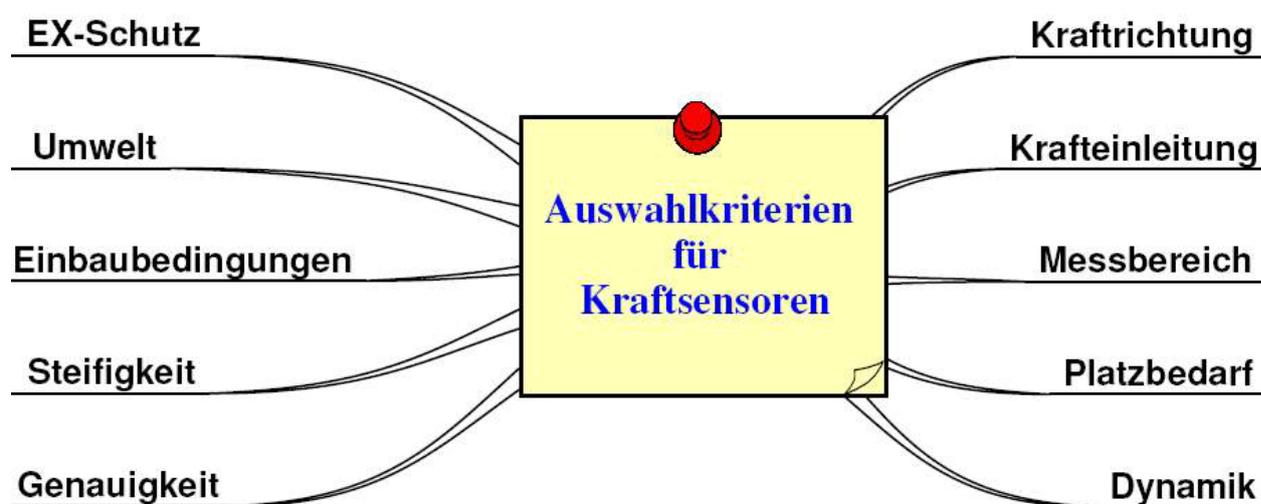
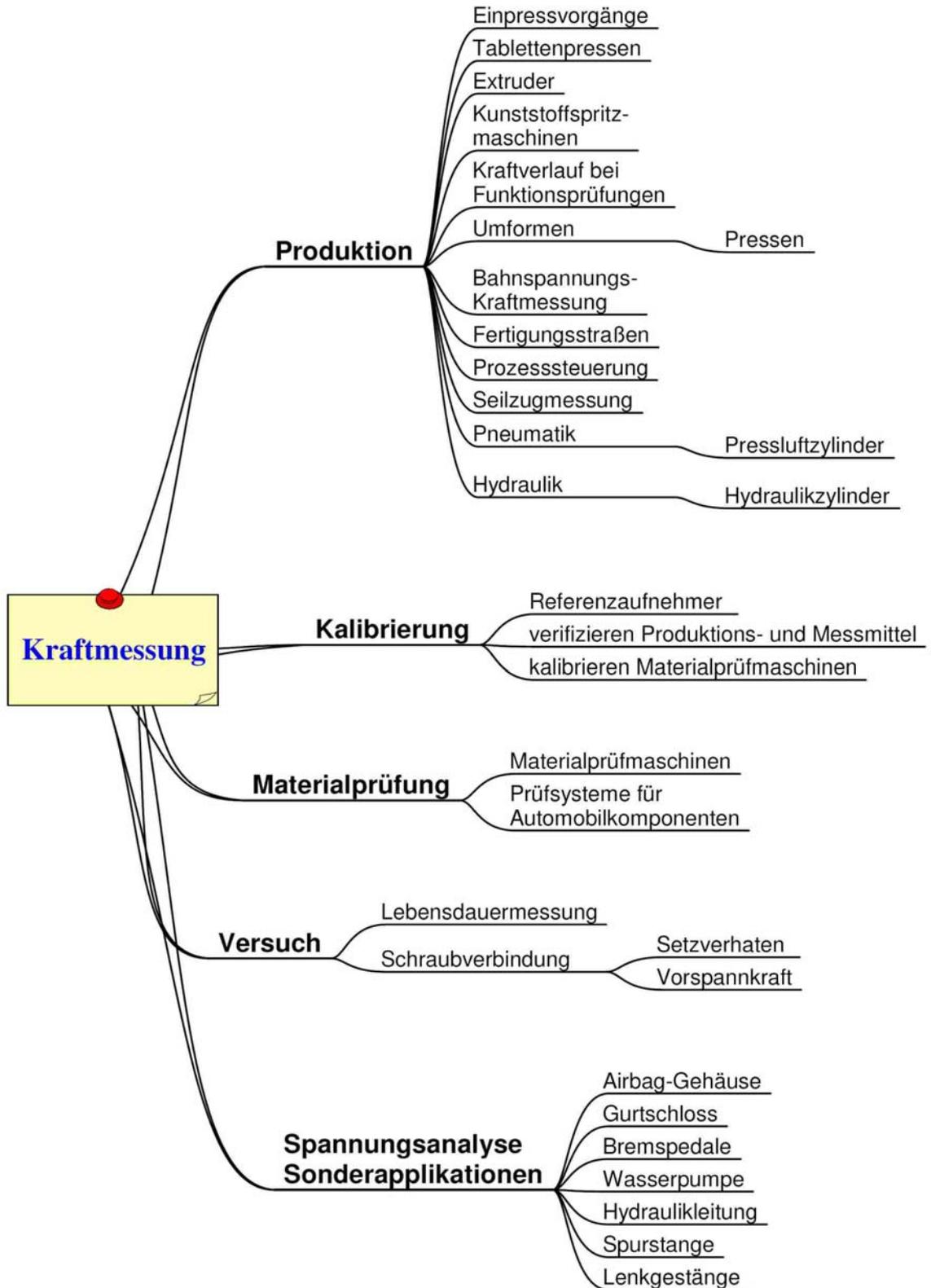


