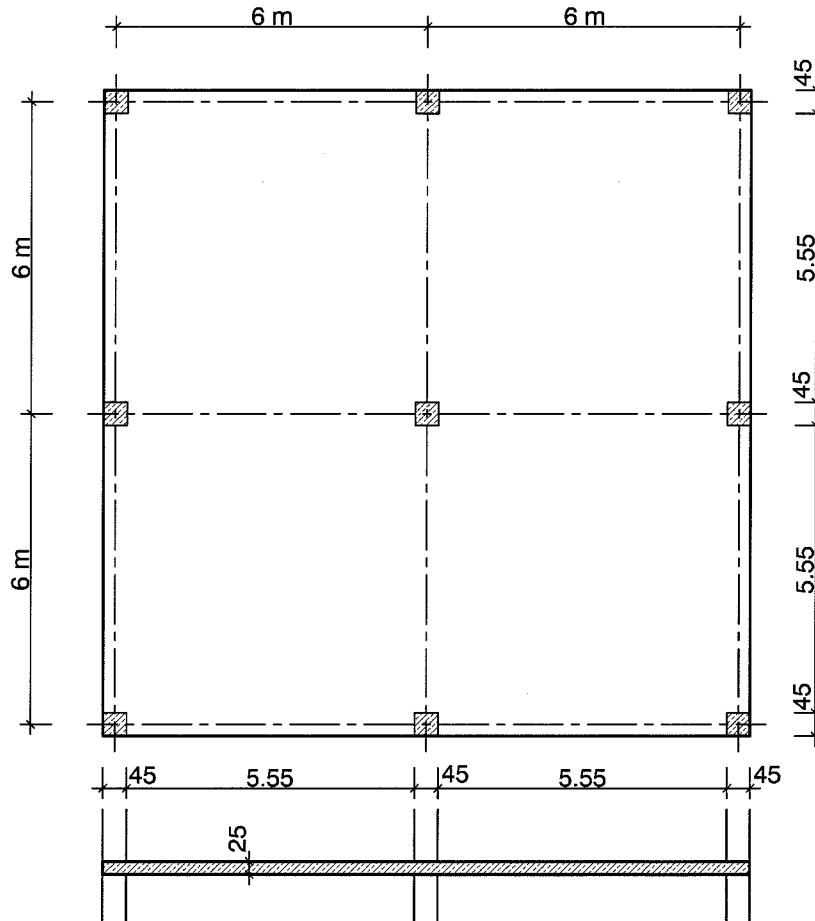


Praktischer Prüfungsteil:

1. Beispiel: Flachdecke



Geg.: Seitlich ausgesteifte Flachdecke

Belastung Ständige Auflast (Fußbodenaufbau): $g_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2$

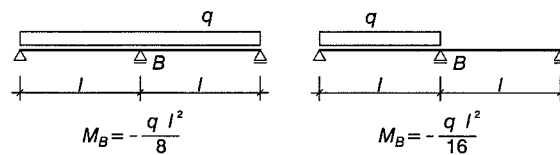
Nutzlast (Bürogebäude): $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$

Baustoffe Beton C 30/37 Betondeckung $c = 2 \text{ cm}$

Betonstahl: BSt 550

Ges.: 1. Biegebemessung der Flachdecke im GZT.

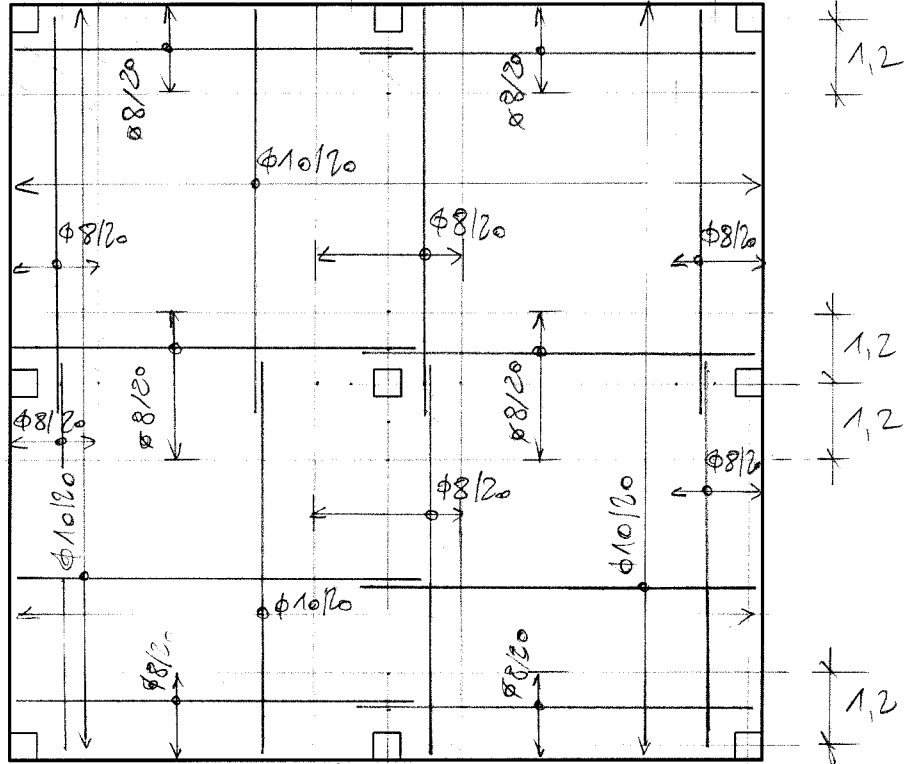
Anm.:



