



Modul BIW4-14 Stahlbau und Stabilitätstheorie

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Richard Stroetmann
Prüfung: Stahlbau und Stabilitätstheorie
Prüfungsdatum: 02.08.2023

Name, Vorname:

Matrikel-Nr.: Vertiefungsrichtung:

Stahlbau und Stabilitätstheorie – Berechnung

Bearbeitungszeit: 150 Minuten

Aufgabe	1.	2.	3.	Σ
Punkte	56	35	59	150
erreicht				

Der Rechenteil besteht aus 7 Seiten einschließlich Deckblatt.

- Es sind alle eigenen schriftlichen Unterlagen und der Taschenrechner als Hilfsmittel zugelassen!
- Bitte beschriften Sie alle Blätter lesbar mit Namen und Matrikelnummer.
- Die Lösungen können nur bewertet werden, wenn sie lesbar sind und eindeutig einer Aufgabe zugeordnet werden können.
- Als Schreibmittel sind Tinte oder Kugelschreiber zu verwenden. Bleistift ist nur für Zeichnungen oder Skizzen zugelassen. Die Farben rot und grün sind nicht zulässig! Es sind eigene Blätter für die Lösungen zu verwenden, auf die Aufgabenstellung notierte Lösungen werden, insofern dies nicht explizit in der Aufgabenstellung gefordert wurde, nicht anerkannt.