Auswahlkriterien für Kraftsensoren

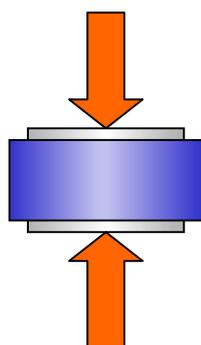


Anwendungsgebiete

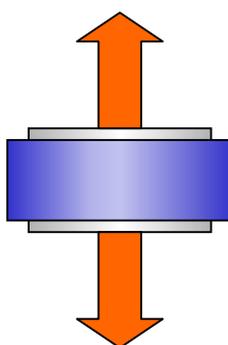


Kraftrichtung

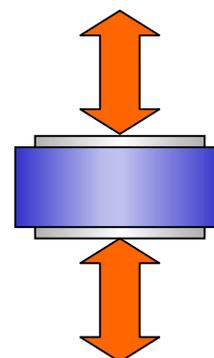
Definition



Druckkraft



Zugkraft



Zug - Druckkraft

Druckkraftaufnehmer

→ Druckkraft = positives Ausgangssignal

Zugkraftaufnehmer

→ Zugkraft = positives Ausgangssignal

Zug - Druckkraftaufnehmer

→ Zugkraft = positives Ausgangssignal

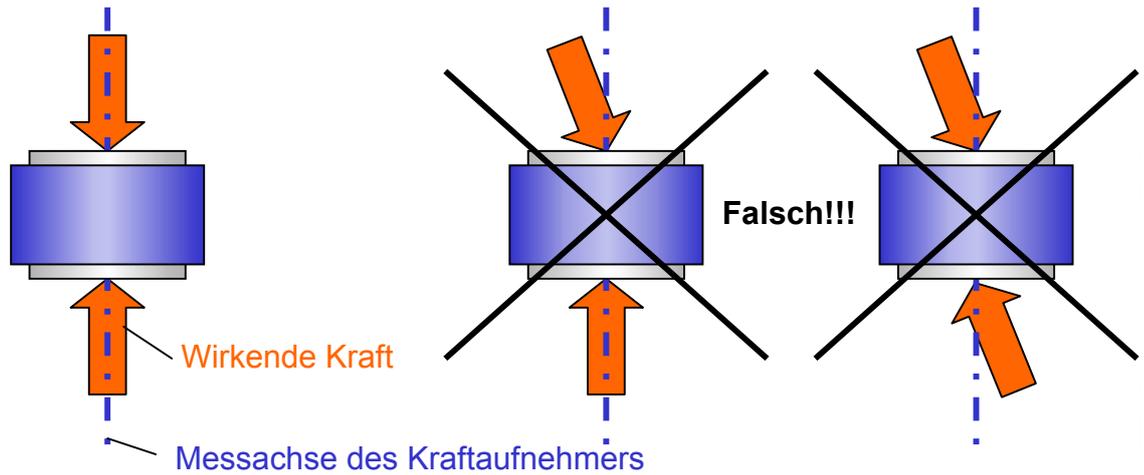
Druck - Zugkraftaufnehmer

→ Druckkraft = positives Ausgangssignal

Krafteinleitung

