

Fahrzeugmechatronik I

Sensoren



Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller

M. Sc. Osama Al-Saidi

Fachgebiet Kraftfahrzeuge • Technische Universität Berlin

Wirkprinzip

Übersicht (Auswahl)

Wirkprinzipien	s, φ	v, ω	a, $\dot{\omega}$	F, M, p
potentiometrisch	X			X
induktiv	X	X		X
kapazitiv	X		X	X
Ultraschall	X			
magnetisch	X	X		X
optisch	X	X		X
piezoelektrisch			X	X
piezoresistiv	X		X	X
kompensatorisch				X

Differentiation zur Bestimmung einer Messgröße wurde nicht berücksichtigt

Wirkprinzip

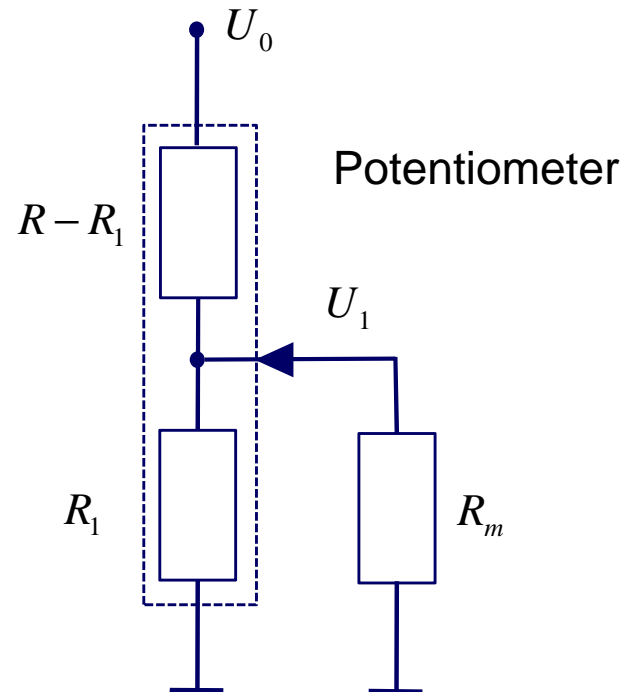
Übersicht (Auswahl)

Wirkprinzipien	s, φ	v, ω	a, $\dot{\omega}$	F, M, p
potentiometrisch	X			X
induktiv	X	X		X
kapazitiv	X		X	X
Ultraschall	X			
magnetisch	X	X		X
optisch	X	X		X
piezoelektrisch			X	X
piezoresistiv	X		X	X
kompensatorisch				X