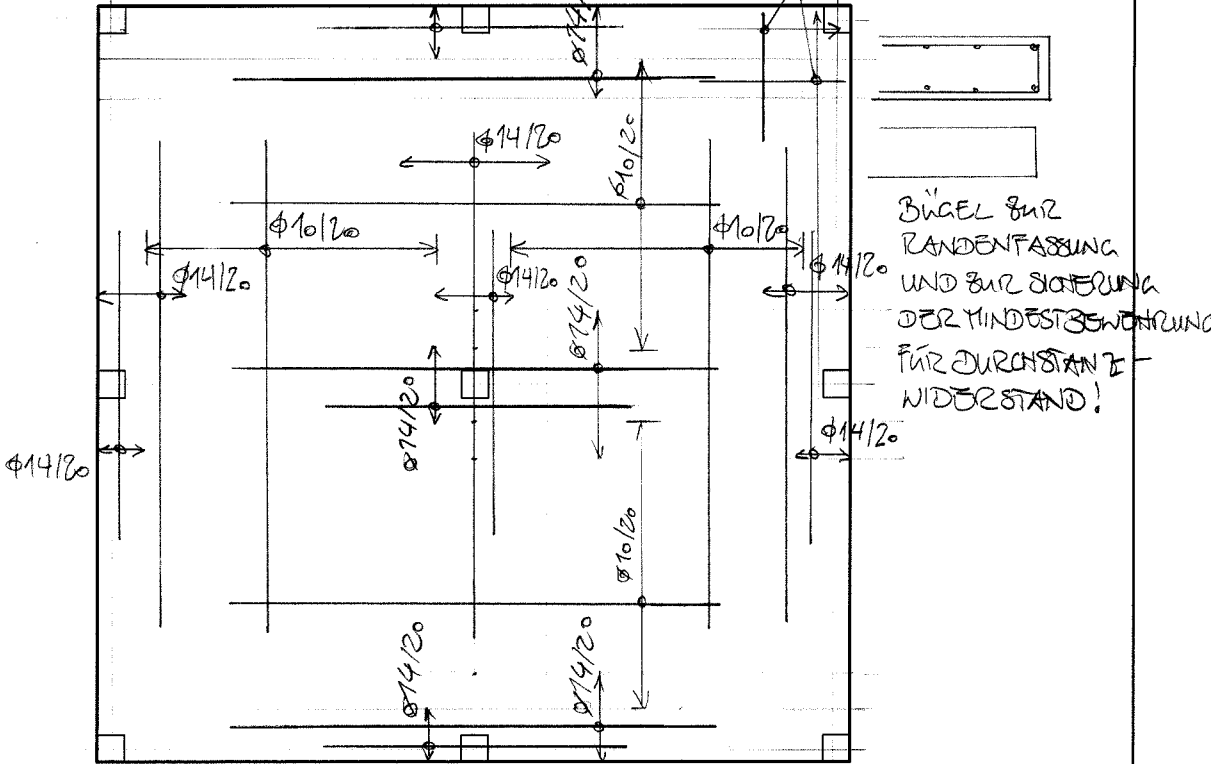
2. Durchstanznachweis der Innenstütze

3. Bewehrungsskizze der oberen und unteren Bewehrungslage

Bewehrungsskizze: $1,2$ $1,2$ $1,2$
untere Bewehrungslage



obere Bewehrungslage



BEISPIEL 1

1) BIEGEBEMESSUNG

- BELASTUNG

• ständige Einwirkung:

Eigengewicht: $q_{k1} = 0,25 \cdot 25 = \underline{\hspace{2cm}} 6,25 \text{ kN/m}^2$

ständige Auflast: $q_{k2} = \underline{\hspace{2cm}} 2,00 \text{ kN/m}^2$

• variierende Einwirkung:

Nutzlast: $q_{k1} = \underline{\hspace{2cm}} 3,00 \text{ kN/m}^2$

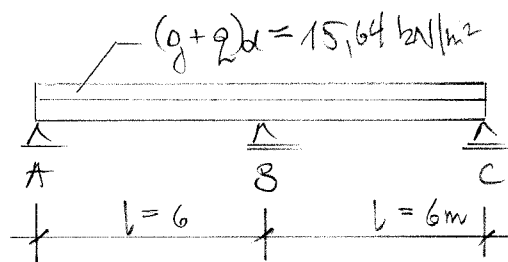
$q_{d1} = 1,35 \cdot 8,25 = 11,14 \text{ kN/m}^2$

$q_{d2} = 1,5 \cdot 3 = 4,50 \text{ kN/m}^2$

- SCHNITTGRÖSSEN

Um das Näherungsverfahren nach EN 1992-1-1 anwenden zu können muss folgende Bedingung erfüllt sein: $\frac{l_y}{l_x} = 1,0 \geq 0,7$ ✓

maßgebende Schnittgrößen des 1-m Streifens



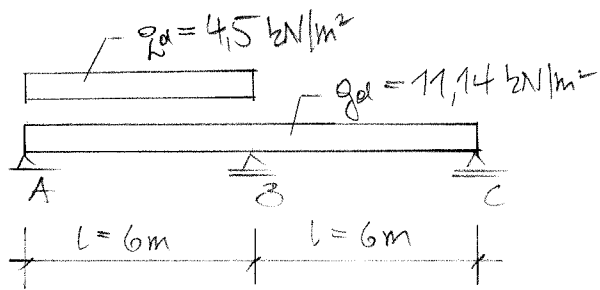
$$m_B = \frac{(q + q_k) \cdot l^2}{8} = \frac{15,64 \cdot 6^2}{8} = -70,38 \text{ kNm/m}$$

$$A = \frac{1}{6} \left(m_B + (q + q_k) \cdot \frac{l^2}{2} \right) = \frac{1}{6} \left(-70,38 + 15,64 \cdot \frac{36}{2} \right) = 35,19 \text{ kN/m}$$

$$B = (q + q_k) \cdot 2 \cdot l - 2 \cdot A = 15,64 \cdot 12 - 2 \cdot 35,19 = 117,3 \text{ kN/m}$$

Anwendung des Stützmomentes:

$$m_{B,red} = m_B + \frac{B \cdot b}{8} = -70,38 + \frac{117,3 \cdot 0,45}{8} = -63,78 \text{ kNm/m}$$



$$m_B = -\left(\frac{q_d \cdot l^2}{8} + \frac{q_d \cdot l^2}{16}\right) = -\left(\frac{11,14 \cdot 6^2}{8} + \frac{4,5 \cdot 6^2}{16}\right) = -60,26\text{ kNm/m}$$

$$A = \frac{1}{l} \left(m_B + (q + q_d) \cdot \frac{l^2}{2} \right) = \frac{1}{6} \left(-60,26 + 15,64 \cdot \frac{36}{2} \right) = 36,88\text{ kN/m}$$

$$x = \frac{A}{q + q_d} = \frac{36,88}{15,64} = 2,36\text{ m}$$

$$m_F = A \cdot x - (q + q_d) \cdot \frac{x^2}{2} = 36,88 \cdot 2,36 - 15,64 \cdot \frac{2,36^2}{2} = 43,48\text{ kNm/m}$$

