

4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.2 KAPAZITIVE SENSORPRINZIPIEN (1)

Stoff	ϵ_r
Aceton	20,7
Ammoniak	22,4
Benzin	2 .. 2,2
Ethanol	24,3
Holz, imprägniert	3,5 ... 5
Luft, trocken	1,006
Methanol	33,1
Öl	2,2
Polyethylen	2,3
Schwefelwasserstoff	5,8
Toluol	2,38
Wasser	80,4

Dielektrizitätskonstanten verschiedener Stoffe

[P. Devine: Füllstandsmessung mit Radar;
H. Kuchling: Taschenbuch der Physik]

Kapazität
eines Plattenkondensators

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{l}$$

⇒ Wegmessung, Druckmessung

$$\Delta I = -I_0 \cdot \frac{\Delta C}{C_0} \quad \Delta p \sim -I_0 \cdot \frac{\Delta C}{C_0}$$

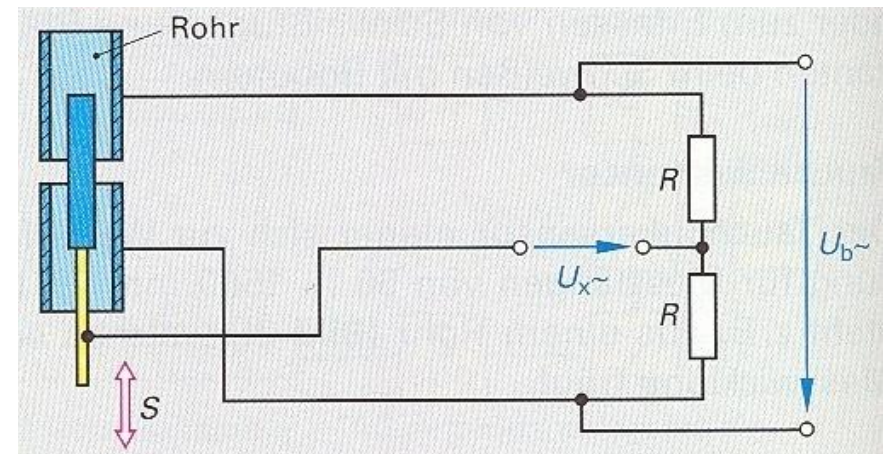
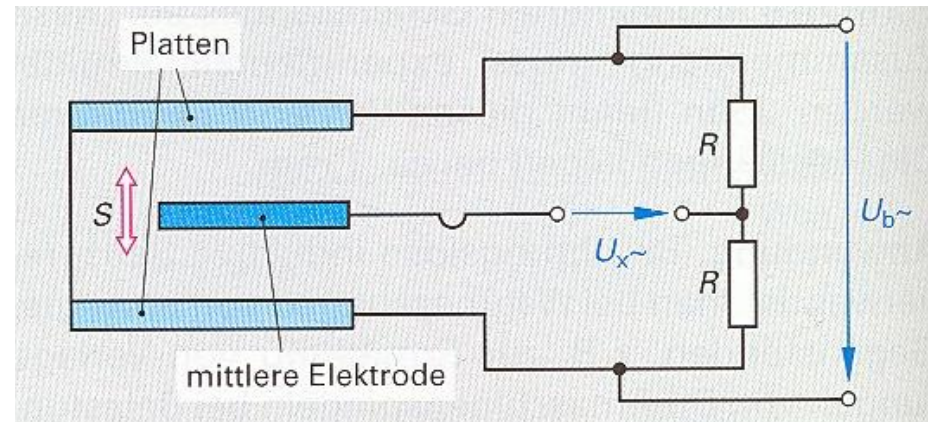
4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.2 KAPAZITIVE SENSORPRINZIPIEN (2)

Differenzialkondensator
mit $dI_1 = -dI_2$

$$dC_1 = \left. \frac{\partial C_1}{\partial I_1} \right|_{I_1=I_0} \cdot dI_1 = -\frac{C_0}{I_0} \cdot dI_1$$

$$\underline{dC_2} = \left. \frac{\partial C_2}{\partial I_2} \right|_{I_2=I_0} \cdot dI_2 = -\frac{C_0}{I_0} \cdot dI_2 = \underline{-dC_1}$$

