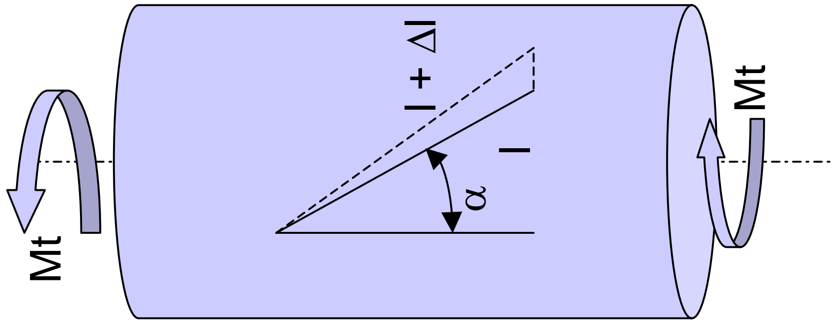
Grundlagen für DMS

Die mechanische Spannung an der Wellenoberfläche

Für die Dehnung gilt:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{8 \cdot Mt}{\pi \cdot G \cdot d^3} \cdot \sin 2\alpha$$

Unter α = 45° hat ε größten Wert



Für die mechanische Spannung gilt:

$$\tau_{\max} = \frac{16 \cdot Mt}{\pi \cdot d^3}$$

Mt = Drehmoment
d = Wellendurchmesser
G = Schubmodul

Umwandlung der mechanischen Dehnungen in ein elektrisches Signal

$$K = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l} = \tan\beta \approx 2$$

Damit folgt:

$$\frac{\Delta R}{R} = K \cdot \varepsilon = K \cdot \frac{8 \cdot Mt}{\pi \cdot G \cdot d^3}$$

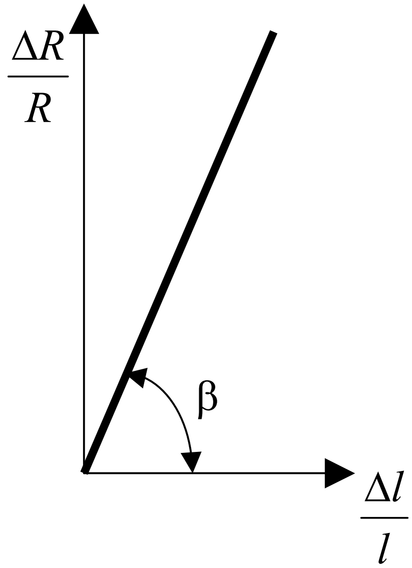
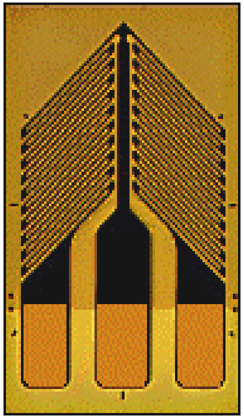
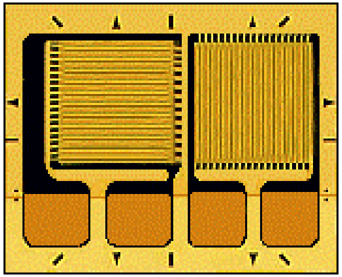
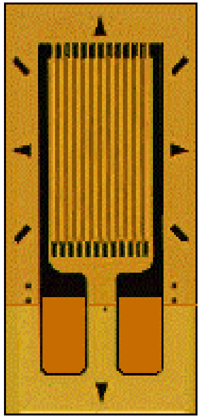