Aufteilung der Momente auf Gurt- und Feldstreifen

• Stützbeziehung (obere Beziehung)

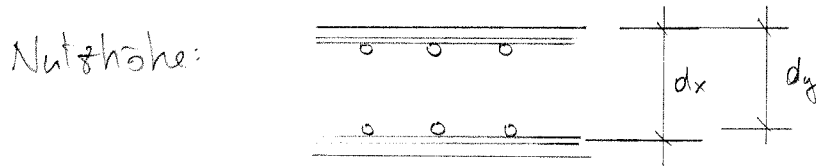
ORT	BEWERTUNGSKOEFFIZIENT m_{sd} [kNm/m]
Innere Gurtstreifen	$2,1 \cdot m_{B,red} = 2,1 \cdot (-63,78) = -133,94\text{ kNm/m}$
Äußere Gurtstreifen	$1,4 \cdot m_B = 1,4 \cdot (-70,38) = -98,5\text{ kNm/m}$
Feldstreifen	$0,5 \cdot m_B = 0,5 \cdot (-70,38) = -35,19\text{ kNm/m}$

• Feldbeziehung (untere Beziehung)

ORT	BEWERTUNGSKOEFFIZIENT m_{sd} [kNm/m]
Gurtstreifen	$1,25 \cdot m_F = 1,25 \cdot 43,48 = 54,35\text{ kNm/m}$
Feldstreifen	$0,84 \cdot m_F = 0,84 \cdot 43,48 = 36,52\text{ kNm/m}$

- BIEGEBEMESSUNG

Beton: C30/37: $f_{cd} = 18,5 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{ca} = 0,27 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$
 Betonstahl: Bst 550: $f_{yd} = 478 \text{ N/mm}^2$



geschätzter Stabdurchmesser: $d_s = 14 \text{ mm}$ $d_p = 1,2 \cdot 14 = 16,8 \text{ mm}$

$$d_x = h - c - \frac{d_p}{2} = 25 - 2 - \frac{16,8}{2} = 22,2 \text{ cm}$$

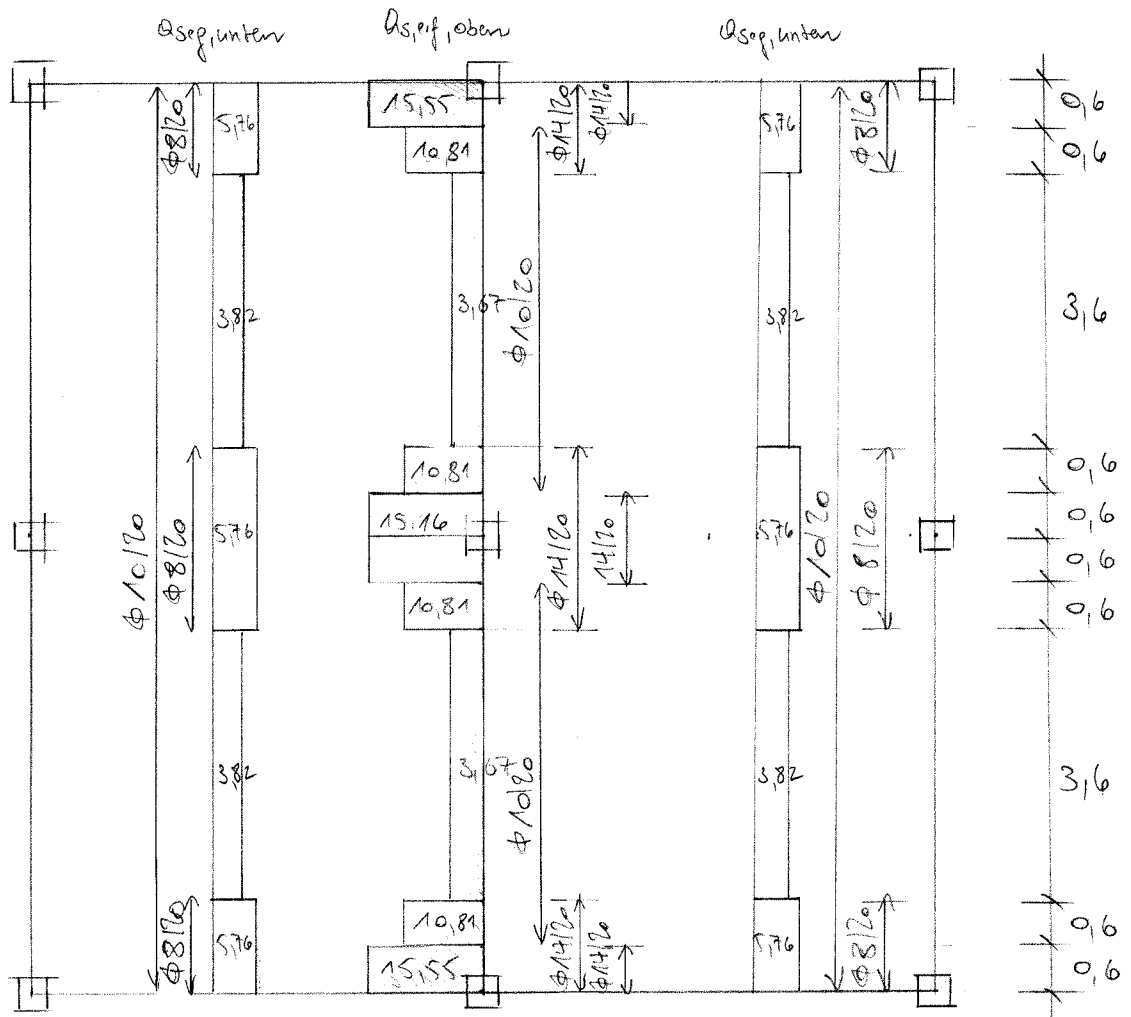
$$d_y = h - c - 1,5 \cdot d_p = 25 - 2 - 1,5 \cdot 16,8 = 20,5 \text{ cm}$$

Biegemindestbemehrung: $a_{s,min} = 0,0028 \cdot b \cdot h_f = 0,0028 \cdot 100 \cdot 12,5 = \underline{\underline{3,5 \text{ cm}^2/\text{m}}}$

$$M_d = \frac{m_{sd}}{b d^2 f_{cd}} \quad \gamma = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 - 2,055 M_d} \right) \quad a_{s,p} = \frac{m_{sd}}{\gamma \cdot d \cdot f_{yd}}$$

Vereinfacht wird hier die Biegebemehrung nur für eine Richtung und damit mit der kleineren Nutzhöhe (d_y) durchgeführt.