Kraftrichtung = Messrichtung des Sensors (geometrische Achse)

Fläche - Fläche



Flächen immer plan (möglichst geschliffen)
Flächen immer parallel zueinander

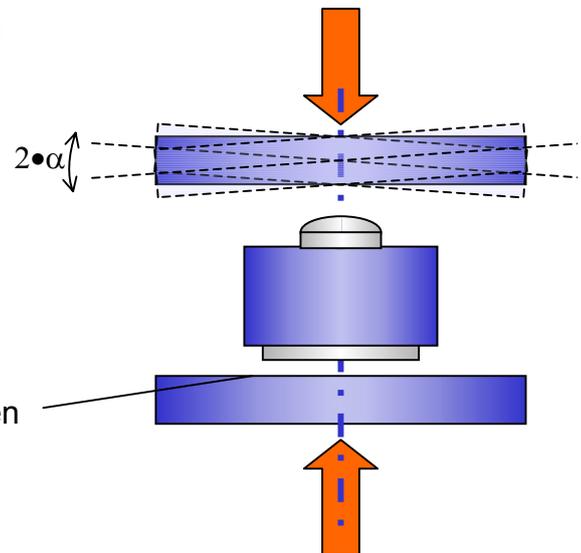
Fläche - ballig

Die ballige Einleitung dient zum Ausgleich von kleinen Abweichungen der Einleitungsebenen zueinander

Fehler: $1 - \cos(\alpha)$
z.B. $\alpha = 1,8^\circ \rightarrow$ Fehler 0,05%

Flächen immer Plan (möglichst geschliffen)

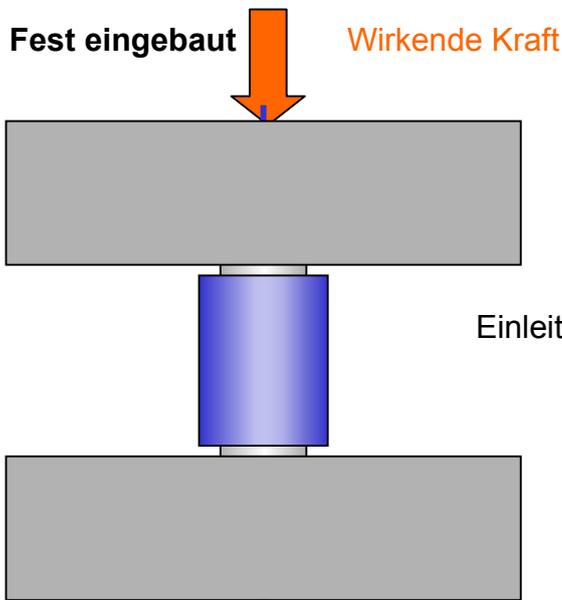
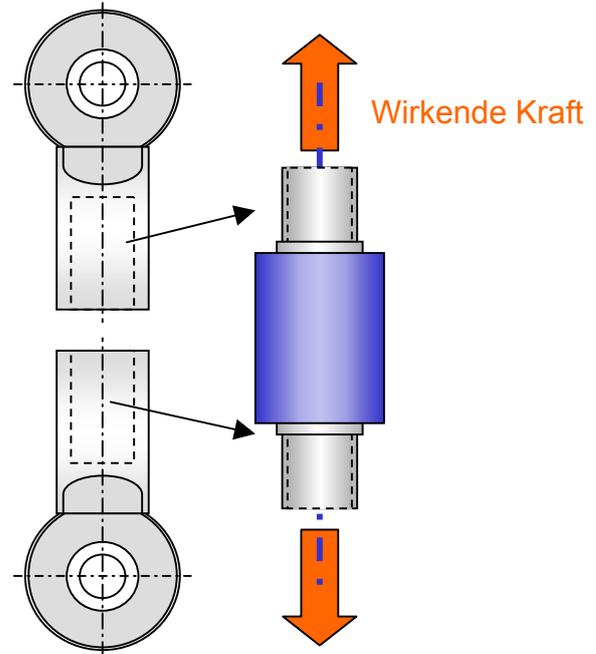
Aufnehmer muss auf der gesamten Fläche aufliegen



