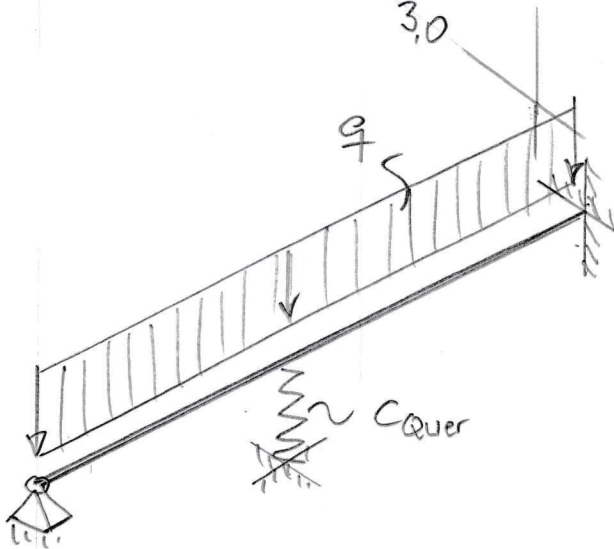
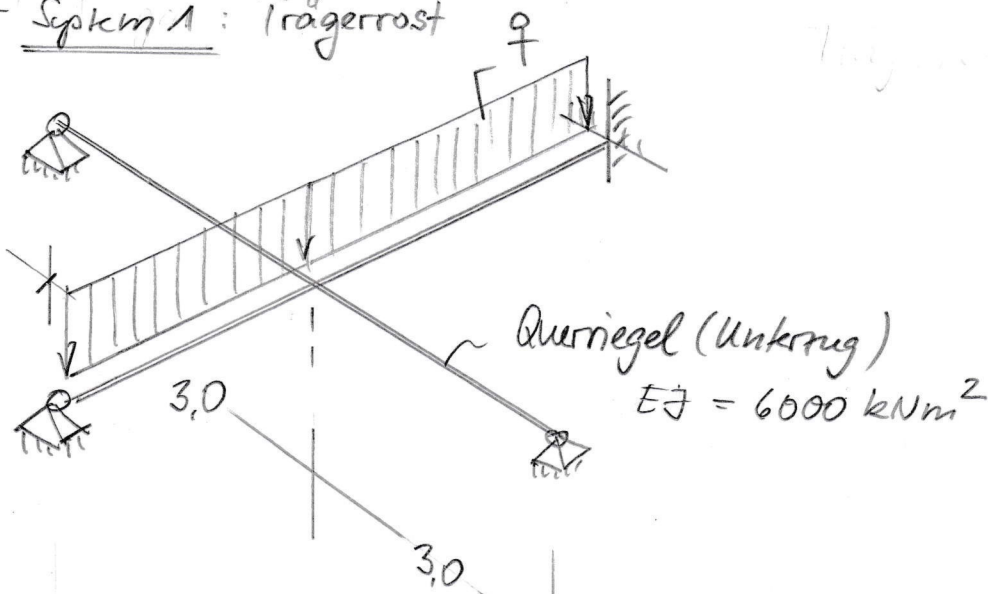


# Übungsbeispiel 3: Federn + Ersatzmodelle

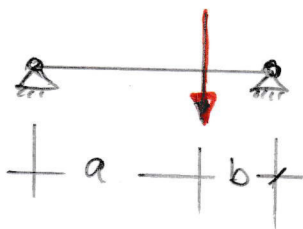
- System 1: Trägerrost



$$C_{\text{Quer}} = 2 \cdot \frac{3EI}{l^3} = \frac{6 \cdot 6000}{30^3}$$

$$= \underline{\underline{1333,3 \text{ kN/m}}}$$

allgemein: \*)