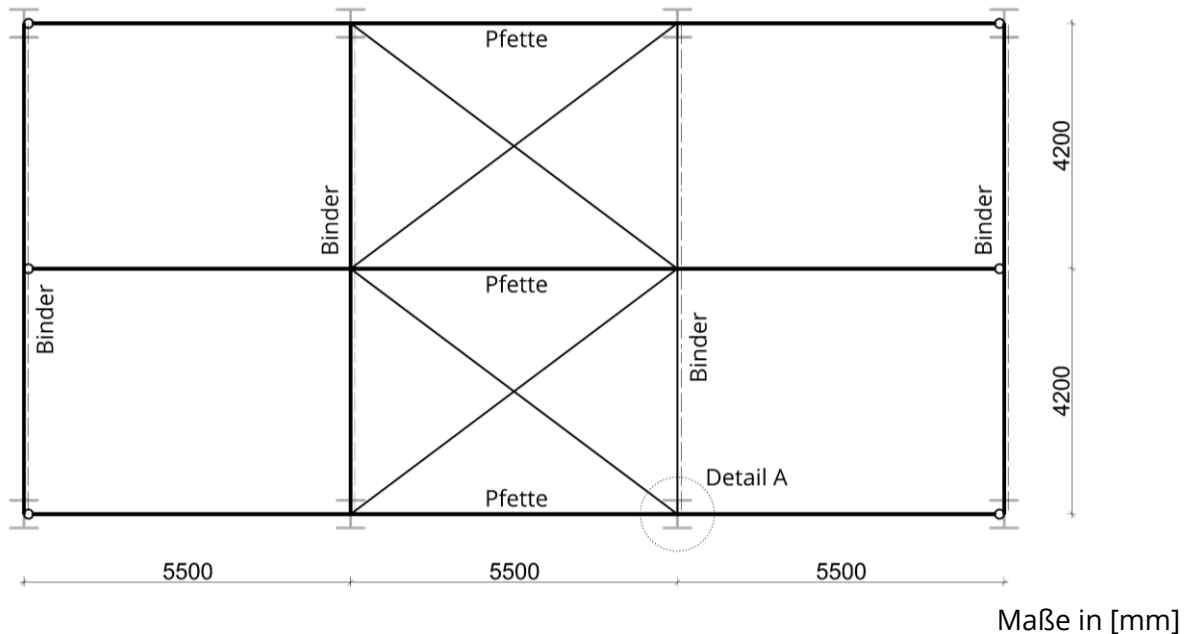
Dresden, 02. August 2023

Prof. Dr.-Ing. Richard Stroetmann

Aufgabe 1

Erreichbare Punktzahl 56

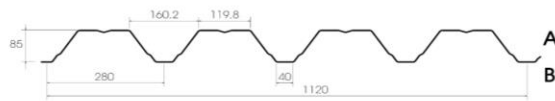
Für das Dachtragwerk einer Stahlhalle mit Flachdach (16,5 m x 8,4 m) ist als Dachhaut eine Stahltrapezprofilblecheindeckung mit planmäßiger Schubfeldausbildung vorgesehen. Das Dach soll als Pfettendach ausgeführt werden. Die Profiltafeln sollen ungestoßen über beide Felder ausgeführt werden. Als zusätzliche Belastungen sind eine konstante Ausbaulast je Pfette von $g_{k,2} = 0,3 \text{ kN/m}$ und Lasten aus Schnee und Wind in Summe mit $q_k = 2,8 \text{ kN/m}^2$ (auf beide Felder) anzusetzen.



- Wählen Sie die Trapezprofilblechdicke für die Dacheindeckung ohne Durchbiegungsbeschränkung mit Hilfe der nachfolgenden Tabellen aus.
- Bestimmen Sie die maßgebenden elastischen Schnittgrößen für die Mittelpfette und führen Sie eine Vordimensionierung unter Ansatz der Stahlfestigkeitsklasse S355 durch. Als statisches System ist ein Dreifeldträger auszuführen. Beachten Sie dabei die erforderliche Zwischenauflegerbreite der Trapezprofilbleche (siehe Tabellen)!
- Überprüfen Sie, ob eine gebundene Drehachse der Mittelpfette durch die Schubfeldwirkung der Trapezprofilbleche angesetzt werden kann. An den Schubfeldrändern werden Schrauben mit Dichtungsringen verwendet. Die Längsstöße der Profilbleche werden mit Blindniete aus Stahl $\varnothing 4,8 \text{ mm}$ im Abstand von 500 mm ausgeführt.
- Bestimmen Sie die vorhandene Drehbettung der Mittelpfette. Die Befestigung des Trapezprofilbleches ist mit Schrauben in jeder anliegenden Rippe am Untergurt vorgesehen. Die Ermittlung von C_{100} ist anhand DIN EN 1993-1-3, Tab. 10.3 vorzunehmen.
- Weisen Sie für die Mittelpfette einen ausreichenden Widerstand gegen Verdrehung um die Längsachse durch die Dacheindeckung nach, sodass kein Biegedrillknicknachweis zu führen ist.
- Führen Sie mithilfe des vereinfachten Verfahrens den Stabilitätsnachweis der Innenbinde für ein Profil IPE450 (S355). Das Eigengewicht der Binder kann vernachlässigt werden.

M85/280

Positivlage



Münkel

METALLPROFIL

www.muenker.co

Belastungstabellen nach DIN 18807

Die Belastungswerte im grauen Rasterfeld gelten nur für Wand- und nichttragende Dachprofile.

