

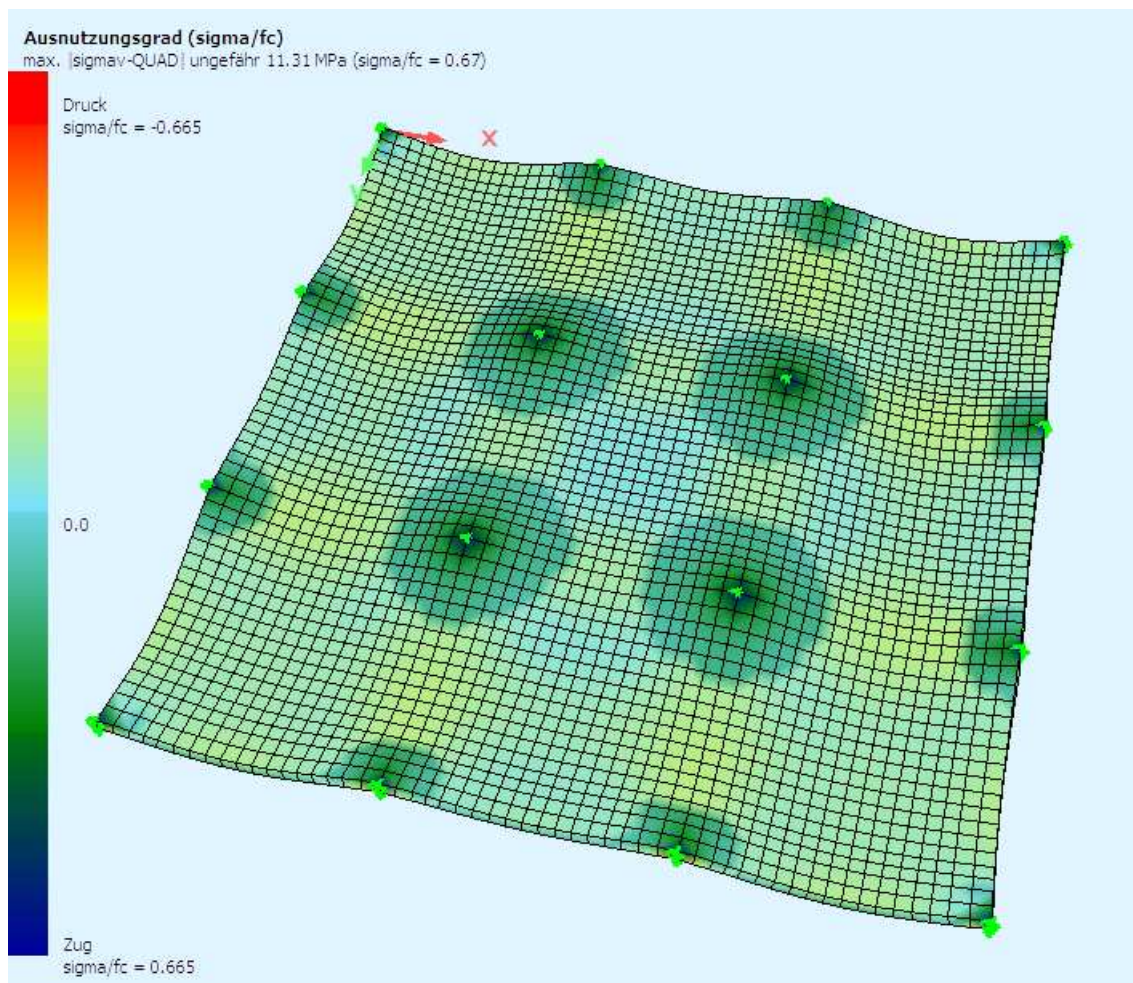
Normenbeispiel

Nachweise GZT gegen

Durchstanzen über

Stützen gemäß DIN1045-1

(06/2008)



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
2	System + Belastung	4
2.1	System	4
3	Nachweise Bruchzustand	6
3.1	Durchstanznachweis über Stütze 1 - Eckstütze	6
3.1.1	Ergebnisse der Bemessung mit BEMESS	6
3.1.2	Handrechnung	6
3.1.2.1	Bemessungsquerkraft über der Stütze	6
3.1.2.2	Aufzunehmende Querkraft im kritischen Rundschnitt	7
3.1.2.3	Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung	7
3.1.2.4	Nachweis	7
3.1.2.5	Vergleich der Ergebnisse	8
3.1.3	CADINP Eingabe der Bemessungseinstellungen	8
3.2	Durchstanznachweis über Stütze 2 – Randstütze	9
3.2.1	Ergebnisse der Bemessung mit BEMESS	9
3.2.2	Handrechnung	9
3.2.2.1	Bemessungsquerkraft über der Stütze	9
3.2.2.2	Aufzunehmende Querkraft im kritischen Rundschnitt	10
3.2.2.3	Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung	10
3.2.2.4	Nachweis	10
3.2.2.5	Vergleich der Ergebnisse	11
3.2.3	CADINP Eingabe der Bemessungseinstellungen	11
3.3	Durchstanznachweis über Stütze 6 - Innenstütze	12
3.3.1	Ergebnisse der Bemessung mit BEMESS	12
3.3.2	Handrechnung	12
3.3.2.1	Bemessungsquerkraft über der Stütze	12
3.3.2.2	Aufzunehmende Querkraft im kritischen Rundschnitt	13
3.3.2.3	Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung	13
3.3.2.4	Nachweis im kritischen Rundschnitt (nicht erfüllt)	14
3.3.2.5	Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung mit der vorhandenen Biegebewehrung	14
3.3.2.6	Querkrafttragfähigkeit mit Durchstanzbewehrung bei Erreichen der Druckstrebenfestigkeit	14