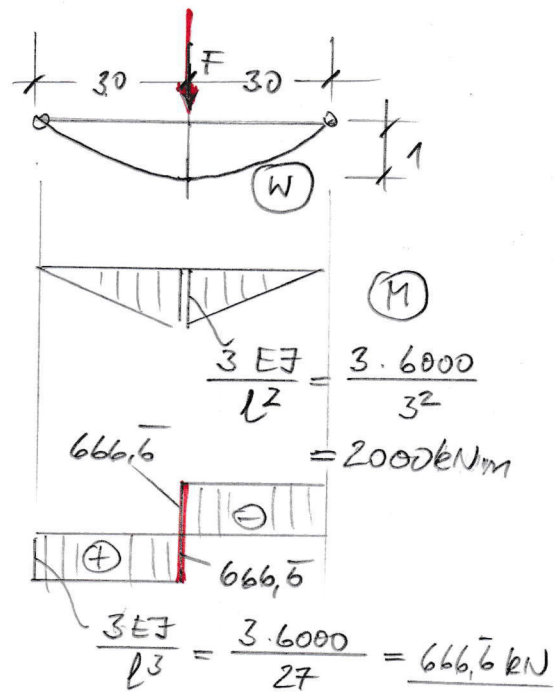


Federkonstante

$$\frac{3EI(a+b)}{a^2 \cdot b^2}$$

$$= \frac{3 \cdot 6000(3+3)}{9 \cdot 9}$$

