

Programm XBALKEN für HP 50g. Stand 12.11.2007. Prof. Dr.-Ing. Frank Rieg, Lehrstuhl für Konstruktionslehre und CAD, Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften, Universität Bayreuth.

www.uni-bayreuth.de/departments/konstruktionslehre

Dies ist ein kleines, schnelles Hilfsprogramm für die Vorlesungen und Übungen sowie die Hanser-Bücher *Decker* und *Taschenbuch der Maschinenelemente*. (Das Programm fußt auf einem TI59-Programm von 1980, das von Prof. Dr.-Ing. O. Ewald und Dipl.-Ing. F.Merlino entworfen wurde)

Das Programm nutzt das *Reduktions- bzw. Übertragungsverfahren* für ebene Balken. Die Balken können beliebig statisch überbestimmt gelagert sein, federnde Lager und Gerbergelenke haben. Für einfache Standard-Biegefälle, statisch bestimmt gelagert, empfehlen wir das Hilfsprogramm **XBIEGE**, für komplizierte räumliche Fachwerke und (große) Kontinuumsstrukturen das OpenSource FEA-Programm **Z88**® unseres Lehrstuhls (www.z88.de).

Hinweis: Drücken der ALPHA-Taste nicht nötig!

Exponentialwerte wie 3.13×10^9 so eingeben: 3.13E9 (Buchstabetaste E (ohne ALPHA, nicht Taste EEX)

Negative Zahlen wie -3.13 so eingeben: -3.13 (Taste -, nicht Taste +/-)

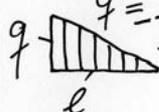
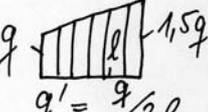
Linkes Trägerende:	Taste A	S1, S2
Träger-Abschnitte, ggf. Streckenlasten:	Taste C	Länge, EI, ggf. q und q'
Wellen- Abschnitte, ggf. Streckenlasten:	Taste E	Länge, E, d, ggf. q und q'
Einzellasten:	Taste D	S1, Last
Zwischenb.: Lager, Gelenke:	Taste F	S1, W1, 0= nicht rechtes Ende
Zwischenb.: elastisches Lager:	Taste B	c
Rechtes Trägerende:	Taste F	S1, W1, 1= rechtes Ende, S2, W2
Berechnen:	Taste G	für den 2.Durchlauf
Ende Programm:	Taste Q	

S1, S2: Schlüsselzahlen, Last, W1, W2: Werte

Vorgehen: Immer zwei Durchläufe ausführen. Im ersten Durchlauf linkes Trägerende, alle Abschnitte, Einzellasten, Zwischenbedingungen und rechtes Trägerende eingeben. Zweiter Durchlauf: Wieder mit linkem Trägerende beginnen, wieder nacheinander alles des ersten Durchlaufs eingeben, aber nun auf Wunsch auch jeweils berechnen. Die Abschnitte können nun kürzer sein, wenn Zwischenwerte berechnet werden sollen.

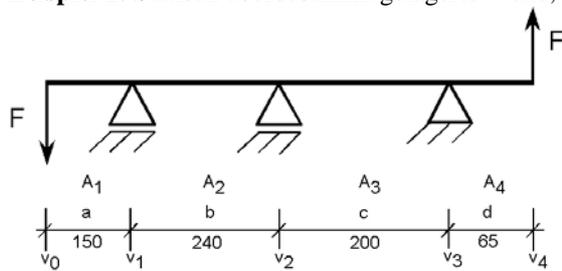
Wenn ein dann ein anderer Träger berechnet werden soll: Das Programm verlassen und neu starten, damit alle Variablen wieder intern auf Null gesetzt werden.