Krafteinleitung

Gelenk-Ösen

- Ausgleich von Achsversatz
- Krafteinleitung in Achsrichtung
- Nicht für Druckkräfte geeignet



Einleitung muss querkräftfrei erfolgen

Einleitungsflächen zueinander parallel
Zu berücksichtigen sind Temperaturdehnung,

Messbereich 1

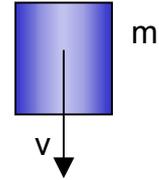
Beispiel Masse fällt auf Platte

Überlast

- Kraftspitzen (Beschleunigung, Verzögerung)

Bewegungsenergie

$$E_v = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

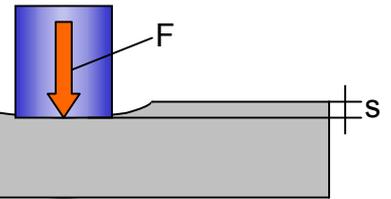


Darstellung kurz vor dem Aufprall



Abbremsenergie

$$E_B = F \cdot s$$



Darstellung für Maximum der Abbremskraft



Darstellung im Ruhezustand



Beispiel

$$v = 1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}; \quad m = 1 \text{ kg}$$

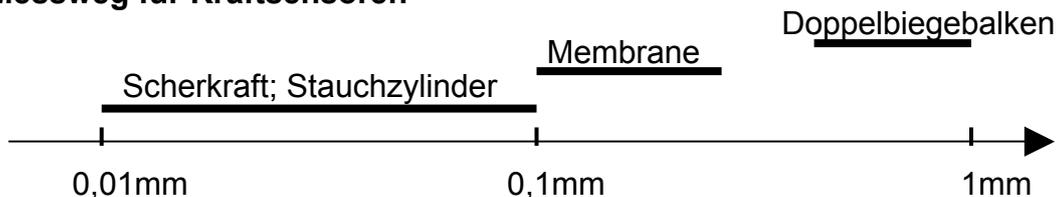
$$\rightarrow E_v = 0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

Abbremsung

$$s = 0,1 \text{ mm} \rightarrow E_B = F \cdot s = E_v$$

$$\rightarrow F = E_v / s = 0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 / 0,0001 \text{ m} = 5000 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 = 5000 \text{ N}$$

Messweg für Kraftsensoren



Typische Werte für den Messweg

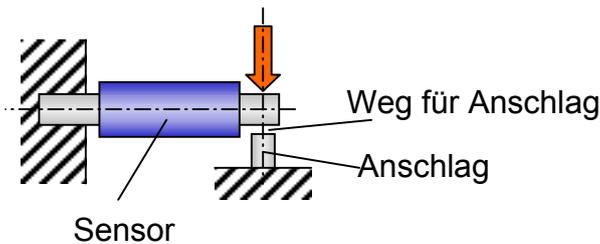
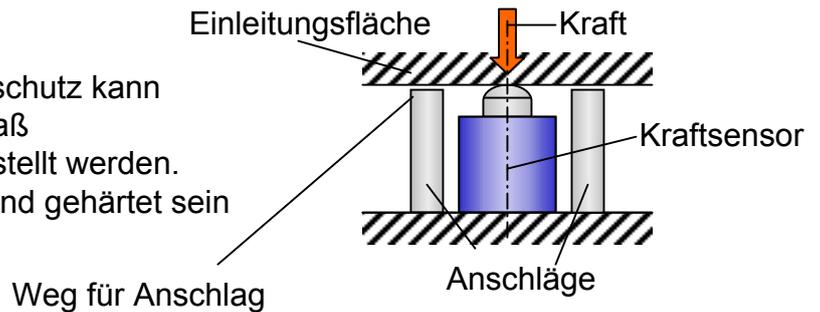