Einfeldträger



Endauflagerbreite a > 40 mm

Bleiche- dicke t (mm)	Eigenlast g (kN/m²)	Grenzstützweite Lgr. (m)	Zulässige Belastung q (kN/m²) bei einer Stützweite L (m)															
			2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25
0,75	0,079	3,46	4,01	3,31	2,79	2,37	2,05	1,78	1,57	1,39	1,24	1,11	1,00	0,91	0,83	0,76	0,70	0,64
			4,01	3,31	2,79	2,37	2,05	1,78	1,57	1,39	1,24	1,11	1,01	0,87	0,75	0,65	0,57	0,50
			3,48	2,61	2,01	1,58	1,27	1,03	0,85	0,71	0,60	0,51	0,43	0,38	0,33	0,29	0,25	0,22
			2,09	1,57	1,21	0,95	0,76	0,62	0,51	0,42	0,36	0,30	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13
0,88	0,093	5,10	5,93	4,90	4,12	3,51	3,03	2,64	2,32	2,05	1,83	1,64	1,48	1,35	1,23	1,12	1,03	0,95
			5,93	4,90	4,12	3,51	2,98	2,43	2,00	1,67	1,40	1,19	1,02	0,88	0,77	0,67	0,59	0,52
			4,09	3,08	2,37	1,86	1,49	1,21	1,00	0,83	0,70	0,60	0,51	0,44	0,38	0,34	0,30	0,26
			2,46	1,85	1,42	1,12	0,90	0,73	0,60	0,50	0,42	0,36	0,31	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16
1,00	0,106	8,04	7,71	6,37	5,35	4,56	3,93	3,43	3,01	2,67	2,38	2,14	1,93	1,75	1,59	1,46	1,34	1,23
			7,71	6,37	5,35	4,56	3,93	3,43	3,01	2,67	2,38	2,14	1,93	1,75	1,59	1,46	1,34	1,23
			4,68	3,52	2,71	2,13	1,71	1,39	1,14	0,95	0,80	0,68	0,58	0,51	0,44	0,38	0,34	0,30
			2,81	2,11	1,62	1,28	1,02	0,83	0,69	0,57	0,48	0,41	0,35	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18
1,13	0,119	9,09	9,00	7,44	6,25	5,32	4,59	4,00	3,52	3,11	2,78	2,49	2,25	2,04	1,86	1,70	1,56	1,44
			9,00	7,44	6,25	5,32	4,59	4,00	3,52	3,11	2,78	2,49	2,25	2,04	1,86	1,70	1,56	1,44
			5,16	3,88	2,99	2,35	1,88	1,53	1,26	1,05	0,88	0,75	0,65	0,56	0,48	0,42	0,37	0,33
			3,10	2,33	1,79	1,41	1,13	0,92	0,76	0,63	0,53	0,45	0,39	0,33	0,29	0,25	0,22	0,20
1,25	0,132	10,05	10,16	8,40	7,06	6,01	5,18	4,52	3,97	3,52	3,14	2,82	2,54	2,30	2,10	1,92	1,76	1,63
			10,16	8,40	7,06	6,01	5,18	4,52	3,97	3,52	3,14	2,82	2,54	2,30	2,10	1,92	1,76	1,63
			6,34	4,81	3,73	2,94	2,40	2,03	1,76	1,53	1,34	1,19	1,05	0,92	0,81	0,71	0,63	0,57
			3,34	2,51	1,94	1,52	1,22	0,99	0,82	0,68	0,57	0,49	0,42	0,36	0,31	0,27	0,24	0,21
1,50	0,158	12,06	12,26	10,13	8,51	7,25	6,25	5,45	4,79	4,24	3,78	3,40	3,06	2,78	2,53	2,32	2,13	1,96
			12,26	10,13	8,51	7,25	6,25	5,45	4,79	4,24	3,78	3,40	3,06	2,78	2,53	2,32	2,13	1,96
			8,04	6,14	4,92	4,06	3,30	2,72	2,27	1,91	1,63	1,39	1,20	1,05	0,92	0,81	0,71	0,63
			4,05	3,04	2,34	1,84	1,47	1,20	0,99	0,82	0,69	0,59	0,51	0,44	0,38	0,33	0,29	0,26

