm/Dorn

6.6 Bemessungsbeispiel: Fuge in Flachdecke, Lösung mit CRET-Computerprogramm, Abstände angepasst

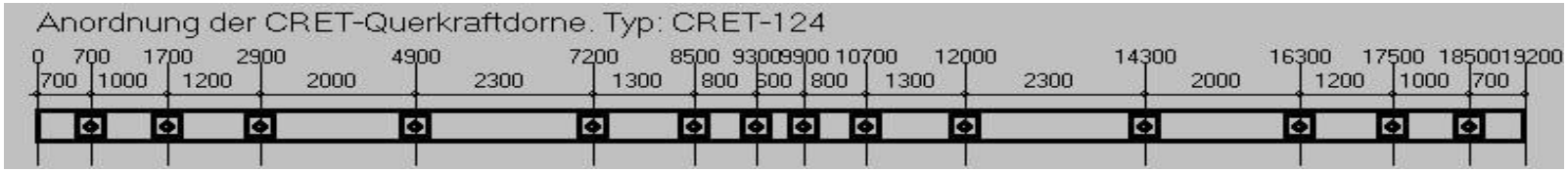
Anmerkung

Variante 1: 17 Dorne CRET-122 Abstände praxisgerecht angepasst



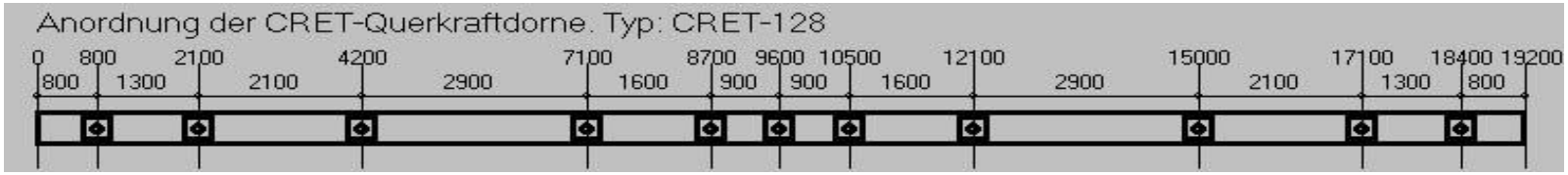
quer: Ø12mm/150mm, längs: 22Ø14mm, Aufhängebew.: 4Ø12mm/Dorn

Variante 2: 14 Dorne CRET-124 Abstände praxisgerecht angepasst



quer: Ø14mm/150mm, längs: 22Ø16mm, Aufhängebew.: 4Ø14mm/Dorn

Variante 3: 11 Dorne CRET-128 Abstände praxisgerecht angepasst

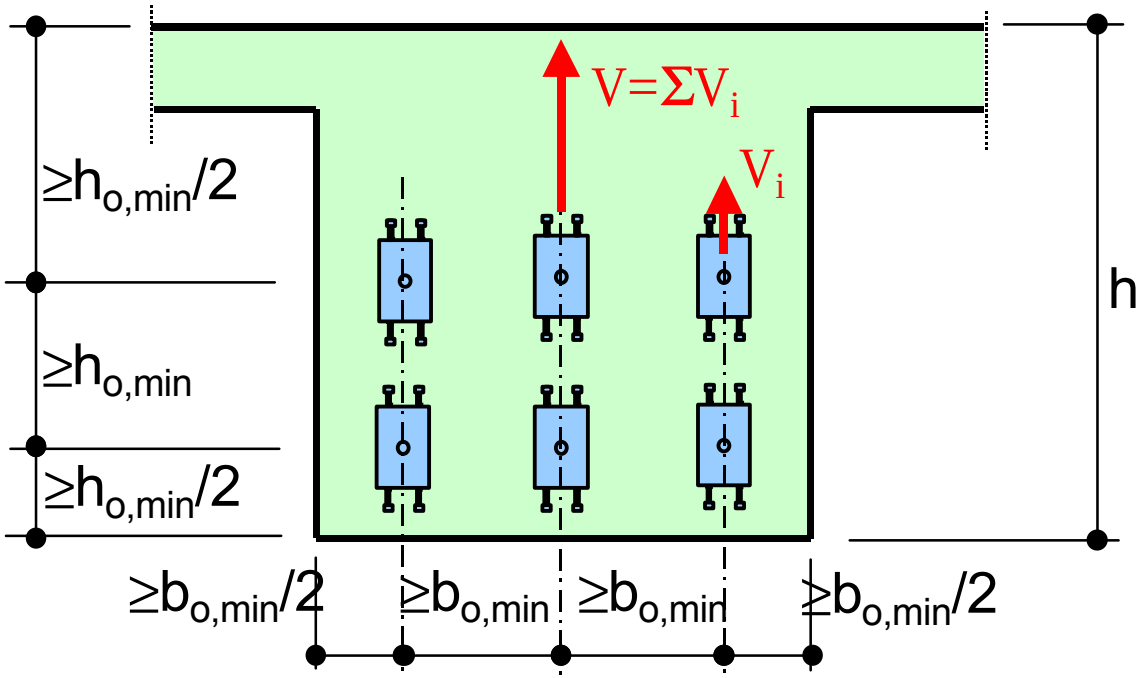


quer: Ø16mm/150mm, längs: 24Ø16mm, Aufhängebew.: 4Ø16mm/Dorn

7.1 Trägeranschlüsse, Mindestabstände

Anmerkung

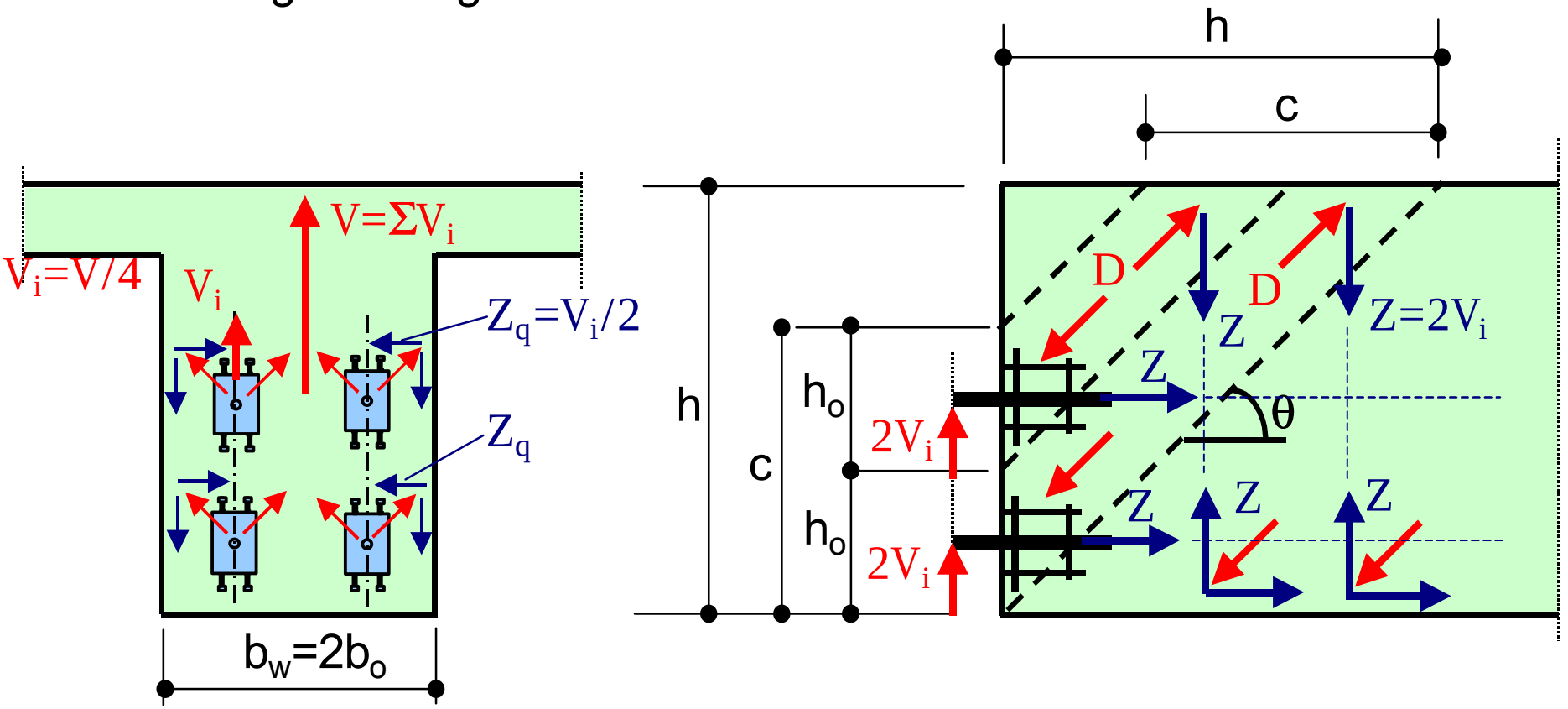
Mindestabmessungen von Trägerstegen und minimale Dornabstände



