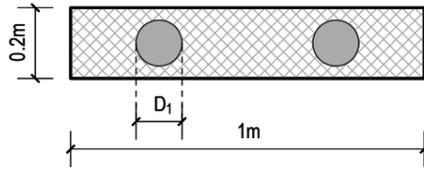


### Aufgabe 1 Dimensionierung von auf Zug beanspruchten Bauteilen

Gegeben ist die massgebende Normalkraft  $N_d = 5900 \text{ kN}$ , welche von einem Stahlbetonelement aufgenommen werden soll. Annahme: Die Seile tragen die volle Zuglast, d.h. der Beton kann vernachlässigt werden. Untersucht werden zwei Varianten mit unterschiedlicher Verteilung der Bewehrung. (Stahl S235)

- Berechnen Sie für die zwei Varianten die notwendigen Bewehrungsdurchmesser  $D_1$  und  $D_2$  (auf ganze mm gerundet). Die Materialwerte finden Sie auf dem Formelblatt.
- Was könnten mögliche Vor- und Nachteile der beiden Varianten sein? Geben Sie Ihren Favorit an und begründen Sie die Wahl.

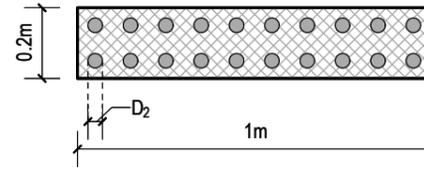
Variante 1.1



Querschnitt 1:20

$$\begin{aligned}
 N_d &= 5'900 \text{ kN} \\
 f_{tk} &= 235 \text{ N/mm}^2 \\
 Y_M &= 1.05 \\
 f_{td} &= f_{tk} / Y_M = 223.8 \text{ N/mm}^2 \\
 A_{req} &= N_d / f_{td} = 26'361.7 \text{ mm}^2 \\
 A_{Seil} &= A_{req} / 2 = 13'180.9 \text{ mm}^2 \\
 D &= \sqrt{4 \cdot A / \pi} = 129.5 \text{ mm} \approx 130 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Variante 1.2



Querschnitt 1:20

$$\begin{aligned}
 N_d &= 5'900 \text{ kN} \\
 f_{tk} &= 235 \text{ N/mm}^2 \\
 Y_M &= 1.05 \\
 f_{td} &= f_{tk} / Y_M = 223.8 \text{ N/mm}^2 \\
 A_{req} &= N_d / f_{td} = 26'361.7 \text{ mm}^2 \\
 A_{Seil} &= A_{req} / 20 = 1'318.1 \text{ mm}^2 \\
 D &= \sqrt{4 \cdot A / \pi} = 41.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- b) Bei der Variante 1.1 ist der Arbeitsaufwand geringer, weil sie weniger Elemente aufweist. Variante 1.2 weist die bessere Kräfteverteilung auf den Querschnitt auf.

### Aufgabe 2 Materialeigenschaften

Um ein Gefühl zu erhalten, wie sich verschiedene Materialien bei Zug- und Druckbelastungen verhalten, vergleichen wir in der Folge Holz (Fichte), Stahl (S235) und Beton (C20/25).

- Vervollständigen Sie die Tabelle mit Werten aus der Formelsammlung und ihren eigenen Berechnungen.
- Gegeben ist eine Zugbeanspruchung von  $N_d = 12 \text{ kN}$ . Berechnen Sie für die drei Materialien die benötigte Querschnittsfläche  $A_{req}$ , die zur Aufnahme von  $N_d$  erforderlich ist und vergleichen Sie diese.
- Wiederholen Sie b) nun jedoch mit einer Druckbeanspruchung von  $N_d = 12 \text{ kN}$ .

a)

	Holz Fichte	Stahl S235	Beton C20/25
$Y_M$	1.7	1.05	1.5
$f_{tk}$	14 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	1.5 N/mm <sup>2</sup>
$f_{td}$	<b>8.2 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>223.8 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>1 N/mm<sup>2</sup></b>
$f_{ck}$	20 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	<b>11.7 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>223.8 N/mm<sup>2</sup></b>	<b>13.3 N/mm<sup>2</sup></b>

b)