Zweifeldträger

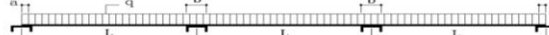


Zwischenauflegerbreite b > 160 mm

Endauflagerbreite a > 40 mm

Bleiche- dicke t (mm)	Eigenlast g (kN/m²)	Grenzstützweite Lgr. (m)	Zulässige Belastung q (kN/m²) bei einer Stützweite L (m)															
			2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25
0,75	0,079	4,55	4,01	3,56	3,19	2,83	2,44	2,13	1,87	1,66	1,48	1,33	1,20	1,09	0,99	0,90	0,83	0,77
			4,01	3,56	3,19	2,83	2,44	2,13	1,87	1,66	1,48	1,33	1,20	1,09	0,99	0,90	0,83	0,77
			4,01	3,56	3,19	2,83	2,44	2,13	1,87	1,66	1,48	1,33	1,20	1,09	0,99	0,90	0,83	0,77
			4,01	3,56	2,91	2,29	1,83	1,49	1,23	1,02	0,86	0,73	0,63	0,54	0,47	0,41	0,36	0,32
0,88	0,093	6,38	5,93	4,90	4,12	3,73	3,40	3,06	2,69	2,38	2,12	1,91	1,72	1,56	1,42	1,30	1,19	1,10
			5,93	4,90	4,12	3,73	3,40	3,06	2,69	2,38	2,12	1,91	1,72	1,56	1,42	1,30	1,19	1,10
			5,93	4,90	4,12	3,73	3,40	2,92	2,41	2,01	1,69	1,44	1,23	1,06	0,93	0,81	0,71	0,63
			5,92	4,45	3,42	2,69	2,16	1,75	1,44	1,20	1,01	0,86	0,74	0,64	0,56	0,49	0,43	0,38
1,00	0,106	10,05	7,71	6,37	5,35	4,56	3,95	3,64	3,37	3,05	2,72	2,44	2,20	2,00	1,82	1,66	1,53	1,41
			7,71	6,37	5,35	4,56	3,95	3,64	3,37	3,05	2,72	2,44	2,20	2,00	1,82	1,66	1,53	1,41
			6,76	5,08	3,91	3,08	2,46	2,00	1,65	1,38	1,16	0,99	0,85	0,73	0,64	0,56	0,49	0,43
			9,00	7,44	6,25	5,64	5,16	4,67	4,10	3,64	3,24	2,91	2,63	2,38	2,17	1,99	1,82	1,68
1,13	0,119	11,36	9,00	7,44	6,25	5,64	5,16	4,67	4,10	3,64	3,24	2,91	2,63	2,38	2,17	1,99	1,80	1,59
			9,00	7,44	6,25	5,64	5,16	4,67	4,10	3,64	3,24	2,91	2,63	2,38	2,17	1,99	1,80	1,59
			7,46	5,60	4,32	3,40	2,72	2,21	1,82	1,52	1,28	1,09	0,93	0,81	0,70	0,61	0,54	0,48
			10,16	8,74	7,84	7,10	6,15	5,36	4,71	4,17	3,72	3,34	3,01	2,73	2,49	2,28	2,09	1,93
1,25	0,132	12,56	10,16	8,74	7,84	7,10	6,15	5,36	4,71	4,17	3,72	3,34	3,01	2,73	2,49	2,21	1,94	1,72
			10,16	8,74	7,84	7,10	6,15	5,36	4,71	4,17	3,72	3,34	3,01	2,73	2,49	2,21	1,94	1,72
			8,06	6,05	4,66	3,67	2,94	2,39	1,97	1,64	1,38	1,17	1,01	0,87	0,76	0,66	0,58	0,51
			12,26	10,54	9,46	8,56	7,42	6,46	5,68	5,03	4,49	4,03	3,63	3,30	3,00	2,75	2,52	2,33
1,50	0,158	15,08	12,26	10,54	9,46	8,56	7,42	6,46	5,68	5,03	4,49	4,03	3,63	3,30	3,00	2,75	2,52	2,33
			12,26	10,54	9,46	8,56	7,42	6,46	5,68	5,03	4,49	4,03	3,63	3,30	3,00	2,75	2,52	2,33
			9,75	7,32	5,64	4,44	3,55	2,89	2,38	1,98	1,67	1,42	1,22	1,05	0,92	0,80	0,71	0,62
			15,08	12,26	10,54	9,46	8,56	7,42	6,46	5,68	5,03	4,49	4,03	3,63	3,30	3,00	2,75	2,52

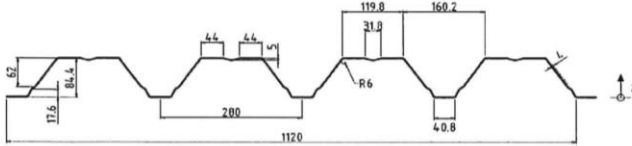
Dreifeldträger



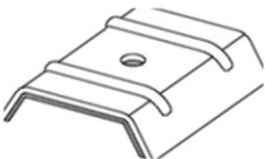
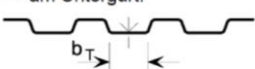
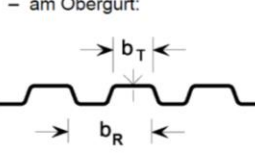
Zwischenauflegerbreite b > 160 mm

