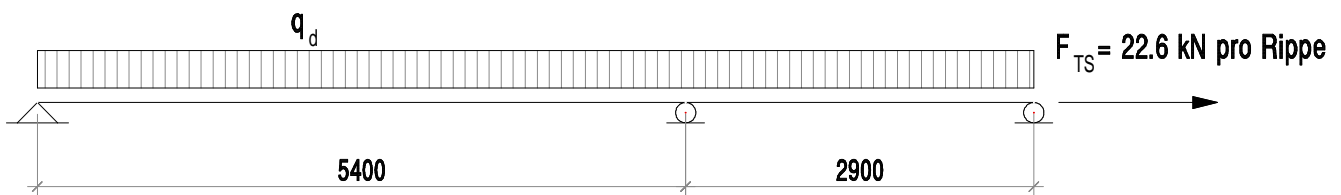


Musterbeispiel 6: Fassadenkonstruktion

Thema: -Ermittlung Windlasten
-Bemessung Holzwerkstoffplatten nach SIA 265/1 (Ausgabe 2009) mit den fünf Klassen der Einwirkungsdauer
-Bemessung einer Stütze auf Druck und Biegung

Aufgabe: -Fassadenkonstruktion mit Holzstütze alle 7.1 m, welche oben und unten gelenkig an eine Boden und Dach angeschlossen wird, und horizontal gespannten Fassadenelementen
-Fassadenelemente als Kastenträger mit OSB/4 15 mm auf Innenseite, Ständerkonstruktion aus 60 mm breiten Ständern C24 (alle 60 cm) und mittelharte Faserplatte HB.HLA2 15 mm auf Aussenseite. Sowohl der OSB wie auch die Faserplatte werden schubfest mit der Rippe verleimt
-Auflagerkraft von Dach auf Fassadenstütze = 29 kN
-Das ganze Gebäude hat im Grundriss eine Abmessung von 20 x 20 m und ist 6 m hoch. Es steht in einer kleinen Ortschaft in einem Föhntal (Referenzwert des Staudrucks = 1.3 kN/m²)
-da Gipsständerwände an die Fassade anschliessen, muss der Gebrauchstauglichkeitsnachweis für spröde Einbauten gemacht werden
-Gesucht ist die benötigte Rippenhöhe in der Fassade sowie die Höhe und Breite der Fassadenstütze. Wir konzentrieren uns nur auf den Nachweis in horizontaler Richtung, die Lastabtragung in vertikaler Richtung ist nicht Teil dieses Beispiels.



Nachweis Fassadenelemente:

Schritt 1: -auf dem Tabellenblatt „Statik“ die Feldlänge 7100 mm in Feld 1 eintragen
Schritt 2: -auf dem Tabellenblatt „Lastannahmen“ muss Zelle Z10 die Formel mit 0 überschrieben werden, damit das Eigengewicht der Elemente nicht auch in horizontaler Richtung berücksichtigt wird.
-auf dem Tabellenblatt „Lastannahmen“ unter „Windkräfte $Q_{k,W}$ “ die Beiwerte c_{red} (0.92, gemäss SIA 261 6.3, Figur 6), c_d (1.0 gemäss SIA 261 6.35) und c_f (0.70, gemäss SIA 261 Anhang C, Tabelle 33, Teilfläche A) eingeben
-Bauwerkshöhe 6 m eingeben und Geländekategorie III auswählen. BEMEFix rechnet den Höhenbeiwert c_h selbständig aus.
Schritt 3: -unter „Lastkombination Tragsicherheit Typ 2“ „Leiteinwirkung Wind“ auswählen
-unter „Lastkombination Gebrauchstauglichkeit“ „Fall 1, Leiteinwirkung Wind, $w=l/500$ “ auswählen
-Die genaue Definition für die 4 Fälle der Lastkombinationen Gebrauchstauglichkeit sind in den Feldern A76 bis H76 als Kommentare hinterlegt. Diese Definitionen beziehen sich auf die Angaben in den Holzbautabellen.
-in Feld Q 67 muss Feuchteklasse 1 eingestellt sein (Kriechfaktor $\Phi = 0.6$)