Holz

$$\begin{aligned}
 N_d &= 12'000 \text{ N} \\
 f_{td} &= 8.2 \text{ N/mm}^2 \\
 A_{req} &= N_d / f_{td} = 1457 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Stahl

$$\begin{aligned}
 N_d &= 12'000 \text{ N} \\
 f_{td} &= 223.8 \text{ N/mm}^2 \\
 A_{req} &= N_d / f_{td} = 53.6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Beton

$$\begin{aligned}
 N_d &= 12'000 \text{ N} \\
 f_{td} &= 1 \text{ N/mm}^2 \\
 A_{req} &= N_d / f_{td} = 12'000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

c)

Holz

$$\begin{aligned}
 N_d &= 12'000 \text{ N} \\
 f_{cd} &= 11.7 \text{ N/mm}^2 \\
 A_{req} &= N_d / f_{cd} = 1020 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Stahl

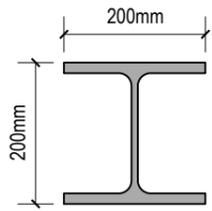
$$\begin{aligned}
 N_d &= 12'000 \text{ N} \\
 f_{cd} &= 223.8 \text{ N/mm}^2 \\
 A_{req} &= N_d / f_{cd} = 53.6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Beton

$$\begin{aligned}
 N_d &= 12'000 \text{ N} \\
 f_{cd} &= 13.3 \text{ N/mm}^2 \\
 A_{req} &= N_d / f_{cd} = 900 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

### Aufgabe 3 Spannungsnachweis

Führen Sie einen Spannungsnachweis für das Stahlprofil (S235) mit den gegebenen Werten durch.



Querschnitt 1:10

$$N_d = 1'500 \text{ kN}$$

$$A_{\text{eff}} = 7810 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = N_d / A_{\text{eff}} \leq f_{\text{cd}}$$

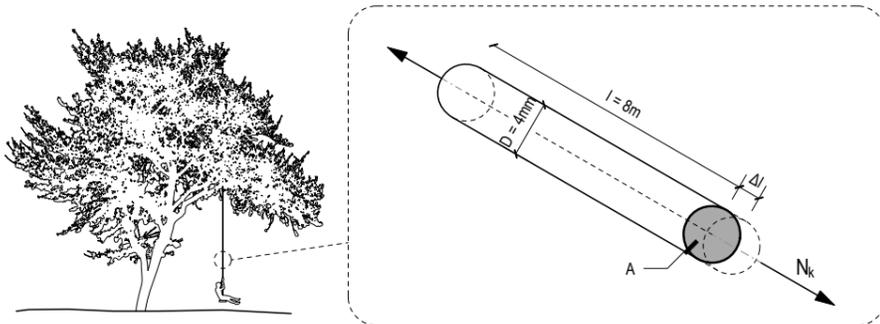
$$f_{\text{cd}} = 223.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 192.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma \leq f_{\text{cd}} \text{ ok!}$$

### Aufgabe 4 Deformation/Längenänderung

An einem Baum wird eine Schaukel an einem dünnen Stahlseil S235 mit der Länge  $l = 8\text{m}$  und einem Durchmesser von  $D = 4\text{mm}$  aufgehängt. Finden Sie unter der Annahme, dass die Person auf der Schaukel  $80\text{kg}$  ( $m_k$ ) wiegt, die Längenänderung  $\Delta l$  in mm und in %.