Endauflagerbreite a > 40 mm

Bleiche- dicke t (mm)	Eigenlast g (kN/m²)	Grenzstützweite Lgr. (m)	Zulässige Belastung q (kN/m²) bei einer Stützweite L (m)															
			2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25
0,75	0,079	4,55	4,01	3,56	3,19	2,83	2,44	2,13	1,91	1,74	1,58	1,45	1,33	1,23	1,13	1,05	0,98	0,90
			4,01	3,56	3,19	2,83	2,44	2,13	1,91	1,74	1,58	1,45	1,33	1,23	1,13	1,05	0,98	0,90
			4,01	3,56	3,19	2,83	2,44	2,13	1,91	1,74	1,58	1,45	1,33	1,23	1,13	1,05	0,98	0,90
			3,94	2,96	2,28	1,79	1,43	1,17	0,96	0,80	0,67	0,57	0,49	0,43	0,37	0,32	0,28	0,25
0,88	0,093	6,38	5,93	4,90	4,23	3,73	3,40	3,06	2,69	2,41	2,19	1,99	1,82	1,68	1,54	1,42	1,31	1,20
			5,93	4,90	4,23	3,73	3,40	3,06	2,69	2,41	2,19	1,99	1,82	1,68	1,54	1,42	1,31	1,20
			5,93	4,90	4,23	3,73	3,40	2,92	2,41	2,01	1,69	1,44	1,23	1,06	0,93	0,81	0,71	

Stahltrapezprofil Typ				M 85/280		Anlage 8.2					
Querschnitts- und Bemessungswerte						Als Typenentwurf					
EN 1993-1-3						in bautechnischer Hinsicht geprüft					
Profiltafel in						Prüfbescheid-Nr. T 18-007					
Positivlage						Landesdirektion Sachsen					
						- Landesstelle für Bautechnik -					
						Leipzig, den 09.03.2018					
											
Nennstreckgrenze des Stahlkerns $f_{yk} = 320 \text{ N/mm}^2$						Bearbeiter					
Maßgebende Querschnittswerte											
Nennblechdicke	Eigenlast	Biegung ⁸⁾		Normalkraftbeanspruchung						Grenzstützweiten ¹⁰⁾	
				nicht reduzierter Querschnitt			wirksamer Querschnitt ⁹⁾			L _{gr} in m	
										Einfeldträger	Mehrfeldträger
				t _N	g	I [*] _{ef}	I _{ef}	A _g	i _g		
mm	kN/m ²	cm ⁴ /m		cm ² /m	cm		cm ² /m	cm			
0,75	0,080	101,00	100,00	9,34	3,19	5,07	3,99	3,72	4,71	3,64	4,55
0,88	0,094	119,00	117,00	11,05	3,19	5,07	5,31	3,68	4,78	5,10	6,38
1,00	0,107	136,00	133,00	12,62	3,19	5,07	6,65	3,64	4,84	8,04	10,05
1,13	0,121	150,00	148,00	14,33	3,19	5,07	8,21	3,61	4,89	9,09	11,36
1,25	0,133	162,00	162,00	15,96	3,19	5,07	9,74	3,58	4,93	10,05	12,56
1,50	0,160	196,00	195,00	19,26	3,19	5,07	13,08	3,48	5,02	12,06	15,08
Schubfeldwerte											
Nennblechdicke	Grenz Zustand der Tragfähigkeit ¹⁵⁾				Grenz Zustand der Gebrauchstauglichkeit ¹⁶⁾				F _{l,Rk} in kN ¹⁸⁾		
	L _R	T _{1,Rk}	T _{crit,g}	T _{crit,l}	T _{3,Rk,N}	T _{3,Rk,S}	k ₁ '	k ₂ '	Einleitungslänge a		
									≥ 130 mm	≥ 280 mm	
	t _N										
mm	m	kN/m					m/kN	m ² /kN			
0,75	8,00	56,80	4,00	43,39	3,06	2,99	0,231	16,031	13,50	16,50	
0,88	8,00	67,20	5,15	66,05	4,66	4,55	0,195	10,529	15,90	19,50	
1,00	8,00	76,80	6,29	92,23	6,51	6,35	0,171	7,541	18,30	22,20	
1,13	8,00	87,20	7,61	126,70	8,95	8,72	0,150	5,490	20,70	25,20	
1,25	8,00	96,80	8,93	164,50	11,61	11,32	0,135	4,228	22,95	28,05	
1,50	8,00	116,80	11,83	263,08	18,57	18,10	0,112	2,644	27,75	33,90	
Beiwerte:											
k ₁ ' = 3,13 1/kN ¹⁴⁾ k ₂ ' = 1,96 m ² /kN ¹⁴⁾ k ₃ ' = 0,603 ¹⁵⁾											