CRET-122	$b_{o,min}$ = 180 mm	$h_{o,min}$ = 180 mm
CRET-124	$b_{o,min}$ = 200 mm	$h_{o,min}$ = 200 mm
CRET-128	$b_{o,min}$ = 250 mm	$h_{o,min}$ = 240 mm
CRET-134	$b_{o,min}$ = 300 mm	$h_{o,min}$ = 300 mm
CRET-140	$b_{o,min}$ = 350 mm	$h_{o,min}$ = 350 mm

Anmerkung

Krafteinleitung am Trägerende mit Querkraftdornen



Konservative Annahme für Bewehrungsbemessung

im Krafteinleitungsbereich: $\theta = 45°$

7.3 Querkraftbegrenzung durch Druckstrebenfestigkeit

Anmerkung

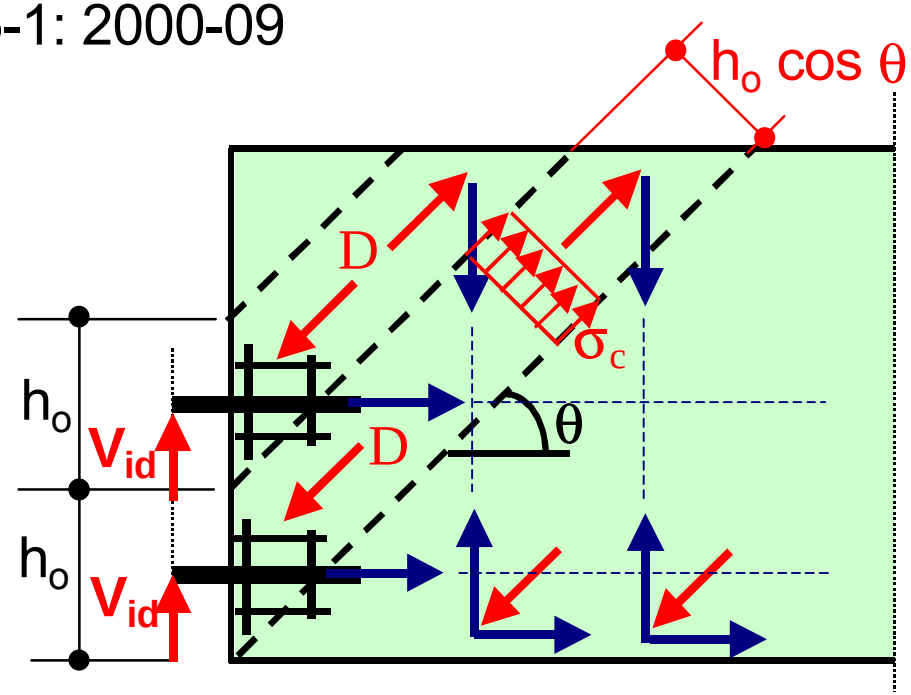
Druckstrebenfestigkeit nach E DIN 1045-1: 2000-09

$$D = \sigma_c \, b_o \, h_o \cos\theta = V_{id} / \sin\theta$$

$$\sigma_c = V_{id} / (b_o \, h_o \sin\theta \cos\theta) \le \alpha_c \, f_{cd}$$

daraus folgt:

$$\mathbf{V_{iRd,max}} = b_o \, h_o \, \alpha_c \, \mathbf{f_{cd}} \, \mathbf{\sin\theta \cos\theta}$$



mit $b_o = b_w$ und $h_o = z$ ist dieser Wert identisch mit Gl.(76) in E DIN 1045-1:

$$\mathbf{V_{Rd,max}} = \mathbf{b_w \, z \, \alpha_c \, f_{cd} \, / \, (\cot\theta + \tan\theta)}$$

mit α_c = 0.75 Abminderungsbeiwert infolge Querzug in den Druckstreben

Anmerkung

7.4 Druckstrebenbeanspruchung bei Anordnung von Dornen

Beanspruchung der Druckstreben bei minimalen Dornabständen und voller Ausnutzung des Dorntragwiderstandes

$$V_{Rd,max} = b_o \, h_o \, \alpha_c \, f_{cd} \, \sin\theta \, \cos\theta$$

nach E DIN 1045-1: 2000-09

mit $\cot\theta = 1.2$

$$V_{Sd} = V_{adm} \, [\kappa_G \, \gamma_G + (1-\kappa_G) \, \gamma_Q]$$

V_{adm} gemäss CRET-Zulassung

$\gamma_G = 1.35$, $\gamma_Q = 1.5$, $\kappa_G = G/(G+Q)$

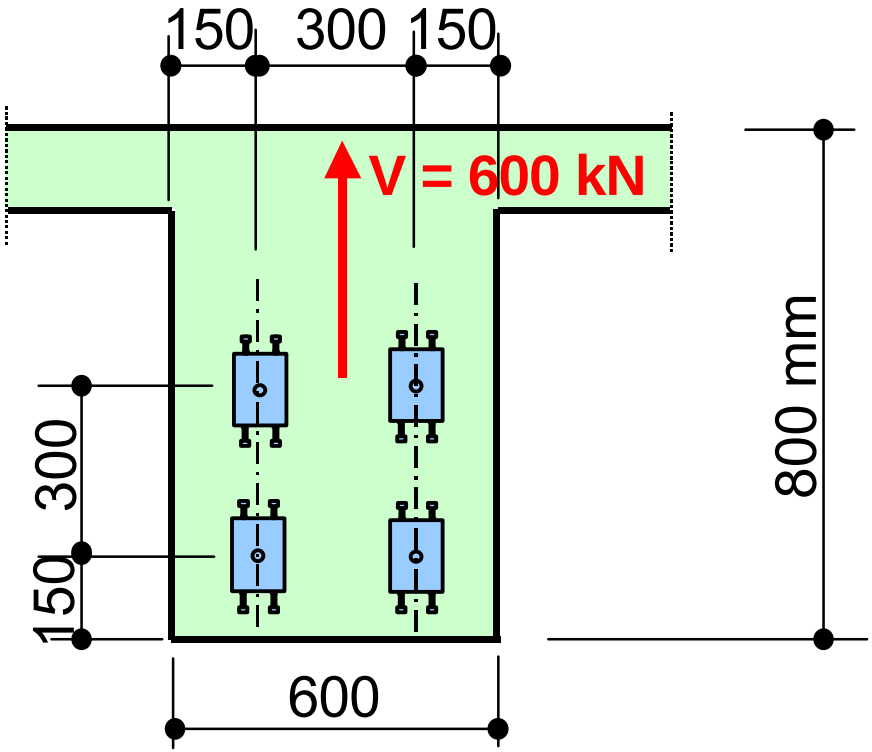
(Tabellenwerte gelten für $\kappa_G = 0.5$)

	C 20/25 $V_{Rd,max} / V_{Sd}$	C 30/37 $V_{Rd,max} / V_{Sd}$	C 35/45 $V_{Rd,max} / V_{Sd}$
CRET-122	1.46	2.10	2.45
CRET-124	1.48	2.21	2.58
CRET-128	1.55	2.31	2.68
CRET-134	1.60	2.36	2.72
CRET-140	1.67	2.34	2.68

Ergebnis:
Die Druckstreben-festigkeit ist in jedem Fall ausreichend

Anmerkung

Bemessungsbeispiel: Anschluss Träger / Stütze



Gegeben:

Querkraft:	V = 600 kN
Eigenlastanteil:	70 %
Fugenöffnung:	e = 30 mm
Beton:	B 35
Betonstahl:	f_y = 500 N/mm^2