	Vorzeichen	Schlüsselzahl S
Absenkung w	+w	1
Näigungswinkel ψ	+ ψ / - ψ	2
Biegemoment M	(+/-)	3
Querkraft Q	(+/-)	4

linkes Trägerende F1 bzw. A	 S1=2 S2=4	 S1=1 (frei) S2=2	 S1=3 S2=4	
Trägerabschnitte F3 bzw. C	 q	 $q' = \frac{q}{l}$	 $q' = \frac{q}{2l}$	belieber linearer Verlauf: $q, q' = \frac{\Delta q}{l}$
Wellenabschnitte F5 bzw. E	$q' = 0$			
Einzellasten, -momente, $\Delta\psi, \Delta w$ F4 bzw. D	 F S1=4 Z=F	 M S1=3 Z=-M	 $\Delta\psi$ S1=2 Z=Δψ	 Δw S1=1 Z=Δw
Zwischenbed.: Lager, Gelenke F6 bzw. B'	 S1=1 W1=0 ($\Delta w=0$)	 S1=3 W1=0 Gelenk ($\Delta M=0$)	 elastisches Lager: F2 bzw. B	 Δz c
rechtes Trägerende F6 bzw. B'	 S1=1 W1=0/W S2=3 W2=0/M	 S1=3 W1=0/M (frei) S2=4 W2=0/Q	 S1=1 W1=0/W S2=2 W2=0/ψ	

18.7.2006 Rieg

Beispiel 1: Statisch überbestimmt gelagerte Welle, ent ist Enter-Taste. d_1 bis $d_4 = 80$ mm, $F = 33218$ N, $E = 210000$ N/mm²



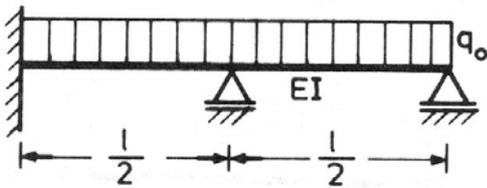
1. Durchlauf: Dateneingabe

1)	linkes Trägerende:	A	1 ent	2 ent	<i>(freies Ende, w und Ψ sind unbekannt)</i>		
2)	Einzellast:	D	4 ent	(Q)	-33218 ent		
3)	Wellenabschnitt:	E	150 ent	210000 ent	80 ent	0 ent	
4)	Zwischenbed. Lager:	F	1 ent	(w)	0 ent	<i>(w=0: gel. Lager)</i>	0 ent <i>(nein, noch nicht rechtes Ende)</i>
5)	Wellenabschnitt:	E	240 ent	210000 ent	80 ent	0 ent	
6)	Zwischenbed. Lager:	F	1 ent	0 ent	<i>(gel. Lager)</i>	0 ent	<i>(nein)</i>
7)	Wellenabschnitt:	E	200 ent	210000 ent	80 ent	0 ent	
8)	Zwischenbed. Lager:	F	1 ent	0 ent	<i>(gel. Lager)</i>	0 ent	<i>(nein)</i>
9)	Wellenabschnitt:	E	65 ent	210000 ent	80 ent	0 ent	
10)	rechtes Trägerende:	F	3 ent	(M)	0 ent	<i>(M=0)</i>	1 ent <i>(=ja)</i> 4 ent (Q) 33218 ent <i>(Q=33218)</i>