ORF	m_{sd} [kNm/m]	$M_d \leq 0,362$	γ	$a_{s,p}$ [cm ² /m]	gewählt	$a_{s,vork}$ [cm ² /m]	
OBEN	I. Gstr.	133,94	0,172	0,902	15,16	$\phi 14/10$	15,39
	A. Gstr.	98,50	0,127	0,930	10,81	$\phi 14/20 + \phi 10/20$	11,63
	F. str.	35,19	0,045	0,976	3,67	$\phi 10/20$	3,93
UNTEN	Gstr.	54,35	0,0699	0,963	5,76	$\phi 10/20 + \phi 8/60$	6,44
	F. str.	36,52	0,047	0,975	3,82	$\phi 10/20$	3,93



2) DURCHSTANZNACHWEIS

- DURCHSTANZEN DER MITTELSTÜTZE

Nutzhöhe: $d_x = 22,2 \text{ cm}$
 $d_y = 20,5 \text{ cm}$
 $d = \frac{1}{2}(d_x + d_y) = \underline{21,35 \text{ cm}}$

Umfang der Stütze: $4 \cdot 35 = 140 \leq 11 \cdot d = 235 \text{ cm}$
 \Rightarrow konzentrische Last liegt vor \Rightarrow Durchstoßgefährdet

Bemessungsdruck der Durchstoßkraft:

Einflußlänge der Mittelstütze: $\frac{117,3}{15,64 \cdot 2,6} = 0,625 \Rightarrow 0,625 \cdot l$

$$V_{sd} = (0,625 \cdot 12 \text{ m})^2 \cdot 15,64 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 879,8 \text{ kN}$$

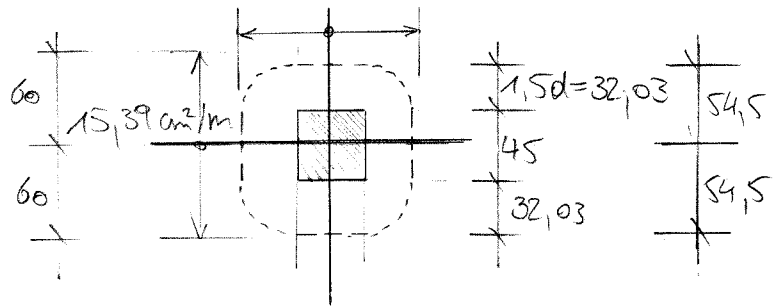
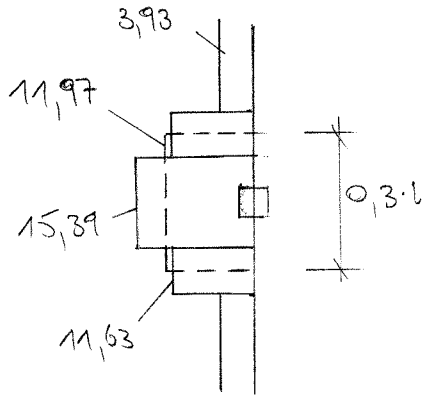
Lastexzentrizität: $\eta_e = 1,0$ da $0,7 \leq \frac{l_1}{l_2} \leq 1,4$

$$V_{sd, \text{max}} = V_{sd} \cdot \eta_e = \underline{879,8 \text{ kN}}$$

Mindestbiegebewehrung um Durchstoßrisikostand aufnehmen zu können:

$$a_{s,min} = \frac{V_{sd}}{0,9 \cdot d \cdot f_{jd}} \cdot 0,125 = \frac{879,8}{0,9 \cdot 21,35 \cdot 47,8} \cdot 0,125 \cdot 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}} = 11,97 \text{ cm/m}$$

$$11,63 \approx 11,97 \text{ cm/m}$$



Durchstoßrisikostand ohne Durchstoßbewehrung:

$$V_{rdc} = 1,2 \cdot z_d \cdot k_c \left(1,2 + 2000 \frac{d}{l} \rho \right) u \cdot d$$

$$z_d = 0,027 \text{ km/cm}$$

$$k_c = 1,6 - d = 1,6 - 0,214 = 1,386 \geq 1 \quad \checkmark$$

$$\rho_x = \frac{a_{sx}}{d_x} = \frac{15,39/100}{22,2} \quad \rho_y = \frac{a_{sy}}{d_y} = \frac{15,39/100}{20,5} \quad \left[\frac{\text{cm}^2/\text{cm}}{\text{cm}} \right] = [-]$$

$$\rho = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} = 0,007214 \leq 0,015$$

$$u = 4 \cdot 45 + 2 \cdot \overbrace{32,03}^{1,5 \cdot d} \cdot \pi = 381,22 \text{ cm}$$

$$V_{rdc} = 1,2 \cdot 0,027 \cdot 1,386 \left(1,2 + 2000 \cdot \frac{21,35}{600} \cdot 0,007214 \right) \cdot 381,22 \cdot 21,35 = 626,5 \text{ kN} < V_{sd} = 879,8 \text{ kN}$$

⇒ Durchstoßbewehrung erforderlich!

$$V_{rdc,max} = 1,4 \cdot V_{rdc} = 1,4 \cdot 626,5 = 877,1 \text{ kN} < V_{sd} = 879,8 \text{ kN} \quad \checkmark$$