- Schritt 4: -Auf dem Tabellenblatt „Bemessung“ den 3-schichtigen Querschnitt des Hohlkastens Schicht für Schicht jeweils mit Höhe (Felder C19 bis C27), Breite (Felder D19 bis D27) und Material (Felder G19 bis G27) eingeben. Die Lasten wurden auf 1 m Breite eingegeben, bei den beiden Beplankungen nehmen wir noch eine approximative Reduzierung der mitwirkenden Breite von 10% vor (900 mm). Bei den Rippen haben wir einen Rippenanteil von 10% (60 mm Rippen alle 60 cm), das ergibt 100 mm Rippen auf einen Meter. Sobald OSB oder die Faserplatte als Material ausgewählt wird, wird man von BEMefix aufgefordert, die Lasteinwirkungsdauer für HWS einzugeben (gemäss SIA 265/1, Ausgabe 2009). Die 5 Klassen der Einwirkungsdauer werden auf der rechten Seite in fünf Kommentarboxen erklärt. Für Leiteinwirkung „Wind“ kann die Einwirkungsdauer „kurz“ gewählt werden.
- Nun kann mit der Rippenhöhe gespielt werden, bis auf dem Tabellenblatt „Statik“ in der Zeile 36 ein annehmbarer Wert für die Durchbiegung erreicht wird. Bei einer 180 mm hohen Rippe beträgt die Deformation Spannweite / 510, die Anforderung wegen den spröden Einbauten ist damit erfüllt. Ein Blick auf den Tragsicherheitsnachweis auf dem Tabellenblatt „Bemessung“ zeigt, dass sowohl beim Biegenachweis (Rippe = 0.28 = 28%) wie auch beim Schubnachweis ($\tau_d=0.6 < 1.5$)
- Schritt 5: -Jetzt geben wir noch auf dem Tabellenblatt „Bemessung“ in Zelle C43 die Horizontallast von 22.6 kN ein.
- Schritt 6: -Nun kann auf dem Tabellenblatt „Bemessung“ in Zelle N 89 auf „mitwirkende Breite Feld 1 und 2“ umgestellt werden. BEMefix berechnet nun die mitwirkende Breite des Hohlkastens und setzt die Werte selbständig in den Zellen D19 bis D23 und D27 bis D31 ein.
- Jetzt kann die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Hohlkastens überprüft werden. Für die Durchbiegung wird nun ein Wert von 8.8 mm = Spannweite / 612 angegeben, die Tragsicherheit ist überall erfüllt ausser in Schicht 6. Dieser Nachweis ist jedoch fragwürdig, wird doch hier die Querlage der 3-Schichtplatte auf Zug beansprucht. In der Praxis hat diese Lage jedoch nur Schubkräfte zu übertragen, die Tragsicherheit des Hohlkastens ist also erfüllt.
- Schritt 7: -Nun erfolgt noch der Tragsicherheitsnachweis über dem mittleren Auflager. Über dem Mittelaullager darf gemäss SIA 265 bei Tafелеlementen nur die halbe Breite der Beplankung für den Tragsicherheitsnachweis eingesetzt werden.
- Dazu muss in Zelle N89 zuerst auf „nicht berücksichtigen“ umgestellt werden. Nun kann in Zelle N 89 auf „mitwirkende Breite Auflager B“ umgestellt werden. BEMefix berechnet nun die mitwirkende Breite des Hohlkastens und setzt die Werte selbständig in den Zellen D19 bis D23 und D27 bis D31 ein.
- Jetzt kann die Tragsicherheit des Hohlkastens überprüft werden. Nun haben wir das gleich Problem wegen dem Zug in der Querlage in Schicht 2, ansonsten erfüllt der Hohlkasten auch diesen Nachweis und der Hohlkasten kann so weitergeplant werden.