Diagramm von Kelvin

Im Sensorbau verwendete DMS



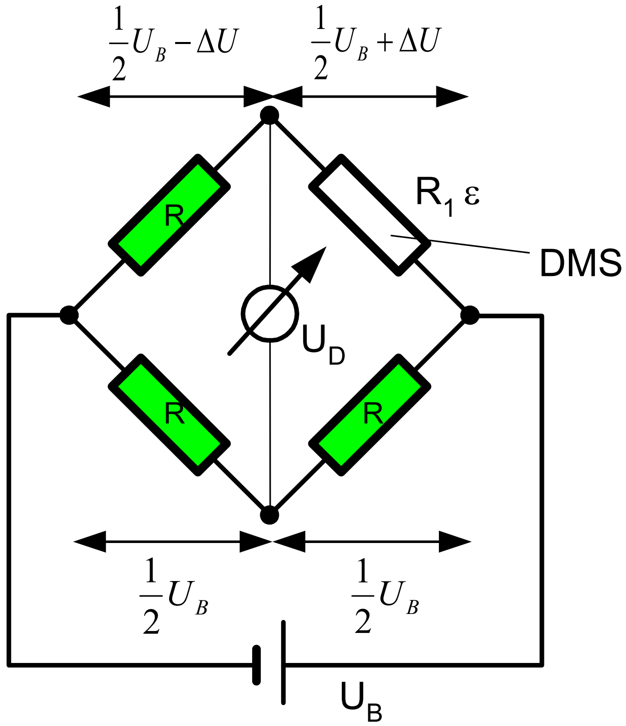




Weatston‘sche Brückenschaltung Viertelbrücke

$$U_D = \frac{1}{2} \cdot U_B \cdot \varepsilon$$

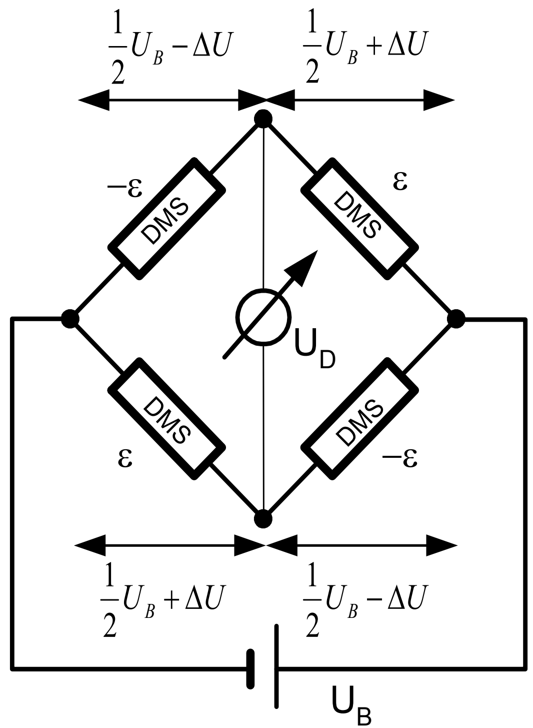
ε in mm/m



Weatston‘sche Brückenschaltung Vollbrücke

$$U_D = 2 \cdot U_B \cdot \varepsilon$$

ε in mm/m



Beispiel für Vollbrücke

$$\varepsilon = 1\frac{\text{mm}}{\text{m}} = 10^{-3}$$

Für die Vollbrücke gilt

$$U_D = 2 \cdot U_B \cdot \varepsilon$$

Für die Empfindlichkeit gilt

$$e_0 = \frac{U_D}{U_B} = 2 \cdot \varepsilon = 2 \cdot 10^{-3} = 2\frac{\text{mV}}{\text{V}}$$

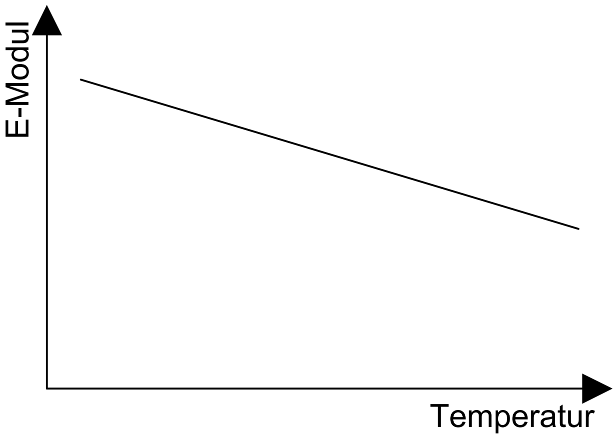
Bei U_B = 10V

$$U_D = U_B \cdot e_0 = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10\,\text{V} = 20 \cdot 10^{-3}\ \text{V}$$

$$U_D = 20\,\text{mV}$$

$$\frac{U_D}{U_B} = \frac{20\,\text{mV}}{10\,\text{V}} = 2\frac{\text{mV}}{\text{V}}$$