Differentiation zur Bestimmung einer Messgröße wurde nicht berücksichtigt

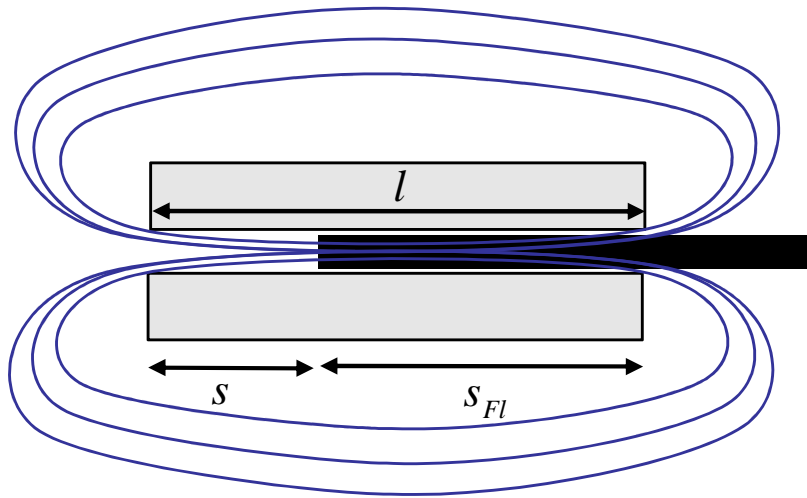
Weg- und Winkelmessung

Potentiometrische Verfahren



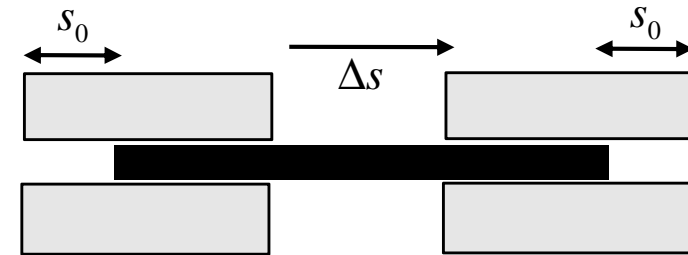
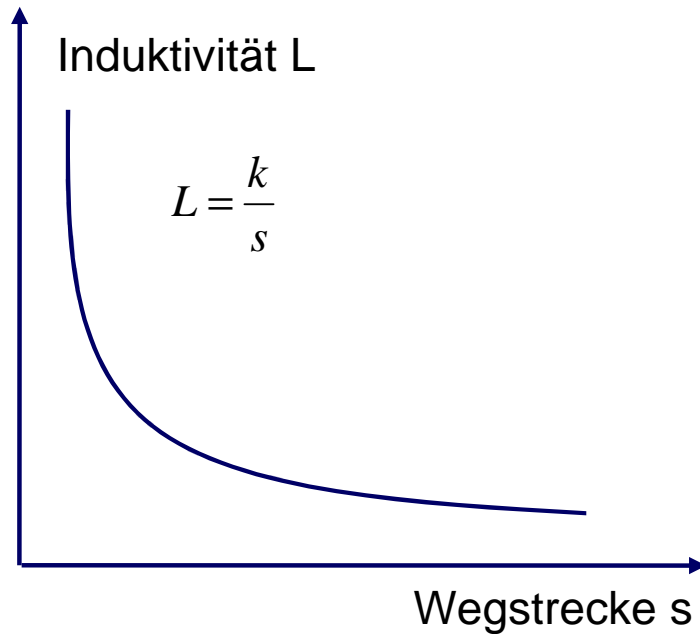
Weg- und Winkelmessung