Nachweis Fassadenstütze:

- Schritt 1: -auf dem Tabellenblatt „Knicken“ in Zelle K 37 Knicklänge (6000 mm) und in Zelle K39 die Normalkraft vom Dach (29 kN) eingeben. Da der Dachrand auf der Stütze aufliegt, wird noch mit einer Excentrizität der Lasteinleitung von 30 mm gerechnet (Zelle K41).
- Die auf die Stütze einwirkende Windlast kann nun auf dem Tabellenblatt „Statik“ in Zeile 31 unter A oder B herausgelesen werden: $4.1 \text{ kN} \times 2 = 8.2 \text{ kN/m}^1$. Dieser Wert kann als q_d in Zelle K43 Tabellenblatt „Knicken“ eingesetzt werden.

Schritt 2: -auf dem Tabellenblatt „Knicken“ den Querschnitt der Stütze in Schicht 1 mit Höhe (Feld C13), Breite (Feld D13) und Material BSH GL 24 h parallel (Feld G13) eingeben.

-Mit einem Querschnitt 180/300 wird der Nachweis Druck und Biegung gerade erfüllt (0.98 = 98%). Das Knicken in der anderen Achse wird durch die Fassadenelemente verhindert.

Schritt 3: -Nun muss die Fassadenstütze noch auf ihre Durchbiegung überprüft werden. Dazu wird auf dem Tabellenblatt „Statik“ in Feld 1 die Stablänge 6 m eingetragen. Nun kann in Zelle I16 auf dem Tabellenblatt „Statik“ direkt das q_{GT} von 5.4 kN/m^1 eingetragen werden (Auflagerkraft $R_{GT} = 2.7 \times 2 = 5.4 \text{ kN/m}^1$)

Lastannahmen nach SIA 261

Objekt: Musterbeispiel 6 Bauteil: Fassadenelement
Einflussbreite: 1.00 m Bauteilneigung: 0.0 °

Eigen- & Auflasten $G_{k,N}$			Flächenlast kN/m^2		Linienlast kN/m^1	
			im Grund	in Neigung	im Grund	in Neigung
Auflast Schicht 1	-	0	-	0.28	0.28	
Auflast Schicht 2	-	0	-			
Auflast Schicht 3	-	0	-			
Auflast Schicht 4	-	0	-			
Auflast Schicht 5	-	0	-			
Auflast Schicht 6	-	0	-			
Total			0.00	0.00	0.28	0.00

Nutzlasten $Q_{k,N}$			
Kategorie		Flächenlast kN/m^2	Linienlast kN/m^1
-	keine Nutzlast	0.00	0.00

Schneelasten $Q_{k,S}$			
Meereshöhe	0	M ü.M.	
Höhenzuschlag	0	M	

Flächenlast kN/m^2		Linienlast kN/m^1	
im Grund	in Neigung	im Grund	in Neigung
0.00	0.00	0.00	0.00

Punktlast Schneeüberhang 0.00 kN

Windkräfte $Q_{k,W}$ $Q_{k,W} = c_{red} \cdot c_d \cdot c_e \cdot c_h \cdot q_{p0}$

c_{red} 0.92 c_d 1.00 c_e 0.70 q_{p0} 1.30 kN/m^2

Bauwerkshöhe: 6.0 m Geländekat. III: Ortschaften, freies Feld $c_h = 0.89$

		kN/m ²		kN/m ¹	
		0.74	0.74		
Feld 1					
TS	GT				
γ_{Q1}					
1.50	1.00				

Lastkombination Tragsicherheit Typ 2

falls alle Felder gleich, nur Feld 1 definieren

Haken setzen = Werte einfrisieren

Feld 1: Leiteinwirkung Wind	Linienlast kN/m^1		Punktlast kN	
	⊥ z. Bauteil	z. Bauteil	⊥ z. Bauteil	z. Bauteil
	1.12	0.00	0.00	0.00

