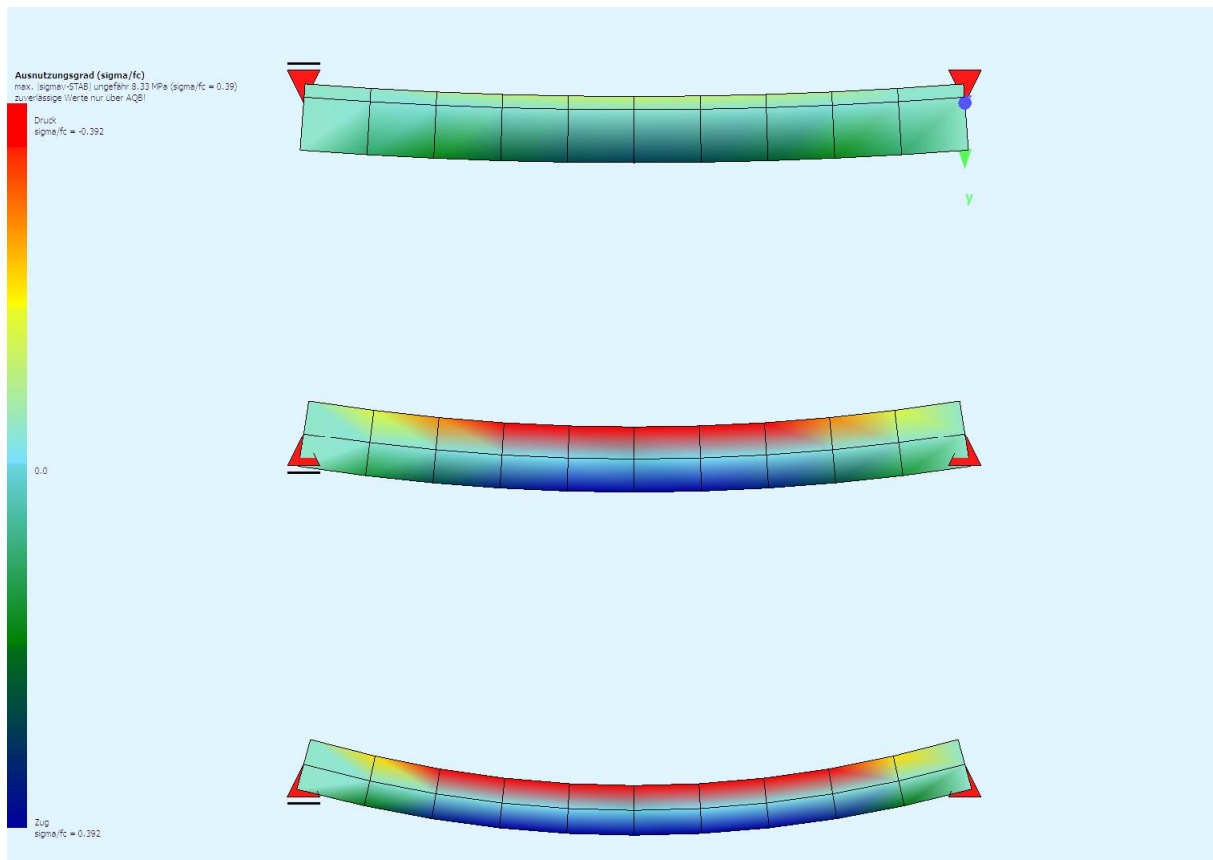


# Normenbeispiel

## Nachweise GZT gemäß DIN1045-1 (06/2008)



## Inhaltsverzeichnis

1	Einführung .....	2
2	System + Belastung .....	2
2.1	Querschnitte .....	2
2.2	Bemessungsschnittgrößen:.....	4
3	Nachweise Bruchzustand.....	4
3.1	Biegung .....	4
3.1.1	Ergebnisse der Bemessung mit AQB .....	4
3.1.2	Handrechnung .....	4
3.1.3	CADINP Eingabe .....	6
3.2	Biegung + Normalkraft (Zug).....	7
3.2.1	Ergebnisse der Bemessung mit AQB .....	7
3.2.2	Handrechnung .....	7
3.2.3	CADINP Eingabe .....	8
3.3	Biegung + Normalkraft (Druck).....	9
3.3.1	Ergebnisse der Bemessung mit AQB .....	9
3.3.2	Handrechnung .....	9
3.3.3	CADINP Eingabe .....	10
3.4	Schubbemessung.....	11
3.4.1	Ergebnisse der Bemessung mit AQB .....	11
3.4.2	Handrechnung .....	11
3.4.3	CADINP Eingabe .....	14

# 1 Einführung

Nachfolgend werden alle notwendigen Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) gemäß DIN 1045-1 (Ausgabe 06/2008) am Beispiel von 3 unterschiedlichen Querschnitten durchgeführt. Die durch das Programm berechneten Ergebnisse werden mittels einer Handrechnung überprüft. Die Nachweise werden an einzelnen Stabschnitten mit vorgegebenen Bemessungsschnittgrößen durchgeführt.