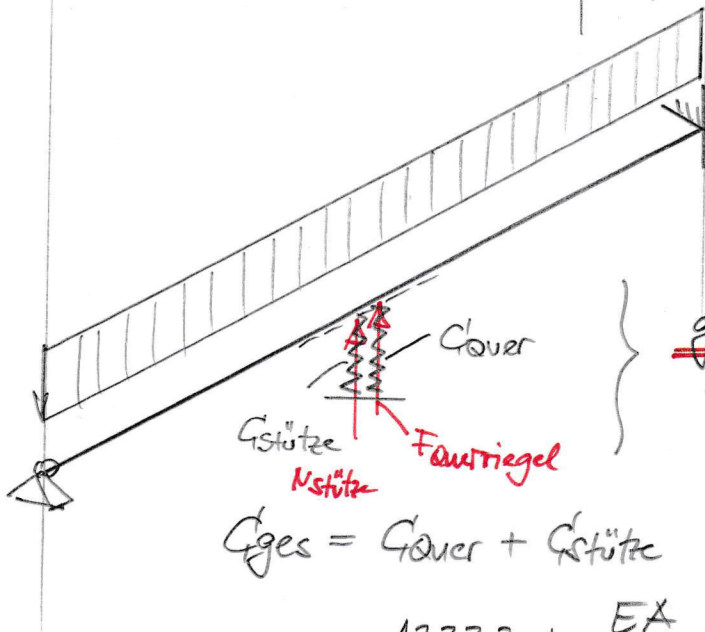
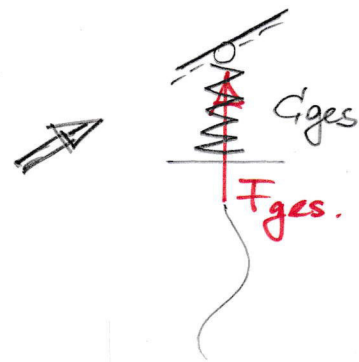
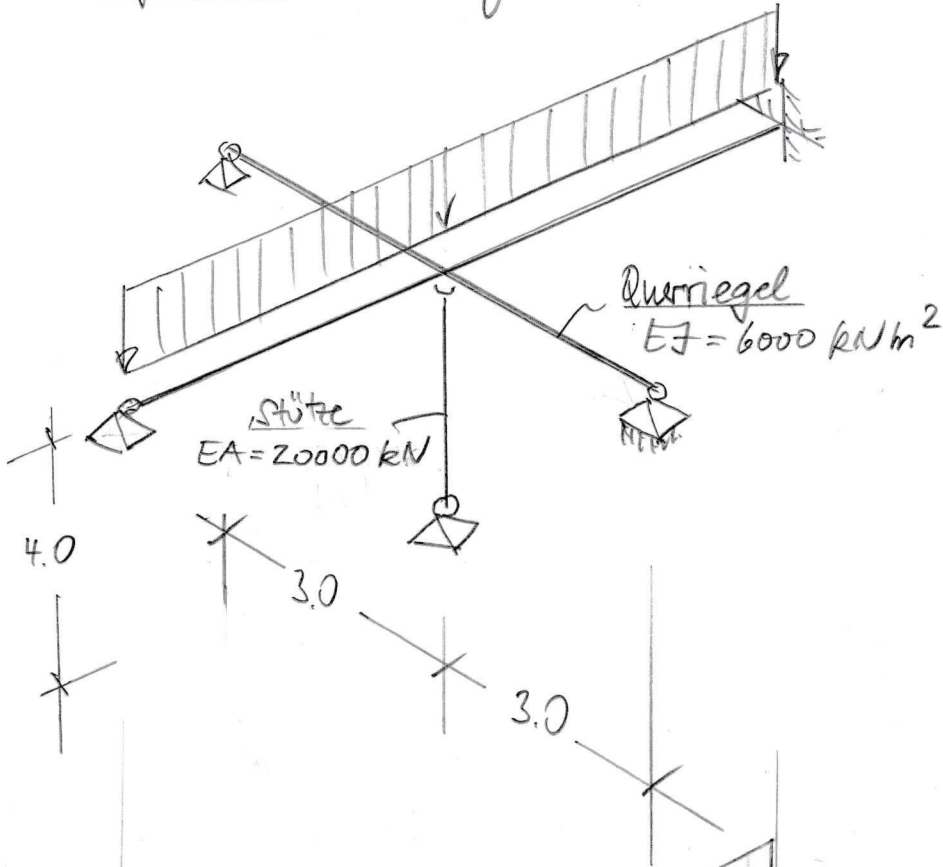
$$= \underline{\underline{1333,3 \text{ kN/m}}}$$