$$m_k = 80 \text{ kg}$$

$$N_k = m_k \cdot g = 785 \text{ N}$$

$$A = r^2 \cdot \pi = 12.57 \text{ mm}^2$$

$$l = 8'000 \text{ mm}$$

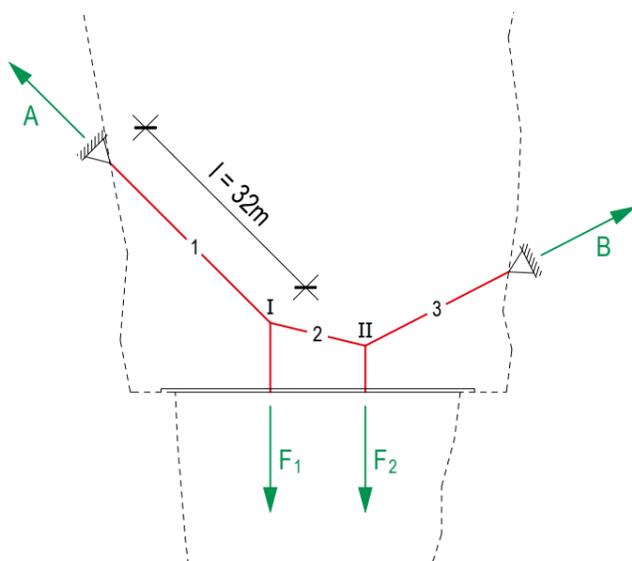
$$E = 210'000 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta l = (N_k / A) \cdot (l / E) = 2.38 \text{ mm}$$

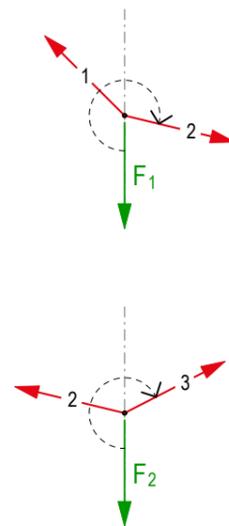
$$\Delta l / l = 2.38 \text{ mm} / 8'000 \text{ mm} = 0.0003 = 0.03 \%$$

### Aufgabe 5 Deformation/Längenänderung

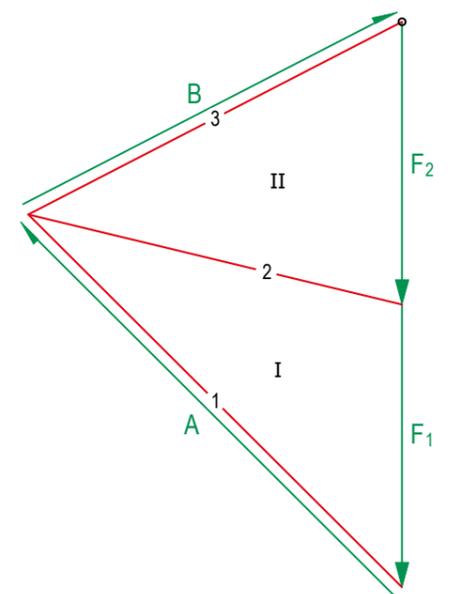
- Zeichnen Sie zur gegebenen Seilbrücke den Kräfteplan und finden Sie die massgebende Kraft im Hauptseil. Berechnen Sie den Seildurchmesser und die Längenänderung aufgrund der Beanspruchung für das massgebende Segment aus Stahl S235. Geben Sie sowohl die Längenänderung  $\Delta l$  als auch die prozentuale Ausdehnung in % an.  $F_{1d} = F_{2d} = 40 \text{ kN}$
- Beschreiben Sie, welche Veränderungen die Längenausdehnung für Lage- und Kräfteplan geben könnte.



Lageplan 1:1'000



Subsystem



1 cm  $\hat{=}$  10 kN

Kräfteplan

$$N_d = 74'671 \text{ N}$$

$$f_{\text{td}} = 223.8 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{\text{req}} = \frac{N_d}{f_{\text{td}}} = 333.6 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{4 \cdot A / \pi} = 20.6 \text{ mm} \approx 21 \text{ mm}$$