Induktive Verfahren - Grundlagen

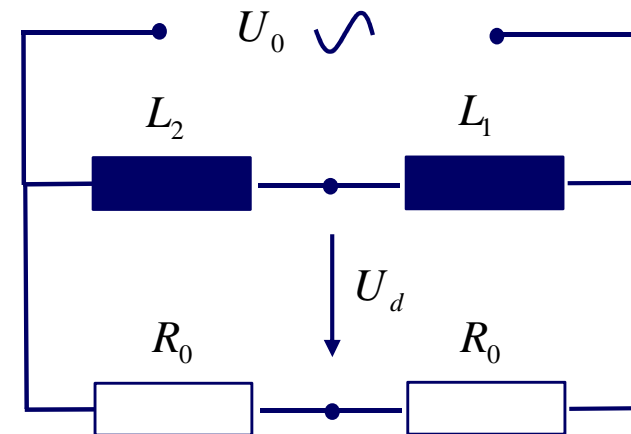


Weg- und Winkelmessung

Induktive Verfahren - Grundlagen



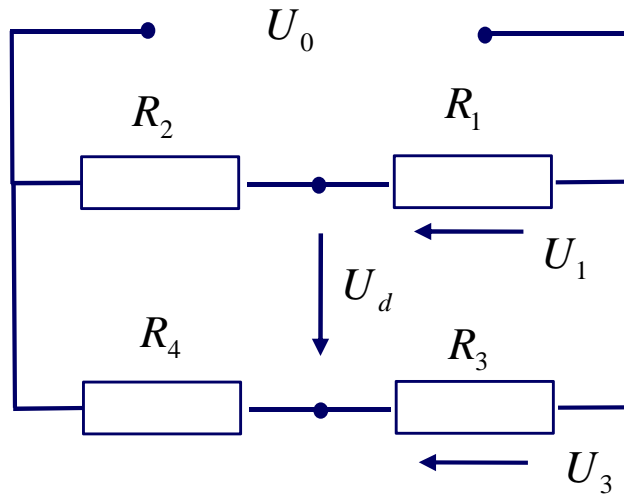
Differenzial-Tauchanker-Geber



Halbbrücke

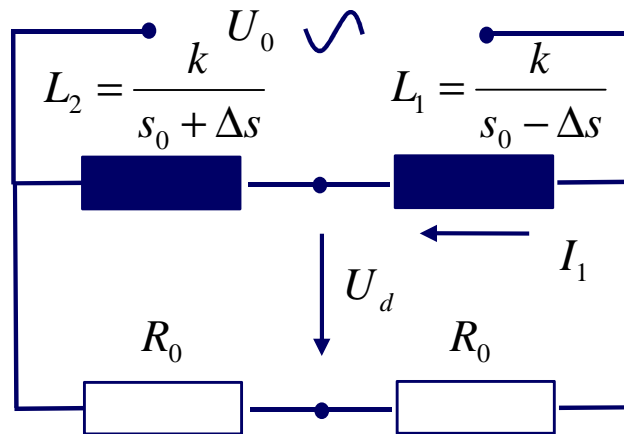
Weg- und Winkelmessung

Weatstonesche Messbrücke



Weg- und Winkelmessung

Differenzial-Tauchanker-Geber (Halbbrücke)



Weg- und Winkelmessung

Kapazitive Verfahren



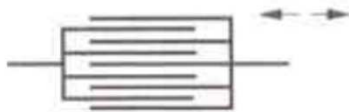
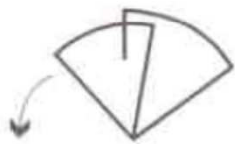
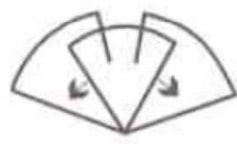
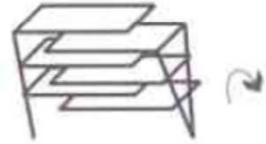
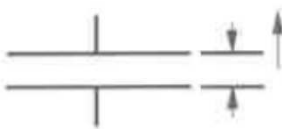
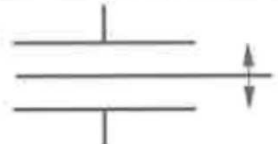
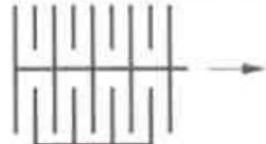
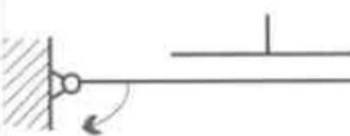
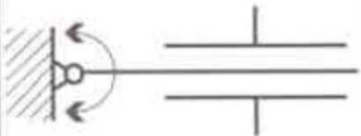
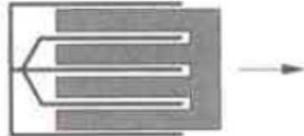

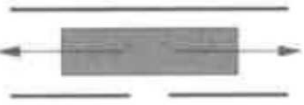
Der Messeffekt kapazitiver Wegsensoren ist die Änderung der Kapazität eines Plattenkondensators.

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

Aufbau, Auswertung und Anwendungsbereich sind ähnlich wie bei induktiven Wegsensoren.