Lastkombination Gebrauchstauglichkeit

Kriechen: Feuchteklasse 1 $\phi = 0.60$

falls alle Felder gleich, nur Feld 1 definieren

Haken setzen = Werte einfrisieren

Feld 1: Fall 1, Leiteinwirkung Wind, w<l/500	Linienlast kN/m^1		Punktlast kN	
	⊥ z. Bauteil	z. Bauteil	⊥ z. Bauteil	z. Bauteil
	0.74	0.00	0.00	0.00

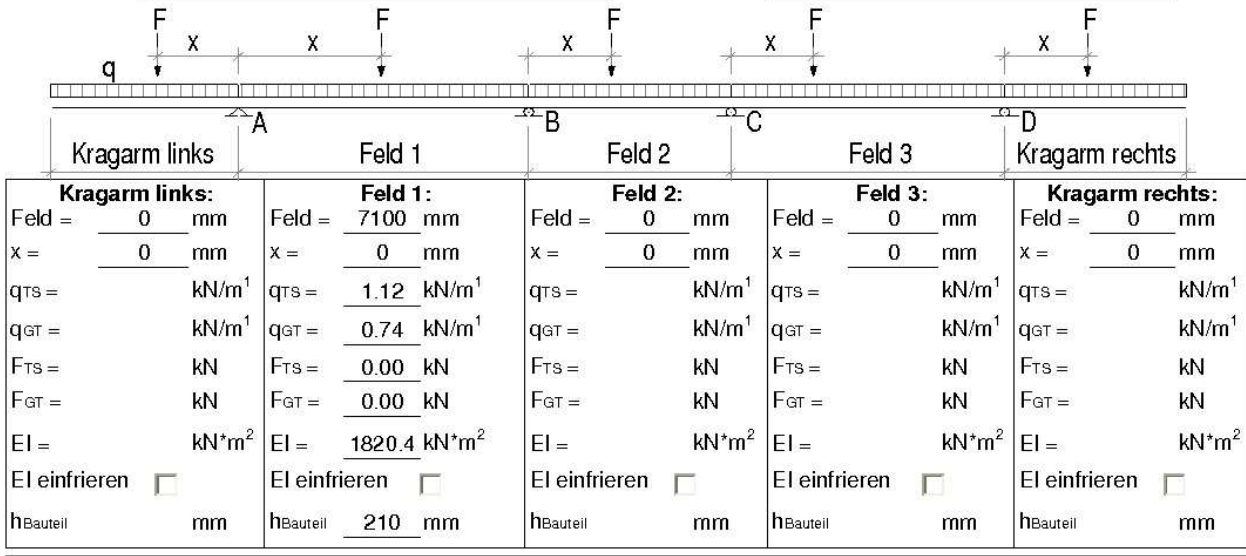
BEMefix 10.1 Stefan Heinzer 24.02.2010 21:50

-In Zelle I22 auf dem Tabellenblatt „Statik“ kann nun direkt das EI der Stütze eingetragen werden (siehe Tabellenblatt „Knicken“, Zeile 30: $7698 \text{ kN} \times \text{m}^2$)
-Die Deformation von 23 mm = Spannweite/260 ist zu gross, die Stützhöhe muss erhöht werden.
-Mit einer Stütze 360/180 aus BSH GL 24 h ($EI = 7698 \text{ kN} \times \text{m}^2$) erreichen wir Spannweite / 507, der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist damit auch erfüllt.