$$A = r^2 \cdot \pi = 346.4 \text{ mm}^2$$

$$l = 32'000 \text{ mm}$$

$$E = 210'000 \text{ N/mm}^2$$

$$N_k = N_d / \gamma_Q$$

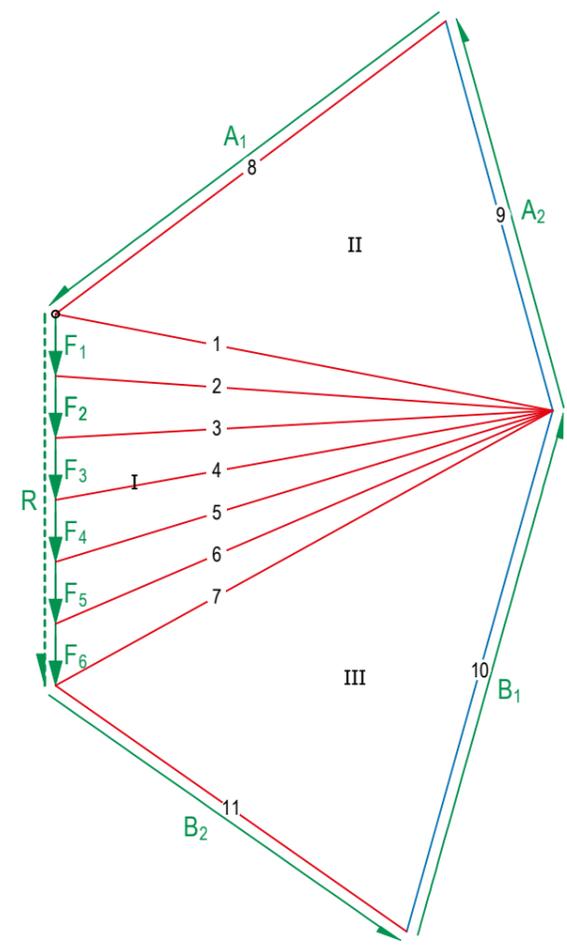
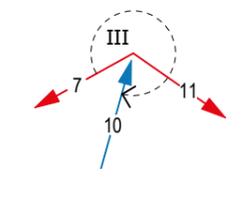
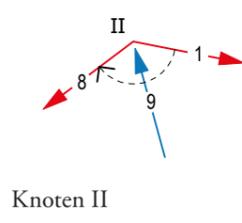
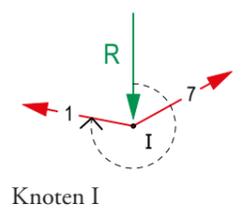
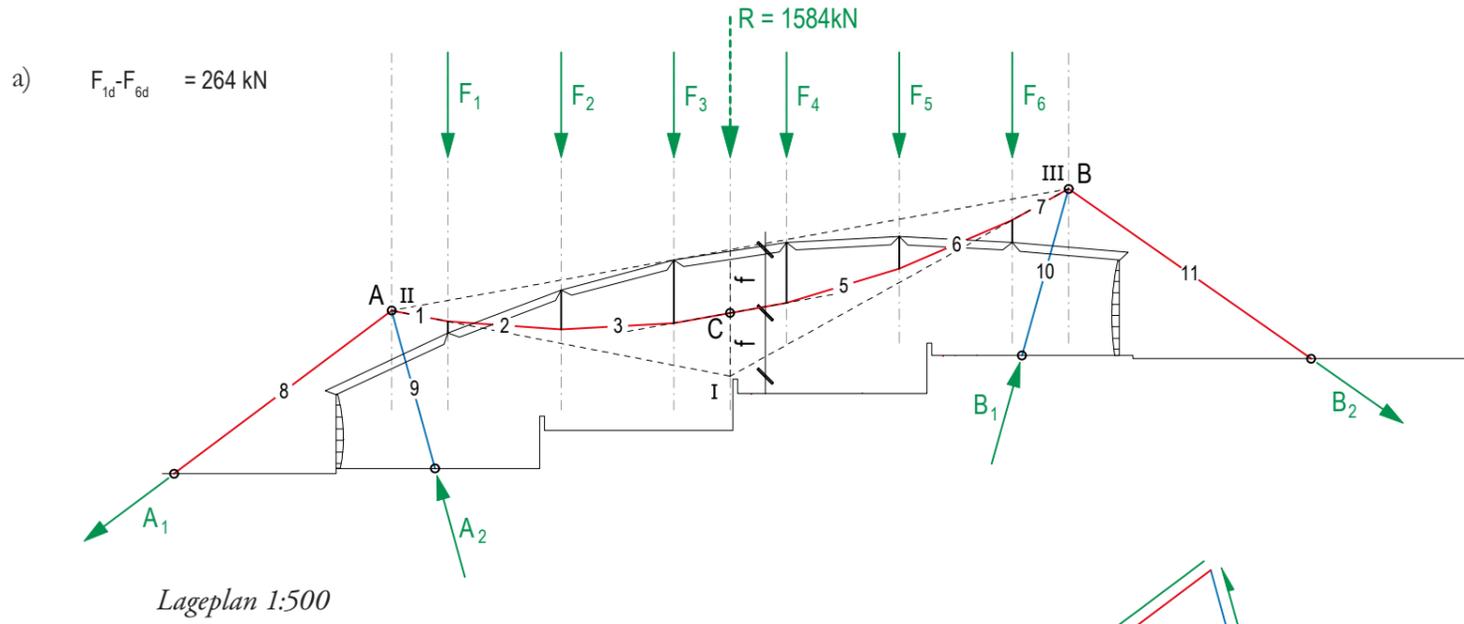
$$\Delta l = (N_k / A) \cdot (l / E) = 22.13 \text{ mm}$$