→ Überschreitung aber nur 0,3% ⇒ daher ~ ✓

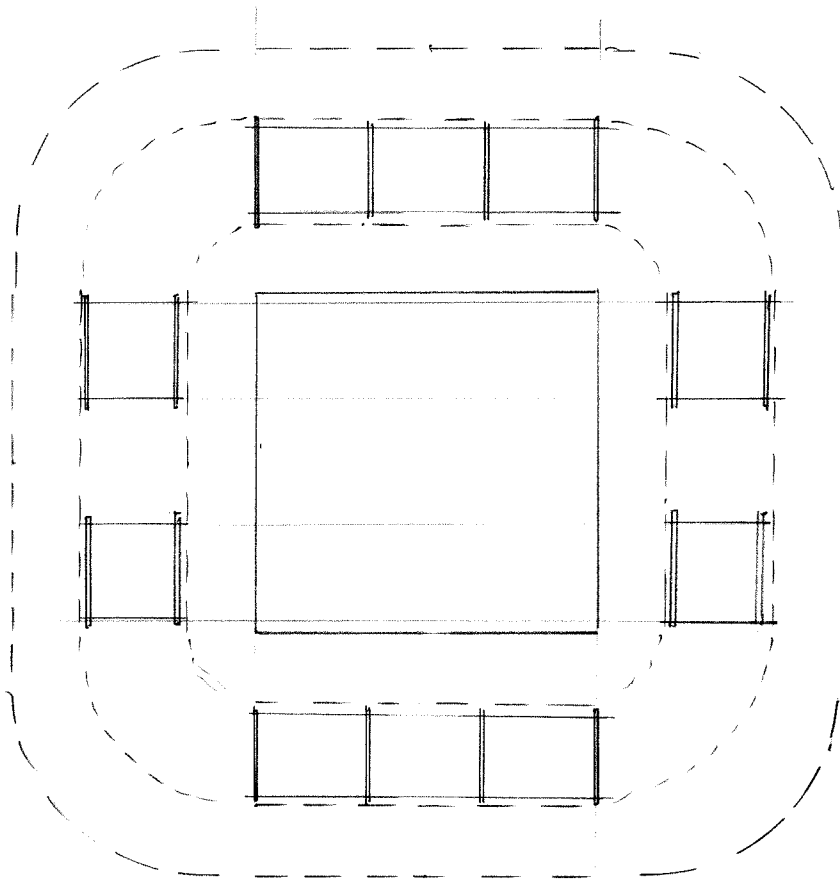
$$A_{sv} = \frac{V_{rds} - V_{rdc}}{\alpha_s \cdot f_{yd}} = \frac{879,8 - 626,5}{0,5 \cdot 47,8} = 10,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{sr, \min} = 0,15 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot u \cdot d}{f_{yd} \cdot \sin \alpha} = 0,15 \cdot \frac{2,9 \cdot 381,22 \cdot 21,35}{47,8 \cdot 1} = 7,4 \text{ cm}^2$$

Im vollen Querschnitt sind mind. 8 Stäbe anzuordnen.

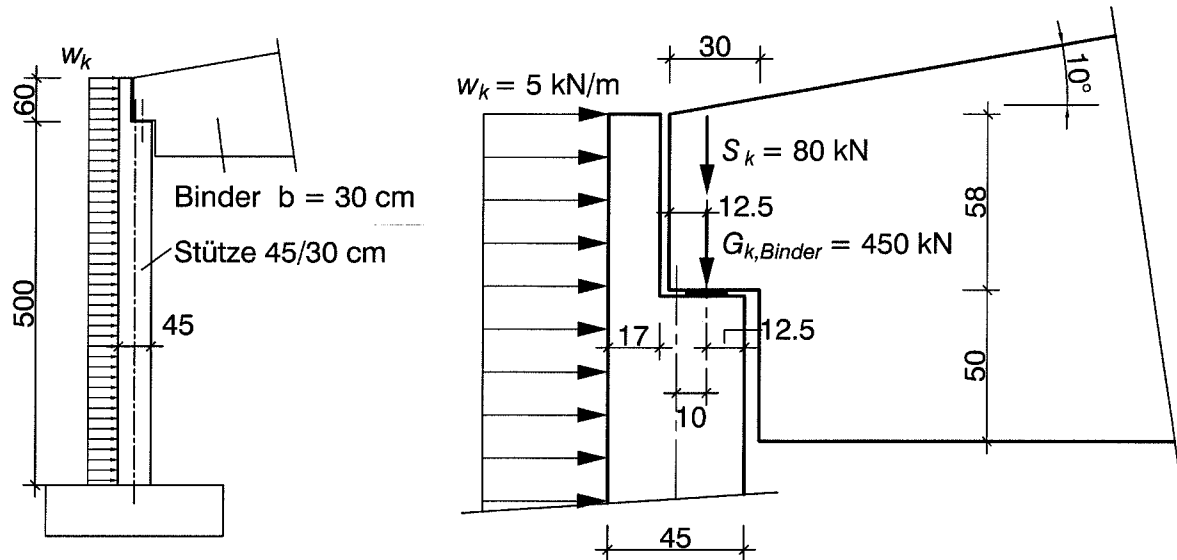
Bereich: $0,4d = 8,5 \text{ cm}$

$11d = 234 \text{ cm}$



$$16 \text{ St } \phi 8 = \underline{\underline{16,08 \text{ cm}^2}} \geq 10,6 \text{ cm}^2$$