statisches System, Lasten, Schnittkräfte, Verformungen

Objekt: Musterbeispiel 6

Bauteil: Fassadenelement



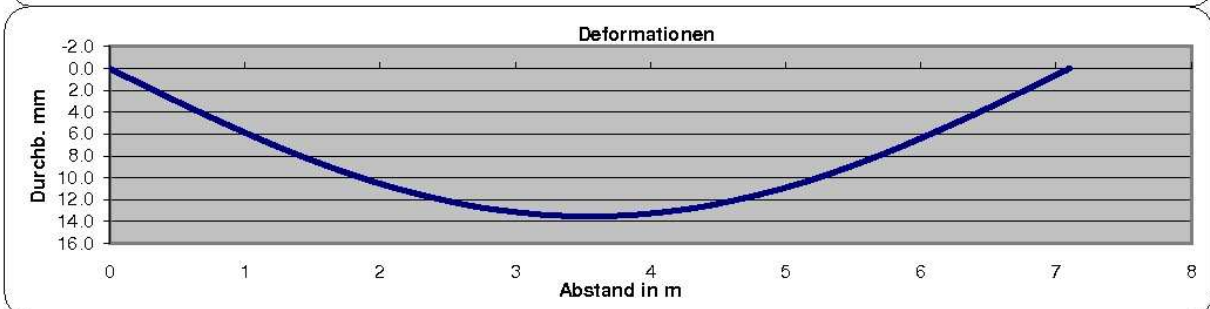
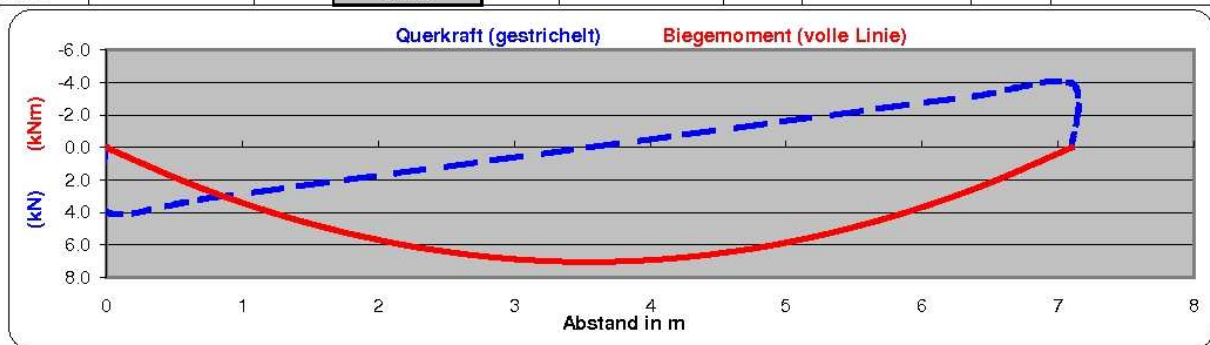
Lastkombination Gebrauchstauglichkeit:

Leiteinwirkung Wind, Funktionstüchtigkeit bei Tragwerken mit verformungsempfindlichen Einbauten. Irreversible Folgen einer Auswirkung infolge eines seltenen Lastfalls. Kriechen bei Lastfaktoren berücksichtigt.

Windkräfte $Q_{k,W}$ x 1.00
0.74 kN/m ¹ x 1.00
Σ Linienlast GT: 0.74 kN/m¹

Anmerkungen: - Einflussbreite auf Bauteil = 1.00 m

	Kragarm links	A	Feld 1	B	Feld 2	C	Feld 3	D	Kragarm rechts
R _{TS} (kN)		4.0		4.0					
R _{GT} (kN)		2.6		2.6					
M (kNm)		0.0	7.0	0.0					
V (kN)			4.0						
δ (mm)			13.5						
Feld/			524.8						



BEMefix 10.1

Stefan Heinzer

24.02.2010 21:49

Bemessung nach SIA 265 & SIA 265/1

kursive Schrift = Holzwerkstoffe SIA 265/1 (2009)