## 2 System + Belastung

### 2.1 Querschnitte

Es werden drei unterschiedliche Querschnitte untersucht:

Querschnitt 1: Plattenbalken mit 1,00 m Bauhöhe, 2,00 m Flanschbreite, 20 cm Flanschdicke und 30 cm Stegdicke.  
Beton: C 25/30  
Bewehrungsstahl: BSt 500 S

Querschnitt 2: Recheckquerschnitt mit 1,00 m Bauhöhe und 30 cm Stegbreite  
Beton: C 25/30  
Bewehrungsstahl: BSt 500 S

Querschnitt 3: Recheckquerschnitt mit 0,75 m Bauhöhe und 40 cm Stegbreite  
Beton: C 25/30  
Bewehrungsstahl: BSt 500 S

Alle Querschnitte erhalten eine Mindestbewehrung mit  $2 \text{ } \varnothing 12 \hat{=} 2,26 \text{ cm}^2 \text{ o + u}$ .

Als Belastung wird eine ständige Last in Höhe von 25 kN/m und eine Verkehrslast in Höhe von 20 kN/m aufgebracht.



Die Eingabe erfolgt ausschließlich auf numerischer Basis mit der CADINP Eingabesprache im TEDDY

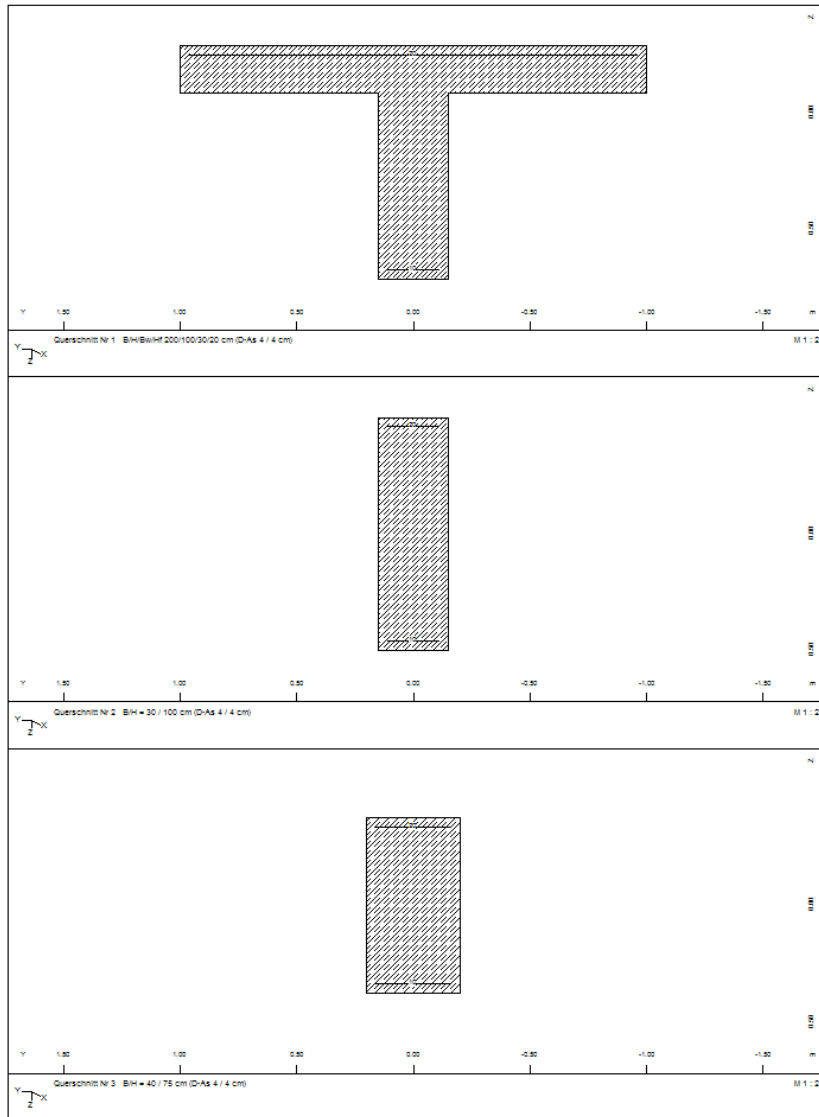


Abbildung 1: Querschnitte

Querschnittswerte Übersicht

Nr.	Mat	A[m <sup>2</sup> ]	Ay/Az/Ayz	Iy/Iz/Iyz	ys/zs	y/z-smp	E/G-Modul	gam
	MBw	It[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]	[m]	[m]	[MPa]	[kN/m]
<b>1</b>	=	<b>B/H/Bw/Hf 200/100/30/20 cm</b>						
(CENT)	=	(D-As 4 / 4 cm)						
	1	6.4000E-01		5.163E-02	0.000	0.000	26663	16.00
	2	1.112E-02		1.351E-01	0.000	-0.175	11109	
<b>2</b>	=	<b>B/H = 30 / 100 cm</b>						
(CENT)	=	(D-As 4 / 4 cm)						
	1	3.0000E-01		2.500E-02	0.000	0.000	26663	7.50
	2	7.263E-03		2.250E-03	0.000	0.000	11109	
<b>3</b>	=	<b>B/H = 40 / 75 cm</b>						
(CENT)	=	(D-As 4 / 4 cm)						
	1	3.0000E-01		1.406E-02	0.000	0.000	26663	7.50
	2	1.060E-02		4.000E-03	0.000	0.000	11109	

