

# Grundlagen für DMS

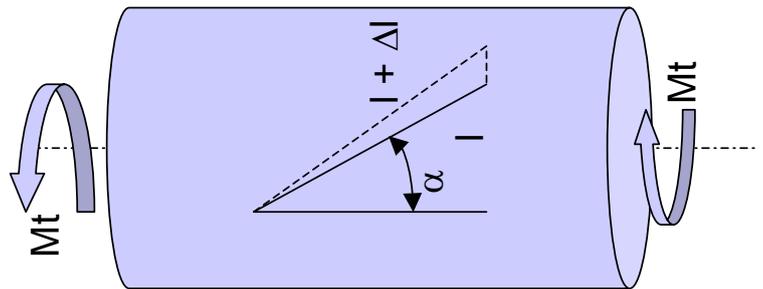


# Die mechanische Spannung an der Wellenoberfläche

Für die Dehnung gilt:

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

Unter  $\alpha = 45^\circ$  hat  $\varepsilon$  größten Wert



Für die mechanische Spannung gilt:

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

$Mt$  = Drehmoment  
 $d$  = Wellendurchmesser  
 $G$  = Schubmodul

# Dehnungen in ein elektrisches Signal

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

Damit folgt:

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

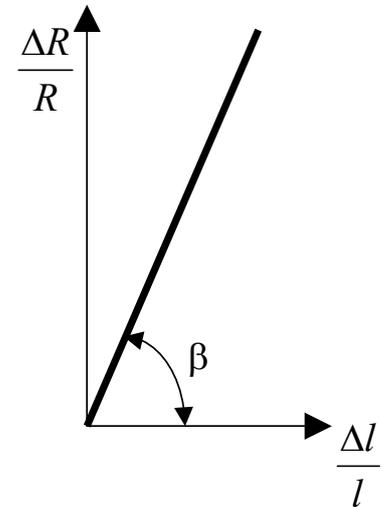
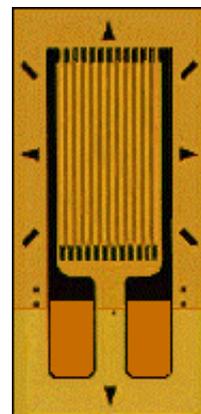
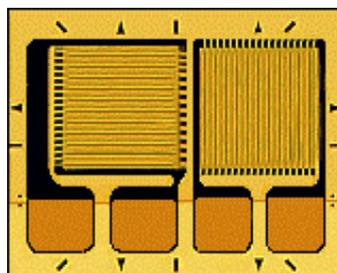
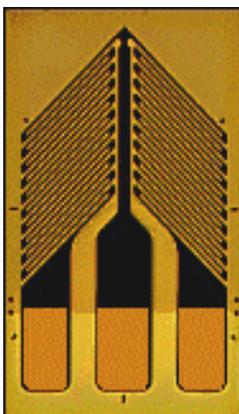