Objekt: Musterbeispiel 6 Bauteil: Fassadenelement

Nachweis: alle Baustoffe, Biegung und Zug, ohne Kippen, elastisch

Einwirkungsdauer: Einwirkung allgemein Einwirkungsdauer HWS (nach KLED): kurz

Feuchteklasse: Feuchteklasse 1

Kippbeiwert k_m : 1.00 Systembeiwert k_{sys} : 1.0

Querschnittswerte

	Höhe (mm)	Breite (mm)	Material	η_{mod}		φ	η_w	k_h	$f_{m,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$	$f_{v,d}$	E	G
				η_w	η_t									
Schicht 1	15	900	OSB/4 als Platte parallel	1.00	0.90	0.91	1.00	17.3	8.6	13.2	0.8	6170	60	
Schicht 2	180	100	Vollholz C24 parallel	1.00	1.00	1.00	1.00	14.0	8.0	12.0	1.5	11000	500	
Schicht 3	15	900	harte Faserplatte HB.HLA2 als Platte	1.00	0.85	0.87	1.00	20.9	15.0	15.7	1.6	4016	200	
Schicht 4														
Schicht 5														
Schicht 6														
Schicht 7														
Schicht 8														

Totalhöhe mm	210	Querschnittsfläche mm ²	45000	EI kN*m ² = N*mm ² *10 ⁹	1'820.44
z _u mm	113.2	W _{oben} mm ³	4'432'496	W _{unten} mm ³	3'793'213
I mm ⁴ *10 ⁶	305.78	Eigengewicht kN/m ¹	0.3		

Nachweis Biegung, Schub

$N_{E,d}$ (kN) 0.0 $M_{E,d}$ (kNm) 7.0 $V_{E,d}$ (kN) 4.0

	$\sigma_{t,d} : f_{t,d} + \sigma_{m,d} : f_{m,d} < 1$							Randzone $\tau_d < f_{v,d}$		Schichtmitte $\tau_d < f_{v,d}$	
	$\sigma_{t,d}$	$f_{t,d}$	+	$\sigma_{m,d}$	$f_{m,d}$	<		τ_d	$f_{v,d}$	τ_d	$f_{v,d}$
Schicht 1 oben	0.0	0.0	+	-2.3	17.3	=	0.14	-	0.8	0.0	0.8
Schicht 1 unten	0.0	0.0	+	-2.0	17.3	=	0.11	0.0	0.8		
Schicht 2 oben	0.0	0.0	+	-3.2	14.0	=	0.23	0.4	1.5	0.6	1.5
Schicht 2 unten	0.0	8.0	+	3.8	14.0	=	0.27	0.3	1.5		
Schicht 3 oben	0.0	15.0	+	1.6	20.9	=	0.08	0.0	1.6	0.0	1.6
Schicht 3 unten	0.0	15.0	+	1.9	20.9	=	0.09	-	1.6		

Stäbe mit Druck und Biegung nach SIA 265

Objekt: Musterbeispiel 6

Bauteil: Fassadenstütze

Nachweis: Druck und Biegung, ohne Kippen

Kippbeiwert k_m : 1.00

Einwirkungsdauer: Einwirkung allgemein

Feuchteklasse: Feuchteklasse 1

Querschnittswerte (Knickachse = Höhe)

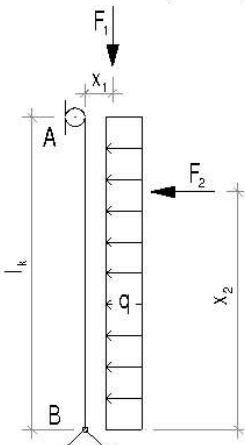
	Höhe mm	Breite mm	Material	η_w f	η_w E	η_t	k_h	$f_{m,d}$	$f_{c,d}$	$f_{c,k}$	E	$E_{0,05}$	λ_{rel}	β_c	k_c
Schicht 1	360	180	BSH GL 24 h parallel	1.0	1.0	1.0	1.1	16.8	14.5	24.0	11000	9350	0.9	0.1	0.82
Schicht 2	0	0													
Schicht 3	0	0													
Schicht 4	0	0													
Schicht 5	0	0													
Schicht 6	0	0													
Schicht 7	0	0													
Schicht 8	0	0													