2. Beispiel: verschiebliche Hallenstütze

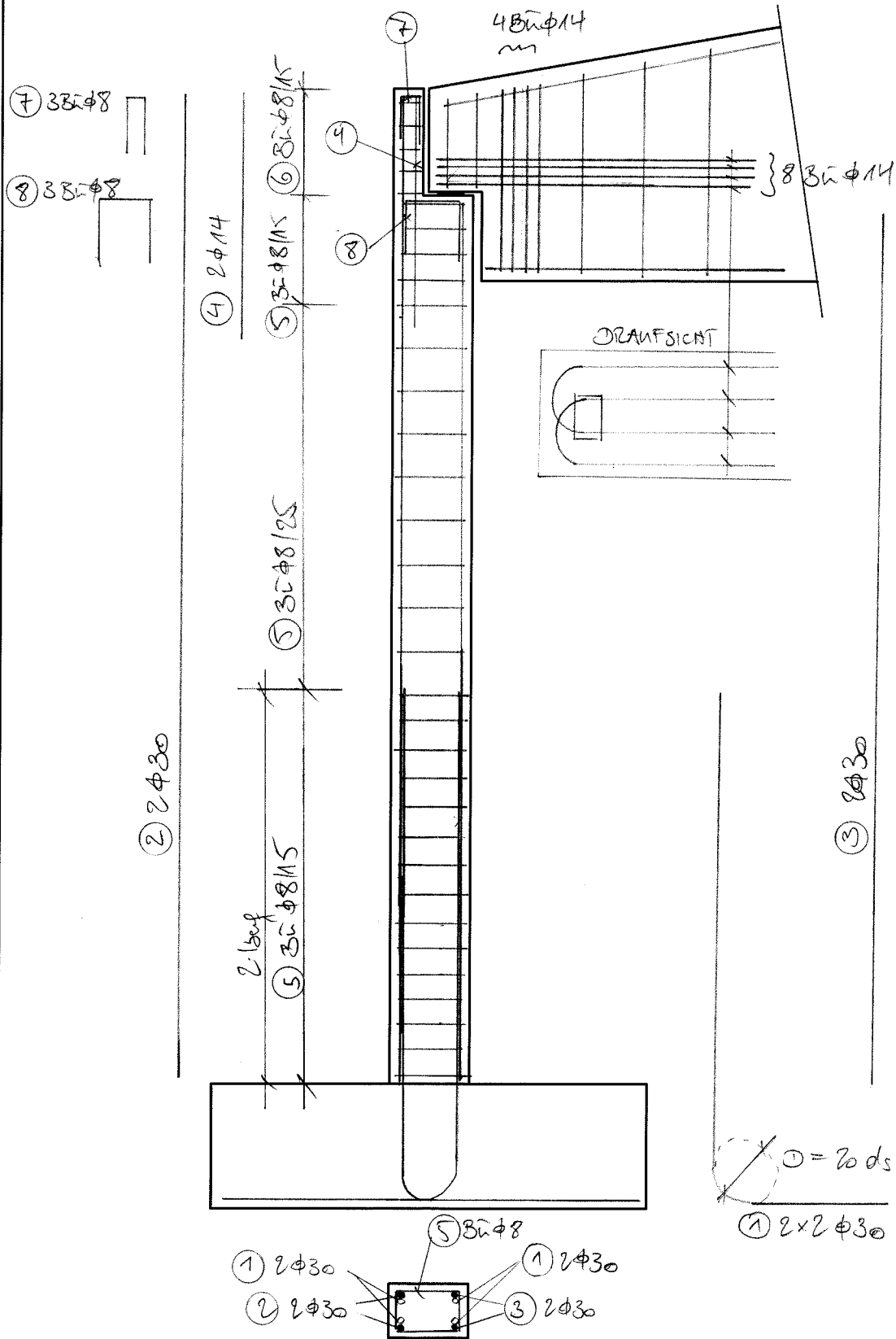


Geg.: Eine seitlich verschiebliche Hallenstütze laut Abmessungen. Der Knicklängenbeiwert β ist mit 2,1 anzunehmen (Berücksichtigung der Drehbettung). Die Stütze ist in Hallenlängsrichtung gegen Ausknicken gesichert.

Baustoffe Beton C 30/37 Betondeckung $c = 3$ cm
 Betonstahl: BSt 550

- Ges.: 1. Bemessung der Stütze im GZT, im maßgebenden Querschnitt und unter der maßgebenden Lastfallkombination
2. Stabwerkmodell für den lagernahen Bereich des Binders.
3. Bewehrungsskizze für die Stütze und den lagernahen Bereich des Binders.

Bewehrungsskizze:

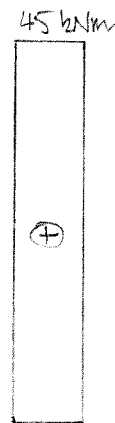
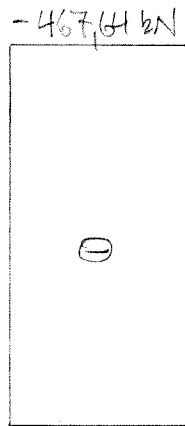
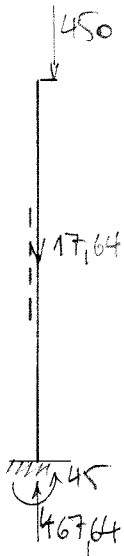


2. BEISPIEL - HALLENSTÜTZE

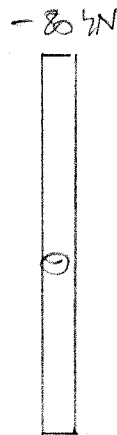
1) SCHNITTGRÖßEN ÜBER STÜTZE

• STÄNDIGE LASTEN

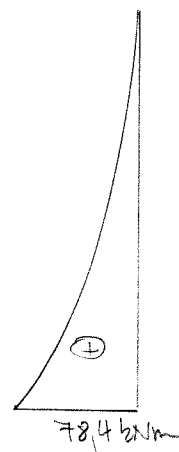
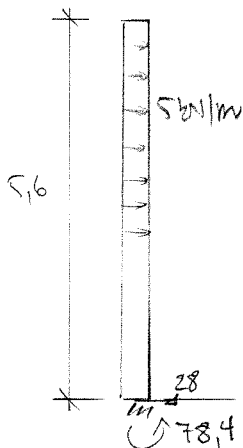
Eigengewichte der Stütze: $G_k = (0,45 \cdot 0,3 \cdot 5 + 0,17 \cdot 0,3 \cdot 0,60) \cdot 25 = 17,64 \text{ kN}$



• SCHNEELAST (VERÄNDERLICH)



• WINDLAST (VERÄNDERLICH)



2) MASSGEBENDE LK UND BETRESSUNGSSCHNITTGRÖßEN

• LK1: max M bzgl N: $1,35 G_k + 1,5 W_k$

$$1,35 (8 + 78,4) = 116,64 < 1,5 \cdot 78,4 = 117,6$$

$$\begin{aligned} N_{sd} &= 1,35 (-467,64) + 1,5 \cdot \phi = -631,31 \text{ kN} \\ M_{sd} &= 1,35 \cdot 45 + 117,6 = 178,35 \text{ kNm} \end{aligned}$$