Wahl: 4 Dorne CRET-134

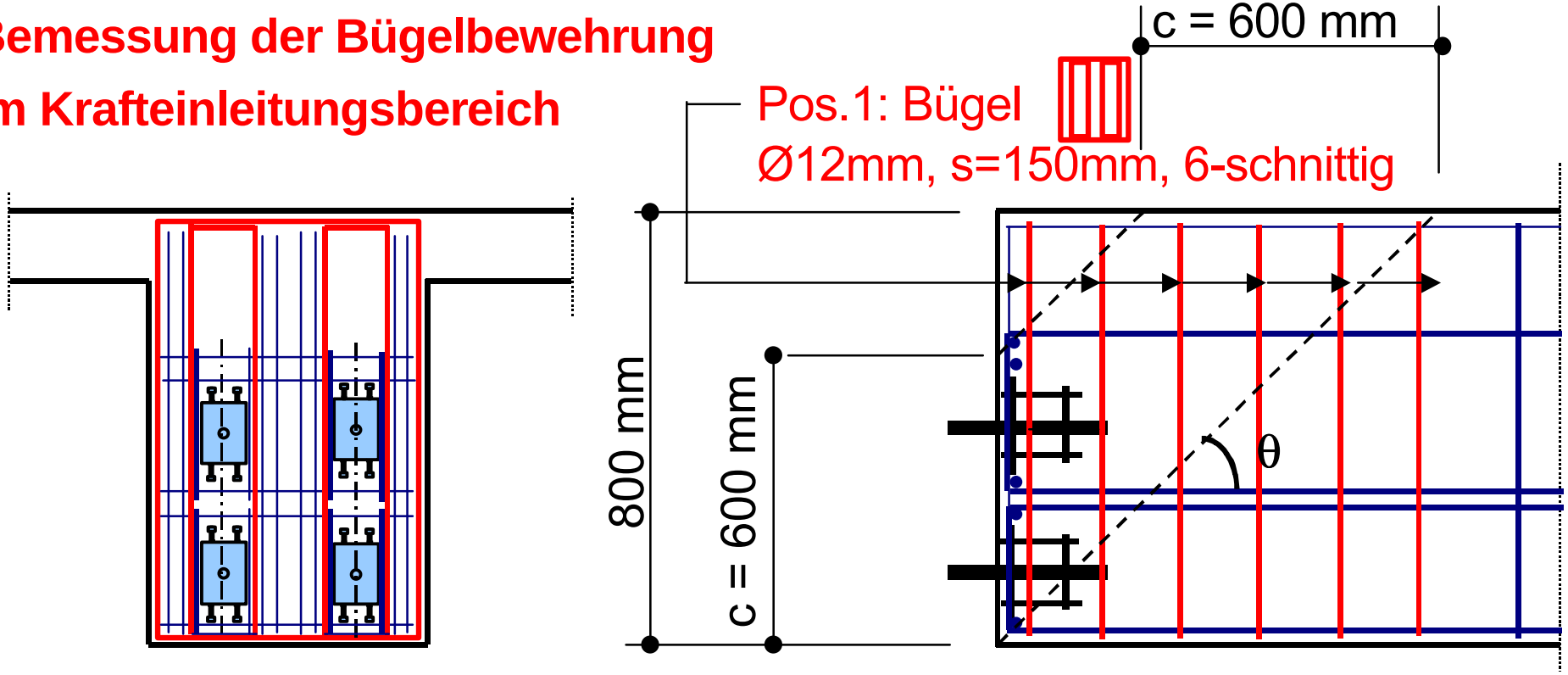
zul. Querkraft pro Dorn: 152 kN

$V = 600\ kN < V_{zul} = 608\ kN$

7.5 Bemessungsbeispiel, Bügel im Krafteinleitungsbereich

Anmerkung

Bemessung der Bügelbewehrung im Krafteinleitungsbereich



$A_{sw,total} = V / (f_y/1.75) = 600 / (0.5/1.75) = 2100\ mm^2$

Verteilbreite c = 0.6 m (Druckstrebenneigung $\theta = 45°$)

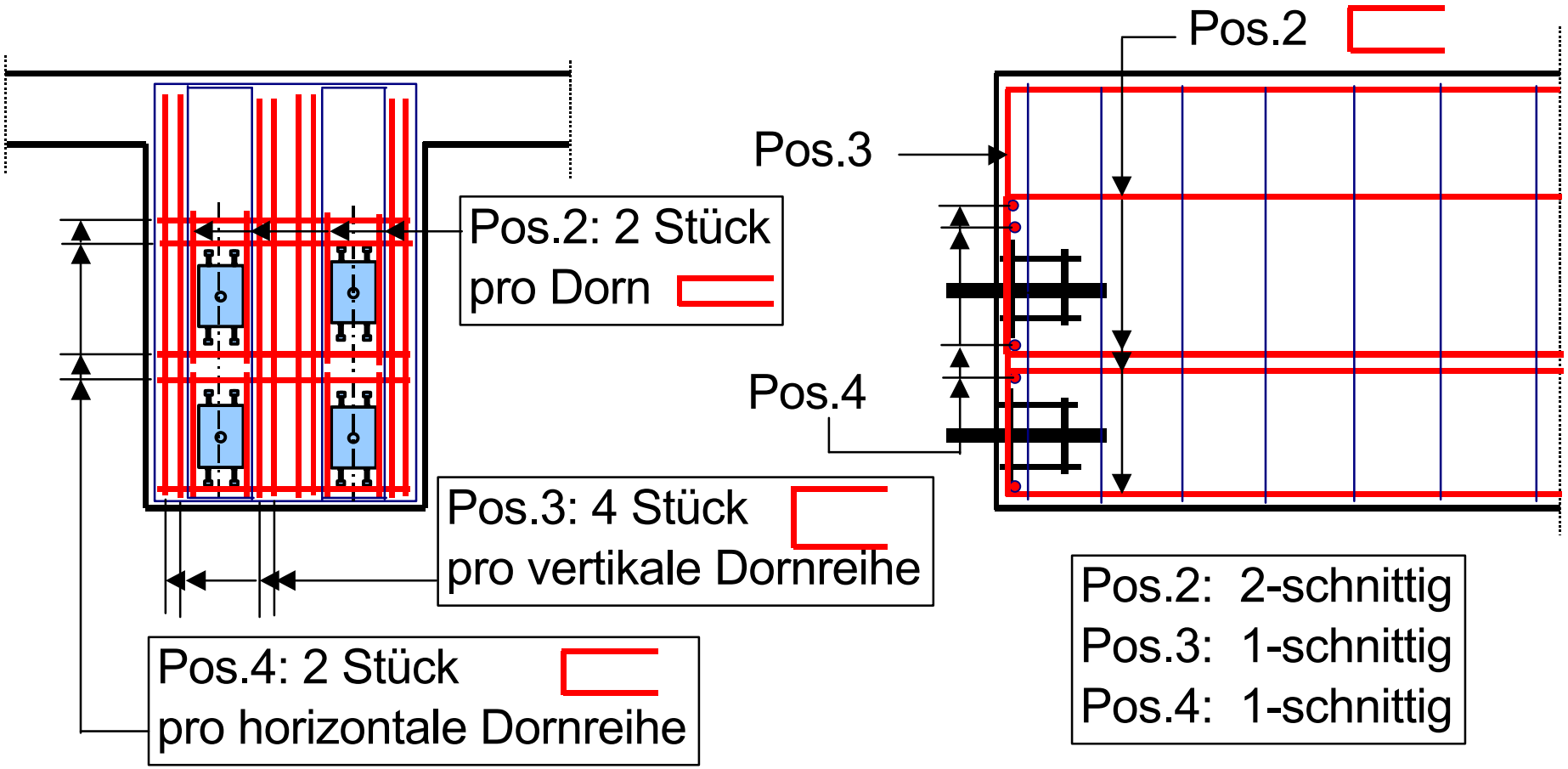
$A_{sw} = A_{sw,total} / c = 2100 / 0.6 = 3500\ mm^2/m$

Wahl: Bügel Ø 12 mm, 6-schnittig, s = 150 mm (4523 mm^2/m)