$$\Delta l / l = 32.9 / 32'000 = 0.10 \%$$

b) Die Verformung hat eine Geometrieverschiebung zur Folge. Da sich dadurch Lage- und Kräfteplan ändern würde, kann die exakte Form nur iterativ gefunden werden. Die Verformung ist jedoch so minimal, dass sie vernachlässigt werden kann.

**Aufgabe 6 Dimensionierung eines Hallendachs**

- Gegeben sind die Belastungen eines Daches auf eine Seilkonstruktion. Finden Sie die Seilform durch die Punkte A, B und C. Zeichnen Sie den entsprechenden Kräfteplan und geben Sie die massgebende Kraft im Pylon und in der Rückverankerung an.
- Berechnen Sie die erforderliche Querschnittsfläche des Pylons (S235) und finden Sie ein dazu passendes ROR-Profil aus der Stahlprofilabelle.
- Gegeben ist der Durchmesser (D=89mm) der Rückverankerung (S355). Führen Sie einen Spannungsnachweis durch.



$F_{\max, \text{Pylon}} = F_{10} = 2305 \text{ kN}$   
 $F_{\max, \text{Rückverank}} = F_8 = 2074 \text{ kN}$

1 cm  $\hat{=}$  300 kN  
Kräfteplan

b)  $N_d = 2'305'000 \text{ N}$   
 $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_M = 235 \text{ N/mm}^2 / 1.05 = 223 \text{ N/mm}^2$   
 $A_{req} = N_d / f_{cd} = 2'305'000 \text{ N} / 223 \text{ N/mm}^2$   
 $A_{req} = 10'336.3 \text{ mm}^2$

Stahlprofil: ROR 219.1 · 20  
 D = 219.1 mm  
 A = 12'500 mm<sup>2</sup>

c)  $N_d = 2'074'000 \text{ N}$   
 $A_{eff} = (D/2)^2 \cdot \pi = (89 \text{ mm} / 2)^2 \cdot \pi = 6221 \text{ mm}^2$   
 $f_{td} = f_{tk} / \gamma_M = 355 \text{ N/mm}^2 / 1.05 = 338 \text{ N/mm}^2$

Spannung:  $\sigma = N_d / A_{eff} = 2'074'000 \text{ N} / 6221 \text{ mm}^2$   
 $\sigma = 333 \text{ N/mm}^2$

Spannungsnachweis:  $\sigma = 333 \text{ N/mm}^2 \leq 338 \text{ N/mm}^2 = f_{td}$