2. Durchlauf: Dateneingabe + Berechnung

11)	linkes Trägerende:	A	1 ent	2 ent	<i>(freies Ende)</i>		
12)	Einzellast:	D	4 ent	(Q)	-33218 ent		
13)	Berechne:	G	w = -0.21778, psi = 0.001747, M = 0., Q = 33218.				
14)	Wellenabschnitt:	E	<i>nun einmal die halbe Länge für Zwischenwerte eingeben:</i>				
			75 ent	210000 ent	80 ent	0 ent	
15)	Berechne:	G	w = -0.092295, psi = 0.001526, M = 2491350., Q = 33218.				
16)	Wellenabschnitt:	E	<i>nun 75 weiter:</i> 75 ent 210000 ent 80 ent 0 ent				
17)	Berechne:	G	w = 0, psi = 0.000862, M = 4982700, Q = 33218. <i>Q stimmt, denn das Lager ist noch nicht eingegeben!</i>				
18)	Zwischenbed. Lager:	F	1 ent	0 ent	<i>(gelenkiges Lager)</i>	0 ent	
19)	Berechne:	G	w = 0, psi = 0.000862, M = 4982700., Q = -24378.74 <i>Damit wird die Lagerkraft am 1. Lager (=Sprung in der Q-Linie!): $Q_{17}) + Q_{19}) = 33218 + 24379 = 57597$</i>				
20)	Wellenabschnitt:	E	240 ent	210000 ent	80 ent	0 ent	
21)	Berechne:	G	w = 0., psi = -0.000308, M = -868197.73, Q = -24378.74				
22)	Zwischenbed. Lager:	F	1 ent	0 ent	<i>(gelenkiges Lager)</i>	0 ent	
23)	Berechne:	G	w = 0., psi = -0.000308, M = -868197.73, Q = -6454.86 <i>Damit wird die Lagerkraft am 2. Lager (=Sprung in der Q-Linie!): $Q_{21}) + Q_{23}) = 24379 - 6455 = 17924$</i>				
24)	Wellenabschnitt:	E	200 ent	210000 ent	80 ent	0 ent	
25)	Berechne:	G	w = 0., psi = 0.000409, M = -2159170., Q = -6454.86 <i>Oh, wir wollten aber nicht so weit, sondern auf halber Länge zwischen 2. und 3. Lager rechnen. Daher:</i>				
26)	Wellenabschnitt:	E	-100 ent	210000 ent	80 ent	0 ent	
27)	Berechne:	G	w = -0.017925, psi = -0.000025, M = -1513683.9, Q = -6454.86 <i>und wieder nach rechts rücken:</i>				
28)	Wellenabschnitt:	E	100 ent	210000 ent	80 ent	0 ent	<i>da müssen die gleichen Werte wie bei 25) herauskommen...</i>
29)	Berechne:	G	w = 0., psi = 0.000409, M = -2159170., Q = -6454.86				
30)	Zwischenbed. Lager:	F	1 ent	0 ent	<i>(gel. Lager)</i>	0 ent	<i>(nein)</i>
31)	Berechne:	G	w = 0., psi = 0.000409, M = -2159170., Q = 33218 <i>Damit wird die Lagerkraft am 2. Lager (=Sprung in der Q-Linie!): $Q_{29}) + Q_{31}) = 6455 + 33218 = 39673$</i>				
32)	Wellenabschnitt:	E	65 ent	210000 ent	80 ent	0 ent	
33)	rechtes Trägerende:	F	3 ent	(M)	0 ent	<i>(M=0)</i>	1 ent <i>(ja)</i> 4 ent (Q) 33218 ent <i>(Q=33218)</i> <i>Achtung: Die Einzellast darf nicht getrennt über D eingegeben werden, weil sonst hier w=0 gesetzt würde, und die Querkraft wäre dann 0, was falsch ist! Daher hier F eingeben. Ähnlich würde ein Moment von z.B. 30000 am rechten Trägerende eingegeben werden: F ... 3 ent 30000 ent</i>
34)	Berechne:	G	w = 0.033816, psi = 0.000576, M = 0., Q = 33218.				

Beispiel 2: Durchlaufträger, 2fach statisch überbest., ent ist Enter-Taste. $q_0 = 10 \text{ N/mm}$, $EI = 2.1 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$, $l = 6000 \text{ mm}$



Gross/Schnell: Formel- und Aufgabensammlung zur Technischen Mechanik II (S.97)

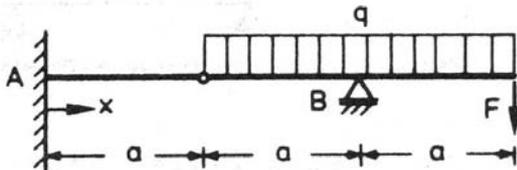
1. Durchlauf:

- | | | | | |
|------------------------|---|----------|--|---|
| 1) linkes Trägerende: | A | 3 ent | 4 ent | (<i>M und Q sind unbekannt: feste Einspannung</i>) |
| 2) Trägerabschnitt: | C | 3000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (<i>ja</i>) 10 ent (<i>q</i>) 0 ent (<i>q'</i>) |
| 3) Zwischenbed. Lager: | F | 1 ent | 0 ent | (<i>gelenk. Lager</i>) 0 ent (<i>nein</i>) |
| 4) Trägerabschnitt: | C | 3000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (<i>ja</i>) 10 ent 0 ent |
| 5) rechtes Trägerende: | F | 1 ent | (<i>w</i>) 0 ent (<i>w=0: gel.Lager</i>) | 1(= <i>ja</i>) ent 3 ent (<i>M</i>) 0 ent (<i>M=0</i>) |