3.3.2.7	Nachweis im kritischen Rundschnitt unter Mitwirkung von Schubbewehrung	14
3.3.2.8	Ermittlung der Schubbewehrung im 1. Bemessungsschnitt und Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im zugehörigen äußeren Rundschnitt	15
3.3.2.9	Ermittlung der Schubbewehrung im 2. Bemessungsschnitt und Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im zugehörigen äußeren Rundschnitt	16
3.3.2.10	Ermittlung der Schubbewehrung im 3. Bemessungsschnitt und Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im zugehörigen äußeren Rundschnitt	17
3.3.2.11	Ermittlung der Schubbewehrung im 4. Bemessungsschnitt und Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im zugehörigen äußeren Rundschnitt	19
3.3.2.12	Vergleich der Ergebnisse	20
3.3.3	CADINP Eingabe der Bemessungseinstellungen	21

1 Einführung

Nachfolgend werden die Durchstanznachweise über Stützen (im Grenzzustand der Tragfähigkeit, GZT) gemäß DIN 1045-1 (Ausgabe 06/2008) am Beispiel einer punktförmig gestützten Platte durchgeführt. Die durch das Programm berechneten Ergebnisse werden mittels einer Handrechnung überprüft. Die Nachweise werden an einzelnen Stellen mit vorgegebenen Bemessungsschnittgrößen durchgeführt.

2 System + Belastung

2.1 System

Untersucht wird eine Flachdecke mit Gesamtabmessung 15,00 x 15,00 m und einem Stützenraster von $L_s = 5,00$ m. Für alle Berechnungen wird eine zwangungsfreie Lagerung angenommen.

Die Nachweise beschränken sich rein auf das Durchstanzen der Decke über den Stützen. Die Ermittlung der Biegebewehrung erfolgt hier nicht. Ggf. für die Bemessung erforderliche Werte werden vom Programm übernommen und zur Weiterverarbeitung verwendet.

Querschnittswerte:

Plattendicke	$h = 22$ cm
Stützenabmessungen	$b/h = 30/30$ cm
Beton:	C 20/25
Bewehrungsstahl:	BSt 500 S
Abstand Betonkante bis Achse Bewehrung bei Stäben $\varnothing 14$ mm => nom c = 3,0 cm	$3,7/5,1$ cm

Belastung:

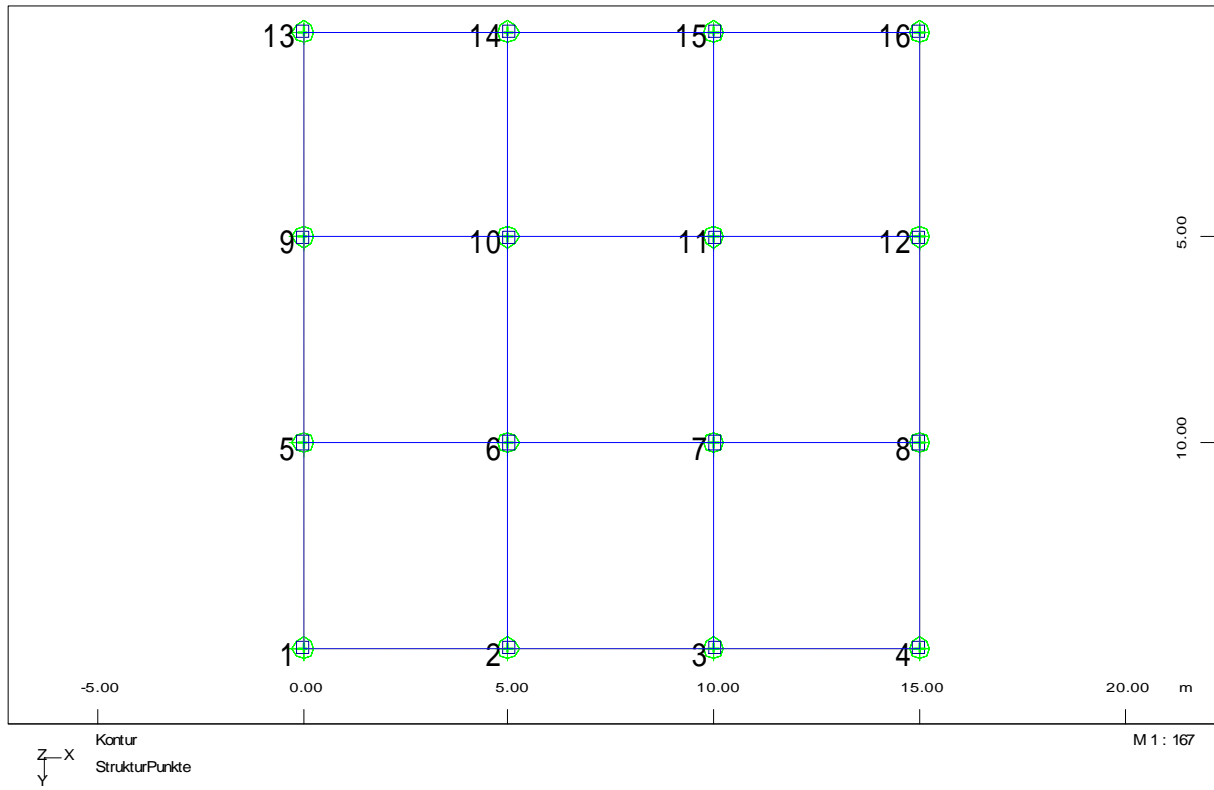
Eigenlast Platte	0,22*25	g	=	5,50 kN/m ²
Eigenlast Aufbau		g	=	1,50 kN/m ²
Summe Eigenlasten		Σg	=	7,00 kN/m ²

Veränderliche Lasten		q	=	3,50 kN/m ²
----------------------	--	---	---	------------------------

Die Platte erhält eine Bewehrung aus Stabstahl $\varnothing 14$ mm.



Die Eingabe erfolgt sowohl auf numerischer Basis mit der CADINP Eingabesprache im TEDDY als auch graphisch über den SSD und Sofiplus.