Diagramm von Kelvin

170028a.ppt

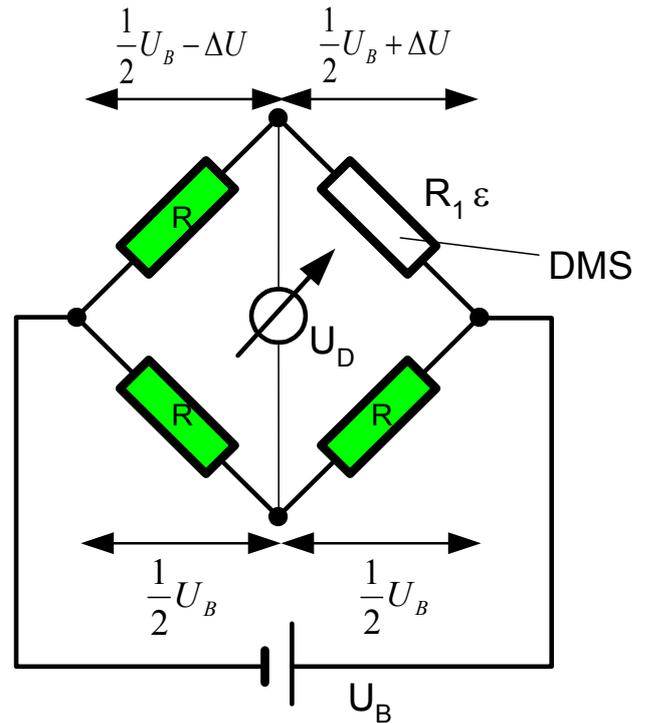
## Im Sensorbau verwendete DMS



# Weatston'sche Brückenschaltung Viertelbrücke

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

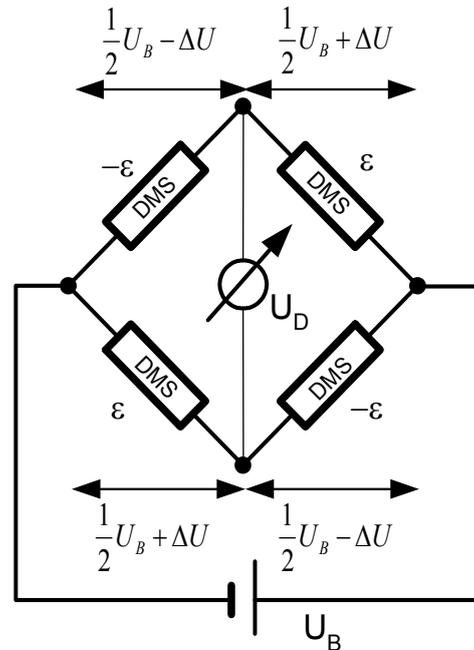
$\varepsilon$  in mm/m



# Weatston'sche Brückenschaltung Vollbrücke

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

$\varepsilon$  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

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

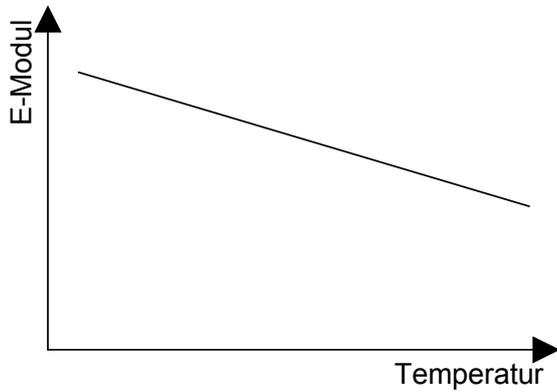
Bei  $U_B = 10\text{V}$

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

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

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

# E-Modul von Werkstoffen



E-Modul nimmt ab mit zunehmender Temperatur

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

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

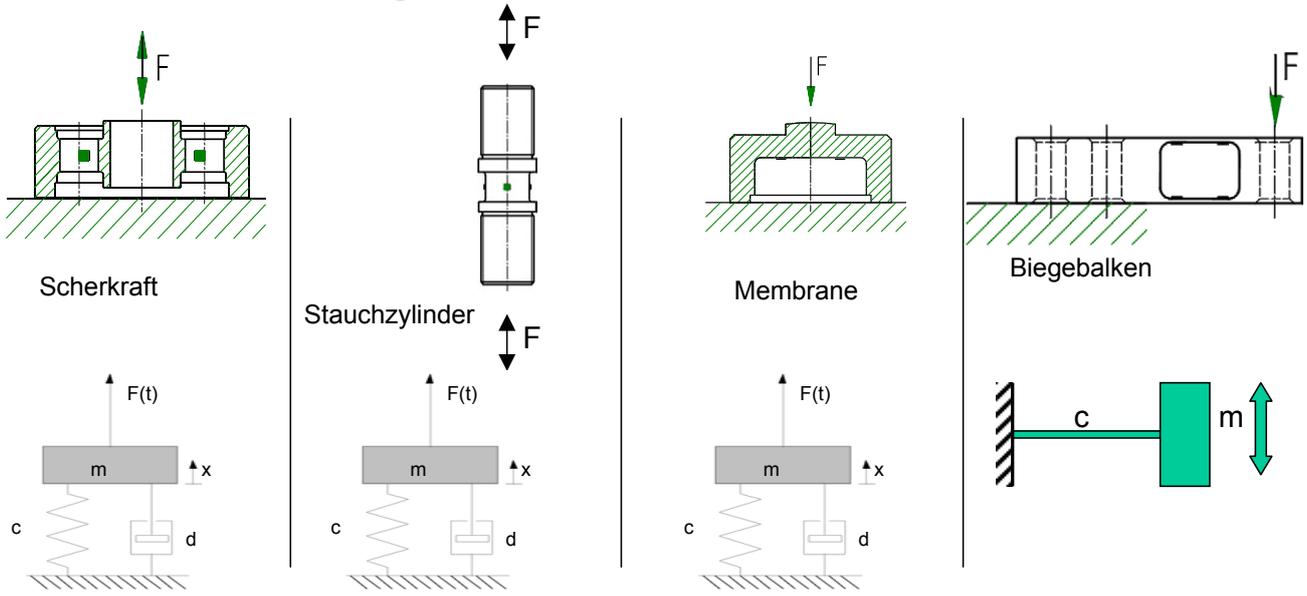
$$\varepsilon \sim \frac{K}{E} \Rightarrow E - \text{Moduländerung geht Messsignal ein}$$