E-Modul von Werkstoffen



E-Modul nimmt ab mit zunehmender Temperatur

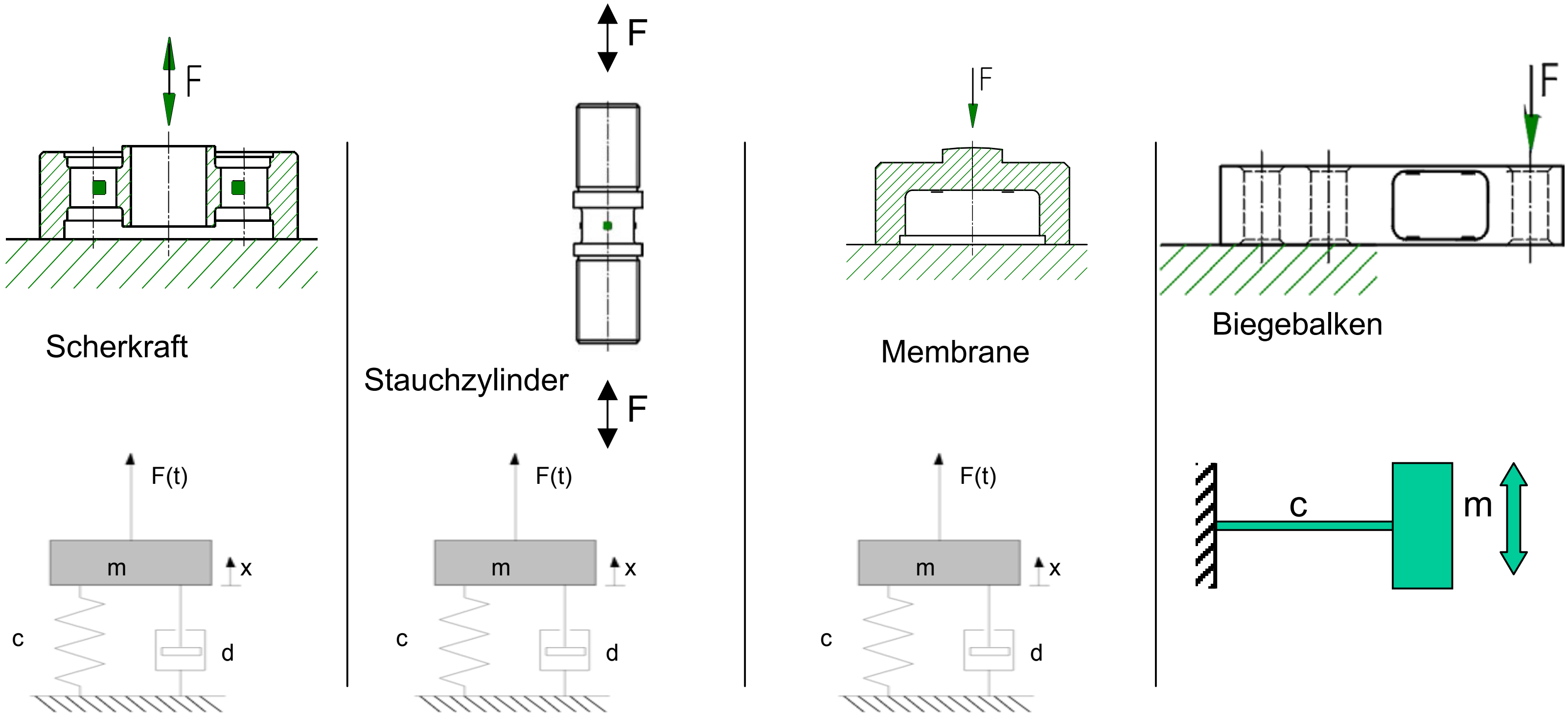
Stahl: $$\frac{\Delta E}{100K} \approx (2-4\%) \cdot E$$

Aluminium: $$\frac{\Delta E}{100K} \approx (7\%) \cdot E$$

$$\varepsilon \sim \frac{K}{E} \Rightarrow E-Moduländenung\ \ geht\ \ Messignal\ \ ein$$