7.5 Bemessungsbeispiel, Verankerungsbewehrung

Anmerkung

Bemessung der Verankerungsbewehrung im Krafteinleitungsbereich



Pos.2: $A_s = (V/4)/(f_y/1.75) = 150 / 0.286 = 525\ mm^2$ — 4 Ø 14mm

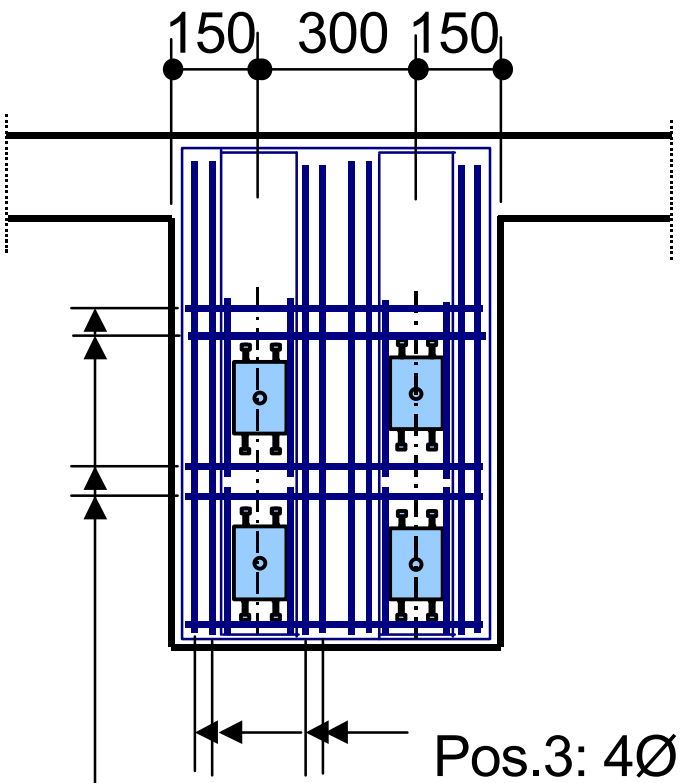
Pos.3: $A_s = (V/4)/(f_y/1.75) = 150 / 0.286 = 525\ mm^2$ — 4 Ø 14mm

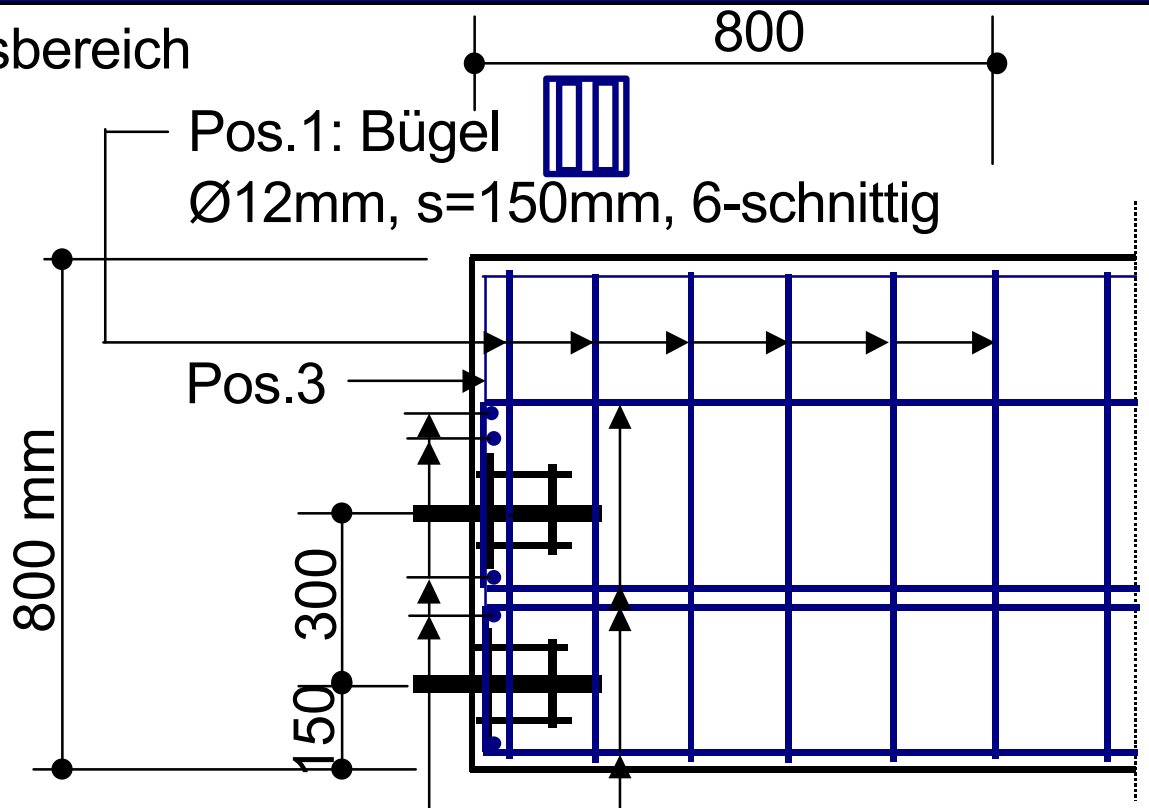
Pos.4: $A_s = (V/8)/(f_y/1.75) = 75 / 0.286 = 263\ mm^2$ — 2 Ø 14mm

7.5 Bemessungsbeispiel, Bewehrungsanordnung

Anmerkung

Bewehrung im Krafteinleitungsbereich





Pos.3: 4Ø14mm
pro vertikale Dornreihe

Pos.4: 2Ø14mm
pro horizontale Dornreihe

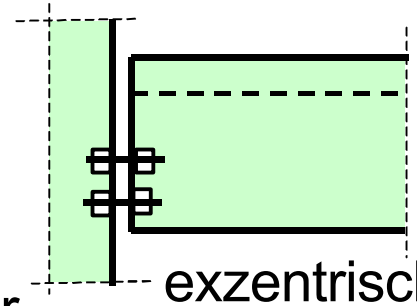
7.6 Trägeranschlüsse, Bemessungsregeln

Anmerkung

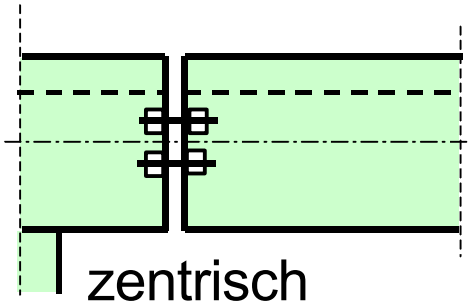
Allgemeine Regeln bei der Bemessung von Trägeranschlüssen:

1. Begrenzung der Druckstrebenbeanspruchung:
   Die Dorn- und Randabstände horizontal und vertikal müssen mindestens $b_{o,min}$ und $b_{o,min}/2$ bzw. $h_{o,min}$ und $h_{o,min}/2$ betragen.
2. Die Bügel- und Verankerungsbewehrung ist aufgrund eines 45°-Fachwerkmodells zu bemessen.
3. Die horizontale Verankerungsbewehrung ist hinter der Krafteinleitungszone voll zu verankern.
4. Eine allfällig ungleichmässige Fugenöffnung infolge eines Auflagerdrehwinkels ist bei der Festlegung von e zu berücksichtigen.
5. Die Positionierung der Dorne ist dem Anschlussdetail anzupassen:

Anschluss Stütze/Träger bzw. Wand/Träger

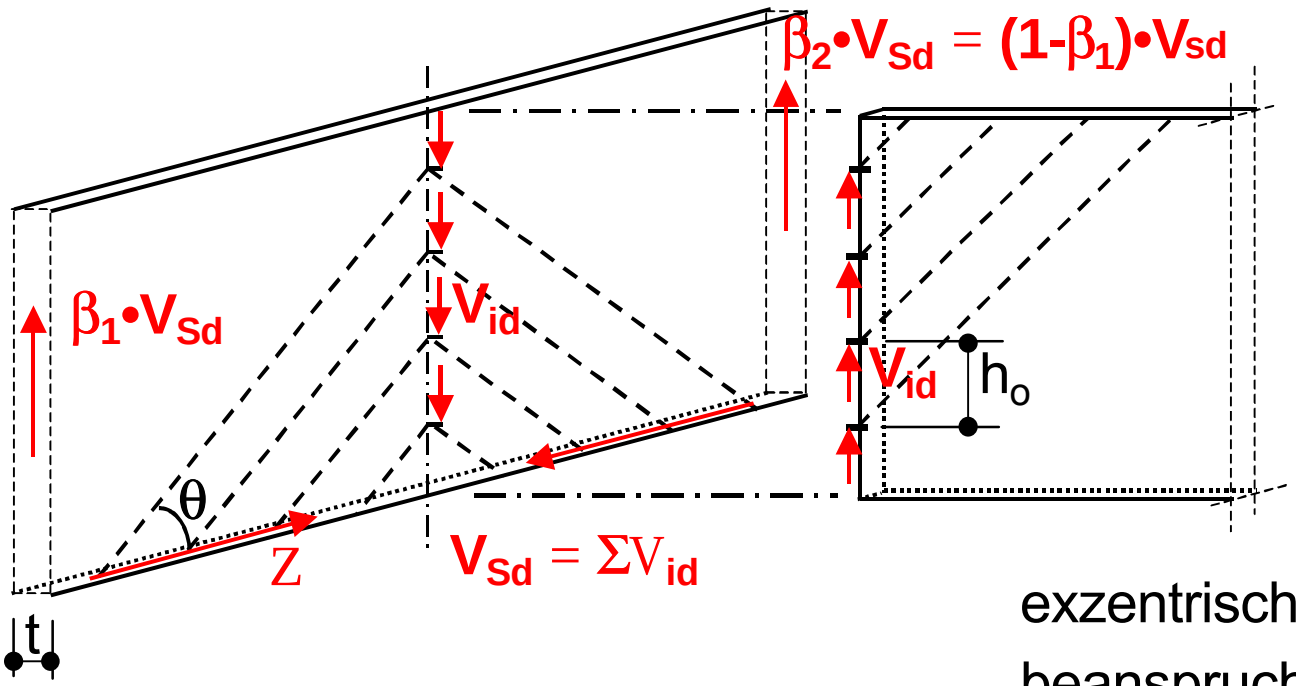


Anschluss Träger/Träger

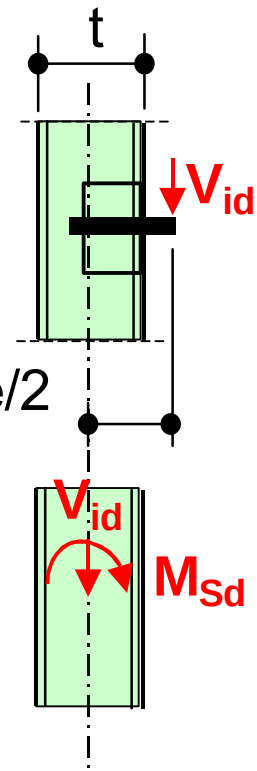


8.1 Wandanschlüsse, Mindestwandstärken

Anmerkung



exzentrische Wand-beanspruchung



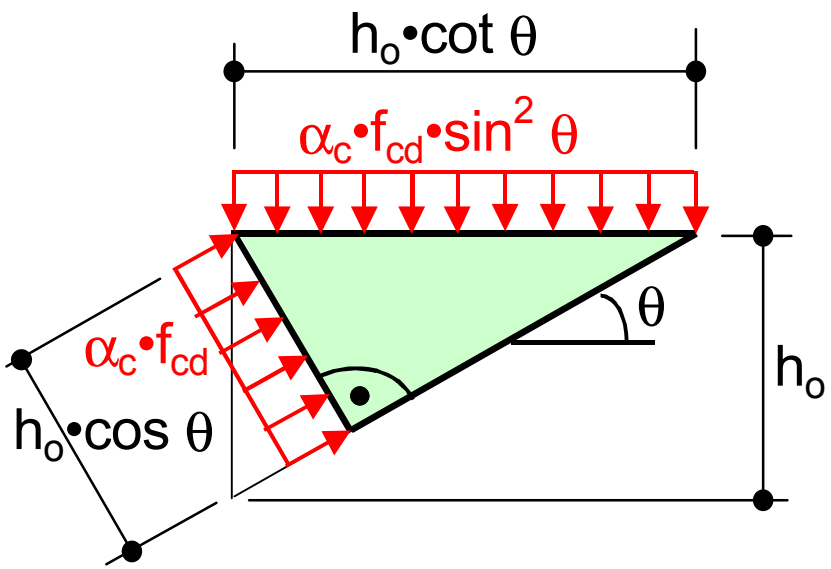
$M_{Sd} = V_{id} \cdot (t+e)/2$

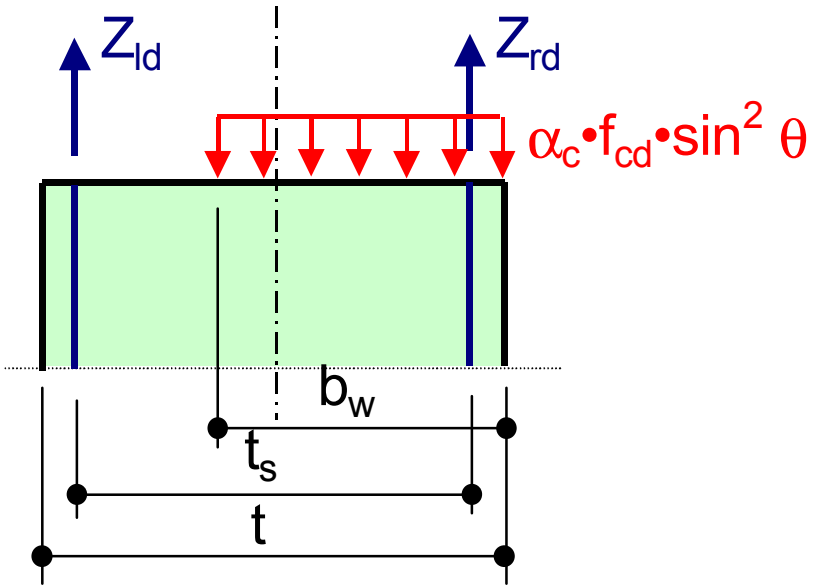
CRET-122	t_{min} = 200 mm
CRET-124	t_{min} = 220 mm
CRET-128	t_{min} = 250 mm
CRET-134	t_{min} = 280 mm
CRET-140	t_{min} = 300 mm

$h_{o,min}$ wie bei Trägeranschluss

8.2 Gleichgewicht am exzentrisch beanspruchten Wandelement (1)

Anmerkung





Vertikales Gleichgewicht am Stabelement der Breite $h_o \cdot \cot\theta$:

$$Z_{ld} + Z_{rd} - \underbrace{\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot h_o \cdot \sin^2\theta \cdot \cot\theta}_{V_{Rdc}} = 0$$

V_{Rdc} [=$V_{Rd,max}$ nach E DIN 1045-1 Gl. (76)]