Tabelle 1: Querschnittswerte

## 2.2 Bemessungsschnittgrößen:

Biegung ohne Längskraft  $M_y = (1,35 \cdot 25 + 1,50 \cdot 20) \cdot \frac{10^2}{8} = 796,875kNm$

Biegung mit Längskraft  $N = \pm 300kN, M_y = 796,875kNm$

Querkraft  $V_z = (1,35 \cdot 25 + 1,50 \cdot 20) \cdot \frac{10}{2} = 318,75kN$

## 3 Nachweise Bruchzustand

### 3.1 Biegung

#### 3.1.1 Ergebnisse der Bemessung mit AQB

**Bruchsicherheitsnachweise**

```

=====
Bemessung Bruchkombination DIN 1045-1 (2008)
Zweiachsig Biegung, Randspannungen im y-z System
Sicherheiten SC-1 SC-2 SC-S SS-1 SS-2 VIIa
              1.50 1.50 1.50 1.15 1.10 7
Grenzdehnungen C1 C2 S1 S2 Z1 Z2
              max -3.50 -2.00 3.00 25.00 -3.50 25.00
    
```

MNr.	Anz. Temp	Material-sicherheit [-]	max.Druck -spannung [MPa]	bei Dehnung [o/oo]	max.Zug -spannung [MPa]	bei Dehnung [o/oo]	tension-stiffening [MPa]
1	0	1.500	-14.17	-2.00	0.00	0.00	
2	0	1.150	-456.52	-25.00	456.52	25.00	

**Erforderliche Bewehrung**

Stab	x[m]	NQ	LF	Ni [kN]	Myi/Mzi [kNm]	e1/yn / mm	e2/zn / mm	nue C/S	rel tra	As [cm2]	R
1001	0.000	1	0	0.0	796.87	-1.46	25.00	1.50	1.00	18.56	1
					0.00	9999	-234	1.15		2.26	2
2001	0.000	2	0	0.1	796.87	-3.50	10.59	1.50	1.00	20.75	1
					0.00	-9999	-261	1.15		2.26	2
3001	0.000	3	0	0.0	796.88	-3.50	5.85	1.50	1.00	30.07	1
					0.00	-9999	-109	1.15		2.26	2

#### 3.1.2 Handrechnung

Es wird eine Handrechnung nach dem Omega Verfahren durchgeführt. Die Bemessungstabellen sind dem Arbeitsblatt 4 Ausgabe 2002-01 vom Institut für Stahlbetonbewehrung e.V. entnommen.

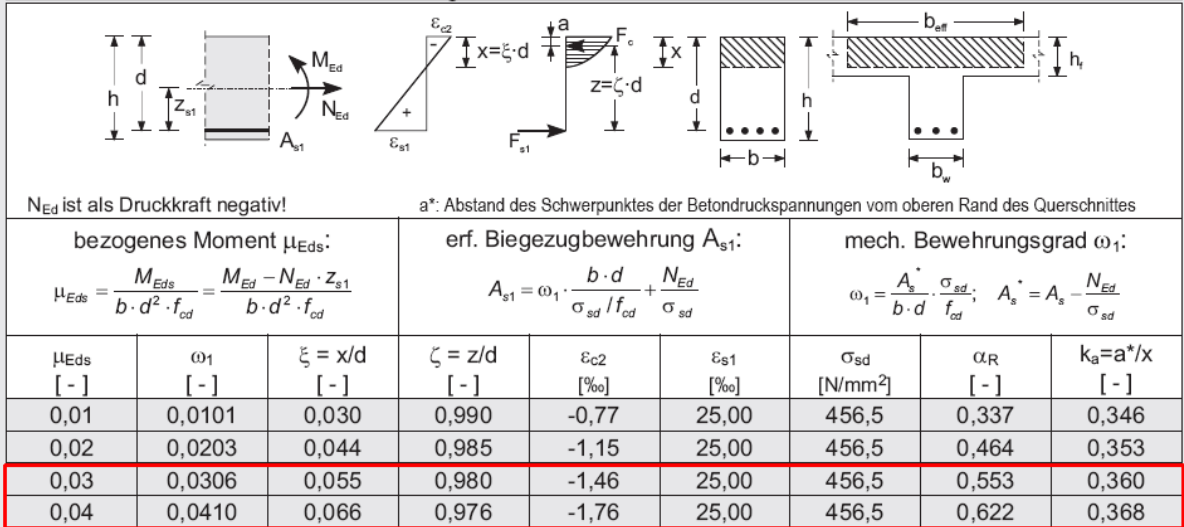
Querschnitt 1:

Das bezogene Moment berechnet sich zu:

$$m_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{796,875kNm \cdot 0,001 \frac{MN}{kN}}{2,0m \cdot 0,96^2 m^2 \cdot 14,17 \frac{MN}{m^2}} = 0,0305$$

3.2 Spannungs-Dehnungslinie des Betonstahls mit Verfestigung

3.2.1  $\omega$ -Tafeln ohne Druckbewehrung, für Beton bis C50/60 mit  $\sigma_{sd} \leq f_{td,cal}$