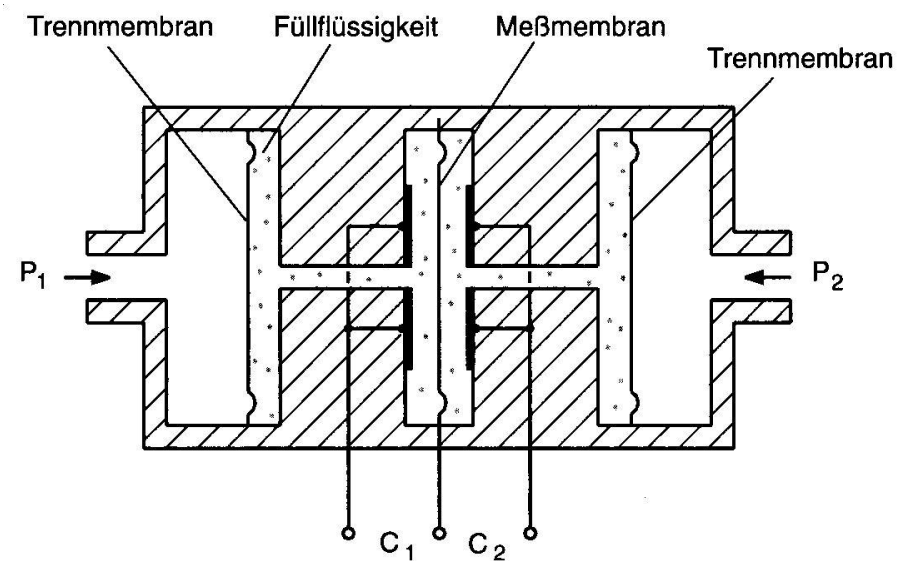
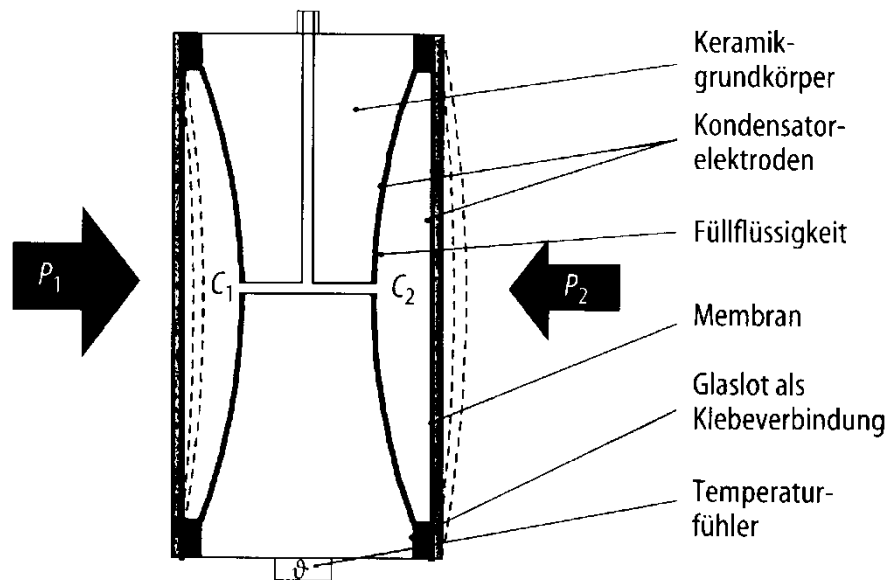


Differenzialkondensatoren (Prinzip)

[A. Baumann et al: Automatisierungstechnik]

4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.2 KAPAZITIVE SENSORPRINZIPIEN (3)