• LK2: max |N| bzgl M: $1,35 G_k + 1,5 S_k$

$$\begin{aligned} N_{sd} &= 1,35 (-467,64) + 1,5 \cdot (-80) = -751,31 \text{ kN} \\ M_{sd} &= 1,35 \cdot 45 + 1,5 \cdot 8 = 72,75 \text{ kNm} \end{aligned}$$

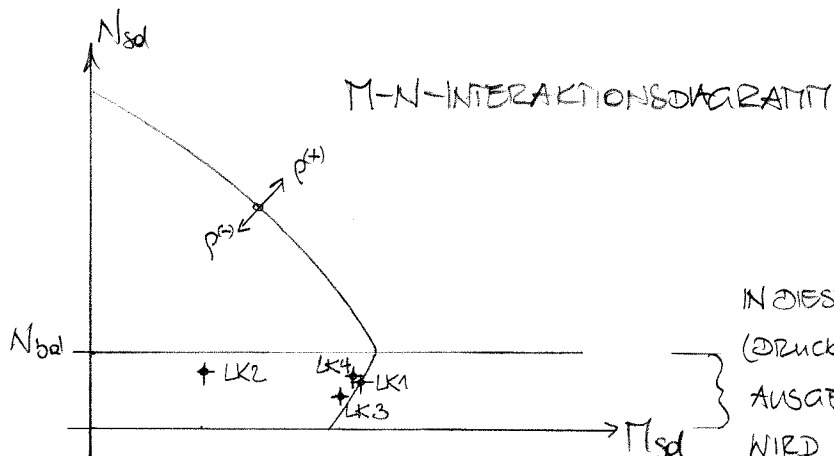
• LK3: min |N| bzgl M: $1,0 G_k + 1,5 W_k$

$$\begin{aligned} N_{sd} &= -467,64 \text{ kN} \\ M_{sd} &= 45 + 117,6 = 162,6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

• LK4: VOLLAST: $1,35 G_k + 1,35 S_k + 1,35 W_k$

$$\begin{aligned} N_{sd} &= 1,35 (-467,64 - 80) = -739,31 \text{ kN} \\ M_{sd} &= 1,35 (45 + 8 + 78,4) = 177,39 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$N_{bal} \approx 0,4 \cdot A_c \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 30 \cdot 45 \cdot 1,85 = 999 \text{ kN}$$



IN DIESEM BEREICH WIRKT SICH EINE NORMALKRAFT (DRUCKKRAFT) GÜNSTIG AUS. LK2 KANN AUSGESCHLOSSEN WERDEN. WAHRSCHEINLICH WIRD LK1 ODER LK3 ODER AUCH LK4 MASSGEBEND.

3) KNICKLÄNGE UND SCHLANKHEIT

$$l_0 = \beta \cdot l_{01} = 2,1 \cdot 5 = 10,5 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{l_0}{\frac{h}{\sqrt{12}}} = \frac{1050}{45} \sqrt{12} = 80,8 \leq 140 \quad \checkmark$$

$$\lambda \neq 28$$

$$\lambda \neq \frac{15}{\sqrt{10,3}} = \frac{15}{3,176} = 4,72$$

$$m_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{751,31}{30 \cdot 45 \cdot 1,85} = 0,30$$

⇒ TH. II ORDNUNG IST ZU BERÜCKSICHTIGEN!

4) BEMESSUNG

$$e_a = \frac{l_0}{400} = \frac{1050}{400} = \underline{\underline{2,625 \text{ cm}}}$$

$$e_2 = k \cdot h \cdot \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2 = k_1 \cdot k_2 \cdot 230 \cdot \frac{f_{yEd}}{E_s} \cdot h \cdot \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2$$

$$\lambda = 80,8 > 35 \longrightarrow k_1 = 1$$

$$m_d \text{ IST FÜR ALLE LK } \leq 0,4 \longrightarrow k_2 = 1 \quad (\text{FÜR ALLE LK})$$

$$e_2 = 1 \cdot 1 \cdot 230 \cdot \frac{478}{200000} \cdot 45 \cdot \left(\frac{80,8}{100}\right)^2 = \underline{\underline{16,15 \text{ cm}}} \quad (\text{FÜR ALLE LK})$$

$$e_0 + e_2 = \underline{\underline{18,77 \text{ cm}}}$$

$$\text{LK 1: } \left. \begin{array}{l} N_{sd} = -631,31 \text{ kN} \\ M_{sd} = 178,35 \text{ kNm} \end{array} \right\} e_0 = \frac{M_{sd}}{N_{sd}} = 28,25 \text{ cm}$$

$$e_{tot} = e_0 + e_2 + e_1 = 47,03 \text{ cm} > \frac{h}{10} = 4,5 \text{ cm} \quad \checkmark$$

$$M_o = \frac{M_{sd,tot}}{bh^2 \cdot f_{cd}} = \frac{631,31 \cdot 47,03}{30 \cdot 45^2 \cdot 1,85} = 0,264$$

$$V_o = \frac{N_{sd}}{bh \cdot f_{cd}} = \frac{631,31}{30 \cdot 45 \cdot 1,85} = 0,253$$

SCHÄTZUNG VON d_1 : $d_1 = 3 + 1,2 \cdot 1,0 + 1,2 \cdot 3 \cdot 0,5 = 6 \text{ cm}$

$$d_1/h = 6/45 = 0,133$$

Diagramm 4.3.5 - BEWEHRUNGSATLAS ($d_1/h = 0,15$)

$$\Rightarrow \bar{\rho}_{o,tot} = 0,016$$

Diagramm 4.3.4 ($d_1/h = 0,125$)

$$\Rightarrow \bar{\rho}_{o,tot} = 0,015$$

Interpolation: $\bar{\rho}_{o,tot} = 0,015 + \frac{0,001}{0,025} \cdot 0,08 = 0,1532$

$$\bar{A}_{s,tot} = \bar{\rho}_{o,tot} \frac{f_{cd}}{15} \cdot bh = 0,1532 \cdot \frac{18,5}{15} \cdot 30 \cdot 45 = \underline{\underline{25,51 \text{ cm}^2}}$$

mögliche Bewehrungsanzahl:

$4 \phi 30 = 28,27 \text{ cm}^2$
$8 \phi 20 = 25,13 \text{ cm}^2$

MINDESTBEWEHRUNG:

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,15 N_{sd}}{f_{cd}} = \frac{0,15 \cdot 751,31}{47,8} = 2,36 \text{ cm}^2 \\ 0,0028 A_c = 3,78 \text{ cm}^2 \end{array} \right.$$

($A_{s,max} = 0,04 A_c = 54 \text{ cm}^2$) - 4 -

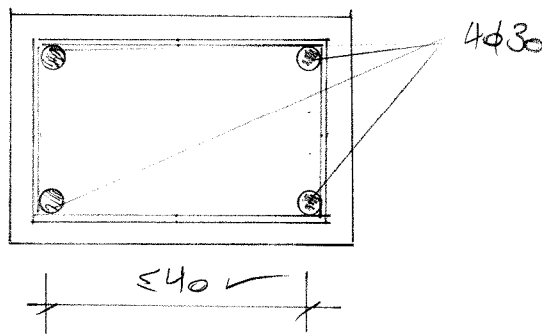
KONTROLLE DER ANDEREN LK:

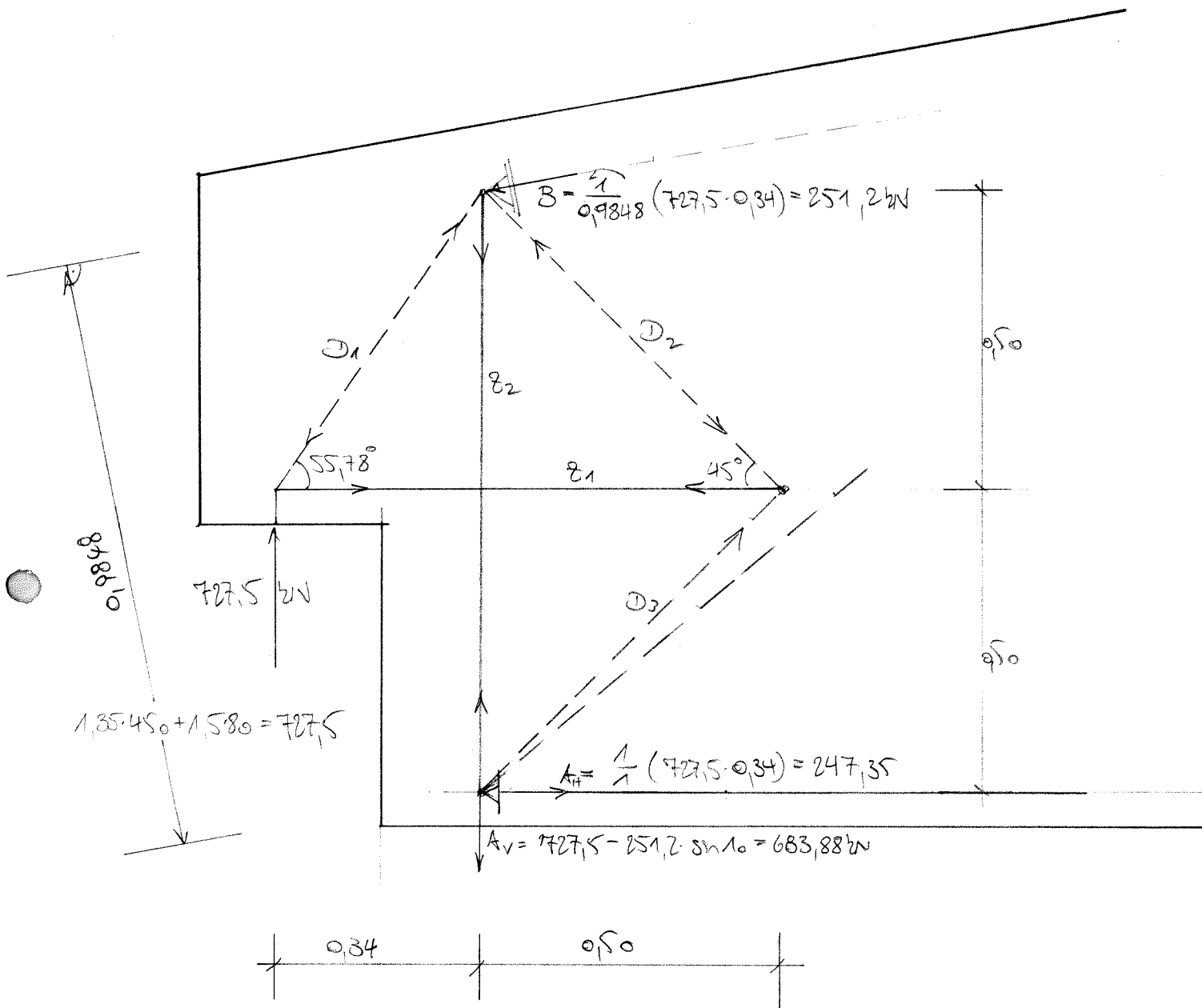
$$\text{LK 3: } \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \mu_0 = 0,223 \\ \nu_0 = 0,187 \end{array} \right\} \text{ nicht maßgebend}$$

$$\text{LK 4: } \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \mu_0 = 0,281 \\ \nu_0 = 0,296 \end{array} \right\} \text{ eigentlich maßgebend}$$

liegt aber nur sehr geringfügig über LK 1
→ Wahl des Bereichs wird beibehalten

$$4 \phi 30 = 28,27 \text{ cm}^2$$





$z_1 = \frac{727,5}{\tan 55,78} = 495 \text{ kN}$
 $\rightarrow A_{sy} = \frac{495}{47,8} = 10,35 \text{ cm}^2$
 $\cong 43 \bar{\omega} \phi 14 = 12,32 \text{ cm}^2$
 $z_2 = 683,88 + \frac{495}{2} = 931,38 \text{ kN}$
 $\rightarrow A_{sy} = \frac{931,38}{47,8} = 19,48 \text{ cm}^2$
 $\cong 78 \bar{\omega} \phi 14 = 21,56$