3 Nachweise Bruchzustand

3.1 Durchstanznachweis über Stütze 1 - Eckstütze

3.1.1 Ergebnisse der Bemessung mit BEMESS

Durchstanznachweise (DIN1045-1 2008)

```

Auflagerknoten Nummer =      1           X= 0.000 [m]           Y= 15.00 [m]
größte Querkraft V-Ed= 75.8 [kN]      LF= 2105 aus QUAD Anschlußkräften
Stützenabmessung      b= 0.300 [m]      d= 0.300 [m]
Plattendicke h-platte= 0.220 [m]      depth 0.176 [m]
Nachweisschnitt 1.5*d= 0.264 [m]      utot= 2.859 [m]      ucrit= 1.015 [m]
  (u= 25 % von utot + Randabstand 2* 0.150 [m] -> Eckstütze)
Mindestbewehr.as-oben = 5.34 [cm2/m] (Mindestbem.moment-> Eckstütze)
Mindestbewehr.as-unten= 5.34 [cm2/m] (Mindestbem.moment-> Eckstütze)
Biegebewehrung      fe>= 10.36 [cm2/m] mue= 0.59 [o/o] VRdct 112.1 [kN/m]
v-Ed = 1.50*V/ucrit = 112.1 [kN/m] <= 112.1 [kN/m] =VRdct
  
```

1.50=pauschaler Exzentrizitätsbeiwert beta

Es ist keine Durchstanz-Schubbewehrung erforderlich.

3.1.2 Handrechnung

Für die Handrechnung wird zunächst die Größe der Einzugsfläche ermittelt. Dabei wird ein Durchlauffaktor für Durchlaufträger mit gleichen Stützweiten berücksichtigt.

Eckstütze, Längen der Einzugsfläche

$$L_1/L_2 = 5,00/5,00 \text{ m} \quad \Rightarrow A = 25,00 \text{ m}^2$$

Durchlauffaktor für 3-Feldträger, in beiden Richtungen Auflager A

$$f = 0,45 \cdot 0,45 = 0,203$$

3.1.2.1 Bemessungsquerkraft über der Stütze

$$V_{Ed} = (1,35 \cdot 7 + 1,5 \cdot 3,5) \cdot 0,203 \cdot 25,00 = 74,6 \text{ kN}$$

Die vom Programm ermittelte Last beträgt

$$V_{Ed} = 75,8 \text{ kN} .$$

Die beiden Werte stimmen recht gut überein.

Der besseren Nachvollziehbarkeit wegen wird nun mit dem vom Programm ermittelten Wert weiter gerechnet.

3.1.2.2 Aufzunehmende Querkraft im kritischen Rundschnitt

$$v_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} / u_{crit}$$

mit $\beta = 1,5$ (Eckstütze)

mit $u_{crit} = 2 \cdot h_{Stütze} + 1,5 \cdot d_{Decke} \cdot 3,14 / 2$

$h_{Stütze} = 30 \text{ cm}$ (Abmessungen Stütze)

$d_{Decke} = 22 - (3,7 + 5,1) / 2 = 17,6 \text{ cm}$ (mittlere statische Höhe der Decke)

$\Rightarrow u_{crit} = 2 \cdot 0,30 + 1,5 \cdot 0,176 \cdot 3,14 / 2 = 1,014 \text{ m}$

$\Rightarrow v_{Ed} = 1,5 \cdot 75,8 / 1,014 = 112,13 \text{ kN / m}$

3.1.2.3 Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung

$$v_{Rd,ct} = [(0,21 / \gamma_c) \cdot \eta_1 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \cdot \sigma_{cd}] \cdot d$$

mit $\eta_1 = 1,0$ (Normalbeton)

$\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \Rightarrow \kappa = 2,0$ (statische Höhe $\leq 200 \text{ mm}$)

$\rho_1 = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \leq \begin{cases} 0,5 \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,5 \cdot 0,85 \cdot 20 / 1,5 / (500 / 1,15) = 0,013 \\ 0,02 \end{cases}$

$\rho_1 = \frac{10,36}{100 \cdot 17,6} = 0,0059$ (A_s wird vom Programm so weit erhöht, bis $V_{Rd,ct}$

für die Querkraftaufnahme ausreicht)

$f_{ck} = 20 \text{ MN / m}^2$

$\sigma_{cd} = 0$

$\Rightarrow v_{Rd,ct} = [(0,21 / 1,5) \cdot 1,0 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0059 \cdot 20)^{1/3} - 0,12 \cdot 0] \cdot 0,176 \cdot 1000$


$v_{Rd,ct} = 112,19 \text{ kN / m}$

3.1.2.4 Nachweis

$v_{Ed} \leq v_{Rd,ct} \Rightarrow 112,1 \leq 112,1$

An dieser Eckstütze ist keine Durchstanzbewehrung erforderlich.

3.1.2.5 Vergleich der Ergebnisse

	Vergleich der Ergebnisse	
	BEMESS	Handrechnung
Bemessungsquerkraft v_{Ed}	112,1 kN/m	112,1 kN/m
Aufnehmbare Querkraft $v_{Rd,ct}$	112,1 kN/m	112,2 kN/m

3.1.3 CADINP Eingabe der Bemessungseinstellungen

Siehe Abschnitt 1.1.1!

3.2 Durchstanznachweis über Stütze 2 – Randstütze

3.2.1 Ergebnisse der Bemessung mit BEMESS

```

Auflagerknoten Nummer =      2                X= 5.000 [m]          Y= 15.00 [m]
größte Querkraft V-Ed= 173.1 [kN]          LF= 2104 aus QUAD Anschlußkräften
Stützenabmessung      b= 0.300 [m]          d= 0.300 [m]
Plattendicke h-platte= 0.220 [m]          depth 0.176 [m]
Nachweisschnitt 1.5*d= 0.264 [m]          utot= 2.859 [m]          ucrit= 1.729 [m]
    (u= 50 % von utot + Randabstand 2* 0.150 [m] -> Randstütze)
Mindestbewehr.as-oben = 6.16 [cm2/m] (Mindestbem.moment-> Randstütze)
Mindestbewehr.as-unten= 2.95 [cm2/m] (Mindestbem.moment-> Randstütze)
Biegebewehrung      fe>= 20.23 [cm2/m] mue= 1.15 [o/o] VRdct 140.1 [kN/m]
v-Ed = 1.40*V/ucrit = 140.1 [kN/m] <= 140.1 [kN/m] =VRdct
    1.40=pauschaler Exzentrizitätsbeiwert beta
Es ist keine Durchstanz-Schubbewehrung erforderlich.