Nachgiebigkeiten s _s der Verbindungen an Längsstößen von Profilblechen			Nachgiebigkeiten s _s der Verbindungen zu den Schubfeldrändern		
Verbindungsmittel	Nenndurchmesser [mm]	[m/kN]	Verbindungsmittel	Nenndurchmesser [mm]	[m/kN]
Schraube	4,1 bis 4,8	0,25 · 10 ⁻³	Sechskantschraube	5,5 bis 6,3	0,15 · 10 ⁻³
Sechskantschraube mit Dichtungsring	4,8 bis 6,3	0,15 · 10 ⁻³	Sechskantschraube mit Dichtungsring	5,5 bis 6,3	0,35 · 10 ⁻³
Blindniet aus Stahl oder Monel	4,8	0,30 · 10 ⁻³	Setzbolzen	3,7 bis 4,8	0,10 · 10 ⁻³

Lage der Profilbleche		Befestigung am		Abstand der Befestigungen		Scheibendurchmesser	C_{100}	$b_{T,max}$
Positiv ^a	Negativ ^a	Untergurt	Obergurt	$e = b_R$	$e = 2b_R$	mm	kNm/m	mm
Bei Auflast:								
×		×		×		22	5,2	40
×		×			×	22	3,1	40
	×		×	×		K_s	10,0	40
	×		×		×	K_s	5,2	40
	×	×		×		22	3,1	120
	×	×			×	22	2,0	120
Bei abhebender Last:								
×		×		×		16	2,6	40
×		×			×	16	1,7	40
Dabei ist b_R der Rippenabstand; b_T die Breite des an der Pfette angeschlossenen Untergurtes des Trapezblechprofils. K_s steht für eine Stahlabdeckplatte mit $t \geq 0,75$ mm (siehe Darstellung)								
						Profilbefestigung – am Untergurt:  – am Obergurt: 		
Die angegebenen Werte gelten bei: – Schraubendurchmesser: $\varnothing = 6,3$ mm; – Unterlegscheibendicke: $t_w \geq 1,0$ mm.								
^a Die Lage des Profilblechs ist positiv, wenn der schmalere Gurt auf der Pfette liegt, und negativ, wenn der breitere Gurt auf der Pfette liegt.								

Aufgabe 2

Erreichbare Punktzahl 35

Die Hallenkonstruktion aus Aufgabe 1 soll in den Außenwänden mit Verbänden aus Rundstählen ohne planmäßige Vorspannung ausgesteift werden. Als Stützen (HE320A S235) werden Einspannstützen mit 10 m Höhe zur Aussteifung in Querrichtung eingesetzt. Die Wandverkleidung erfolgt mit Kassettenelementen und Trapezprofilblechen. Es sind folgenden Teilaufgaben zu lösen:

- Konstruieren Sie die Aussteifung der Halle in den Längswänden.
- Bestimmen Sie die Beanspruchungen in den Wandverbänden infolge von Wind- und Stabilisierungslasten. Der Einfluss aus Theorie II. Ordnung ist nicht zu berücksichtigen. Vereinfachend sind Stützenschiefstellungen in die betrachtete Windrichtung anzusetzen. Dimensionieren Sie alle Verbandsdiagonale einheitlich (Rundstahl S235) für die maximale Normalkraft.

$w_{Ed} = 4,6$ kN/m² (Bemessungswindlast, Winddruck und -sog sind in dem Wert zusammengefasst)