Schwingungen von Kraftsensoren

Steifigkeit von Kraftsensoren

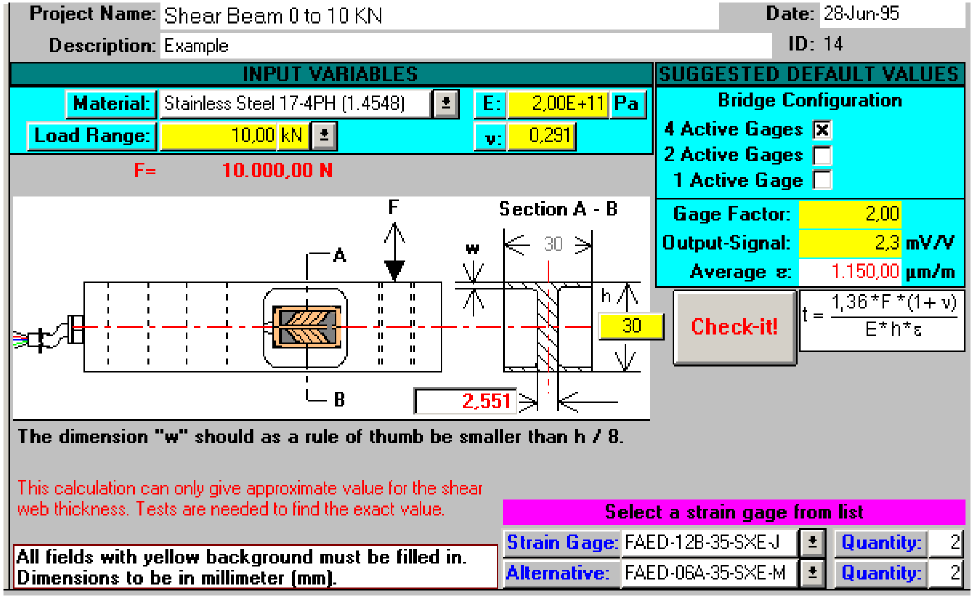


Berechnungsformel

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1000 \cdot c}{m}}$$

f = Eigenresonanz
c = Federkonstante in N/mm
m = Masse in kg

Steifigkeit von Scherkraftaufnehmer

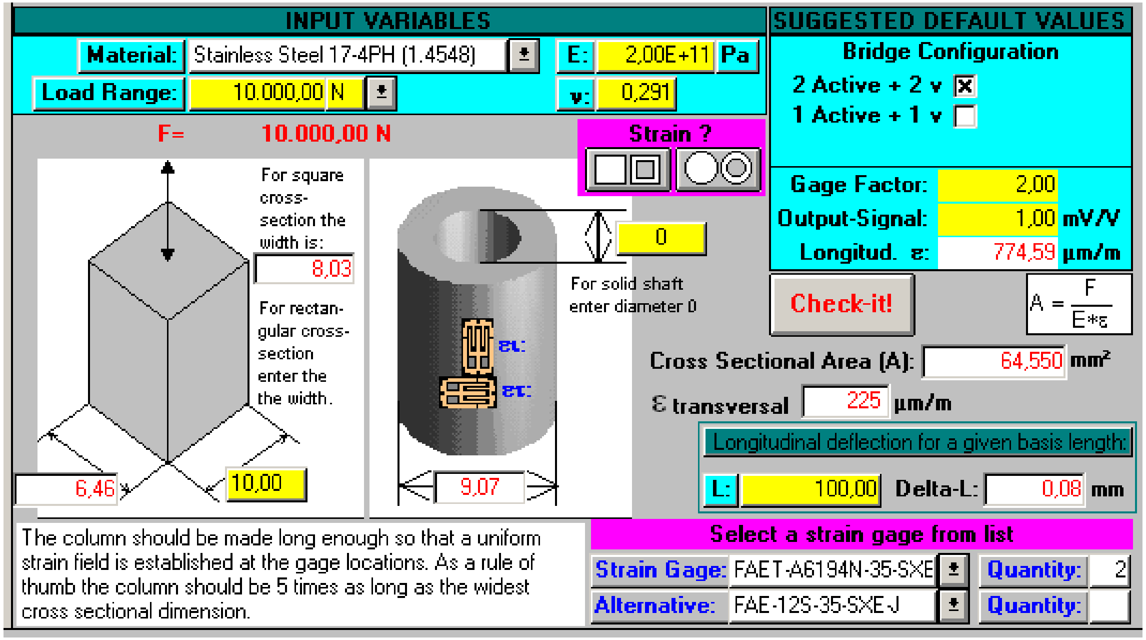


Übliche Werte für Durchbiegung: y = 0,01 bis 0,1mm

y = 1,15(mm/m)x20mm = 23µm

c = 10000N/0,023mm = 4,3x10⁵N/mm