2. Durchlauf:

- | | | | | |
|-------------------------|---|------------|----------------------|---|
| 6) linkes Trägerende: | A | 3 ent | 4 ent | (<i>feste Einspannung</i>) |
| 7) Berechne: | G | $w = 0.$, | $\psi = 0.$, | $M = -6428571.43$, $Q = 13928,57$ |
| 8) Trägerabschnitt: | C | 3000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (<i>ja</i>) 10 ent 0 ent |
| 9) Berechne: | G | $w = 0.$, | $\psi = 0.000077$, | $M = -9642857.14$, $Q = -16071,43$ |
| 10) Zwischenbed. Lager: | F | 1 ent | 0 ent | (<i>gelenkiges Lager</i>) 0 ent |
| 11) Berechne: | G | $w = 0.$, | $\psi = 0.000077$, | $M = -9642857.14$, $Q = 18214,29$
Damit wird die Lagerkraft am 2.Lager (=Sprung in der Q-Linie!): $Q_9 + Q_{11}$
$= 16071 + 18214 = 34285$ |
| 12) Trägerabschnitt: | C | 3000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (<i>ja</i>) 10 ent 0 ent |
| 13) Berechne: | G | $w = 0.$, | $\psi = -0.000306$, | $M = 0.$, $Q = -11785.71$ |
| 14) rechtes Trägerende: | F | 1 ent | 0 ent | (<i>gel.Lager</i>) 1(= <i>ja</i>) ent 3 ent 0 ent |
| 15) Berechne: | G | $w = 0.$, | $\psi = -0.000306$, | $M = 0.$, $Q = -11785.71$ |

Beispiel 3: Gerberträger, ent ist Enter-Taste. $q_0 = 10 \text{ N/mm}$, $EI = 2.1 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$, $a = 3000 \text{ mm}$



Gross/Schnell: Formel- und Aufgabensammlung zur Technischen Mechanik I (S.117)

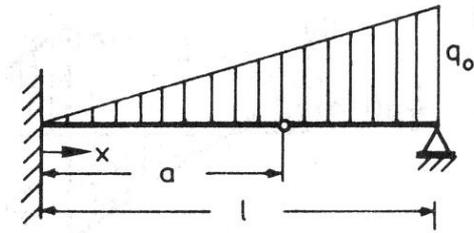
1. Durchlauf:

- | | | | | |
|-------------------------|---|----------|------------|---|
| 1) linkes Trägerende: | A | 3 ent | 4 ent | (<i>feste Einspannung</i>) |
| 2) Trägerabschnitt: | C | 3000 ent | 2.1E13 ent | 0 ent (<i>nein</i>) |
| 3) Zwischenbed. Gelenk: | F | 3 ent | 0 ent | (<i>Gelenk</i>) 0 ent (<i>nein</i>) |
| 4) Trägerabschnitt: | C | 3000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (<i>ja</i>) 10 ent 0 ent |
| 5) Zwischenbed. Lager: | F | 1 ent | 0 ent | (<i>gelenk. Lager</i>) 0 ent (<i>nein</i>) |
| 6) Trägerabschnitt: | C | 3000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (<i>ja</i>) 10 ent 0 ent |
| 7) rechtes Trägerende: | F | 3 ent | 0 ent | (<i>freies Ende</i>) 1(= <i>ja</i>) ent 4 ent 5000 ent |

2. Durchlauf:

- | | | | | |
|--------------------------|---|-------------------|----------------------|---|
| 8) linkes Trägerende: | A | 3 ent | 4 ent | (<i>feste Einspannung</i>) |
| 9) Berechne: | G | $w = 0.$, | $\psi = 0.$, | $M = 15000000$, $Q = -5000$ |
| 10) Trägerabschnitt: | C | 3000 ent | 2.1E13 ent | 0 ent (<i>nein</i>) |
| 11) Berechne: | G | $w = -2.142857$, | $\psi = -0.001071$, | $M = 0.$, $Q = -5000.$ |
| 12) Zwischenbed. Gelenk: | F | 3 ent | 0 ent | (<i>Gelenk</i>) 0 ent (<i>nein</i>) |
| 13) Berechne: | G | $w = -2.142857$, | $\psi = -0.000179$, | $M = 0.$, $Q = -5000$ |
| 14) Trägerabschnitt: | C | 3000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (<i>ja</i>) 10 ent 0 ent |
| 15) Berechne: | G | $w = 0$, | $\psi = 0.003036$, | $M = -60000000$, $Q = -35000$ |
| 16) Zwischenbed. Lager: | F | 1 ent | 0 ent | (<i>gel. Lager</i>) 0 ent (<i>nein</i>) |
| 17) Berechne: | G | $w = 0.$, | $\psi = 0.003036$, | $M = -6.E7$, $Q = 35000$
Lagerkraft am 2.Lager: $Q_{15} + Q_{17} = 35000 + 35000 = 70000$ |
| 18) Trägerabschnitt: | C | 3000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (<i>ja</i>) 10 ent 0 ent |
| 19) rechtes Trägerende: | F | 3 ent | 0 ent | (<i>freies Ende</i>) 1(= <i>ja</i>) ent 4 ent 5000 ent |
| 20) Berechne: | G | $w = 16.071429$, | $\psi = 0.00625$, | $M = 0.$, $Q = 5000.$ |