# 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

Project Name: Shear Beam 0 to 10 KN		Date: 28-Jun-95
Description: Example		ID: 14
INPUT VARIABLES		SUGGESTED DEFAULT VALUES
Material: Stainless Steel 17-4PH (1.4548)	E: 2.00E+11 Pa	<b>Bridge Configuration</b> 4 Active Gages <input checked="" type="checkbox"/> 2 Active Gages <input type="checkbox"/> 1 Active Gage <input type="checkbox"/>  Gage Factor: 2.00 Output-Signal: 2.3 mV/V Average ε: 1.150,00 μm/m  Check-it! $t = \frac{1,36 \cdot F \cdot (1 + \nu)}{E \cdot h \cdot \epsilon}$
Load Range: 10,00 kN	ν: 0,291	
F = 10.000,00 N		
The dimension "w" should as a rule of thumb be smaller than h / 8.		
This calculation can only give approximate value for the shear web thickness. Tests are needed to find the exact value.		
Select a strain gage from list		
Strain Gage: FAED-12B-35-SXE-J	Quantity: 2	
Alternative: FAED-06A-35-SXE-M	Quantity: 2	
All fields with yellow background must be filled in. Dimensions to be in millimeter (mm).		

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

$$y = 1,15(\text{mm/m}) \times 20\text{mm} = 23\mu\text{m}$$

$$c = 10000\text{N} / 0,023\text{mm} = 4,3 \times 10^5 \text{N/mm}$$



## Steifigkeit von Stauchzylinder

INPUT VARIABLES		SUGGESTED DEFAULT VALUES	
Material:	Stainless Steel 17-4PH (1.4548)	E:	2,00E+11 Pa
Load Range:	10.000,00 N	v:	0,291
<p><b>F = 10.000,00 N</b></p>		<p><b>Strain ?</b></p> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
		<p>Bridge Configuration</p> <p>2 Active + 2 v <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>1 Active + 1 v <input type="checkbox"/></p>	
<p>The column should be made long enough so that a uniform strain field is established at the gage locations. As a rule of thumb the column should be 5 times as long as the widest cross sectional dimension.</p>		<p>Gage Factor: 2,00</p> <p>Output-Signal: 1,00 mV/V</p> <p>Longitud. <math>\epsilon</math>: 774,59 <math>\mu\text{m/m}</math></p> <p><b>Check-it!</b> <math>A = \frac{F}{E \cdot \epsilon}</math></p> <p>Cross Sectional Area (A): 64,550 mm<sup>2</sup></p> <p><math>\epsilon</math> transversal: 225 <math>\mu\text{m/m}</math></p> <p>Longitudinal deflection for a given basis length:</p> <p>L: 100,00 Delta-L: 0,08 mm</p>	
<p>Select a strain gage from list</p> <p>Strain Gage: FAET-A6194N-35-SXE Quantity: 2</p> <p>Alternative: FAE-12S-35-SXE-J Quantity: </p>			