```

3.2.2 Handrechnung

Für die Handrechnung wird zunächst die Größe der Einzugsfläche ermittelt. Dabei wird ein Durchlauffaktor für Durchlaufträger mit gleichen Stützweiten berücksichtigt.

Randstütze, Längen der Einzugsfläche

$$L_1/L_2 = 5,00/5,00 \text{ m} \quad \Rightarrow A = 25,00 \text{ m}^2$$

Durchlauffaktor für 3-Feldträger, Auflager A in die eine Richtung, Auflager B in die andere Richtung

$$f = 0,45 \cdot 1,1 = 0,495$$

3.2.2.1 Bemessungsquerkraft über der Stütze

$$V_{Ed} = (1,35 \cdot 7 + 1,5 \cdot 3,5) \cdot 0,495 \cdot 25,00 = 181,9 \text{ kN}$$

Der vom Programm ermittelte Last beträgt

$$V_{Ed} = 173,1 \text{ kN}.$$

Der vom Programm ermittelte Wert ist genauer, da für die Handrechnung nur überschläglich mit Durchlauffaktoren gerechnet wurde.

Der besseren Nachvollziehbarkeit wegen wird nun auch hier mit dem vom Programm ermittelten Wert weiter gerechnet.

3.2.2.2 Aufzunehmende Querkraft im kritischen Rundschnitt

$$v_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} / u_{crit}$$

mit $\beta = 1,4$ (Randstütze)

mit $u_{crit} = 3 \cdot h_{Stütze} + 1,5 \cdot d_{Decke} \cdot 3,14$

$h_{Stütze} = 30 \text{ cm}$ (Abmessungen Stütze)

$d_{Decke} = 22 - (3,7 + 5,1) / 2 = 17,6 \text{ cm}$ (mittlere statische Höhe der Decke)

$\Rightarrow u_{crit} = 3 \cdot 0,30 + 1,5 \cdot 0,176 \cdot 3,14 = 1,729 \text{ m}$

$\Rightarrow v_{Ed} = 1,4 \cdot 173,1 / 1,729 = 140,1 \text{ kN / m}$

3.2.2.3 Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung

$$v_{Rd,ct} = [(0,21 / \gamma_c) \cdot \eta_1 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \cdot \sigma_{cd}] \cdot d$$

mit $\eta_1 = 1,0$ (Normalbeton)

$\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \Rightarrow \kappa = 2,0$ (statische Höhe $\leq 200 \text{ mm}$)

$\rho_1 = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \leq \begin{cases} 0,5 \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,5 \cdot 0,85 \cdot 20 / 1,5 / (500 / 1,15) = 0,013 \\ 0,02 \end{cases}$

$\rho_1 = \frac{20,23}{100 \cdot 17,6} = 0,0115$ (A_s wurde vom Programm so weit erhöht, bis

$V_{Rd,ct}$ für die Querkraftaufnahme ausreicht)

$f_{ck} = 20 \text{ MN / m}^2$

$\sigma_{cd} = 0$

$\Rightarrow v_{Rd,ct} = [(0,21 / 1,5) \cdot 1,0 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0115 \cdot 20)^{1/3} - 0,12 \cdot 0] \cdot 0,176 \cdot 1000$


$v_{Rd,ct} = 140,15 \text{ kN / m}$

3.2.2.4 Nachweis

$v_{Ed} \leq v_{Rd,ct} \Rightarrow 140,1 \leq 140,2$

An dieser Randstütze ist keine Durchstanzbewehrung erforderlich.

3.2.2.5 Vergleich der Ergebnisse

	Vergleich der Ergebnisse	
	BEMESS	Handrechnung
Bemessungsquerkraft v_{Ed}	140,1 kN/m	140,1 kN/m
Aufnehmbare Querkraft $v_{Rd,ct}$	140,1 kN/m	140,2 kN/m

3.2.3 CADINP Eingabe der Bemessungseinstellungen

Siehe Abschnitt 1.1.1!

3.3 Durchstanznachweis über Stütze 6 - Innenstütze

3.3.1 Ergebnisse der Bemessung mit BEMESS

Auflagerknoten Nummer = 6 X= 5.000 [m] Y= 10.00 [m]
 größte Querkraft V-Ed= 437.0 [kN] LF= 2102 aus QUAD Anschlußkräften
 Stützenabmessung b= 0.300 [m] d= 0.300 [m]
 Plattendicke h-platte= 0.220 [m] depth 0.176 [m]
 Nachweisschnitt 1.5*d= 0.264 [m] utot= 2.859 [m] ucrit= 2.859 [m]
 Mindestbewehr. as-oben = 7.98 [cm²/m] (Mindestbem.moment-> Innenstütze)
 Kollapsbewehrung = 5.20 [cm²/m] (V-Ed/1.4/fyk/Stützenumfang)
 Biegebewehrung fe>= 9.01 [cm²/m] mue= 0.51 [o/o] VRdct 107.0 [kN/m]
 mue erforderlich zur Einhaltung von vRD,max nach DIN 1045-1 Gleichung 107!
 v-Ed = 1.05*V/ucrit = 160.5 [kN/m] > 107.0 [kN/m] =VRdct

1.05=pauschaler Exzentrizitätsbeiwert beta

1. Nachweisschnitt der Schubbewehrung im Abstand 0.5d -> hierfür u= 1.753 [m]

erf.Schubbewehrung Ass= (V-Ed*ucrit/u-VRdc)*u/fyd/kappa-s (kappa-s=0.70)

erf.Schubbewehrung Ass= 8.91 [cm²] ass= 38.53 [cm²/m²]

einulegen in Schubzone 1 im Bereich bis Stützenkante + 0.154 [m]

2. Rundschnitt Ass= 4.50 [cm²] ass= 13.20 [cm²/m²] bis 0.286 [m]

Ass= (V-Ed(u)-VRdc)*u*sw/d/fyd/kappa-s

3. Rundschnitt Ass= 2.31 [cm²] ass= 5.13 [cm²/m²] bis 0.418 [m]

4. Rundschnitt Ass= 2.38 [cm²] ass= 4.24 [cm²/m²] bis 0.550 [m]

Mindestschubbewehrung min-ro war maßgebend [DIN 1045-1 10.5.5(5)]

Die Kollapsbewehrung nach DIN 1045-1 13.3.2(12) erforderte eine Bewehrungserhöhung.