Weg- und Winkelmessung

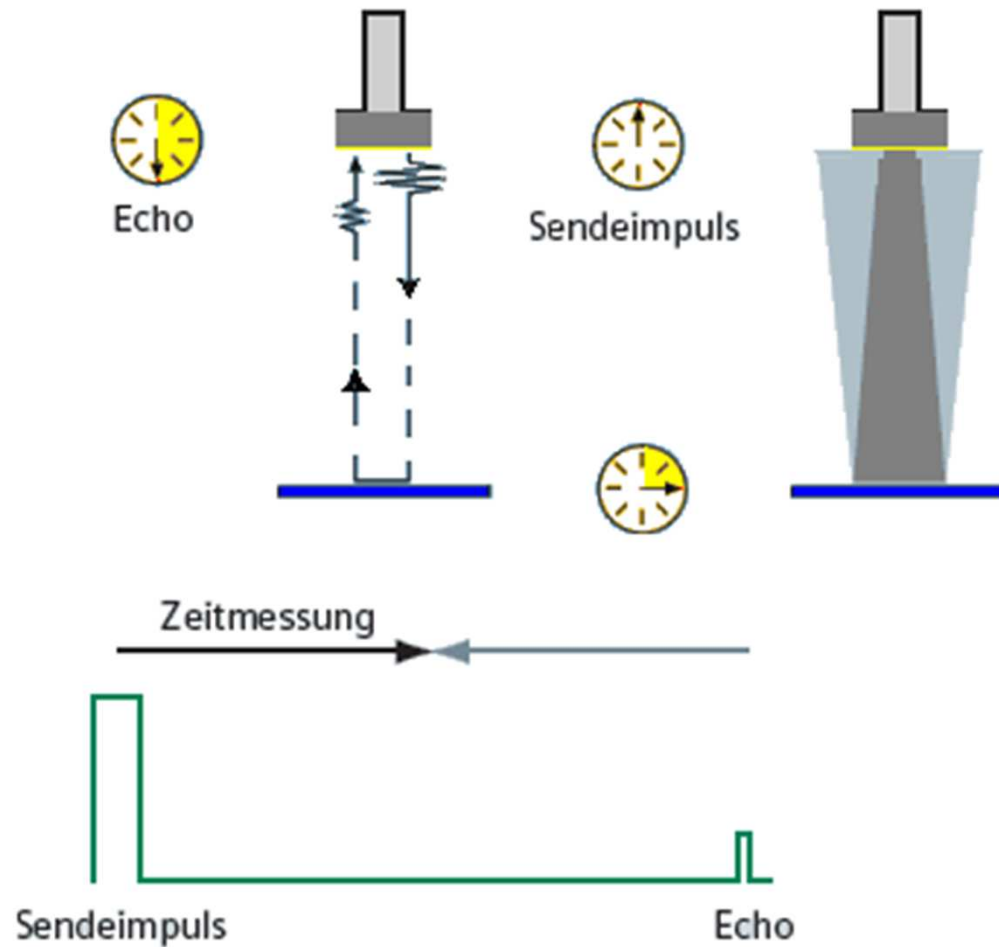
Kapazitive Verfahren - Konfigurationen

	Bewegung relativ	Einzelplatte		Mehrfachplatte Einzelkapazität
		Einzelkapazität	Differenzialsystem	
Änderung der Fläche A	LINEAR			
	DREHEND			
Änderung des Abstandes s	LINEAR			
	DREHEND			
Änderung der Permeabilität	LINEAR			