Übliche Werte für Durchbiegung:  $y = 0,01$  bis  $0,1\text{mm}$

$$c = 10000\text{N}/0,08\text{mm} = 1,25 \times 10^5 \text{N/mm}$$

## Steifigkeit von Membrankraftaufnehmer

Übliche Werte für Durchbiegung:  $y = 0,1$  bis  $0,3\text{mm}$

$$F = 1000\text{N}$$

$$y = 0,1\text{mm}$$

$$c = 1000\text{N}/0,1\text{mm} = 1 \times 10^4 \text{N/mm}$$

# Steifigkeit von Doppelbiegebalken

INPUT VARIABLES		SUGGESTED DEFAULT VALUES	
Material:	Stainless Steel 17-4PH (1.4548)	E:	2,00E+11 Pa
Load Range:	100,00 N	v:	0,291
F= 100,00 N		<b>Bridge Configuration</b> 4 Active Gages <input checked="" type="checkbox"/> 2 Active Gages <input type="checkbox"/> 1 Active Gage <input type="checkbox"/>	
		Gage Factor: 2,00 Output-Signal: 2,2 mV/V Average ε: 1.100,00 μm/m	
All fields with yellow background must be filled in. Dimensions to be in millimeter (mm).		Deflection(Y): 0,45 mm	
Select a strain gage from list			
Strain Gage:	FAE2-A6174J-35-SXE	Quantity:	2
Alternative:	FAE-12S-35-SXE-J	Quantity:	

Übliche Werte für Durchbiegung:  $y = 0,5$  bis  $1\text{mm}$

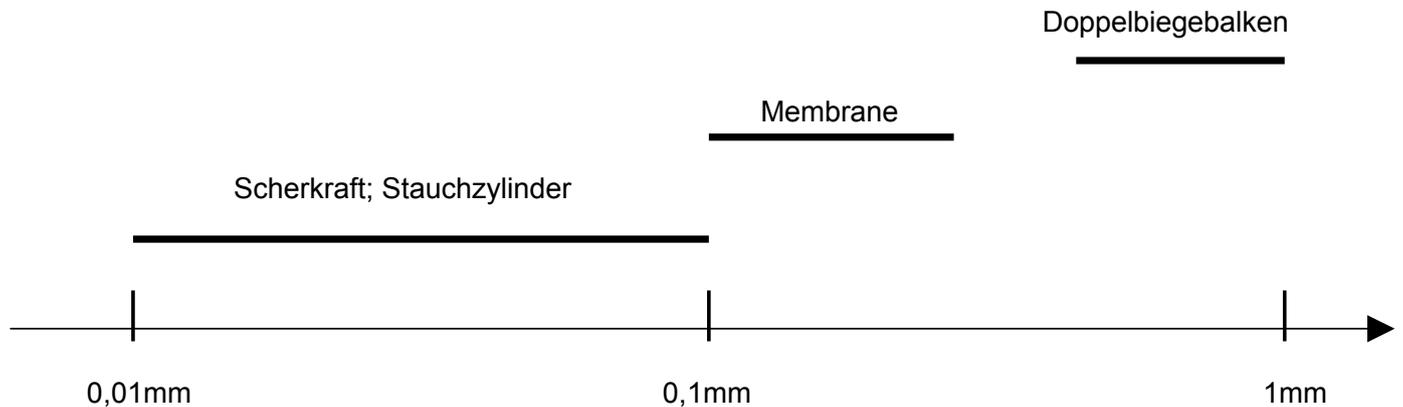
$$c = 100\text{N}/0,45\text{mm} = 2,2 \times 10^3 \text{N/mm}$$