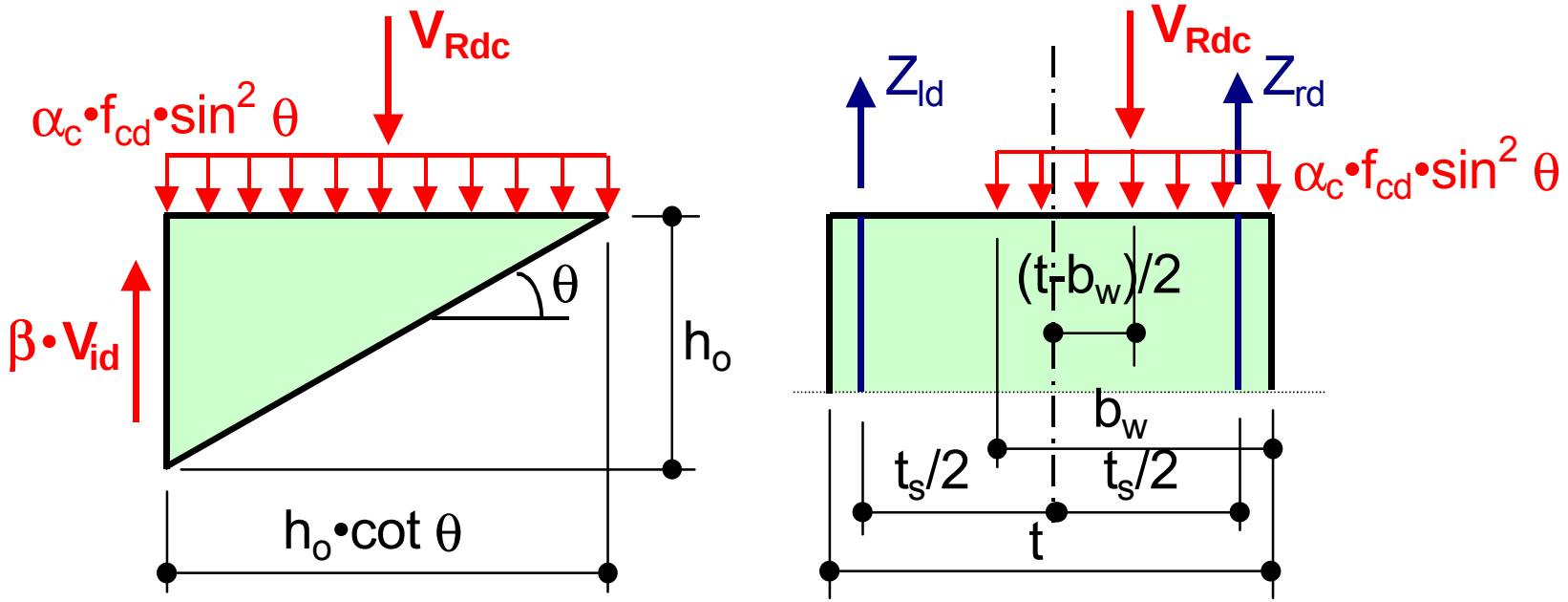
$$V_{Rdc} = Z_{ld} + Z_{rd}$$

$$Z_{ld} = A_{swl} \cdot f_{yd} \qquad Z_{rd} = V_{Rdc} - Z_{ld}$$

Kontrolle der Fliessbedingung: $-A_{swr} \cdot f_{yd} \le Z_{rd} \le A_{swr} \cdot f_{yd}$

8.2 Gleichgewicht am exzentrisch beanspruchten Wandelement (2)

Anmerkung



Biegewiderstand:

$$M_{Rd} = (Z_{ld} - Z_{rd}) \cdot t_s/2 + \underbrace{(Z_{ld} + Z_{rd})}_{= V_{Rdc}} \cdot (t - b_w)/2$$

Bemessungsbedingung: $M_{Sd} = V_{id} \cdot (t+e)/2 \leq M_{Rd}$

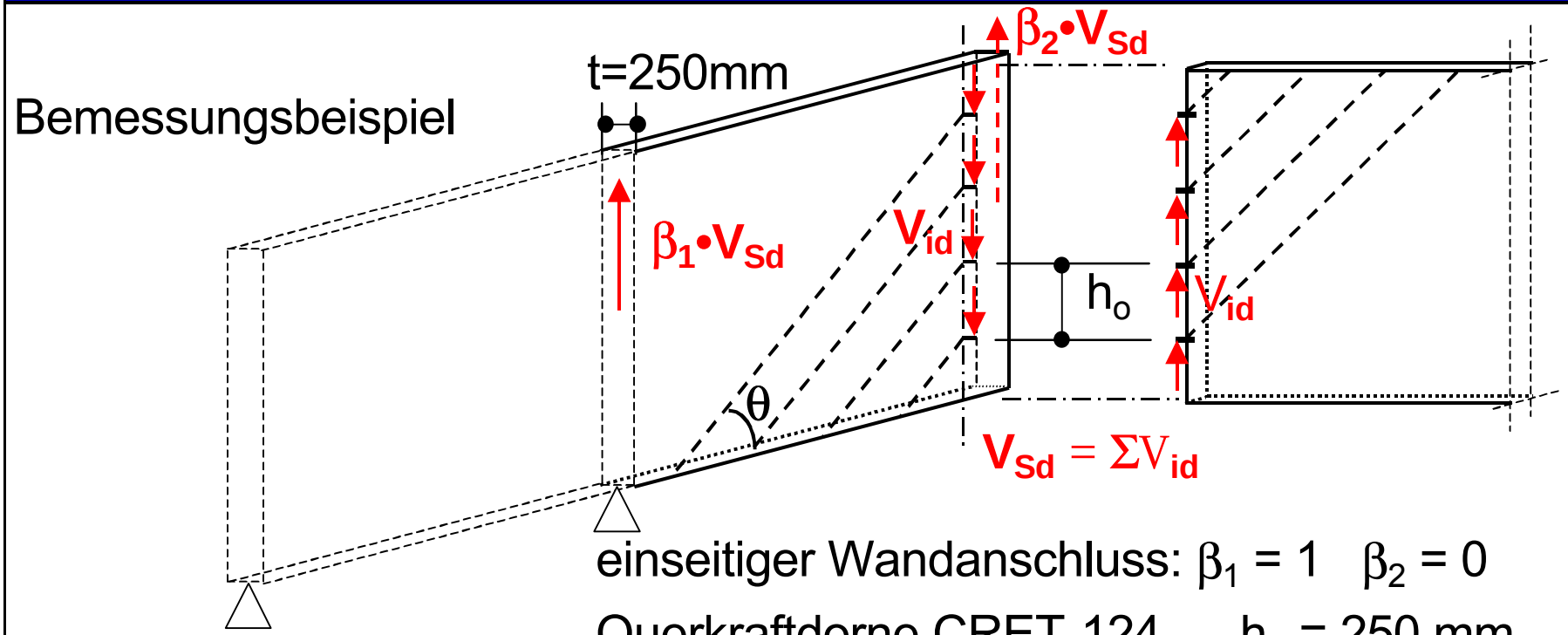
mit $\beta \cdot V_{id} = V_{Rdc} = \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot h_o / (\tan \theta + \cot \theta)$

folgt für die Breite b_w der Druckstrebe:

$$b_w = \beta \cdot V_{id} \cdot (\tan \theta + \cot \theta) / (\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot h_o)$$