für Einheitsverschiebung in Mitte des Querriegels müssen  $2 \cdot 666,6 = 1333,3 \text{ kN}$  aufgebracht werden.

\*) vgl. beigefügte Tabelle (S1; 3. Zeile)

- System 2 : Trägerrost mit Stütze



gleicher Federweg:  
 → "parallele Schaltung"

$$C = C_1 + C_2 + \dots$$

$$C_{ges} = C_{quer} + C_{stütze}$$

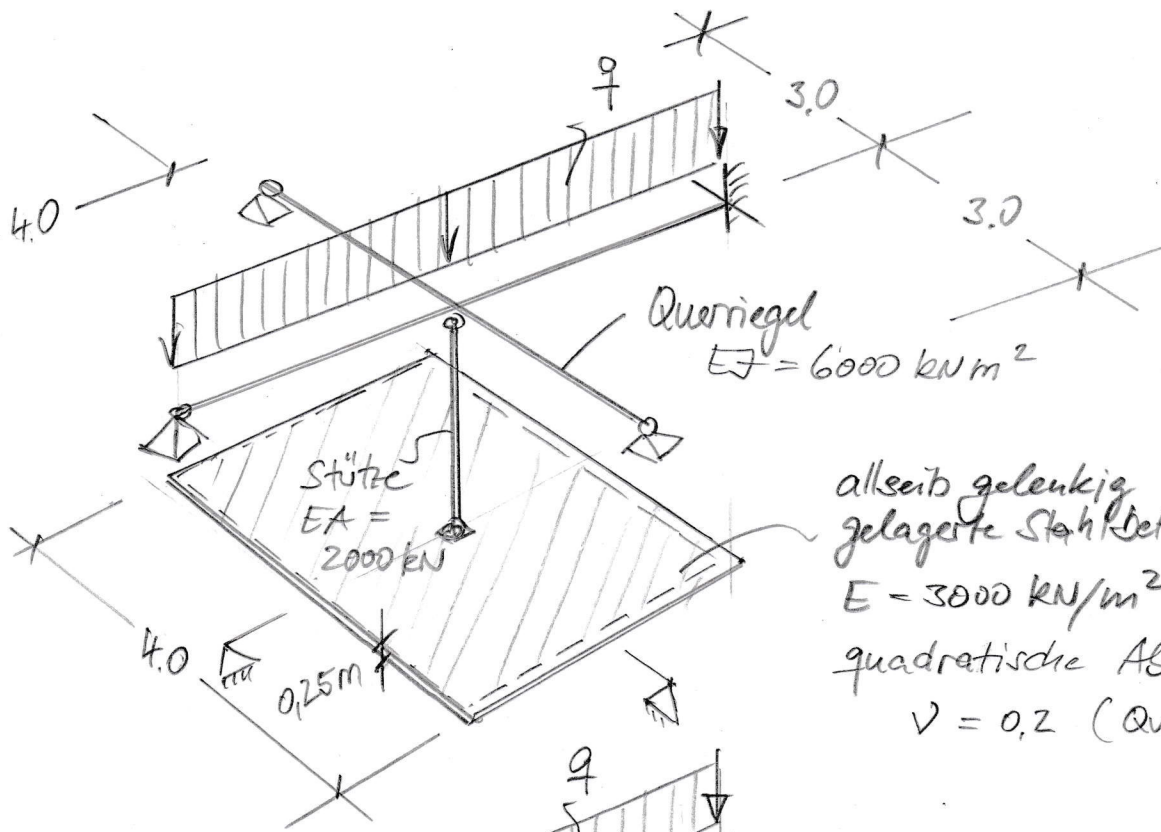
$$= 1333,3 + \frac{EA}{l} = 1333,3 + \frac{20000}{4,0} = \underline{\underline{6333,3 \text{ kN/m}}}$$

vgl. beigefügte Tabelle (S2; 3. Zeile)  
 bez. (S1; 2. Zeile)

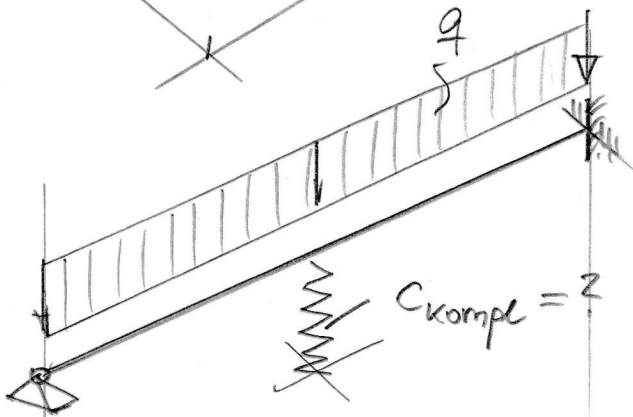
Die Federkräfte teilen sich im Verhältnis der Federkonstanten auf

$$N_{stütze} = F_{ges} \cdot \frac{C_{stütze}}{C_{ges}} ; F_{quer} = F_{ges} \cdot \frac{C_{quer}}{C_{ges}}$$

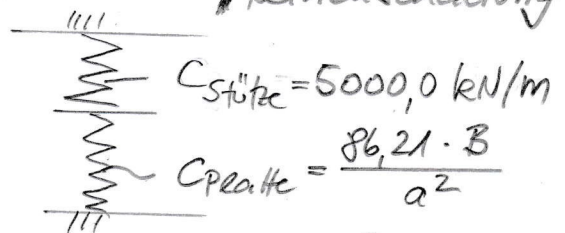
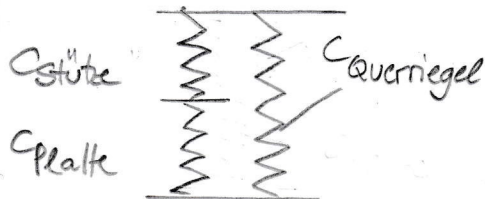
- System 3 : Trägerrast mit Stütze auf Betonplatte