Weg- und Winkelmessung

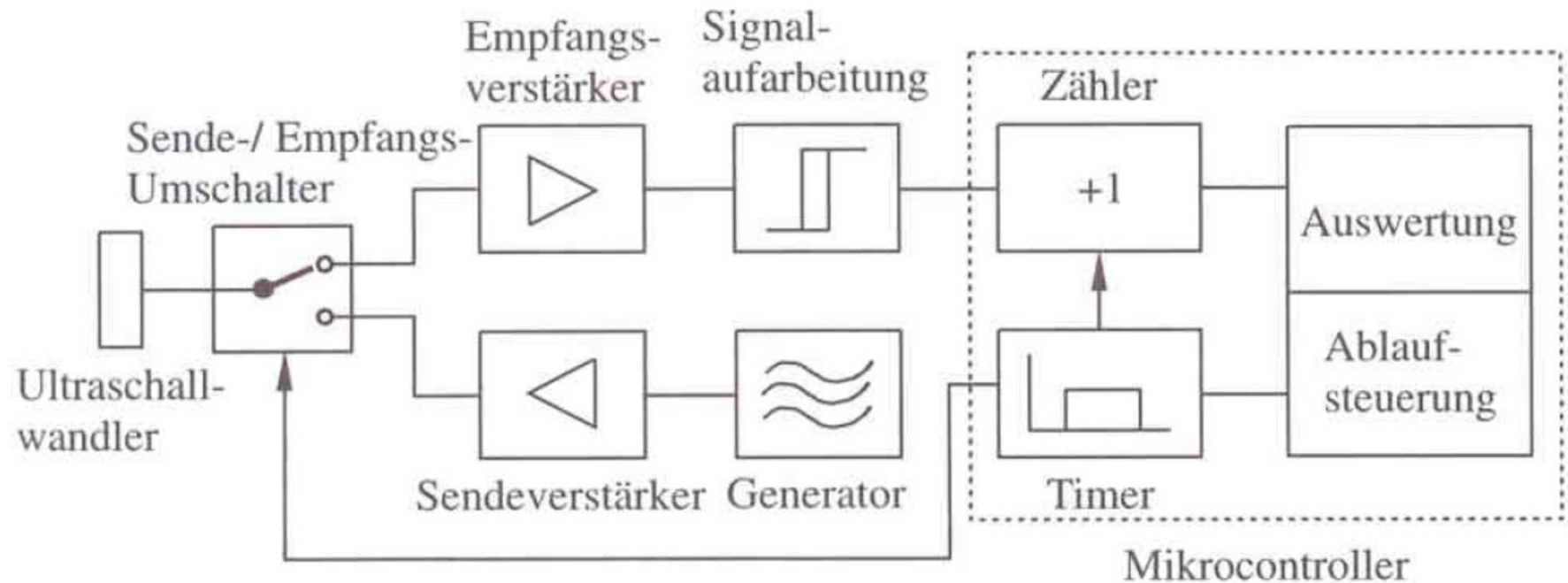
Verfahren auf Ultraschallbasis

Messung der Zeit zwischen Ultraschallimpuls und Echoeingang



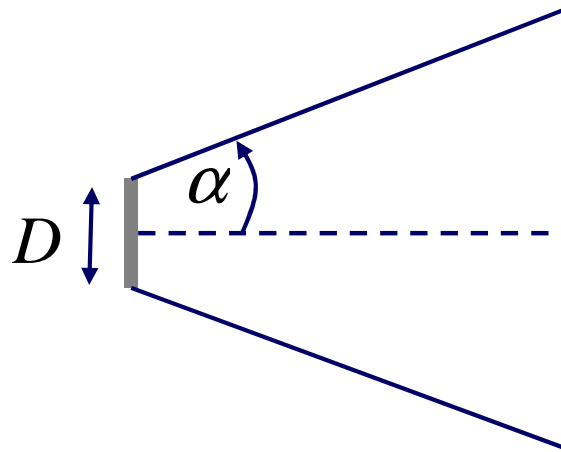
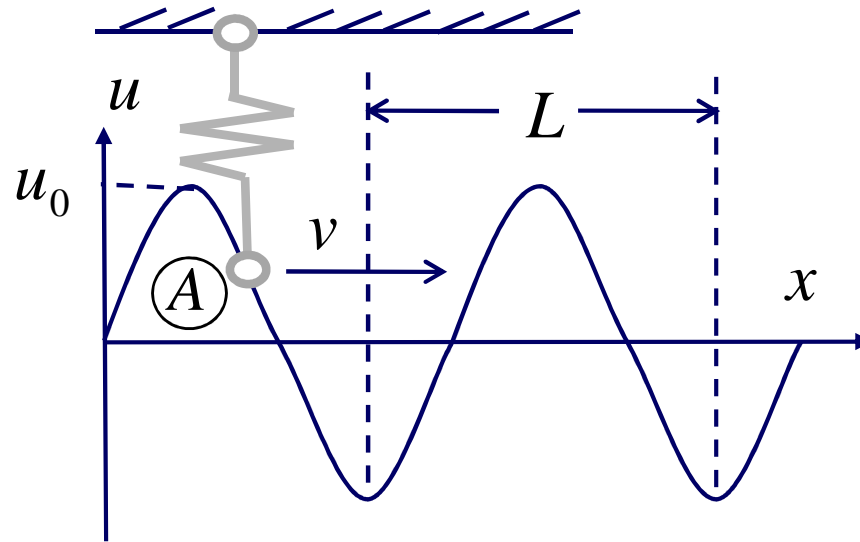
Weg- und Winkelmessung