Aus der Interpolation ergibt sich

$$w_1 = 0,0306 + \frac{0,0410 - 0,0306}{0,04 - 0,03} \cdot (0,0305 - 0,03) = 0,0311$$

Daraus ermittelt sich nun die erforderliche Längsbewehrung zu

$$A_{s1} = 0,0311 \cdot \frac{200 \cdot 96}{456,52 / 14,17} = 18,55 \text{ cm}^2$$

Querschnitt 2:

Das bezogene Moment berechnet sich zu:

$$m_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{796,875 \text{ kNm} \cdot 0,001 \frac{\text{MN}}{\text{kN}}}{0,3 \text{ m} \cdot 0,96^2 \text{ m}^2 \cdot 14,17 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}} = 0,2034$$

0,20	0,2263	0,280	0,884	-3,50	9,02	441,3	0,810	0,416
0,21	0,2395	0,296	0,877	-3,50	8,33	440,6	0,810	0,416

Aus der Interpolation ergibt sich

$$w_1 = 0,2263 + \frac{0,2395 - 0,2263}{0,21 - 0,20} \cdot (0,2034 - 0,20) = 0,2308$$

Daraus ermittelt sich nun die erforderliche Längsbewehrung zu

$$A_{s1} = 0,2308 \cdot \frac{30 \cdot 96}{456,52 / 14,17} = 20,63 \text{ cm}^2$$

Querschnitt 3:

Das bezogene Moment berechnet sich zu:

$$m_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{796,875 \text{ kNm} \cdot 0,001 \frac{\text{MN}}{\text{kN}}}{0,4 \text{ m} \cdot 0,71^2 \text{ m}^2 \cdot 14,17 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}} = 0,2789$$

0,27	0,3239	0,400	0,834	-3,50	5,25	437,7	0,810	0,416
0,28	0,3391	0,419	0,826	-3,50	4,86	437,3	0,810	0,416

Aus der Interpolation ergibt sich

$$w_1 = 0,3239 + \frac{0,3391 - 0,3239}{0,28 - 0,27} \cdot (0,2789 - 0,27) = 0,33741$$

Daraus ermittelt sich nun die erforderliche Längsbewehrung zu

$$A_{s1} = 0,3374 \cdot \frac{40 \cdot 71}{456,52/14,17} = 29,75 \text{ cm}^2$$



## Vergleich der Ergebnisse

	AQB [cm <sup>2</sup> ]	Handrechnung [cm <sup>2</sup> ]
Quer 1	18.56	18,55
Quer 2	20.75	20,63
Quer 3	30.07	29,75

## 3.1.3 CADINP Eingabe

```
+prog aqb -e urs:2
kopf Bemessung Biegung
echo voll nein
echo schn,beme,bew ja
$ Bemessungsmoment als Variable #my in Datenbasis speichern
sto#l 10.0 $ Spannweite
sto#g 25.0 $ ständige Last kN/m
sto#p 20.0 $ veränderliche Last kN/m
sto#my (1.35*#g+1.50*#p)*#l*#l/8
$ Manuelle Eingabe der Schnittgrößen für die Stäbe 1001,2001,3001
S 1 1001 0.0 N 0 VY 0 VZ 0 MT 0 MY #my MZ 0
S 2 2001 0.0 N 0 VY 0 VZ 0 MT 0 MY #my MZ 0
S 3 3001 0.0 N 0 VY 0 VZ 0 MT 0 MY #my MZ 0
beme bruc SMOD kein $ keine Schubbemessung
bew bmod spei LFB 1 $ Speicherung der stat. erf. Bewehrung in LFB 1
ende
```

### 3.2 Biegung + Normalkraft (Zug)

#### 3.2.1 Ergebnisse der Bemessung mit AQB

Erforderliche Bewehrung										
Stab	x[m]	NQ	LF	Ni [kN]	Myi/Mzi [kNm]	e1/yn [o/oo / mm]	e2/zn	nue C/S	rel tra	As R [cm <sup>2</sup> ]
1001	0.000	1	0	300.0	796.87	-1.23	25.00	1.50	1.00	20.38 1
					0.00	9999	-242	1.15		2.26 2
2001	0.000	2	0	300.1	796.86	-3.50	14.44	1.50	1.00	23.36 1
					0.00	-9999	-312	1.15		2.26 2
3001	0.000	3	0	300.0	796.88	-3.50	7.66	1.50	1.00	32.26 1
					0.00	9999	-152	1.15		2.26 2

#### 3.2.2 Handrechnung

##### Querschnitt 1:

Das bezogene Moment berechnet sich zu:

$$m_{Eds} = \frac{M_{Eds} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{796,875 \text{ kNm} \cdot 0,001 \frac{\text{MN}}{\text{kN}} - 0,300 \text{ MN} \cdot (0,7125 - 0,04)}{2,0 \text{ m} \cdot 0,96^2 \text{ m}^2 \cdot 14,17 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}} = 0,0228$$

0,02	0,0203	0,044	0,985	-1,15	25,00	456,5	0,464	0,353
0,03	0,0306	0,055	0,980	-1,46	25,00	456,5	0,553	0,360