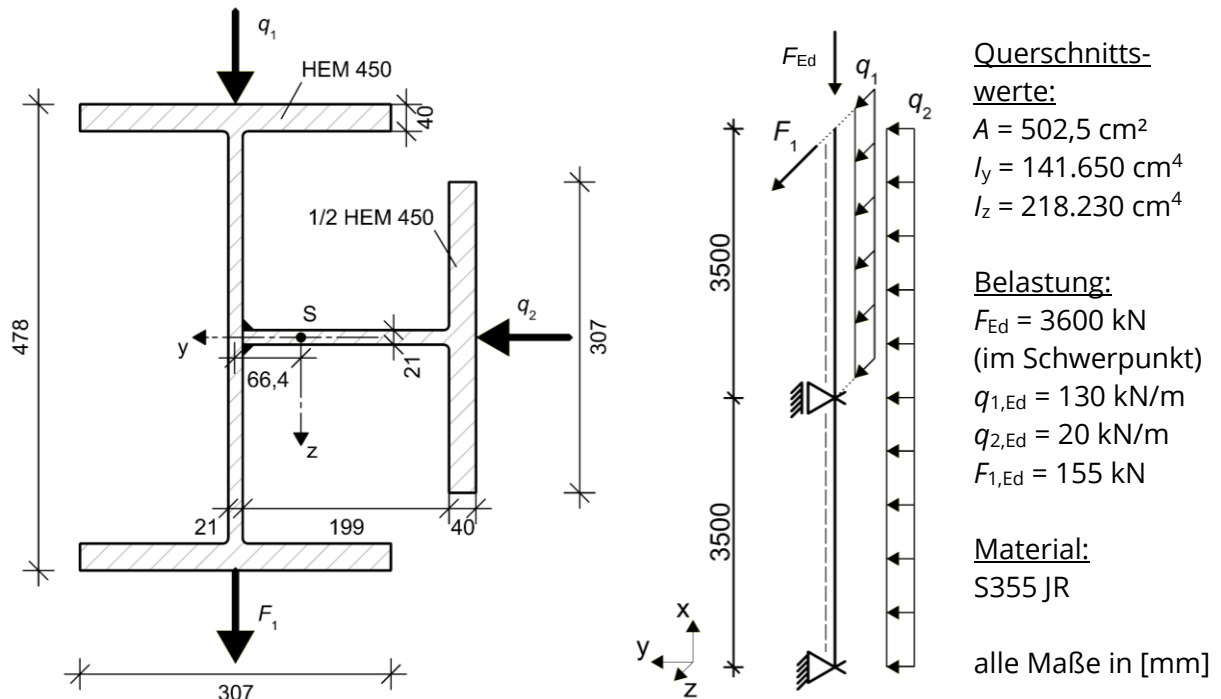
$N_{Ed} = -210$ kN (mittlerer Bemessungswert der Normalkraft der Stützen)

- Bemessen Sie die Anschlüsse der Verbandsdiagonalen als Augenstabverbindungen mit Bolzen aus S460 und Laschen aus S235.
- Konstruieren Sie Detail A (siehe Skizze in Aufgabe 1) mit einer gelenkigen Verbindung des Binders und der Stütze sowie dem Anschluss der Verbandsdiagonalen. Skizzieren Sie die Konstruktion maßstäblich in Draufsicht und Ansicht.

Aufgabe 3

Erreichbare Punktzahl 59

Für den Ausleger einer Geschosstütze einer Stahlskelettkonstruktion mit kreuzförmigem Querschnitt ist die betragsgrößte Spannung im Querschnitt unter der im Schwerpunkt angreifenden Druckkraft und der Streckenlasten q_1 und q_2 sowie der am Ausleger angreifenden Einzellast F_1 (Bemessungswerte) im Bereich der Auskragung zu ermitteln.



Teilaufgaben:

- Berechnen Sie die Querschnittswerte I_T , y_M und C_M des Stahlquerschnittes und zeichnen Sie den Schubmittelpunkt M in den Querschnitt oben ein.
- Bestimmen Sie mit Hilfe der DGL-Methode an einem geeigneten Ersatzsystem das maximale Wölbmoment im Kragarm.
- Ermitteln Sie die für den Tragsicherheitsnachweis maßgebenden Biegemomente $M_{y,Ed}$ und $M_{z,Ed}$. Die Momente sind nach Theorie I. Ordnung zu berechnen.
- Bestimmen Sie die betragsgrößte Normalspannungen σ_x im Stahlquerschnitt.

Hinweise:

Die Beziehung zwischen einem angreifenden Wölbmoment und der Verdrehung eines gabelgelagerten Einfeldträgers ergibt sich aus der folgenden Gleichung:

$$\vartheta'(x) = \frac{\varepsilon}{G \cdot I_T \cdot L} \cdot \left[\frac{1}{\varepsilon} - \frac{\cosh\left(\varepsilon \cdot \frac{x}{L}\right)}{\sinh(\varepsilon)} \right] \cdot M_{w,A}$$