Ultraschallsensor - Prinzipschaltbild



Weg- und Winkelmessung

Wellenlänge und Schallkegel



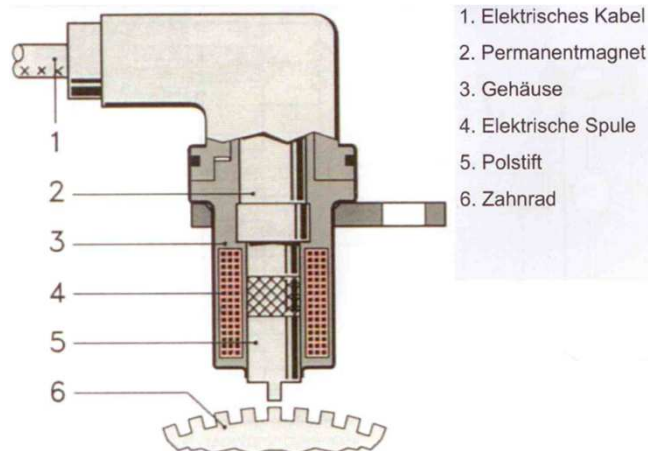
Wirkprinzipien

Übersicht (Auswahl)

Wirkprinzipien	s, φ	v, ω	a, $\dot{\omega}$	F, M, p
potentiometrisch	X			X
induktiv	X	X		X
kapazitiv	X		X	X
Ultraschall	X			
magnetisch	X	X		X
optisch	X	X		X
piezoelektrisch			X	X
piezoresistiv	X		X	X
kompensatorisch				X

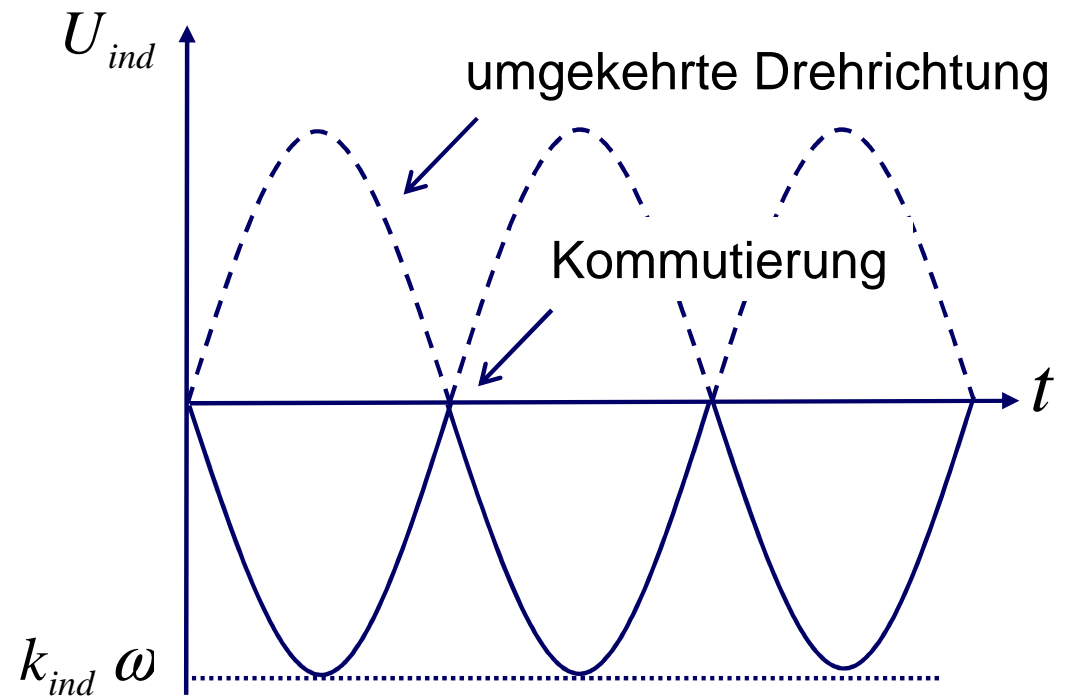
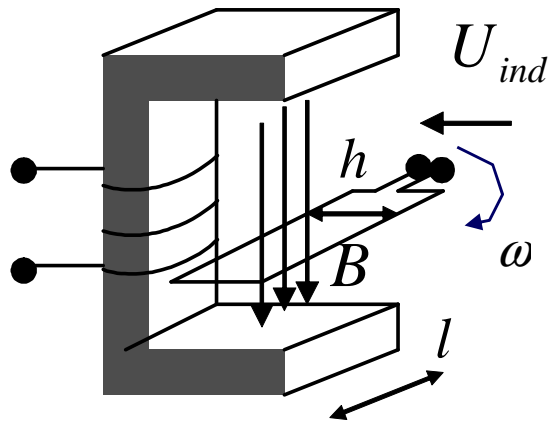
Differentiation zur Bestimmung einer Messgröße wurde nicht berücksichtigt