Aus der Interpolation ergibt sich

$$w_1 = 0,0203 + \frac{0,0306 - 0,0203}{0,03 - 0,02} \cdot (0,0228 - 0,02) = 0,0232$$

Daraus ermittelt sich nun die erforderliche Längsbewehrung zu

$$A_{s1} = 0,0232 \cdot \frac{200 \cdot 96 \text{ cm}^2}{456,52 / 14,17} + \frac{300 \text{ kN}}{456,52 \text{ MN} / \text{m}^2} = 20,38 \text{ cm}^2$$

##### Querschnitt 2:

Das bezogene Moment berechnet sich zu:

$$m_{Eds} = \frac{M_{Eds} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{796,875 \text{ kNm} \cdot 0,001 \frac{\text{MN}}{\text{kN}} - 0,300 \text{ MN} \cdot (0,50 - 0,04)}{0,3 \text{ m} \cdot 0,96^2 \text{ m}^2 \cdot 14,17 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}} = 0,168$$

0,16	0,1759	0,217	0,910	-3,50	12,61	444,7	0,810	0,416
0,17	0,1882	0,233	0,903	-3,50	11,56	443,7	0,810	0,416

Aus der Interpolation ergibt sich

$$w_1 = 0,1759 + \frac{0,1882 - 0,1759}{0,17 - 0,16} \cdot (0,168 - 0,16) = 0,186$$

Daraus ermittelt sich nun die erforderliche Längsbewehrung zu



$$A_{s1} = 0,186 \cdot \frac{30 \cdot 96 \text{ cm}^2}{456,52/14,17} + \frac{300 \text{ kN}}{456,52 \text{ MN/m}^2} = 23,19 \text{ cm}^2$$

### Querschnitt 3:

Das bezogene Moment berechnet sich zu:

$$m_{Eds} = \frac{M_{Eds} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{796,875 \text{ kNm} \cdot 0,001 \frac{\text{MN}}{\text{kN}} - 0,300 \text{ MN} \cdot (0,375 - 0,04)}{0,4 \text{ m} \cdot 0,71^2 \text{ m}^2 \cdot 14,17 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}} = 0,2437$$

0,24	0,2804	0,346	0,856	-3,50	6,61	439,0	0,810	0,416
0,25	0,2946	0,364	0,849	-3,50	6,12	438,5	0,810	0,416

Aus der Interpolation ergibt sich

$$w_1 = 0,2804 + \frac{0,2946 - 0,2804}{0,25 - 0,24} \cdot (0,2437 - 0,24) = 0,2864$$

Daraus ermittelt sich nun die erforderliche Längsbewehrung zu

$$A_{s1} = 0,2864 \cdot \frac{40 \cdot 71 \text{ cm}^2}{456,52/14,17} + \frac{300 \text{ kN}}{456,52 \text{ MN/m}^2} = 31,81 \text{ cm}^2$$



### Vergleich der Ergebnisse

	AQB [cm <sup>2</sup> ]	Handrechnung [cm <sup>2</sup> ]
Quer 1	20,38	20,38
Quer 2	23,36	23,19
Quer 3	32,26	31,81

### 3.2.3 CADINP Eingabe

```
+prog aqb -e urs:4
kopf Bemessung Biegung + Normalkraft (Zug)
echo voll nein
echo schn,beme,bew ja
$ Manuelle Eingabe der Schnittgrößen für die Stäbe 1001,2001,3001
S 1 1001 0.0 N 300 VY 0 VZ 0 MT 0 MY #my MZ 0
S 2 2001 0.0 N 300 VY 0 VZ 0 MT 0 MY #my MZ 0
S 3 3001 0.0 N 300 VY 0 VZ 0 MT 0 MY #my MZ 0
beme bruc SMOD kein $ keine Schubmessung
bew bmod spei LFB 2 $ Speicherung der stat. erf. Bewehrung in LFB 2
ende
```

### 3.3 Biegung + Normalkraft (Druck)

#### 3.3.1 Ergebnisse der Bemessung mit AQB

Erforderliche Bewehrung											
Stab	x[m]	NQ	LF	Ni [kN]	Myi/Mzi [kNm]	e1/yn [o/oo / mm]	e2/zn	nue C/S	rel tra	As	R
1001	0.000	1	0	-300.0	796.88	-1.68	25.00	1.50	1.00	16.76	1
					0.00	9999	-226	1.15		2.26	2
2001	0.000	2	0	-300.0	796.87	-3.50	7.98	1.50	1.00	18.30	1
					0.00	-9999	-207	1.15		2.26	2
3001	0.000	3	0	-300.0	796.87	-3.50	4.45	1.50	1.00	28.19	1
					0.00	9999	-62	1.15		2.26	2

#### 3.3.2 Handrechnung

##### Querschnitt 1:

Das bezogene Moment berechnet sich zu:

$$m_{Eds} = \frac{M_{Eds} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{796,875 \text{ kNm} \cdot 0,001 \frac{\text{MN}}{\text{kN}} + 0,300 \text{ MN} \cdot (0,7125 - 0,04)}{2,0 \text{ m} \cdot 0,96^2 \text{ m}^2 \cdot 14,17 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}} = 0,0382$$