Totalhöhe mm	360
z_u mm	180
I mm ⁴ ·10 ⁸	699.84

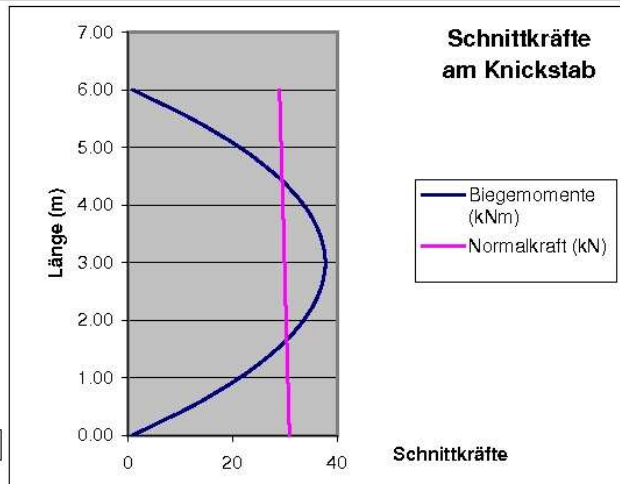
Querschnittsfläche mm ²	64800
W_{oben} mm ³	3'888'000
Eigengewicht kN/m ¹	0.3

EI kN*m ² = N*mm ² *10 ⁹	7'698.24
W_{unten} mm ³	3'888'000

statisches System, Schnittkräfte



Knicklänge l_k :	6000 mm
Normalkraft $F_{1,d}$:	29.00 kN
Exzentrizität x_1 :	30 mm
Linienlast q_d :	8.20 kN/m ¹
Punktlast $F_{2,d}$:	0.00 kN
Abstand x_2 :	0 mm
R_A :	24.6 kN
R_B :	24.6 kN



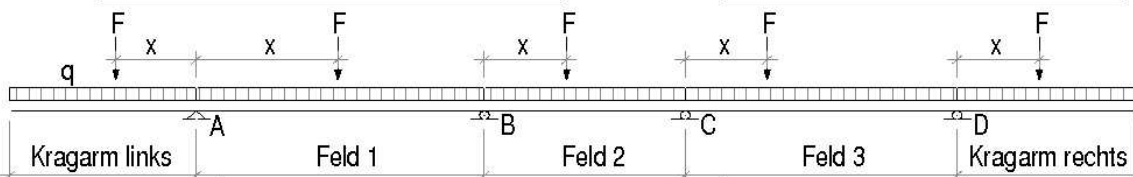
Nachweis Druck und Biegung

$N_{E,d}$ (kN)	-	30.9	$M_{E,d}$ (kNm)	37.8
$\sigma_{c,d} : (k_c \cdot f_{c,d})$	+	$\sigma_{m,d} : (k_m \cdot f_{m,d})$	< 1	
Schicht 1 oben	-0.5	: 0.82 · 14.5	+	-9.7 : 1.00 · 16.8 = 0.62
Schicht 1 unten			+	9.2 : 1.00 · 16.8 = 0.55