Messbereich 2

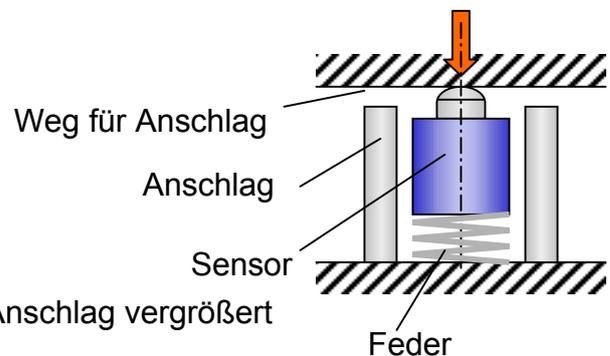
Überlastschutz

Messweg bei Nennkraft $\cdot 1,1 =$ Weg für Anschlag

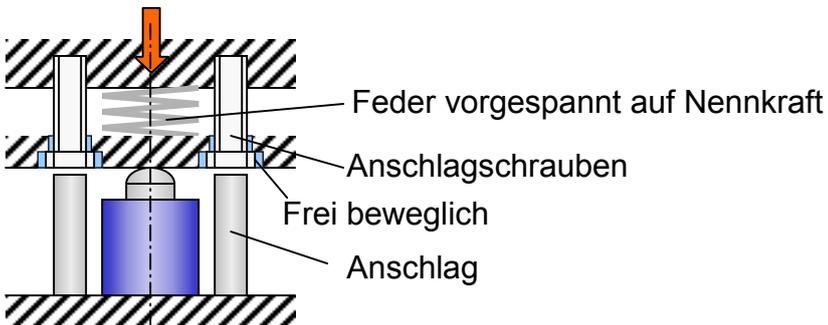
Für einen einfachen Überlastschutz kann ein auf das entsprechende Maß geschliffener Anschlag hergestellt werden. Alle Teile sollten geschliffen und gehärtet sein



Überlastschutz für Biegebalken
(großer Messweg)



Mittels Feder wird der Weg für den Anschlag vergrößert



Zusammenfassung:

Auflagefläche und Krafteinleitungsfläche: gehärtet HRC 50, geschliffen, geläppt und Rauigkeit Rz 4

Möglichst Überlastschutz vorsehen

Platzbedarf

Montage

Bei kleinen Messbereichen darf auf den Aufnehmer keine zu großen Kräfte wirken

Überlastschutz

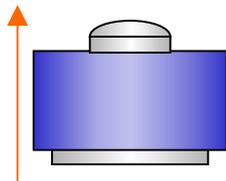
Der Platzbedarf für einen Überlastschutz

Kabel

Bei der Konstruktion den Platzbedarf für das Anschlusskabel berücksichtigen
Es darf nicht starr herausgeführt werden

Kalibrierung

Aufnehmer sollte leicht montierbar und demontierbar sein,
damit er entsprechend der Prüfmittelüberwachung kalibriert werden kann