0,03	0,0306	0,055	0,980	-1,46	25,00	456,5	0,553	0,360
0,04	0,0410	0,066	0,976	-1,76	25,00	456,5	0,622	0,368

Aus der Interpolation ergibt sich

$$w_1 = 0,0306 + \frac{0,0410 - 0,0306}{0,04 - 0,03} \cdot (0,0382 - 0,03) = 0,0392$$

Daraus ermittelt sich nun die erforderliche Längsbewehrung zu

$$A_{s1} = 0,0392 \cdot \frac{200 \cdot 96 \text{ cm}^2}{456,52 / 14,17} - \frac{300 \text{ kN}}{456,52 \text{ MN} / \text{m}^2} = 16,77 \text{ cm}^2$$

##### Querschnitt 2:

Das bezogene Moment berechnet sich zu:

$$m_{Eds} = \frac{M_{Eds} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{796,875 \text{ kNm} \cdot 0,001 \frac{\text{MN}}{\text{kN}} + 0,300 \text{ MN} \cdot (0,50 - 0,04)}{0,3 \text{ m} \cdot 0,96^2 \text{ m}^2 \cdot 14,17 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}} = 0,2386$$

0,23	0,2665	0,329	0,863	-3,50	7,13	439,5	0,810	0,416
0,24	0,2804	0,346	0,856	-3,50	6,61	439,0	0,810	0,416

Aus der Interpolation ergibt sich

$$w_1 = 0,2665 + \frac{0,2804 - 0,2665}{0,24 - 0,23} \cdot (0,2386 - 0,23) = 0,2785$$

Daraus ermittelt sich nun die erforderliche Längsbewehrung zu

$$A_{s1} = 0,2785 \cdot \frac{30 \cdot 96 \text{ cm}^2}{456,52/14,17} - \frac{300 \text{ kN}}{456,52 \text{ MN/m}^2} = 18,32 \text{ cm}^2$$

### Querschnitt 3:

Das bezogene Moment berechnet sich zu:

$$m_{Eds} = \frac{M_{Eds} - N_{Ed} \cdot z_{s1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{796,875 \text{ kNm} \cdot 0,001 \frac{\text{MN}}{\text{kN}} + 0,300 \text{ MN} \cdot (0,375 - 0,04)}{0,4 \text{ m} \cdot 0,71^2 \text{ m}^2 \cdot 14,17 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}} = 0,3141$$

0,31	0,3869	0,478	0,801	-3,50	3,82	436,4	0,810	0,416
0,32	0,4038	0,499	0,793	-3,50	3,52	436,1	0,810	0,416

Aus der Interpolation ergibt sich

$$w_1 = 0,3869 + \frac{0,4038 - 0,3869}{0,32 - 0,31} \cdot (0,3141 - 0,31) = 0,3938$$

Daraus ermittelt sich nun die erforderliche Längsbewehrung zu

$$A_{s1} = 0,3938 \cdot \frac{40 \cdot 71 \text{ cm}^2}{456,52/14,17} - \frac{300 \text{ kN}}{456,52 \text{ MN/m}^2} = 28,14 \text{ cm}^2$$



### Vergleich der Ergebnisse

	AQB [cm <sup>2</sup> ]	Handrechnung [cm <sup>2</sup> ]
Quer 1	16.76	16,77
Quer 2	18.30	18,32
Quer 3	28.19	28,14

### 3.3.3 CADINP Eingabe

```
+prog aqb -e urs:5
kopf Bemessung Biegung + Normalkraft (Druck)
echo voll nein
echo schn,beme,bew ja
$ Manuelle Eingabe der Schnittgrößen für die Stäbe 1001,2001,3001
S 1 1001 0.0 N -300 VY 0 VZ 0 MT 0 MY #my MZ 0
S 2 2001 0.0 N -300 VY 0 VZ 0 MT 0 MY #my MZ 0
S 3 3001 0.0 N -300 VY 0 VZ 0 MT 0 MY #my MZ 0
beme bruc SMOD kein $ keine Schubmessung
bew bmod spei LFB 3 $ Speicherung der stat. erf. Bewehrung in LFB 3
ende
```

### 3.4 Schubbemessung

#### 3.4.1 Ergebnisse der Bemessung mit AQB

##### Schubsicherheitsnachweise

```

=====
Bemessung Schub DIN 1045-1 (2008)
Minimaler Schubdeckungsgrad / tan der Neigung der Streben 0.33 / 1.72
MNr      f-cd   tau-rd   sigIIQ   sigIIIT  sigIIQ+   fyd
         [MPa]   [MPa]   [MPa]   [MPa]   [MPa]     [MPa]
1        14.17   0.10    10.62    7.44    10.62
2
Toleranz für Überschreitung maximaler Schub- oder Hauptdruckspannungen 0.0200
  