3.3.2 Handrechnung

Für die Handrechnung wird zunächst die Größe der Einzugsfläche ermittelt. Dabei wird ein Durchlauffaktor für Durchlaufträger mit gleichen Stützweiten berücksichtigt.

Innenstütze, Längen der Einzugsfläche

$$L_1/L_2 = 5,00/5,00 \text{ m} \quad \Rightarrow A = 25,00 \text{ m}^2$$

Durchlauffaktor für 3-Feldträger, in beiden Richtungen Auflager B

$$f = 1,1 \cdot 1,1 = 1,21$$

3.3.2.1 Bemessungsquerkraft über der Stütze

$$V_{Ed} = (1,35 \cdot 7 + 1,5 \cdot 3,5) \cdot 1,21 \cdot 25,00 = 445 \text{ kN}$$

Die vom Programm ermittelte Last beträgt

$$V_{Ed} = 437 \text{ kN} .$$

Der vom Programm ermittelte Wert ist genauer, da für die Handrechnung nur überschläglic mit Durchlaufkoeffizienten gerechnet wurde.

Der besseren Nachvollziehbarkeit wegen wird hier ebenfalls wieder mit dem vom Programm ermittelten Wert weiter gerechnet.

3.3.2.2 Aufzunehmende Querkraft im kritischen Querschnitt

$$v_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} / u_{crit}$$

$$\text{mit } \beta = 1,05 \quad (\text{Innenstütze})$$

$$\text{mit } u_{crit} = 4 \cdot h_{Stütze} + 1,5 \cdot d_{Decke} \cdot 2 \cdot 3,14$$

$$h_{Stütze} = 30 \text{ cm} \quad (\text{Abmessungen Stütze})$$

$$d_{Decke} = 22 - (3,7 + 5,1) / 2 = 17,6 \text{ cm} \quad (\text{mittlere statische Höhe der Decke})$$

$$\Rightarrow u_{crit} = 4 \cdot 0,30 + 1,5 \cdot 0,176 \cdot 2 \cdot 3,14 = 2,858 \text{ m}$$

$$\Rightarrow v_{Ed} = 1,05 \cdot 437 / 2,858 = 160,55 \text{ kN / m}$$

3.3.2.3 Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung

$$v_{Rd,ct} = [(0,21 / \gamma_c) \cdot \eta_1 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \cdot \sigma_{cd}] \cdot d$$

$$\text{mit } \eta_1 = 1,0 \quad (\text{Normalbeton})$$

$$\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad \Rightarrow \kappa = 2,0 \quad (\text{statische Höhe} \leq 200 \text{ mm})$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \leq \begin{cases} 0,5 \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,5 \cdot 0,85 \cdot 20 / 1,5 / (500 / 1,15) = 0,013 \\ 0,02 \end{cases}$$

Der maximal anzusetzende Bewehrungsgrad beträgt 1,3%. Dieser Wert wird zunächst für die Ermittlung von $V_{Rd,ct}$ angesetzt.

$$f_{ck} = 20 \text{ MN / m}^2$$

$$\sigma_{cd} = 0$$

$$\Rightarrow v_{Rd,ct} = [(0,21 / 1,5) \cdot 1,0 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,013 \cdot 20)^{1/3} - 0,12 \cdot 0] \cdot 0,176 \cdot 1000$$

$$v_{Rd,ct} = 146 \text{ kN / m}$$

3.3.2.4 Nachweis im kritischen Rundschnitt (nicht erfüllt)

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,ct} \quad \Rightarrow \quad 160,55 \not\leq 146$$

=> Hier ist eine Durchstanzbewehrung erforderlich!

3.3.2.5 Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung mit der vorhandenen Biegebewehrung

Da der Nachweis ohne Schubbewehrung im kritischen Rundschnitt mit der maximal erlaubten Biegebewehrung nicht erfüllt wird, errechnet BEMESS die Querkrafttragfähigkeit mit der aus der Biegebemessung resultierenden Biegebewehrung. Diese wiederum wird so weit erhöht, bis $v_{Rd,max}$ für die Querkraftaufnahme ausreicht.

$$v_{Rd,ct} = [(0,21/\gamma_c) \cdot \eta_1 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \cdot \sigma_{cd}] \cdot d$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \leq \frac{9,01}{100 \cdot 17,6} = 0,0051 \quad (A_s \text{ wird vom Programm so weit erhöht, bis}$$

$$v_{Rd,max} = 1,5 \cdot v_{Rd,ct} \text{ für die Querkraftaufnahme ausreicht)}$$

$$\Rightarrow \quad v_{Rd,ct} = [(0,21/1,5) \cdot 1,0 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0051 \cdot 20)^{1/3} - 0,12 \cdot 0] \cdot 0,176 \cdot 1000$$

$$v_{Rd,ct} = 106,9 \text{ kN / m}$$

3.3.2.6 Querkrafttragfähigkeit mit Durchstanzbewehrung bei Erreichen der Druckstrebenfestigkeit

Die maximal aufnehmbare Querkraft bei Erreichen der Druckstrebenfestigkeit wird beim Durchstanzen begrenzt auf

$$v_{Rd,max} = 1,5 \cdot v_{Rd,ct} = 1,5 \cdot 106,9 = 160,35 \text{ kN / m}$$

3.3.2.7 Nachweis im kritischen Rundschnitt unter Mitwirkung von Schubbewehrung

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max} \quad \Rightarrow \quad 160,55 \approx 160,35$$

=> Die vorhandene Querkrafttragfähigkeit ist generell ausreichend. Es ist aber eine Schubbewehrung anzuordnen.