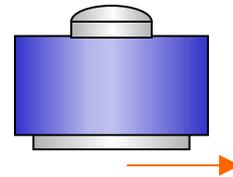
↑ Platzbedarf in Messrichtung

Stauchzylinder

Scherkraft

Biegebalken

Membrane



↑ Platzbedarf senkrecht zur Messrichtung

Membrane

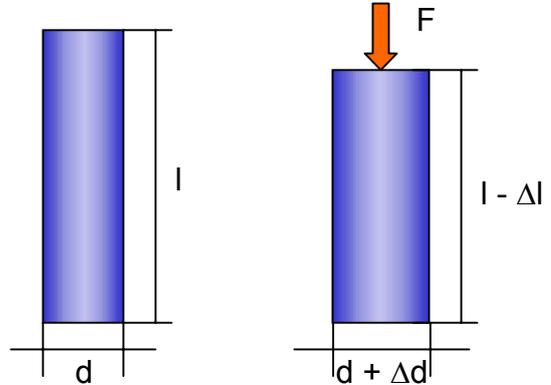
Biegebalken

Scherkraft

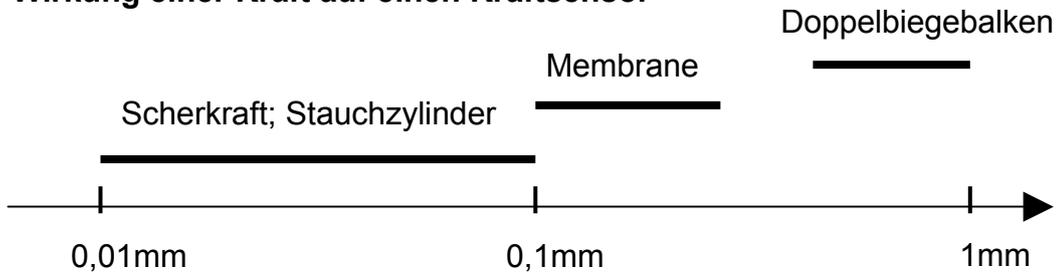
Stauchzylinder

Steifigkeit

Wirkung einer Kraft auf einen Rundstab



Wirkung einer Kraft auf einen Kraftsensor

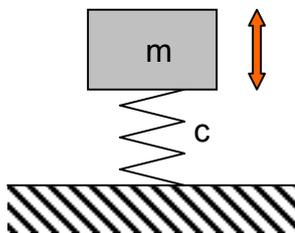


Typische Werte für den Messweg

Federkonstante c eines Sensors

$$c = \frac{F}{\Delta l}$$

Berechnungsformel



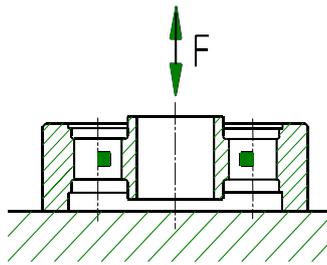
$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1000 \cdot c}{m}}$$

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

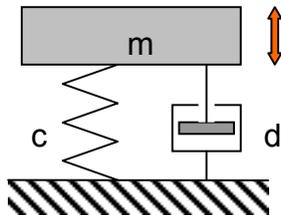
Je höher die Steifigkeit um so größer die Eigenresonanz

Dynamik

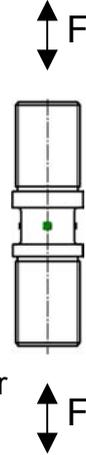
Eigenresonanz bei $m = 1\text{ kg}$



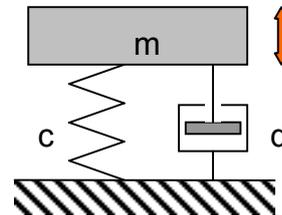
Scherkraft



$m = 1\text{ kg}$
 $c = 4,3 \times 10^5 \text{ N/mm}$
 $f = 3280\text{ Hz}$



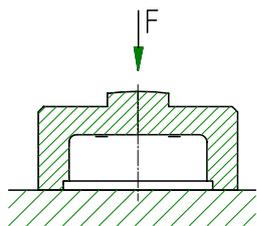
Stauchzylinder



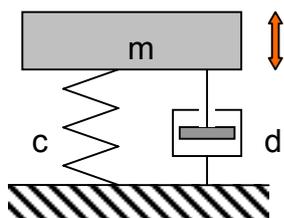
$m = 1\text{ kg}$
 $c = 1,25 \times 10^5 \text{ N/mm}$
 $f = 1768\text{ Hz}$