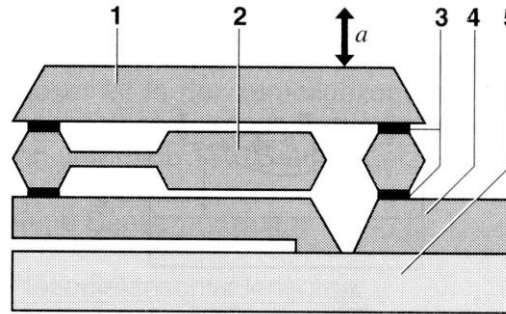
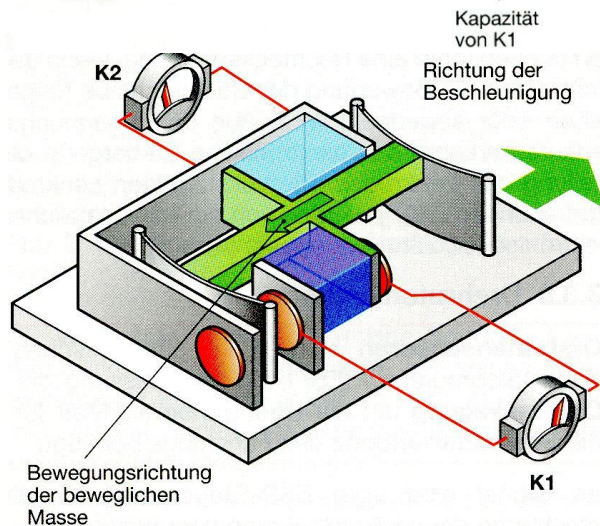
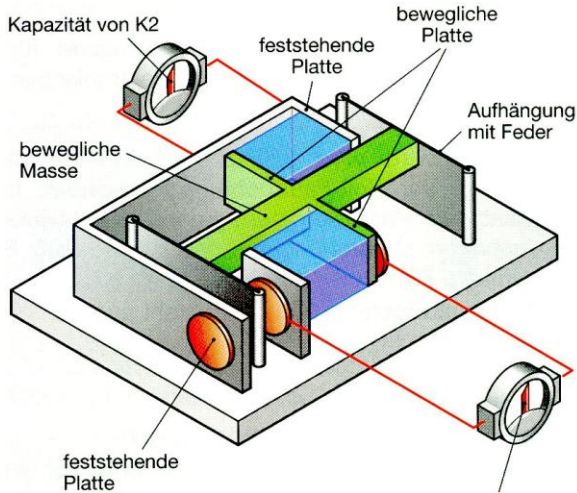


Kapazitive Drucksensoren: Einkammernmesszelle (links), Zweikammernmesszelle (rechts)

[G. Strohmarm: Messtechnik im Chemiebetrieb; J. Niebuhr, G. Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren]

4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.2 KAPAZITIVE SENSORPRINZIPIEN (4)



- 1: Si-Oberplatte
- 2: **seismische Masse**
- 3: Si-Oxid-Verbindung
- 4: Si-Unterplatte
- 5: Glassubstrat

Wirkung von
Trägheitskräften

$$\vec{F} = -k \cdot \vec{s} = m \cdot \vec{a}$$

⇒ **Messung**
von
Beschleunigungen \vec{a}

**Kapazitiver
Beschleunigungssensor:
Prinzip (links),
Bulk-Si-Sensor (oben)**

[P. Gerigk et al: Kraftfahrzeugtechnik;
Bosch: Autoelektrik, Autoelektronik]

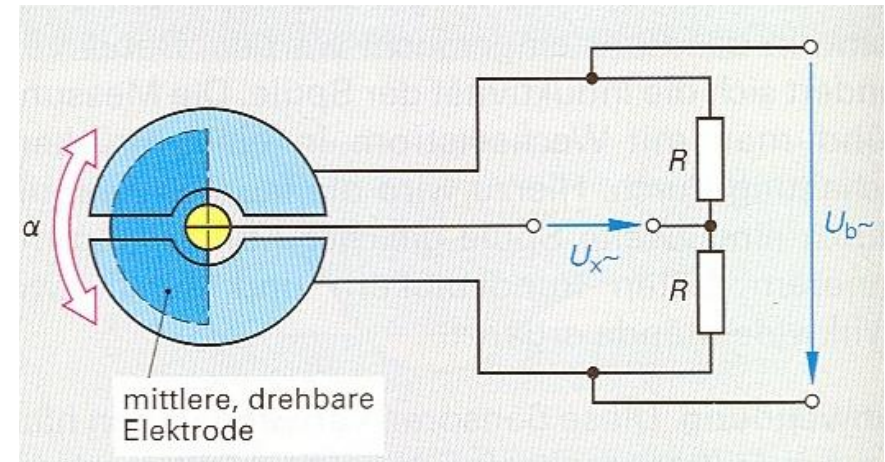
4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.2 KAPAZITIVE SENSORPRINZIPIEN (5)