3.3.2.8 Ermittlung der Schubbewehrung im 1. Bemessungsschnitt und Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im zugehörigen äußeren Rundschnitt

1. Schubbemessungsschnitt im Abstand $0,5 \cdot d$ vom Stützenrand:

$$v_{Rd, sy} = v_{Rd, c} + \frac{\kappa_s \cdot A_{sw,1} \cdot f_{yd}}{u_1} \Rightarrow A_{sw} = \frac{(v_{Rd, sy} - v_{Rd, c}) \cdot u_1}{\kappa_s \cdot f_{yd}}$$

mit $u_1 = 4 \cdot h_{Stütze} + 0,5 \cdot d_{Decke} \cdot 2 \cdot 3,14$

$$\Rightarrow u_1 = 4 \cdot 0,30 + 0,5 \cdot 0,176 \cdot 2 \cdot 3,14 = 1,75 \text{ m}$$

mit $\kappa_s = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{d - 400}{400} \begin{cases} \geq 0,7 \\ \leq 1,0 \end{cases}$

$$\kappa_s = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{176 - 400}{400} = 0,532 \Rightarrow \kappa_s = 0,7$$

mit $f_{yd} = 50 / 1,15 = 43,48 \text{ kN / cm}^2$

mit $v_{Rd, sy} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_1} = 1,05 \cdot \frac{437}{1,75} = 262,7 \text{ kN / m}$

mit $= v_{Rd, c} = v_{Rd, ct} = 106,9 \text{ kN / m}$

$$\Rightarrow A_{sw,1} = \frac{(262,2 - 106,9) \cdot 1,75}{0,7 \cdot 43,48} = 8,93 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Mindestschubbewehrung im 1. Bemessungsschnitt:

$$\rho_{w,1} = \frac{A_{sw,1}}{s_w \cdot u_1} \geq \min \rho_w$$

mit $\min \rho_w = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,0007 = 0,00042$

$$\Rightarrow \rho_{w,1} = \frac{8,93}{0,75 \cdot 17,6 \cdot 175} = 0,00398 \geq \min \rho_w = 0,00042$$

Der Mindestbewehrungsgrad für Schubbewehrung wird eingehalten.

Prüfung der Querkrafttragfähigkeit des zugehörigen äußeren Rundschnittes im Abstand $1,5 \cdot d$ vom 1. Bemessungsschnitt

$$v_{Ed,1,a} \leq v_{Rd,ct,a}$$

mit $v_{Ed,1,a} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_{1,a}}$

mit $u_{1,a} = 4 \cdot h_{Stütze} + (0,5 + 1,5) \cdot d_{Decke} \cdot 2 \cdot 3,14$

$$\Rightarrow u_{1,a} = 4 \cdot 0,30 + (0,5 + 1,5) \cdot 0,176 \cdot 2 \cdot 3,14 = 3,41 \text{ m}$$

$$\Rightarrow v_{Ed,1,a} = 1,05 \cdot \frac{437}{3,41} = 134,56 \text{ kN / m}$$

mit $v_{Rd,ct,a} = \kappa_a \cdot v_{Rd,ct}$

mit $\kappa_a = 1 - 0,29 \cdot l_w / (3,5 \cdot d) \geq 0,71$

mit $l_w = 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 17,6 = 8,8 \text{ cm}$

$$\Rightarrow \kappa_a = 1 - 0,29 \cdot 8,8 / (3,5 \cdot 17,6) = 0,959$$

$$\Rightarrow v_{Rd,ct,a} = 0,959 \cdot 106,9 = 102,5 \text{ kN / m}$$

$$\Rightarrow 134,56 \text{ kN / m} \not\leq 102,5 \text{ kN / m}$$

\Rightarrow Nachweis nicht erfüllt. Es ist der Nachweis für einen 2. Bemessungsschnitt mit Schubbewehrung zu führen.

3.3.2.9 Ermittlung der Schubbewehrung im 2. Bemessungsschnitt und Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im zugehörigen äußeren Rundschnitt

2. Schubbemessungsschnitt im Abstand $(0,5+0,75) \cdot d$ vom Stützenrand:

$$v_{Rd,sy} = v_{Rd,c} + \frac{\kappa_s \cdot A_{sw,2} \cdot f_{yd} \cdot d}{u_2 \cdot s_w} \Rightarrow A_{sw,2} = \frac{(v_{Rd,sy} - v_{Rd,c}) \cdot u_2 \cdot s_w}{\kappa_s \cdot f_{yd} \cdot d}$$

mit $u_2 = 4 \cdot h_{Stütze} + (0,5 + 0,75) \cdot d_{Decke} \cdot 2 \cdot 3,14$

$$\Rightarrow u_2 = 4 \cdot 0,30 + (0,5 + 0,75) \cdot 0,176 \cdot 2 \cdot 3,14 = 2,58 \text{ m}$$

mit $s_w = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,176 = 0,132 \text{ m}$

mit $\kappa_s = 0,7$

mit $f_{yd} = 43,48 \text{ kN / cm}^2$

mit $v_{Rd,sy} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_2} = 1,05 \cdot \frac{437}{2,58} = 177,8 \text{ kN / m}$

mit $v_{Rd,c} = v_{Rd,ct} = 106,9 \text{ kN / m}$

$$\Rightarrow A_{sw,2} = \frac{(177,8 - 106,9) \cdot 2,58 \cdot 0,132}{0,7 \cdot 43,48 \cdot 0,176} = 4,51 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Mindestschubbewehrung im 2. Bemessungsschnitt:

$$\rho_{w,2} = \frac{A_{sw,2}}{s_w \cdot u_2} \geq \min \rho_w$$

$$\text{mit } \min \rho_w = 0,61,0 \cdot 0,0007 = 0,00042$$

$$\Rightarrow \rho_{w,2} = \frac{4,51}{0,75 \cdot 17,6 \cdot 258} = 0,00134 \geq \min \rho_w = 0,00042$$

Der Mindestbewehrungsgrad für Schubbewehrung wird eingehalten.