Dynamik

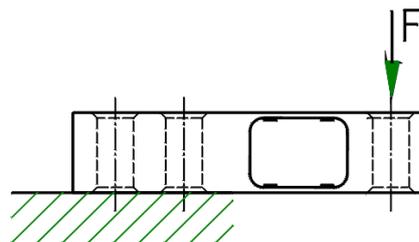
Eigenresonanz bei $m = 1\text{ kg}$



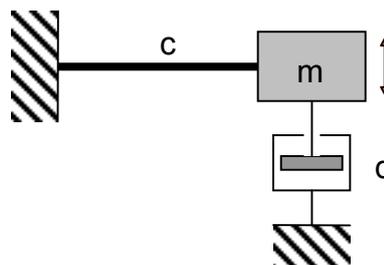
Membrane



$m = 1\text{ kg}$
 $c = 1 \times 10^4 \text{ N/mm}$
 $f = 500\text{ Hz}$



Biegebalken



$m = 1\text{ kg}$
 $c = 2,2 \times 10^3 \text{ N/mm}$
 $f = 235\text{ Hz}$

Umwelt

Temperatur

- Strahlungswärme → Höhere Temperaturen als erwartet (Abschirmung)
- Temperaturgradient → Fehler in der Temperaturkompensation
- Hohe Temperaturen Al bis 80°C Stahl bis 150°C
- Tiefe Temperaturen Al bis -20°C Stahl bis -40°C

Feuchtigkeit

- Kraftsensoren sind aus Edelstahl hergestellt
- Normale Luftfeuchtigkeit bis 90% rel. Luftfeuchte keinen Einfluss auf den Werkstoff
- Langfristige Kennwertänderungen können bei höheren Luftfeuchtigkeiten auftreten
- Die Aufnehmer sind nicht Seewasserfest

Gase

Aggressive Gase können Kabel, Werkstoff und DMS-Brücke schädigen

Radioaktivität

Einfluss auf Werkstoff und DMS ist von uns nicht getestet

Vakuum

Großvakuum von 10^3 bis 1 mbar, z. B. für die Vakuumverpackung
Feinvakuum von 1 bis 10^{-3} mbar, z. B. zur dekorativen Beschichtung
für Kraftsensoren in der Regel keine Probleme

Probleme durch Ausgasen der Werkstoffe des Kraftsensors ist im Einzelfall abzuklären

Hochvakuum von 10^{-3} bis 10^{-7} mbar, z. B. für Geräte zur Dopingkontrolle und Umweltanalyse

Ultrahochvakuum von 10^{-7} bis 10^{-12} mbar, z. B. für die Weltraumsimulation oder wissenschaftliche Forschung



Umwelt

IP Schutzarten EN 60529

Schutzgrade für Berührungs- und Fremdkörperschutz (1. Ziffer)

Ziffer	Schutz gegen Berührung	Schutz gegen Fremdkörper
0	kein Schutz	kein Schutz
1	Schutz gegen großflächige Körperteile, Durchmesser 50 mm	große Fremdkörper (Durchmesser ab 50 mm)
2	Fingerschutz (Durchmesser 12 mm)	mittelgroße Fremdkörper (Durchmesser ab 12,5 mm, Länge bis 80 mm)
3	Werkzeuge und Drähte (Durchmesser ab 2,5 mm)	kleine Fremdkörper (Durchmesser ab 2,5 mm)
4	Werkzeuge und Drähte (Durchmesser ab 1 mm)	kornförmige Fremdkörper (Durchmesser ab 1 mm)
5(k)	vollständiger Berührungsschutz	Staubablagerung
6(k)	vollständiger Berührungsschutz	Staubeintritt

Schutzgrade Wasserschutz (2. Ziffer)

Ziffer	Schutz gegen Wasser
0	kein Schutz
1	Schutz gegen senkrecht fallendes Tropfwasser
2	Schutz gegen schräg (bis 15°) fallendes Tropfwasser
3	Schutz gegen Sprühwasser bis 60° gegen die Senkrechte
4	Schutz gegen allseitiges Spritzwasser
4k	Schutz gegen allseitiges Spritzwasser unter erhöhtem Druck, gilt nur für Straßenfahrzeuge
5	Schutz gegen Strahlwasser
6	Schutz gegen starkes Strahlwasser (Überflutung)
6k	Schutz gegen starkes Strahlwasser unter erhöhtem Druck (Überflutung), gilt nur für Straßenfahrzeuge
7	Schutz gegen zeitweiliges Untertauchen
8	Schutz gegen dauerndes Untertauchen
9k	Schutz gegen Wasser bei Hochdruck- /Dampfstrahlreinigung, gilt nur für Straßenfahrzeuge



Ex-Schutz



Einzelabnahme durch TÜV
Muss vom Kunden erfolgen