Steifigkeit von Stauchzylinder



Übliche Werte für Durchbiegung: y = 0,01 bis 0,1mm

$c = 10000N/0{,}08mm = 1{,}25x10^5 N/mm$

Steifigkeit von Membrankraftaufnehmer

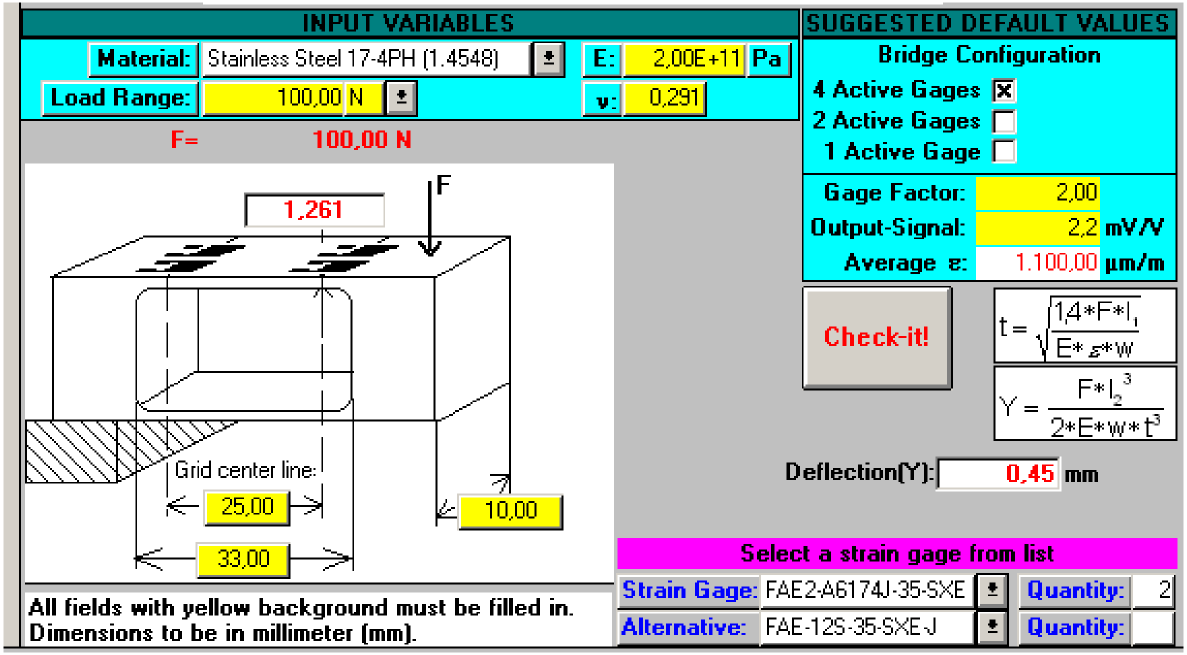
Übliche Werte für Durchbiegung: y = 0,1 bis 0,3mm

F = 1000N

y = 0,1mm

c = 1000N/0,1mm = 1×10^4 N/mm

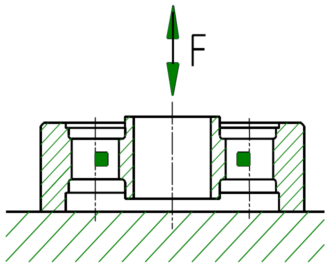
Steifigkeit von Doppelbiegebalken



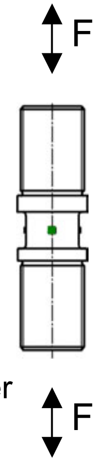
Übliche Werte für Durchbiegung: y = 0,5 bis 1mm