allseitig gelenkig  
gelagerte Stahlbetonplatte  
 $E = 3000 \text{ kN/m}^2$ ;  $h = 0,25 \text{ m}$   
quadratische Abmessung;  
 $\nu = 0,2$  (Querdehnzahl)



gleiche Federkraft  
→ „Reihenschaltung“



$$C_{\text{platte}} = \frac{86,21}{a^2} \frac{E \cdot h^3}{12(1-\nu^2)} = \frac{86,21}{4,0^2} \frac{3000 \cdot 0,25^3}{12(1-0,2^2)} = 21,92 \text{ kN/m}$$

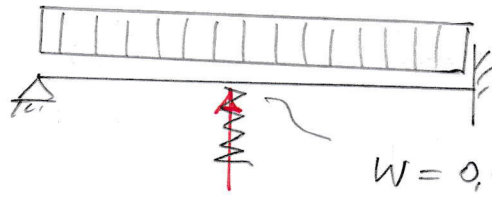
$$\frac{1}{C_{\text{St,Pl}}} = \frac{1}{C_{\text{Stütze}}} + \frac{1}{C_{\text{platte}}} = \frac{1}{5000} + \frac{1}{21,92} = 458 \cdot 10^{-2} \text{ m/kN}$$

$$\rightarrow C_{\text{St,Pl}} = 21,82 \text{ kN/m}$$

letzter Schritt :  $C_{\text{kompl}} = 21,82 + 1333,3 = 1355,2 \text{ kN/m}$

Rückrechnung:

aus darunterliegende  
lastaufnehmende  
Bauteile!



$W = 0,04 \text{ m (Ergebnis)}$

$\rightarrow F_{\text{komp.}} = C_{\text{komp.}} \cdot W$   
 $= 1355,2 \cdot 0,04 = \underline{54,21 \text{ kN}}$

Aufteilung auf Stütze/Platte und Querriegel:

$F_{\text{St,Pl}} = F_{\text{komp.}} \cdot \frac{C_{\text{St,Pl}}}{C_{\text{komp.}}} = 54,21 \cdot \frac{21,82}{1355,2} = \underline{0,87 \text{ kN}} \quad (\sim 2\%)$

$F_{\text{Quer}} = 54,21 \cdot \frac{1333,3}{1355,2} = \underline{53,34 \text{ kN}} \quad (\sim 98\%)$

Kontrolle:  $F_{\text{St,Pl}} = 21,82 \cdot 0,04 = \underline{0,87 \text{ kN}} \quad \checkmark$

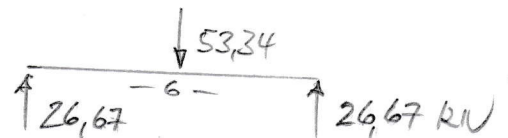
$F_{\text{Quer}} = 1333,3 \cdot 0,04 = \underline{53,34 \text{ kN}} \quad \checkmark$

Schnittgrößen:

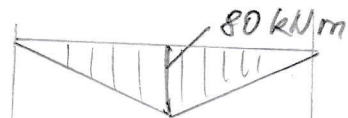
Stütze:  $N = -0,87 \text{ kN} (\hat{=} F_{\text{St,Pl}})$

Auflast auf Platte:  $F_{\text{St,Pl}} = 0,87 \text{ kN}$

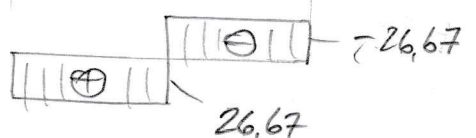
Querriegel:



(M)



(V)



Kontrolle:  $\frac{3EF}{l^2} \cdot 0,04 = \underline{80 \text{ kNm}}$   $\checkmark$