Geschwindigkeitsmessung Induktionsgeber



Geschwindigkeitsmessung

Tachogenerator



Wirkprinzipien

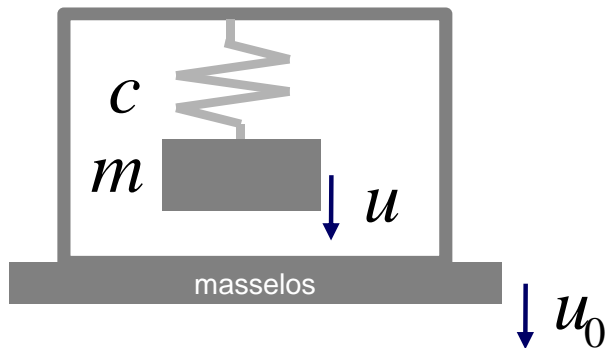
Übersicht (Auswahl)

Wirkprinzipien	s, φ	v, ω	a, $\dot{\omega}$	F, M, p
potentiometrisch	X			X
induktiv	X	X		X
kapazitiv	X		X	X
Ultraschall	X			
magnetisch	X	X		X
optisch	X	X		X
piezoelektrisch			X	X
piezoresistiv	X		X	X
kompensatorisch				X

Differentiation zur Bestimmung einer Messgröße wurde nicht berücksichtigt

Beschleunigungsmessung

Piezoelektrisches Verfahren



A diagram of a piezoelectric cylinder. The cylinder is blue and has a coordinate system with axes 1, 2, and 3. A force F is applied downwards on the top face (axis 3) and upwards on the bottom face (axis 3). The top face is labeled A . The height of the cylinder is labeled l . A voltage U_e is measured across the cylinder. The piezoelectric coefficient d_{33} is indicated. The constitutive equations are given as:

$$\begin{Bmatrix} \Delta l \\ U \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{l}{E_{33}A} & d_{33} \\ -\frac{d_{33}l}{A\epsilon_0\epsilon_r} & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F \\ U_e \end{Bmatrix}$$

Wirkprinzipien

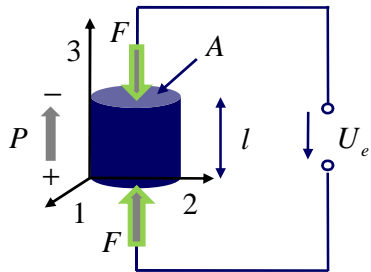
Übersicht (Auswahl)