8.3 Wandanschluss, Bemessungsbeispiel

Anmerkung



einseitiger Wandanschluss: $\beta_1 = 1$ $\beta_2 = 0$

Querkraftdorne CRET-124, $h_o = 250$ mm

Beton B 20/25: $f_{cd} = 0.85 \cdot 20/1.5 = 11.3$ N/mm^2

Betonstahl: $f_{yd} = 500/1.15 = 435$ N/mm^2

Bemessungswert der Dornquerkraft: $V_{id} = 100$ kN

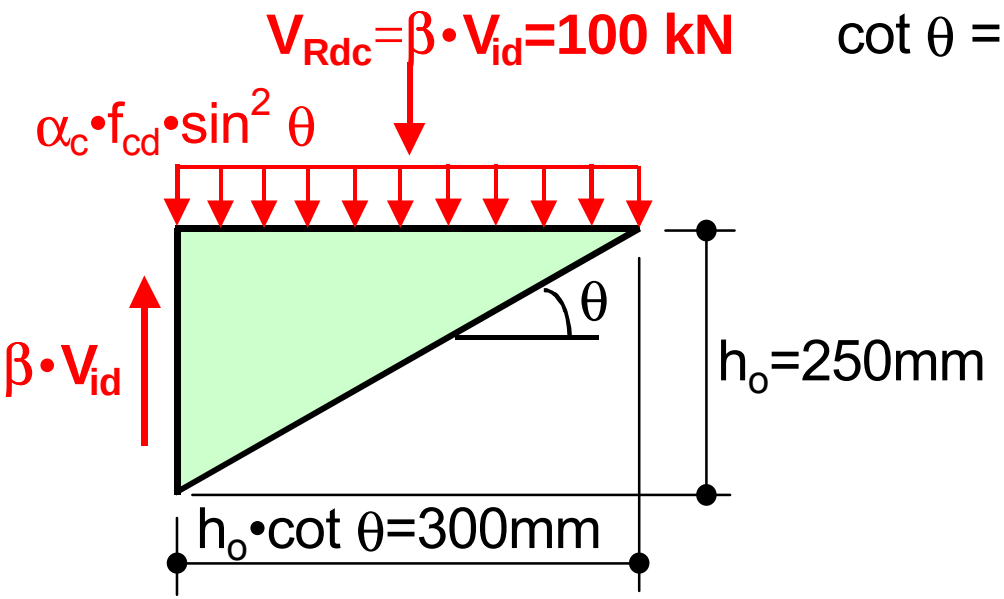
Fugenöffnung: e = 20 mm

Wandbewehrung: vertikal Ø 12 mm s = 150 mm

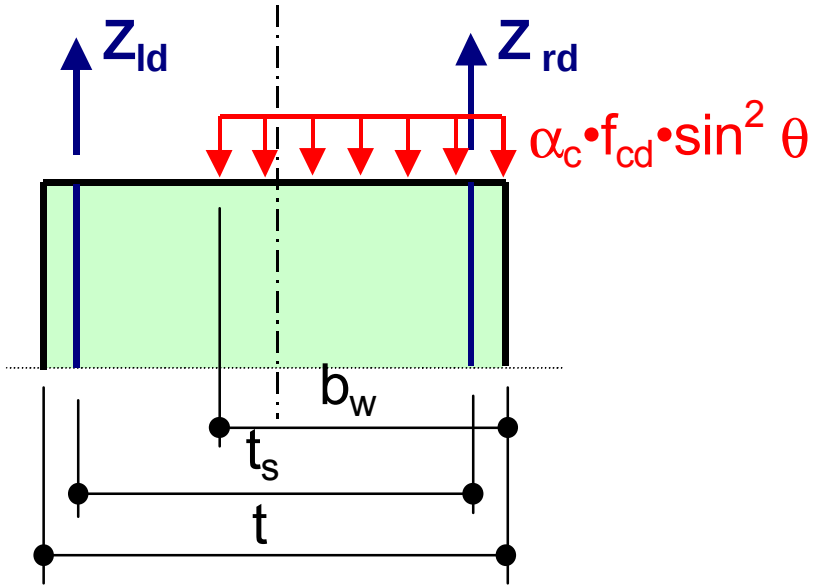
horizontal Ø 14 mm s = 125 mm

8.3 Wandanschluss, Nachweis der Tragsicherheit (1)

Anmerkung



$\cot \theta = 1.2$ (E DIN 1045-1,10.3.4(5))



$$b_w = \beta \cdot V_{id} \cdot (\tan \theta + \cot \theta) / (\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot h_o)$$

$$b_w = 1 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot (1/1.2 + 1.2) / (0.75 \cdot 11.3 \cdot 250) = 96 \text{ mm}$$

$$a_{swl} = a_{swr} = 754 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{swl} = A_{swr} = 754 \cdot h_o \cdot \cot \theta = 754 \cdot 0.25 \cdot 1.2 = 226 \text{ mm}^2$$

$$Z_{ld} = A_{swl} \cdot f_{yd} = 226 \cdot 0.435 = 98.4 \text{ kN}$$

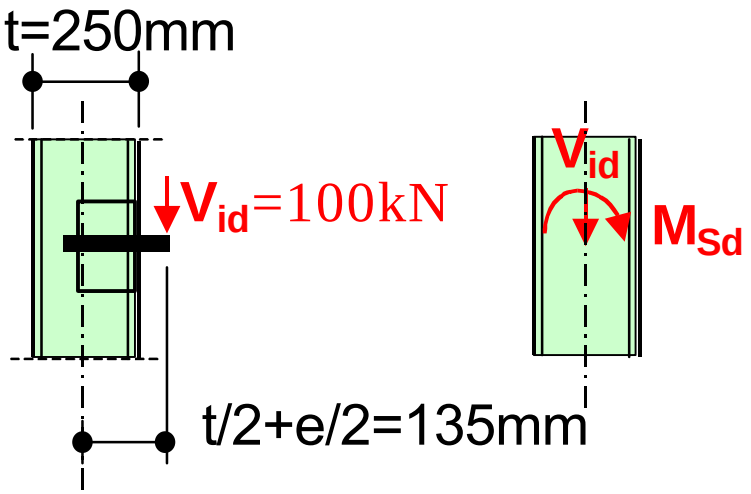
$$V_{Rdc} = \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot h_o / (\tan \theta + \cot \theta) = \beta \cdot V_{id} = 100 \text{ kN}$$

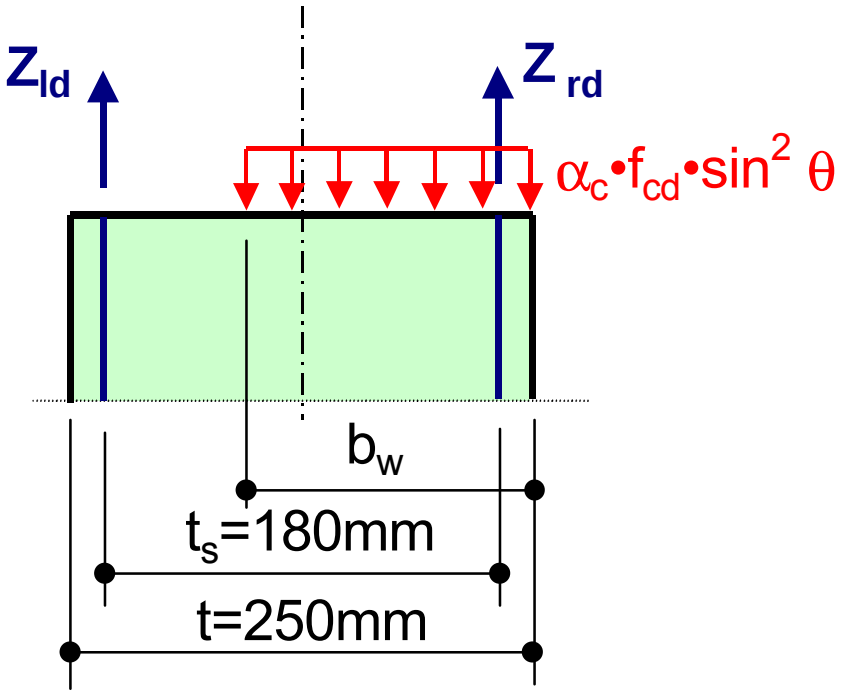
$$Z_{rd} = V_{Rdc} - Z_{ld} = 100 - 98.4 = 1.6 \text{ kN}$$

Kontrolle der Fliessbedg.: $-Z_{yd} = -98.4 \text{ kN} \le Z_{rd} = 1.6 \text{ kN} \le Z_{yd} = 98.4 \text{ kN}$

8.3 Wandanschluss, Nachweis der Tragsicherheit (2)

Anmerkung





Biegewiderstand:

$$M_{Rd} = (Z_{ld} - Z_{rd}) \cdot t_s/2 + (Z_{ld} + Z_{rd}) \cdot (t - b_w)/2$$

$$M_{Rd} = (98.4 - 1.6) \cdot 0.18/2 + (98.4 + 1.6) \cdot (0.25 - 0.096)/2 = 16.4 \text{ kNm}$$

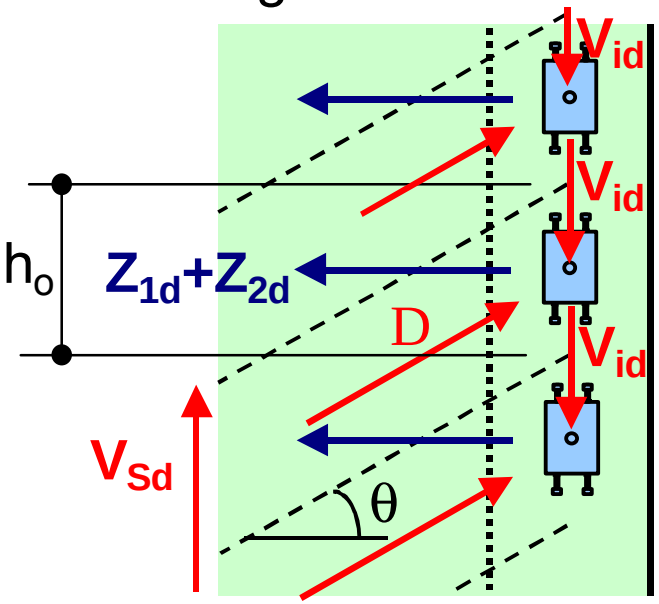
Bemessungsmoment: $M_{Sd} = V_{id} \cdot (t/2 + e/2) = 100 \cdot 0.135 = 13.5$ kNm