$\frac{3EF}{l^3} \cdot 0,04 = \underline{26,67 \text{ kN}}$   $\checkmark$



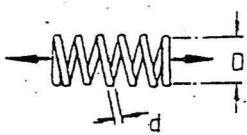
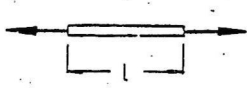
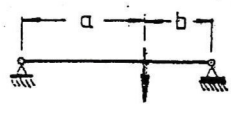
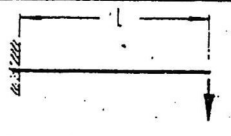
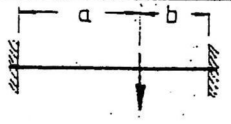
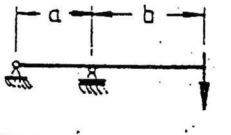
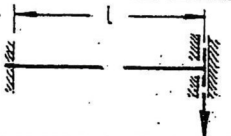
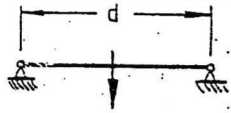
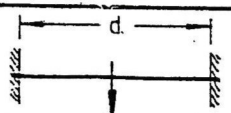
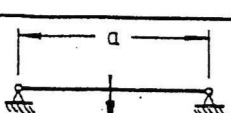
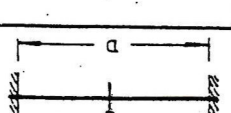
	System	Federkonstante k	
Zug- u. Druckfedern	Schraubenfeder 	$\frac{G d^4}{8 n D^3}$	G Schubmodul n Windungszahl
	Stab 	$\frac{E A}{l}$	E Elastizitätsmod. A Querschnittsfl.
Biegefedern (Balken)	Balken gestützt / gestützt 	$\frac{3 E I (a+b)}{a^2 b^2}$	E Elastizitätsmod. I Flächenträgheitsmoment
	Balken eingespannt / frei 	$\frac{3 E I}{l^3}$	
	Balken eingespannt / eingespannt 	$\frac{3 E I (a+b)^3}{a^3 b^3}$	
	Balken gestützt / gestützt überkragend 	$\frac{3 E I}{(a+b) b^2}$	
	Balken eingespannt / geführt 	$\frac{12 E I}{l^3}$	
Biegefedern (Platten)	Kreisplatte Rand gestützt 	$\frac{1+\nu}{3+\nu} \cdot \frac{64 \pi B}{d^2}$	B = $\frac{E h^3}{12(1-\nu^2)}$ E Elastizitätsmod. $\nu$ Querszahl h Plattendicke
	Kreisplatte Rand eingespannt 	$\frac{64 \pi B}{d^2}$	
	Quadratplatte allseitig gestützt 	$\frac{86,21 B}{a^2}$	
	Quadratplatte allseitig eingespannt 	$\frac{178,6 B}{a^2}$	

Tabelle 2.1 : Federzahlen von Elementen mit linearem Federgesetz

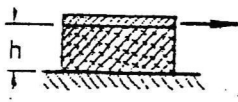
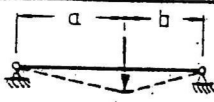
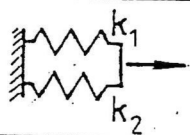
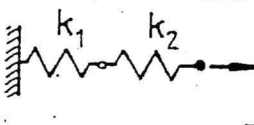
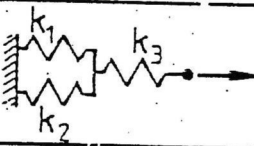
	System	Federkonstante k	
Schubfeder	Gummifeder 	$\approx \frac{G A}{h}$ (frequenzabhängig)	G Schubmodul A Querschnittsfl.
Saite	biegeschlaffe, vorgespannte Saite 	$S \cdot \frac{a+b}{a b}$	S Spannkraft
Federkombinationen	parallelgeschaltete Federn 	$k_1 + k_2$	
	reihengeschaltete Federn 	$\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$	
	parallel- und reihengeschaltete Federn 	$\frac{(k_1 + k_2) k_3}{k_1 + k_2 + k_3}$	

Tabelle 2.1: Federzahlen von Elementen mit linearem Federgesetz