Differenzialkondensator
mit $dA_1 = -dA_2$

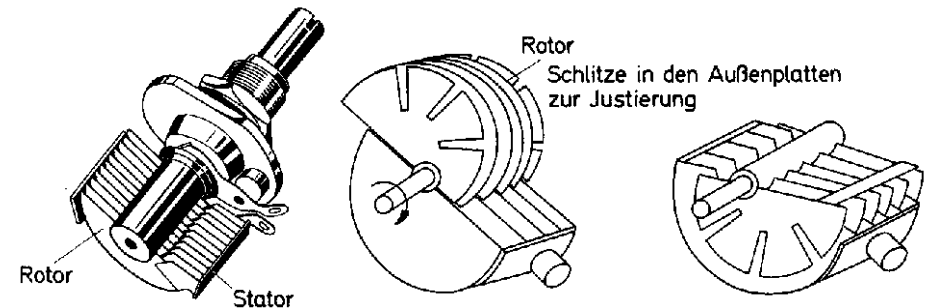
$$dC_1 = \frac{\partial C_1}{\partial A_1} \Big|_{A_1=A_0} \cdot dA_1 = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{l_0} \cdot dA_1 = \frac{C_0}{A_0} \cdot dA_1$$

$$\underline{dC_2} = \frac{\partial C_2}{\partial A_2} \Big|_{A_2=A_0} \cdot dA_2 = \frac{C_0}{A_0} \cdot dA_2 = \underline{-dC_1}$$



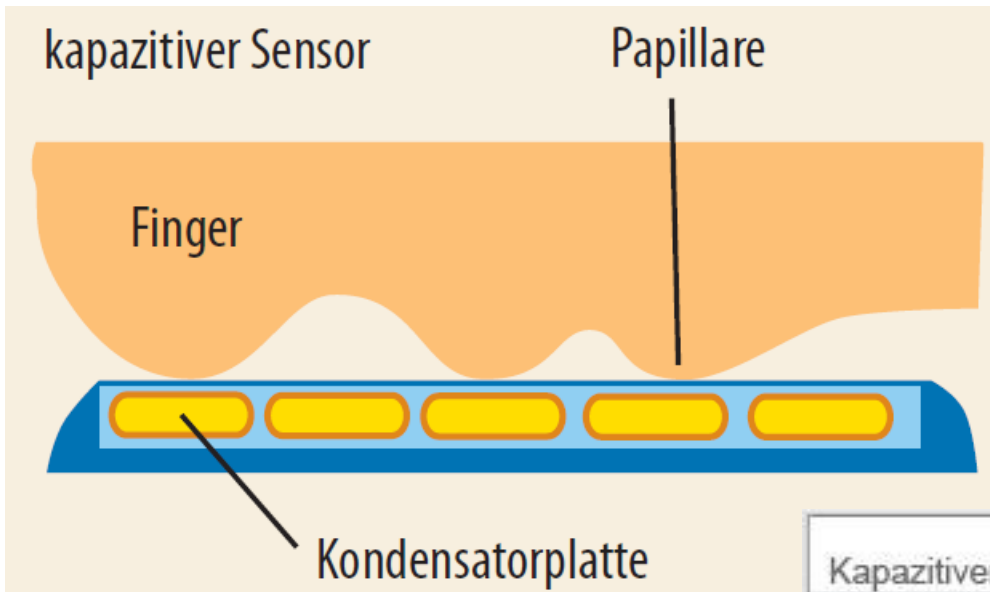
**Drehkondensatoren: Prinzip (oben),
bauliche Ausführungen (unten)**

[A. Baumann et al: Automatisierungstechnik; K. Beuth:
Bauelemente, Elektronik 2]



4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.2 KAPAZITIVE SENSORPRINZIPIEN (6)



Kapazitiver Fingerabdrucksensor

[K. Bammel: Fingerabdruck als Passwort]



Kapazitiver Ziehsensor in Laptops

[mbfingermetrica.com]