Prüfung der Querkrafttragfähigkeit des zugehörigen äußeren Rundschnittes im Abstand $1,5 \cdot d$ vom 2. Bemessungsschnitt

$$v_{Ed,2,a} \leq v_{Rd,ct,a}$$

$$\text{mit } v_{Ed,2,a} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_{2,a}}$$

$$\text{mit } u_{2,a} = 4 \cdot h_{Stütze} + (0,5 + 0,75 + 1,5) \cdot d_{Decke} \cdot 2 \cdot 3,14$$

$$\Rightarrow u_{2,a} = 4 \cdot 0,30 + (0,5 + 0,75 + 1,5) \cdot 0,176 \cdot 2 \cdot 3,14 = 4,24 \text{ m}$$

$$\Rightarrow v_{Ed,2,a} = 1,05 \cdot \frac{437}{4,24} = 108,2 \text{ kN / m}$$

$$\text{mit } v_{Rd,ct,a} = \kappa_a \cdot v_{Rd,ct}$$

$$\text{mit } \kappa_a = 1 - 0,29 \cdot l_w / (3,5 \cdot d) \geq 0,71$$

$$\text{mit } l_w = (0,5 + 0,75) \cdot d = (0,5 + 0,75) \cdot 17,6 = 22 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \kappa_a = 1 - 0,29 \cdot 22 / (3,5 \cdot 17,6) = 0,896$$

$$\Rightarrow v_{Rd,ct,a} = 0,896 \cdot 106,9 = 95,8 \text{ kN / m}$$

$$\Rightarrow 108,2 \text{ kN / m} \not\leq 95,8 \text{ kN / m}$$

\Rightarrow Nachweis nicht erfüllt. Es ist der Nachweis für einen 3. Bemessungsschnitt mit Schubbewehrung zu führen.

3.3.2.10 Ermittlung der Schubbewehrung im 3. Bemessungsschnitt und Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im zugehörigen äußeren Rundschnitt

3. Schubbemessungsschnitt im Abstand $(0,5 + 2 \cdot 0,75) \cdot d$ vom Stützenrand:

$$v_{Rd,sy} = v_{Rd,c} + \frac{\kappa_s \cdot A_{sw,3} \cdot f_{yd} \cdot d}{u_3 \cdot s_w} \Rightarrow A_{sw,3} = \frac{(v_{Rd,sy} - v_{Rd,c}) \cdot u_3 \cdot s_w}{\kappa_s \cdot f_{yd} \cdot d}$$

$$\text{mit } u_3 = 4 \cdot h_{Stütze} + (0,5 + 2 \cdot 0,75) \cdot d_{Decke} \cdot 2 \cdot 3,14$$

$$\Rightarrow u_3 = 4 \cdot 0,30 + (0,5 + 2 \cdot 0,75) \cdot 0,176 \cdot 2 \cdot 3,14 = 3,41 \text{ m}$$

$$\text{mit } s_w = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,176 = 0,132 \text{ m}$$

mit $\kappa_s = 0,7$

mit $f_{yd} = 43,48 \text{ kN} / \text{cm}^2$

mit $v_{Rd,sy} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_3} = 1,05 \cdot \frac{437}{3,41} = 134,6 \text{ kN} / \text{m}$

mit $= v_{Rd,c} = v_{Rd,ct} = 106,9 \text{ kN} / \text{m}$

$$\Rightarrow A_{sw,3} = \frac{(134,6 - 106,9) \cdot 3,41 \cdot 0,132}{0,7 \cdot 43,48 \cdot 0,176} = 2,33 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Mindestschubbewehrung im 3. Bemessungsschnitt:

$$\rho_{w,3} = \frac{A_{sw,3}}{s_w \cdot u_3} \geq \min \rho_w$$

mit $\min \rho_w = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,0007 = 0,00042$

$$\Rightarrow \rho_{w,3} = \frac{2,33}{0,75 \cdot 17,6 \cdot 341} = 0,00052 \geq \min \rho_w = 0,00042$$

Der Mindestbewehrungsgrad für Schubbewehrung wird eingehalten.

Prüfung der Querkrafttragfähigkeit des zugehörigen äußeren Rundschnittes im Abstand $1,5 \cdot d$ vom 3. Bemessungsschnitt

$$v_{Ed,3,a} \leq v_{Rd,ct,a}$$

mit $v_{Ed,3,a} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_{3,a}}$

mit $u_{3,a} = 4 \cdot h_{Stütze} + (0,5 + 2 \cdot 0,75 + 1,5) \cdot d_{Decke} \cdot 2 \cdot 3,14$

$$\Rightarrow u_{3,a} = 4 \cdot 0,30 + (0,5 + 2 \cdot 0,75 + 1,5) \cdot 0,176 \cdot 2 \cdot 3,14 = 5,06 \text{ m}$$

$$\Rightarrow v_{Ed,3,a} = 1,05 \cdot \frac{437}{5,06} = 90,7 \text{ kN} / \text{m}$$

mit $v_{Rd,ct,a} = \kappa_a \cdot v_{Rd,ct}$

mit $\kappa_a = 1 - 0,29 \cdot l_w / (3,5 \cdot d) \geq 0,71$

mit $l_w = (0,5 + 2 \cdot 0,75) \cdot d = (0,5 + 2 \cdot 0,75) \cdot 17,6 = 35,2 \text{ cm}$

$$\Rightarrow \kappa_a = 1 - 0,29 \cdot 35,2 / (3,5 \cdot 17,6) = 0,835$$

$$\Rightarrow v_{Rd,ct,a} = 0,835 \cdot 106,9 = 89,3 \text{ kN} / \text{m}$$

$$\Rightarrow 90,7 \text{ kN} / \text{m} \not\leq 89,3 \text{ kN} / \text{m}$$

=> Nachweis nicht erfüllt. Es ist der Nachweis für einen 4. Bemessungsschnitt mit Schubbewehrung zu führen.