statisches System, Schnittkräfte, Verformungen

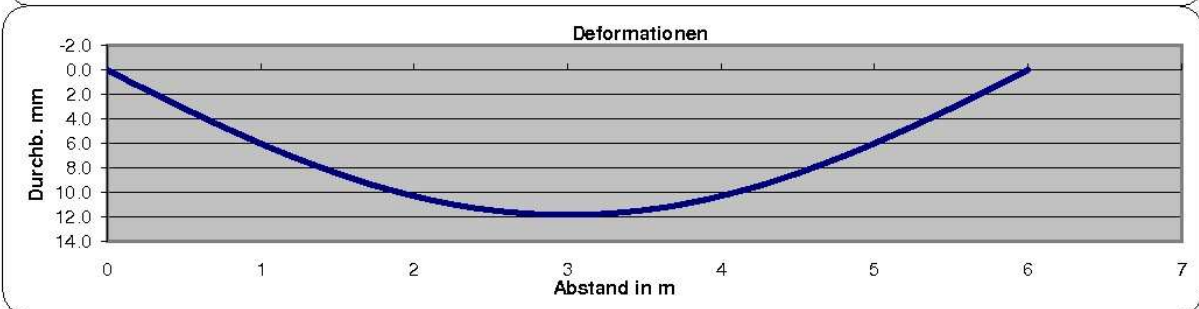
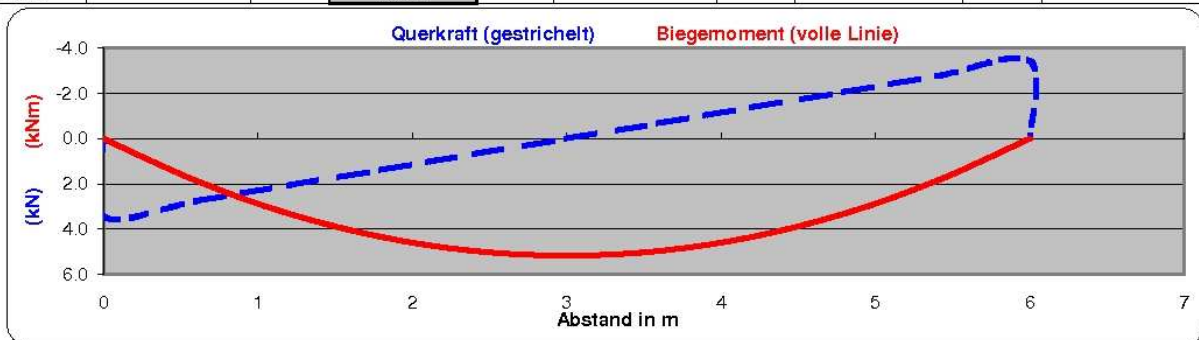
Objekt: Musterbeispiel 6

Bauteil: Fassadenstütze



Kragarm links:		Feld 1:	Feld 2:	Feld 3:	Kragarm rechts:		
Feld =	0 mm	Feld = 6000 mm	Feld = 0 mm	Feld = 0 mm	Feld =	0 mm	
x =	0 mm	x = 0 mm	x = 0 mm	x = 0 mm	x =	0 mm	
q _{TS} =	kN/m ¹	q _{TS} = 1.15 kN/m ¹	q _{TS} = kN/m ¹	q _{TS} = kN/m ¹	q _{TS} =	kN/m ¹	
q _{GT} =	kN/m ¹	q _{GT} = 5.40 kN/m ¹	q _{GT} = kN/m ¹	q _{GT} = kN/m ¹	q _{GT} =	kN/m ¹	
F _{TS} =	kN	F _{TS} = 0.00 kN	F _{TS} = kN	F _{TS} = kN	F _{TS} =	kN	
F _{GT} =	kN	F _{GT} = 0.00 kN	F _{GT} = kN	F _{GT} = kN	F _{GT} =	kN	
EI =	kN*m ²	EI = 7698.0 kN*m ²	EI = kN*m ²	EI = kN*m ²	EI =	kN*m ²	
El einfrieren	<input type="checkbox"/>	El einfrieren	<input type="checkbox"/>	El einfrieren	<input type="checkbox"/>	El einfrieren	<input type="checkbox"/>
h _{Bauteil}	mm	h _{Bauteil} 210 mm	h _{Bauteil} mm	h _{Bauteil} mm	h _{Bauteil}	mm	

	Kragarm links	A	Feld 1	B	Feld 2	C	Feld 3	D	Kragarm rechts
R _{TS} (kN)		3.5		3.5					
R _{GT} (kN)		16.2		16.2					
M (kNm)		0.0	5.2	0.0					
V (kN)			3.5						
δ (mm)			11.8						
Feld/			506.9						



BEMefix 10.1

Stefan Heinzer

24.02.2010 21:57