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

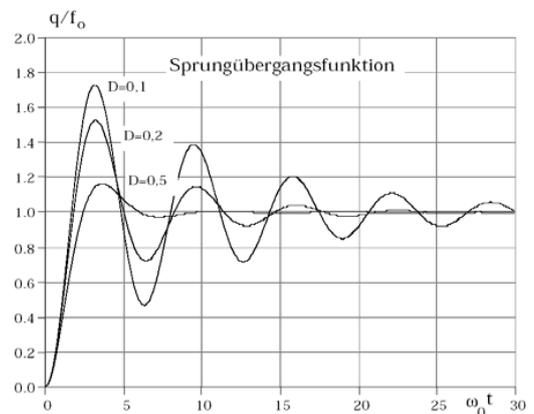
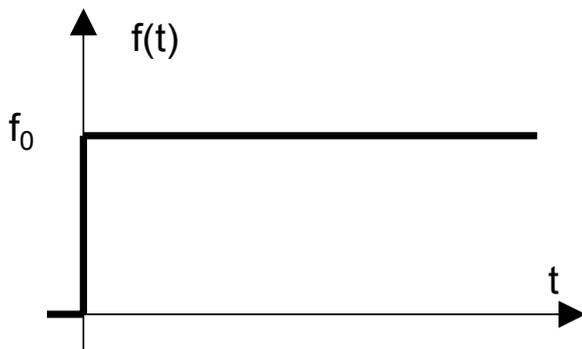
<p>Scherkraft</p>	<p>Stauchzylinder</p>	<p>Membrane</p>	<p>Biegebalken</p>
$m = 1\text{ kg}$ $c = 4,3 \times 10^5 \text{ N/mm}$ $f = 3280\text{ Hz}$	$m = 1\text{ kg}$ $c = 1,25 \times 10^5 \text{ N/mm}$ $f = 1768\text{ Hz}$	$m = 1\text{ kg}$ $c = 1 \times 10^4 \text{ N/mm}$ $f = 500\text{ Hz}$	$m = 1\text{ kg}$ $c = 2,2 \times 10^3 \text{ N/mm}$ $f = 235\text{ Hz}$



# Durchbiegung bzw. Messweg der Sensoren

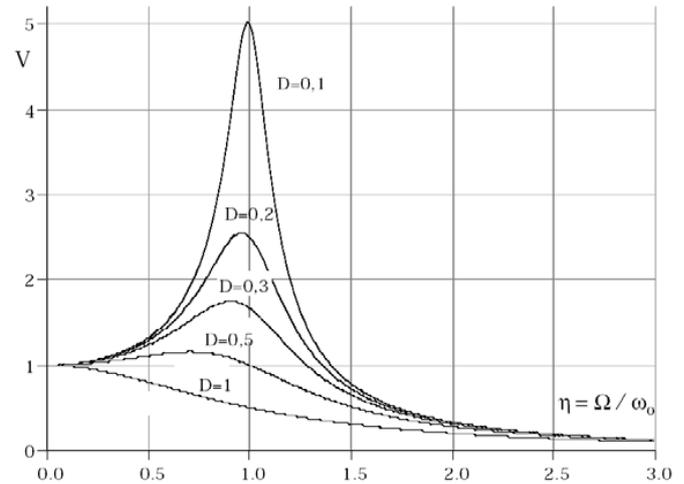
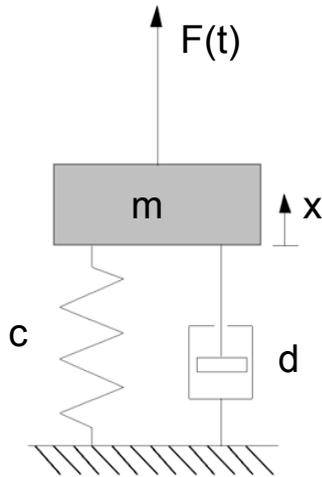


## Die Sprungfunktion



Maximale Sprungantwort:  
2x Sprunghöhe  
abhängig von der Dämpfung

# Die Eigenresonanz



Amplitude je nach Dämpfung 5 - 10x Eingangsamplitude

# Anregung der Eigenschwingung