c = 100N/0,45mm = 2,2x10³N/mm

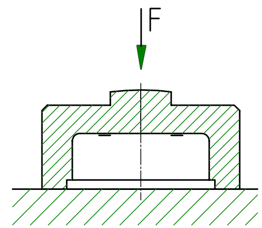
Eigenresonanz bei m = 1kg



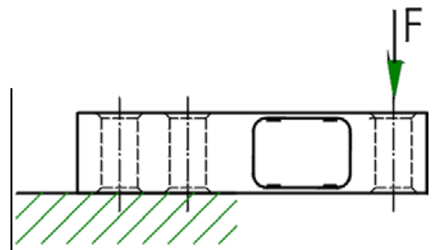
Scherkraft



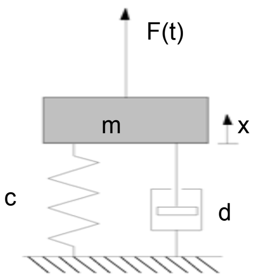
Stauchzylinder

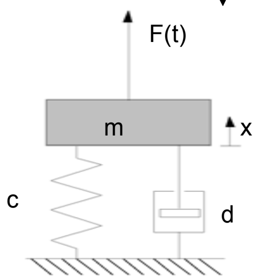


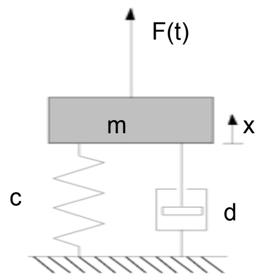
Membrane

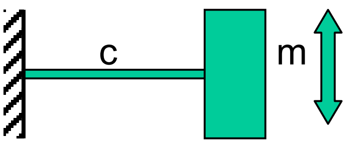


Biegebalken









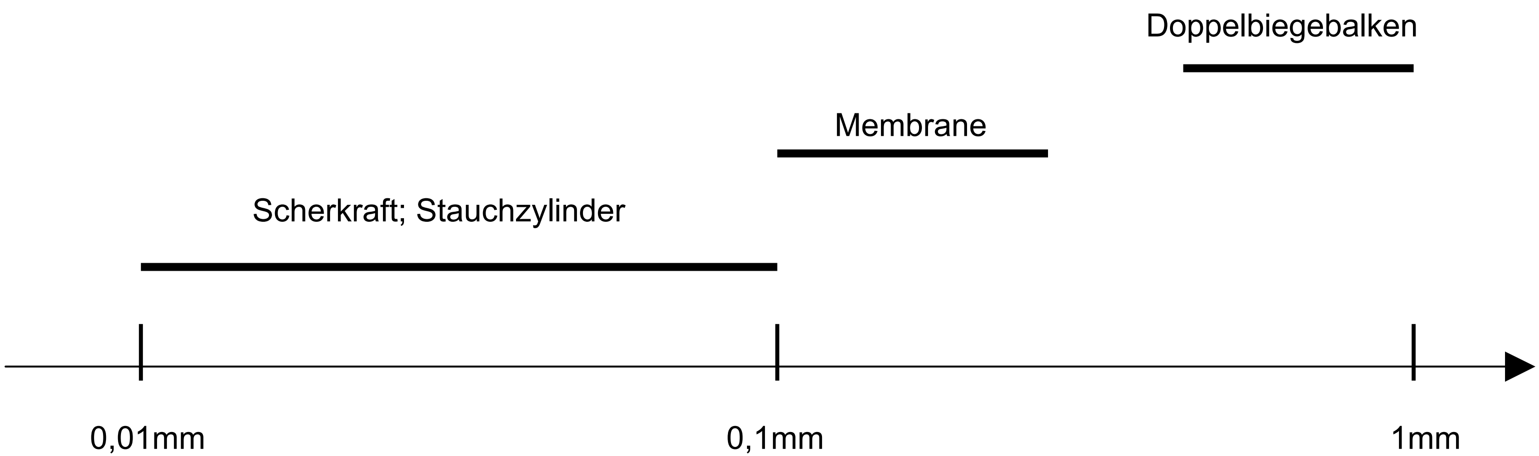
m = 1 kg
c = 4,3x10^{5}N/mm
f = 3280 Hz

m = 1 kg
c =1,25 x10^{5}N/mm