3.3.2.11 Ermittlung der Schubbewehrung im 4. Bemessungsschnitt und Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im zugehörigen äußeren Rundschnitt

4. Schubbemessungsschnitt im Abstand $(0,5+3 \cdot 0,75) \cdot d$ vom Stützenrand:

$$v_{Rd, sy} = v_{Rd, c} + \frac{\kappa_s \cdot A_{sw,4} \cdot f_{yd} \cdot d}{u_4 \cdot s_w} \Rightarrow A_{sw,4} = \frac{(v_{Rd, sy} - v_{Rd, c}) \cdot u_4 \cdot s_w}{\kappa_s \cdot f_{yd} \cdot d}$$

mit $u_4 = 4 \cdot h_{Stütze} + (0,5 + 3 \cdot 0,75) \cdot d_{Decke} \cdot 2 \cdot 3,14$

$$\Rightarrow u_4 = 4 \cdot 0,30 + (0,5 + 3 \cdot 0,75) \cdot 0,176 \cdot 2 \cdot 3,14 = 4,24 \text{ m}$$

mit $s_w = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,176 = 0,132 \text{ m}$

mit $\kappa_s = 0,7$

mit $f_{yd} = 43,48 \text{ kN / cm}^2$

mit $v_{Rd, sy} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_4} = 1,05 \cdot \frac{437}{4,24} = 108,2 \text{ kN / m}$

mit $v_{Rd, c} = v_{Rd, ct} = 106,9 \text{ kN / m}$

$$\Rightarrow A_{sw,4} = \frac{(108,2 - 106,9) \cdot 4,24 \cdot 0,132}{0,7 \cdot 43,48 \cdot 0,176} = 0,14 \text{ cm}^2$$

Erforderliche Mindestschubbewehrung im 4. Bemessungsschnitt:

$$\rho_{w,4} = \frac{A_{sw,4}}{s_w \cdot u_4} \geq \min \rho_w$$

mit $\min \rho_w = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,0007 = 0,00042$

$$\Rightarrow \rho_{w,4} = \frac{0,14}{0,75 \cdot 17,6 \cdot 424} = 0,000025 \not\geq \min \rho_w = 0,00042$$

Der Mindestbewehrungsgrad für Schubbewehrung wird hier maßgebend.

$$\Rightarrow A_{sw,4} = \min \rho_w \cdot s_w \cdot u_4 = 0,00042 \cdot 0,75 \cdot 17,6 \cdot 424 = 2,35 \text{ cm}^2$$

Prüfung der Querkrafttragfähigkeit des zugehörigen äußeren Rundschnittes im Abstand $1,5 \cdot d$ vom 4. Bemessungsschnitt

$$v_{Ed,4,a} \leq v_{Rd,ct,a}$$

mit $v_{Ed,4,a} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_{4,a}}$

mit $u_{4,a} = 4 \cdot h_{Stütze} + (0,5 + 3 \cdot 0,75 + 1,5) \cdot d_{Decke} \cdot 2 \cdot 3,14$

$\Rightarrow u_{4,a} = 4 \cdot 0,30 + (0,5 + 3 \cdot 0,75 + 1,5) \cdot 0,176 \cdot 2 \cdot 3,14 = 5,90 \text{ m}$

$\Rightarrow v_{Ed,4,a} = 1,05 \cdot \frac{437}{5,90} = 77,8 \text{ kN / m}$

mit $v_{Rd,ct,a} = \kappa_a \cdot v_{Rd,ct}$

mit $\kappa_a = 1 - 0,29 \cdot l_w / (3,5 \cdot d) \geq 0,71$

mit $l_w = (0,5 + 3 \cdot 0,75) \cdot d = (0,5 + 3 \cdot 0,75) \cdot 17,6 = 48,4 \text{ cm}$

$\Rightarrow \kappa_a = 1 - 0,29 \cdot 48,4 / (3,5 \cdot 17,6) = \geq 0,772$

$\Rightarrow v_{Rd,ct,a} = 0,772 \cdot 106,9 = 82,5 \text{ kN / m}$

$\Rightarrow 77,8 \text{ kN / m} \leq 82,5 \text{ kN / m}$

\Rightarrow Nachweis erfüllt!

3.3.2.12 Vergleich der Ergebnisse

i	Vergleich der Ergebnisse	
	BEMESS	Handrechnung
Aufnehmbare Querkraft $v_{Rd,ct}$	107,0 kN/m	106,9 kN/m
kritischer Rundschnitt	2,859 m	2,86 m
Bemessungsquerkraft v_{Ed}	160,5 kN/m	160,55 kN/m
1. Bemessungsschnitt	1,753 m	1,75 m
Bemessungsquerkraft v_{Ed}	-	262,7 kN/m
Schubbewehrung A_{ss}	8,91 cm ²	8,93 cm ²
2. Bemessungsschnitt	-	2,58 m
Bemessungsquerkraft v_{Ed}	-	177,8 kN/m
Schubbewehrung A_{ss}	4,50 cm ²	4,51 cm ²
3. Bemessungsschnitt	-	3,41 m
Bemessungsquerkraft v_{Ed}	-	134,6 kN/m
Schubbewehrung A_{ss}	2,31 cm ²	2,33 cm ²
4. Bemessungsschnitt	-	4,24 m
Bemessungsquerkraft v_{Ed}	-	108,2 kN/m
Schubbewehrung A_{ss}	2,38 cm ²	2,35 cm ²

3.3.3 CADINP Eingabe der Bemessungseinstellungen

Die CADINP-Eingaben sind für alle Nachweisstellen gleich, daher werden sie nur hier aufgeführt.

```
$ Automatisch generiert von BemessGZT V(25.11-25)
+PROG BEMESS urs:7 $ Bemessung GZT - Flächenelemente
KOPF Bruchbemessung
ECHO dust extr $ umfangreiche Textlistenausgabe
STEU LFB 1 $ Nummer der Bewehrungsverteilung
DUST JA RO_V 2 $ Maximaler Längsbewehrungsgrad für Schub im Plattenbereich
                $ Dieser Wert greift nur, wenn nicht gem. 10.5.4 der Wert
                $ max rho = fcd/fyd maßgebend ist und generell keine
                $ Schubbewehrung benötigt wird.
                $ Sobald Schubbewehrung benötigt wird, wird zunächst der
                $ vorhandene Biegebewehrungsgehalt angesetzt und so weit
                $ gesteigert, bis RO_V (oder max rho = fcd/fyd) erreicht
                $ wird.

LF DESI
ENDE
```