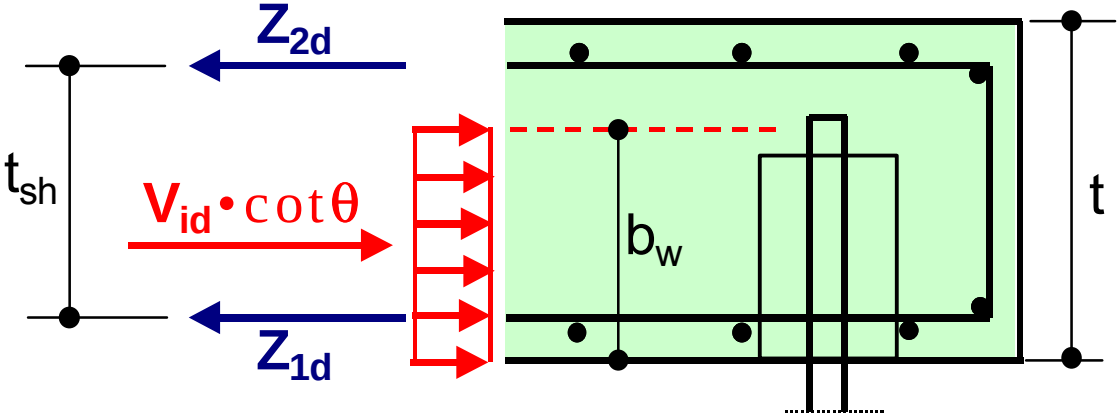
Tragsicherheitsnachweis: $M_{Sd} = 13.5 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 16.4 \text{ kNm}$ erfüllt

8.4 Wandanschluss, horizontale Bewehrung

Anmerkung

Bemessung der horizontalen Bewehrung



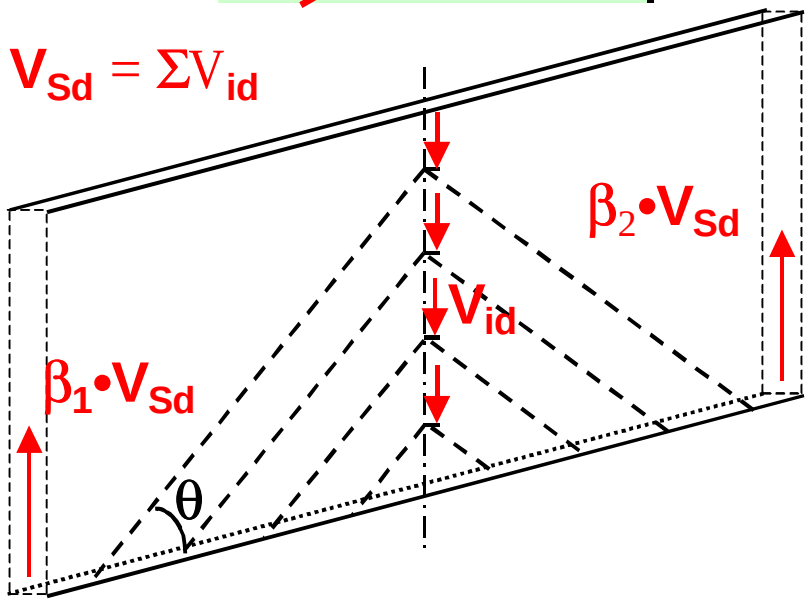


Für den Rand-Wandanschluss gilt $\beta_1=1$, $\beta_2=0$

$$Z_{1d} = V_{id}\cdot\cot\theta\cdot(t_{sh} + t - b_w) / (2t_{sh})$$

$$Z_{2d} = V_{id}\cdot\cot\theta\cdot(t_{sh} - t + b_w) / (2t_{sh})$$

Bei symmetrischem Anschluss gilt: $\beta_1=\beta_2=0.5$ und $Z_{1d}=Z_{2d}=0$



Die Druckdiagonalen bewirken Querzugkräfte. Eine horizontale und vertikale Verteilbewehrung ist daher stets erforderlich.

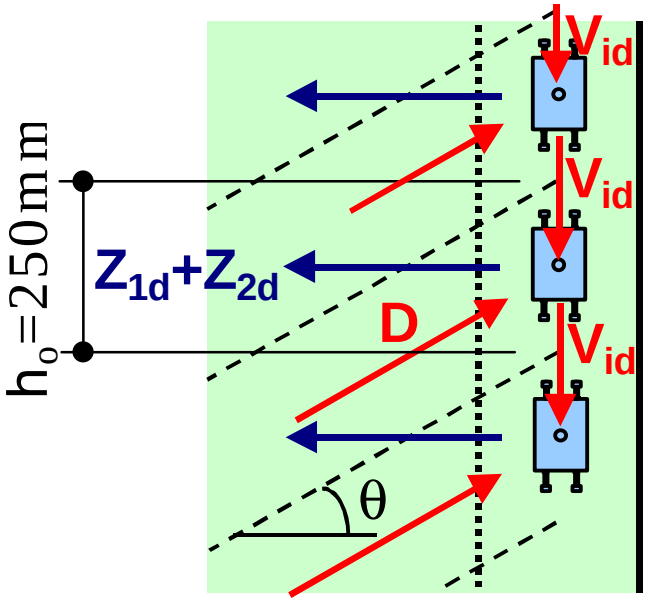
8.4 Wandanschluss, horizontale Bewehrung, Bemessungsbeispiel

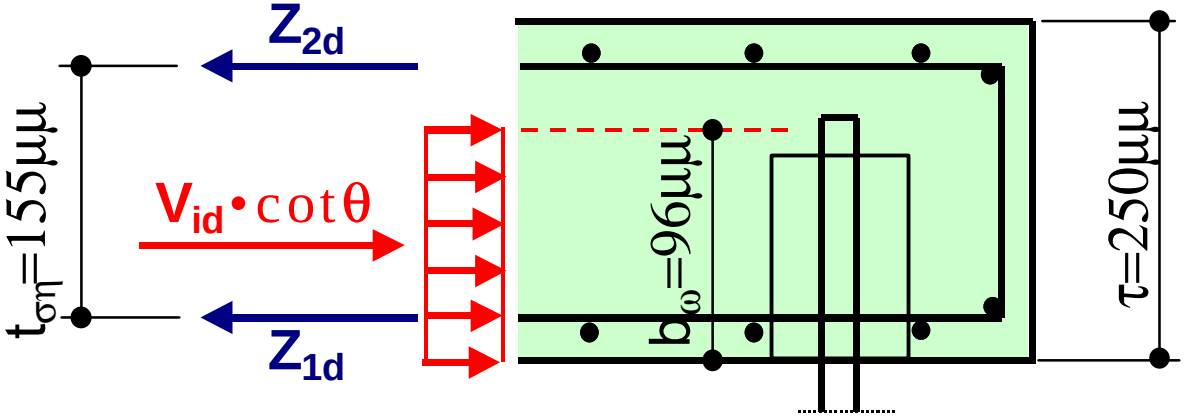
Anmerkung

Horizontale Bewehrung im Bemessungsbeispiel

V_{id} = 100 kN

cot θ = 1.2





$Z_{1d} = V_{id} \cdot \cot\theta \cdot (t_{sh} + t - b_w) / (2t_{sh})$

$= 100 \cdot 1.2 \cdot (155 + 250 - 96) / (2 \cdot 155) = 119.6$ kN

$Z_{2d} = V_{id} \cdot \cot\theta \cdot (t_{sh} - t + b_w) / (2t_{sh})$

$= 100 \cdot 1.2 \cdot (155 - 250 + 96) / (2 \cdot 155) = 0.4$ kN (massgebend ist Z_{1d})

A_s horizontal: Ø 14mm, s=125 mm, d.h. 2Ø14mm (308mm²) über h_o=250mm

$Z_{1d} = 119.6$ kN < $Z_{1Rd} = A_s \cdot f_{yd} = 308 \cdot 0.435 = 133.8$ kN Nachweis erfüllt

Anmerkung

Allgemeine Regeln bei der Bemessung von Wandanschlüssen:

1. Die Wahl des Dorntyps ist der Wanddicke anzupassen, d.h. die für den Dorntyp definierte minimale Wanddicke $t_{o,min}$ ist einzuhalten.
2. Die Querkraftdorne bewirken eine exzentrische Krafteinleitung in die Wandscheibe deren Einfluss auf das Betondruckfeld und auf die horizontale und vertikale Wandbewehrung zu berücksichtigen ist (siehe vorangehende Ausführungen).
3. Eine allfällig ungleichmässige Fugenöffnung, z.B. infolge einer ungleichmässigen Setzung, ist bei der Festlegung der rechnerischen Fugenöffnung zu berücksichtigen.
4. Für die Weiterleitung der Kräfte gelten die bekannten Regeln für die Modellbildung bei Wandscheiben (Fachwerk- und Bogenwirkung).
5. Gegebenenfalls ist die Gesamtstabilität zu untersuchen.