Beispiel 4: Gerberträger, ent Enter-Taste. $q_0 = 50 \text{ N/mm}$, $EI = 2.1 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$, $a = 6000 \text{ mm}$, $l = 10000 \text{ mm}$



Gross/Schnell: Formel- und Aufgabensammlung zur Technischen Mechanik I (S.116)

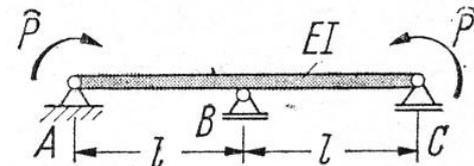
1. Durchlauf:

- | | | | | |
|-------------------------|---|----------|------------|------------------------------------|
| 1) linkes Trägerende: | A | 3 ent | 4 ent | (feste Einspannung) |
| 2) Trägerabschnitt: | C | 6000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (ja) 0 ent (q=0) 0.005 (q') |
| 3) Zwischenbed. Gelenk: | F | 3 ent | 0 ent | (Gelenk) 0 ent (nein) |
| 4) Trägerabschnitt: | C | 4000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (ja) 30 ent 0.005 ent |
| 5) rechtes Trägerende: | F | 1 ent | 0 ent | (gel.Lager) 1 ent (ja) 3 ent 0 ent |

2. Durchlauf:

- | | | | | |
|-------------------------|---|----------|-----------------|------------------------------------|
| 6) linkes Trägerende: | A | 3 ent | 4 ent | (feste Einspannung) |
| 7) Berechne: | G | w= 0., | psi= 0., | M= -800000000, Q= 163333.33 |
| 8) Trägerabschnitt: | C | 6000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (ja) 0 ent (q=0) 0.005 (q') |
| 9) Zwischenbed. Gelenk: | F | 3 ent | 0 ent | (Gelenk) 0 ent (nein) |
| 10) Trägerabschnitt: | C | 4000 ent | 2.1E13 ent | 1 ent (ja) 30 ent 0.005 ent |
| 11) rechtes Trägerende: | F | 1 ent | 0 ent | (gel.Lager) 1 ent (ja) 3 ent 0 ent |
| 12) Berechne: | G | w= 0., | psi= -0.11045., | M= 0., Q= -86666.67 |

Beispiel 5: Träger, ent Enter-Taste. Moment $\hat{P} = 100000 \text{ Nmm}$, $E = 206000 \text{ N/mm}^2$, $l = 500 \text{ mm}$, $d = 20 \text{ mm}$



Marguerre: Technische Mechanik Zweiter Teil (S.77)

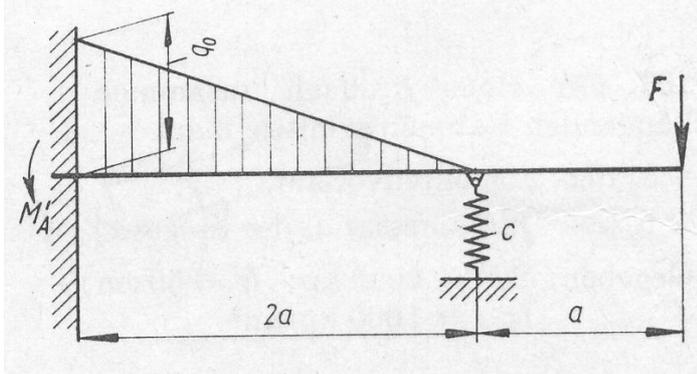
1. Durchlauf:

- | | | | | |
|------------------------|---|---------|-------------|---|
| 1) linkes Trägerende: | A | 2 ent | 4 ent | (gel.Lager) |
| 2) Einzelmoment: | D | 3 ent | -100000 ent | |
| 3) Wellenabschnitt: | E | 500 ent | 206000 ent | 20 ent 0 ent (nein) |
| 4) Zwischenbed. Lager: | F | 1 ent | 0 ent | (gel.Lager) 0 ent (nein) |
| 5) Wellenabschnitt: | E | 500 ent | 206000 ent | 20 ent 0 ent (nein) |
| 6) rechtes Trägerende: | F | 1 ent | 0 ent | (gel.Lager) 1 ent (ja) 3 ent 100000 ent |

2. Durchlauf:

- | | | | | |
|---|---|---------|-----------------|---|
| 7) linkes Trägerende: | A | 2 ent | 4 ent | (gel.Lager) |
| 8) Einzelmoment: | D | 3 ent | -100000 ent | |
| 9) Berechne: | G | w= 0., | psi= 0.007726, | M= 100000, Q= -300 |
| 10) Wellenabschnitt: | E | 500 ent | 206000 ent | 20 ent 0 ent (nein) |
| 11) Berechne: | G | w= 0., | psi= -1.E-17, | M= -50000, Q= -300 |
| 12) Zwischenbed. Lager: | F | 1 ent | 0 ent | (gel.Lager) 0 ent (nein) |
| 13) Berechne: | G | w = 0., | psi= 0., | M= -50000, Q= 300 |
| Damit wir die Lagerkraft bei B: $300+300=600$ | | | | |
| 14) Wellenabschnitt: | E | 500 ent | 206000 ent | 20 ent 0 ent (nein) |
| 15) rechtes Trägerende: | F | 1 ent | 0 ent | (gel.Lager) 1 ent (ja) 3 ent 100000 ent |
| 16) Berechne: | G | w= 0., | psi= -0.007726, | M= 100000, Q= 300 |

Beispiel 6: Träger, ent Enter-Taste. $F= 16667 \text{ N}$, $EI= 2.1 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$, $a= 500 \text{ mm}$, $q_0= 50 \text{ Nmm}$, $c=171818 \text{ N/mm}$



Göldner: Übungsaufgaben aus der Technischen Mechanik (S.52)

1.Durchlauf:

- | | | | | |
|----|--------------------------|---|------------|------------------------------|
| 1) | linkes Trägerende: | A | 3 ent | 4 ent (<i>Einspannung</i>) |
| 2) | Trägerabschnitt: | C | 1000 ent | 2.1E13 ent |
| 3) | Zwischenbed. ela. Lager: | B | 171818 ent | |
| 4) | Trägerabschnitt: | C | 500 ent | 2.1E13 ent |
| 5) | rechtes Trägerende: | F | 3 ent | 0 ent ($M=0$) |

2.Durchlauf:

- | | | | | |
|-----|--------------------------|---|-----------------|--|
| 6) | linkes Trägerende: | A | 3 ent | 4 ent (<i>Einspannung</i>) |
| 7) | Berechne: | G | $w= 0.$, | $\psi= 0.$, $M= -8333413.6$, $Q= 16666.58$ |
| 8) | Trägerabschnitt: | C | 1000 ent | 2.1E13 ent |
| 9) | Berechne: | G | $w= 0.145505$, | $\psi= 0.000298$, $M= -8333500.$, $Q= -8333.4197$ |
| 10) | Zwischenbed. ela. Lager: | B | 171818 ent | |
| 11) | Berechne: | G | $w= 0.145505$, | $\psi= 0.000298$, $M= -8333500.$, $Q= 16667$
Damit wird die Federkraft: $Q_9 + Q_{11}$ $8333+16667=25000$ |
| 12) | Trägerabschnitt: | C | 500 ent | 2.1E13 ent |
| 13) | rechtes Trägerende: | F | 3 ent | 0 ent ($M=0$) |
| 14) | Berechne: | G | $w= 0.327387$, | $\psi= 0.000397$, $M= 0.$, $Q= 16667$ |