```

##### Erforderliche Schubbewehrung

Stab	x[m]	NQ	LF	S	Z	Tv [kN/m]	z [m]	bs [m]	K [-]	tau-V [MPa]	tau-T [MPa]	sigII	cot	As-v [cm2/m]
1001	0.000	1	0	0		355.75	0.896	0.300		1.19	0.00	-3.88	2.94	2.79
						Vrd,ct				63.28	Ve/Vr	5.04		
						(d 0.960 rho,1 0.078 sig 0.00)								
						Vrd,c				188.43				
						Vrd,max				871.84	Ve/Vr	0.37		
						Vrd,sy				318.75	Ve/Vr	1.00		
2001	0.000	2	0	0		355.75	0.896	0.300		1.19	0.00	-3.88	2.94	2.79
						Vrd,ct				63.28	Ve/Vr	5.04		
						(d 0.960 rho,1 0.078 sig 0.00)								
						Vrd,c				188.43				
						Vrd,max				871.84	Ve/Vr	0.37		
						Vrd,sy				318.75	Ve/Vr	1.00		
3001	0.000	3	0	0		493.42	0.646	0.400		1.23	0.00	-3.87	2.78	4.08
						Vrd,ct				79.33	Ve/Vr	4.02		
						(d 0.710 rho,1 0.080 sig 0.00)								
						Vrd,c				181.14				
						Vrd,max				874.53	Ve/Vr	0.36		
						Vrd,sy				318.75	Ve/Vr	1.00		

#### 3.4.2 Handrechnung

##### Querschnitt 1:

Ermittlung des inneren Hebelarms nach Kapitel 10.3.4 Absatz (2).

$$z = 0,96 - 2 \cdot \left( 0,04 - \frac{0,012}{2} \right) = 0,892 \geq 0,96 - 0,034 - 0,03 = 0,896 \Rightarrow z = 0,896m$$

Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung

$$V_{Rd,ct} = \left[ \frac{0,15}{g_c} \cdot k \cdot h_1 \cdot (100 \cdot r_l \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \cdot s \right] \cdot b_w \cdot d =$$

$$= \left[ \frac{0,15}{1,5} \cdot 1,456 \cdot 1,0 \cdot (100 \cdot 0,00078 \cdot 25)^{1/3} - 0,12 \cdot 0,0 \right] \cdot 300 \cdot 960 \cdot 10^{-3} kN = 52,51kN$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{960}} = 1,456 \leq 2,0$$

$$r_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 2,26cm^2 / (30 \cdot 96)cm^2 = 0,00078 \leq 0,02$$

Mindestwert der Querkrafttragfähigkeit

$$V_{Rd,ct,min} = [h_1 \cdot v_{min} - 0,12 \cdot s_{cd}] \cdot b_w \cdot d = [1,0 \cdot 0,2196 - 0,0] \cdot 300 \cdot 960 \cdot 10^{-3} \text{ kN} = 63,25 \text{ kN}$$

$$v_{min} = \left[ \frac{k_1}{g_c} \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}} \right] = \left[ \frac{0,0375}{1,5} \cdot \sqrt{1,456^3 \cdot 25} = 0,2196 \right]$$

Mit  $k_1 = 0,0375$  für  $d \geq 800$  mm

Querkrafttragfähigkeit mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung

$$\begin{aligned} V_{Rd,c} &= c_j \cdot 0,48 \cdot h \cdot f_{ck}^{1/3} \cdot \left( 1 + 1,2 \cdot \frac{s_{cd}}{f_{cd}} \right) \cdot b_w \cdot z = \\ &= 0,5 \cdot 0,48 \cdot 1,0 \cdot 25^{1/3} \cdot \left( 1 + 1,2 \cdot \frac{0,0}{f_{cd}} \right) \cdot 300 \cdot 896 \cdot 10^{-3} = 188,63 \text{ kN} \end{aligned}$$

maximale Neigung der Druckstrebe

$$0,58 \leq \cot \Theta \leq \frac{1,2 - 1,4 \cdot s_{cd} / f_{cd}}{1 - V_{Rd,c} / V_{Ed}} = \frac{1,2 - 0,0}{1 - 188,63 / 318,75} = 2,94 \leq 3,0$$

Bemessungswert der Querkraftbewehrung

$$\begin{aligned} V_{Rd,sy} &= \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \Theta \\ \Rightarrow a_{sw} &= \frac{A_{sw}}{s_w} = \frac{V_{Rd,sy}}{f_{yd} \cdot z \cdot \cot \Theta} = \frac{318,75 \text{ kN}}{434,78 \text{ MN} / \text{m}^2 \cdot 0,896 \text{ m} \cdot 2,94} = 2,78 \text{ cm}^2 / \text{m} \end{aligned}$$

maximale Querkrafttragfähigkeit

$$V_{Rd,max} = \frac{b_w \cdot z \cdot a_c \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{0,30 \cdot 0,896 \cdot 0,75 \cdot 14,17}{2,94 + \frac{1}{2,94}} = 870,9 \text{ kN}$$

$$a_c = 0,75 \cdot h_1 = 0,75 \cdot 1,0 = 0,75$$

Querschnitt 2:

Die Ergebnisse von Querschnitt 2 sind identisch mit den Ergebnissen von Querschnitt 1

Querschnitt 3:

Ermittlung des inneren Hebelarms nach Kapitel 10.3.4 Absatz (2).

$$z = 0,71 - 2 \cdot \left( 0,04 - \frac{0,012}{2} \right) = 0,642 \geq 0,71 - 0,034 - 0,03 = 0,646 \quad \mathbf{\hat{a}} \quad z = 0,646 \text{ m}$$

Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung

$$V_{Rd,ct} = \left[ \frac{0,15}{g_c} \cdot k \cdot h_1 \cdot (100 \cdot r_l \cdot f_{ck})^{1/3} - 0,12 \cdot s \right] \cdot b_w \cdot d =$$

$$= \left[ \frac{0,15}{1,5} \cdot 1,5307 \cdot 1,0 \cdot (100 \cdot 0,000796 \cdot 25)^{1/3} - 0,12 \cdot 0,0 \right] \cdot 400 \cdot 710 \cdot 10^{-3} \text{ kN} = 54,67 \text{ kN}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{710}} = 1,5307 \leq 2,0$$

$$r_l = A_{sl} / (b_w \cdot d) = 2,26 \text{ cm}^2 / (40 \cdot 71) \text{ cm}^2 = 0,000796 \leq 0,02$$

Mindestwert der Querkrafttragfähigkeit

$$V_{Rd,ct,min} = [h_1 \cdot v_{\min} - 0,12 \cdot s_{cd}] \cdot b_w \cdot d = [1,0 \cdot 0,2793 - 0,0] \cdot 400 \cdot 710 \cdot 10^{-3} \text{ kN} = 79,33 \text{ kN}$$

$$v_{\min} = \left[ \frac{k_1}{g_c} \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}} \right] = \left[ \frac{0,0443}{1,5} \cdot \sqrt{1,5307^3 \cdot 25} \right] = 0,2607$$

Mit  $k_1 = 0,0525$  für  $d \leq 600 \text{ mm}$  und  $k_1 = 0,0375$  für  $d \geq 800 \text{ mm}$

$$k_1 = 0,0525 - (710 - 600) \cdot \frac{0,0525 - 0,0375}{800 - 600} = 0,0413$$

Querkrafttragfähigkeit mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung

$$V_{Rd,c} = c_j \cdot 0,48 \cdot h \cdot f_{ck}^{1/3} \cdot \left( 1 + 1,2 \cdot \frac{s_{cd}}{f_{cd}} \right) \cdot b_w \cdot z =$$

$$= 0,5 \cdot 0,48 \cdot 1,0 \cdot 25^{1/3} \cdot \left( 1 + 1,2 \cdot \frac{0,0}{f_{cd}} \right) \cdot 400 \cdot 646 \cdot 10^{-3} = 181,34 \text{ kN}$$

Die maximale Neigung der Druckstrebe berechnet sich zu

$$0,58 \leq \cot \Theta \leq \frac{1,2 - 1,4 \cdot s_{cd} / f_{cd}}{1 - V_{Rd,c} / V_{Ed}} = \frac{1,2 - 0,0}{1 - 181,34 / 318,75} = 2,784 \leq 3,0$$

Bemessungswert der Querkraftbewehrung ermittelt sich zu

$$V_{Rd,sy} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \Theta$$

$$\Rightarrow a_{sw} = \frac{A_{sw}}{s_w} = \frac{V_{Rd,sy}}{f_{yd} \cdot z \cdot \cot \Theta} = \frac{318,75 \text{ kN}}{434,78 \text{ MN} / \text{m}^2 \cdot 0,646 \text{ m} \cdot 2,78} = 4,08 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Die maximale Querkrafttragfähigkeit ermittelt sich zu

$$V_{Rd,max} = \frac{b_w \cdot z \cdot a_c \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{0,40 \cdot 0,646 \cdot 0,75 \cdot 14,17}{2,78 + \frac{1}{2,78}} = 874,65 \text{ kN}$$

$$a_c = 0,75 \cdot h_1 = 0,75 \cdot 1,0 = 0,75$$



## Vergleich der Ergebnisse

	AQB [kN] - [cm <sup>2</sup> /m]				Handrechnung [kN] - [cm <sup>2</sup> /m]			
	V <sub>Rd,ct</sub>	V <sub>Rd,c</sub>	V <sub>Rd,max</sub>	a <sub>s</sub>	V <sub>Rd,ct</sub>	V <sub>Rd,c</sub>	V <sub>Rd,max</sub>	a <sub>s</sub>
Quer 1	63,28	188,43	871,84	2,79	63,25	188,63	870,90	2,78
Quer 2	63,28	188,43	871,84	2,79	63,25	188,63	870,90	2,78
Quer 3	79,33	181,14	874,53	4,08	79,33	181,34	874,65	4,08

## 3.4.3 CADINP Eingabe

```

+prog aqb -E urs:3
kopf Bemessung Querkraft
echo voll nein
echo schn ja
echo schu extr
$ Bemessungsquerkraft als Variable #vz in Datenbasis speichern
sto#vz (1.35*#g+1.50*#p)*#l/2
$
S 1 1001 0.0 N 0 VY 0 VZ #vz MT 0 MY 5 MZ 0
S 2 2001 0.0 N 0 VY 0 VZ #vz MT 0 MY 5 MZ 0
S 3 3001 0.0 N 0 VY 0 VZ #vz MT 0 MY 5 MZ 0
beme bruc $ keine Schubbemessung
bew bmod spei LFB 4 $ Speicherung der stat. erf. Bewehrung in LFB 4
ende

```