f = 1768Hz

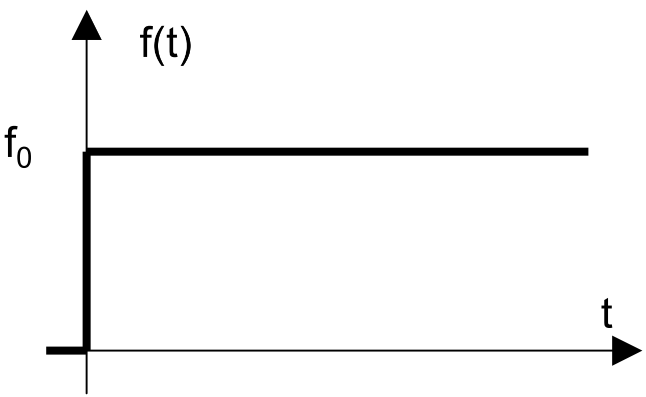
m = 1 kg
c = 1x10^{4}N/mm
f = 500 Hz

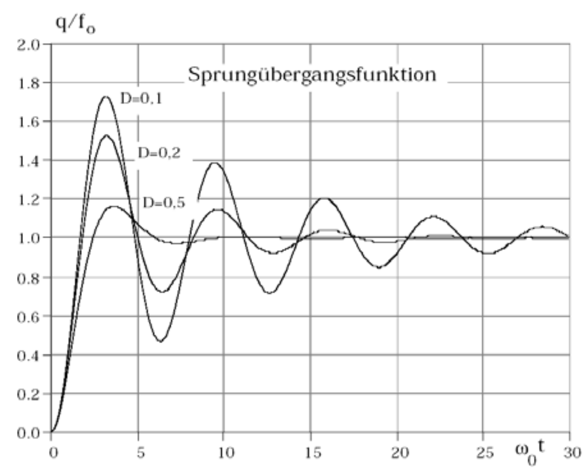
m = 1 kg
c = 2,2x10^{3}N/mm
f = 235 Hz

Durchbiegung bzw. Messweg der Sensoren



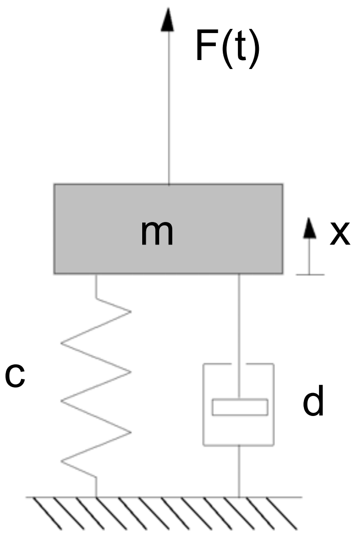
Die Sprungfunktion

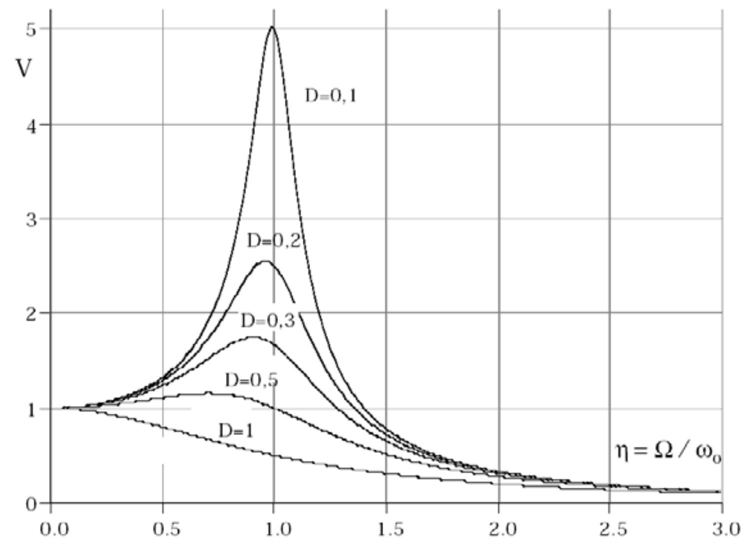




Maximale Sprungantwort:
2x Sprunghöhe
abhängig von der Dämpfung

Die Eigenresonanz





Amplitude je nach Dämpfung 5 - 10x Eingangsamplitude

Anregung der Eigenschwingung