Wirkprinzipien	s, φ	v, ω	a, $\dot{\omega}$	F, M, p
potentiometrisch	X			X
induktiv	X	X		X
kapazitiv	X		X	X
Ultraschall	X			
magnetisch	X	X		X
optisch	X	X		X
piezoelektrisch			X	X
piezoresistiv	X		X	X
kompensatorisch				X

Differentiation zur Bestimmung einer Messgröße wurde nicht berücksichtigt

Kraft- und Momentenmessung

Piezoelektrisches Verfahren



$$\begin{Bmatrix} \Delta l \\ U \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{l}{E_{33}A} & d_{33} \\ -\frac{d_{33}l}{A\epsilon_0\epsilon_r} & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F \\ U_e \end{Bmatrix}$$

Sonderfall 1: Piezo frei, $U_e \neq 0$

$$\Delta l = d_{33} U_e$$

Sonderfall 2: Piezo eingespannt, $U_e \neq 0$

$$F = + \frac{d_{33} E_{33} A}{\epsilon} U_e$$

Sonderfall 3: Druckbelastung, $U_e = 0$

$$U = - \frac{d_{33} \epsilon}{A \epsilon_0 \epsilon_r} F$$

Typische Materialwerte und Abmessungen
(PZT Keramik PXE 52)

$$\epsilon_0 \epsilon_r = 3 \cdot 10^{-8} \frac{As}{Vm} \quad l = 2 \cdot 10^{-2} m$$

$$E_{33} = 50 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2} \quad A = 1 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$d_{33} = 580 \cdot 10^{-12} \frac{As}{N}$$

Sonderfall 1:

$$50 \mu m = 580 \cdot 10^{-12} \frac{As}{N} 86 kV$$

Sonderfall 2:

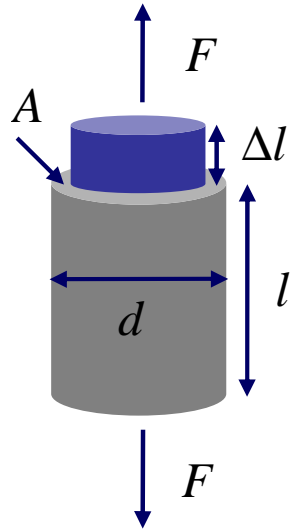
$$100 N = 0.145 \frac{As}{m} 690 V$$

Sonderfall 3 (Sensorfunktion):

$$3.9 V = 3.9 \frac{V}{N} 1 N$$

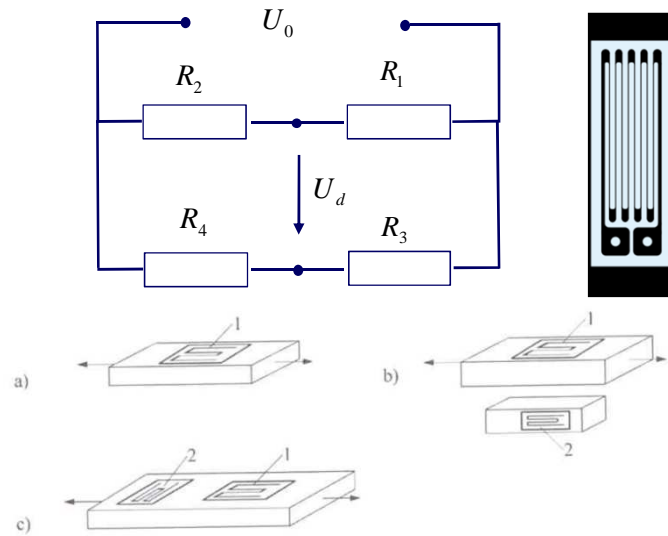
Kraft- und Momentenmessung

Messverfahren mit Dehnungsmessstreifen



Kraft- und Momentenmessung

Messverfahren mit Dehnungsmessstreifen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!