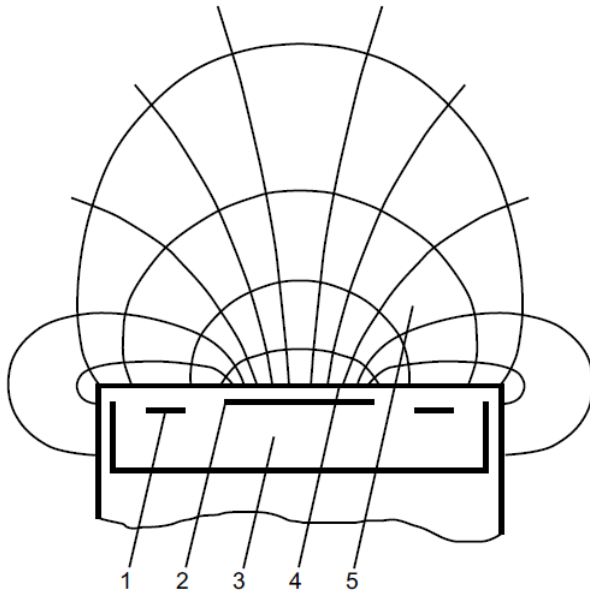


Kapazitiver Flächensensor in Computermaus

[Sensor TCS2 von Upek]

4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

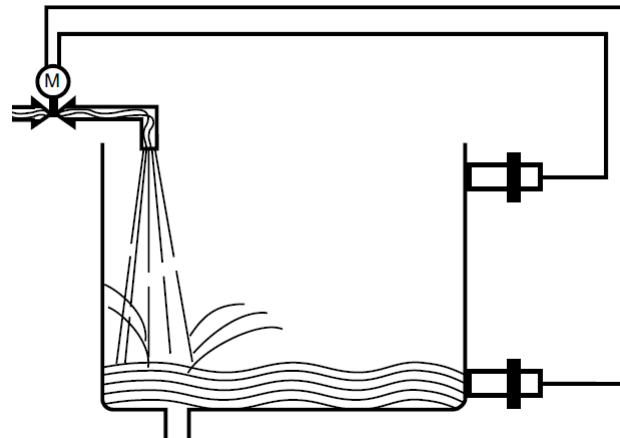
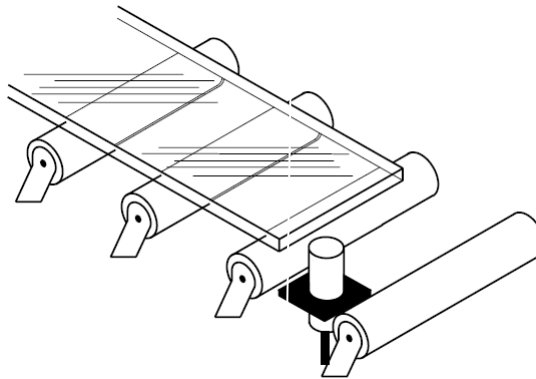
4.2 KAPAZITIVE SENSORPRINZIPIEN (7)



Kapazitiver Näherungssensor

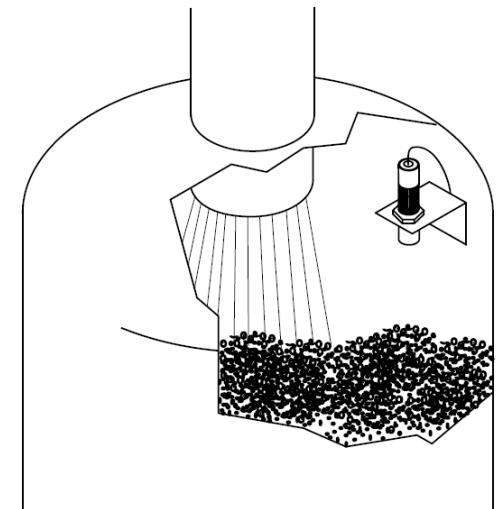
[IFM: Schulungsunterlagen]

- 1: Kompensationselektrode
- 2: **Messelektrode**
- 3: Gegenelektrode
- 4: Gehäuse
- 5: Elektrisches Feld



Industrielle Anwendungen kapazitiver Näherungssensoren

[IFM: Schulungsunterlagen]



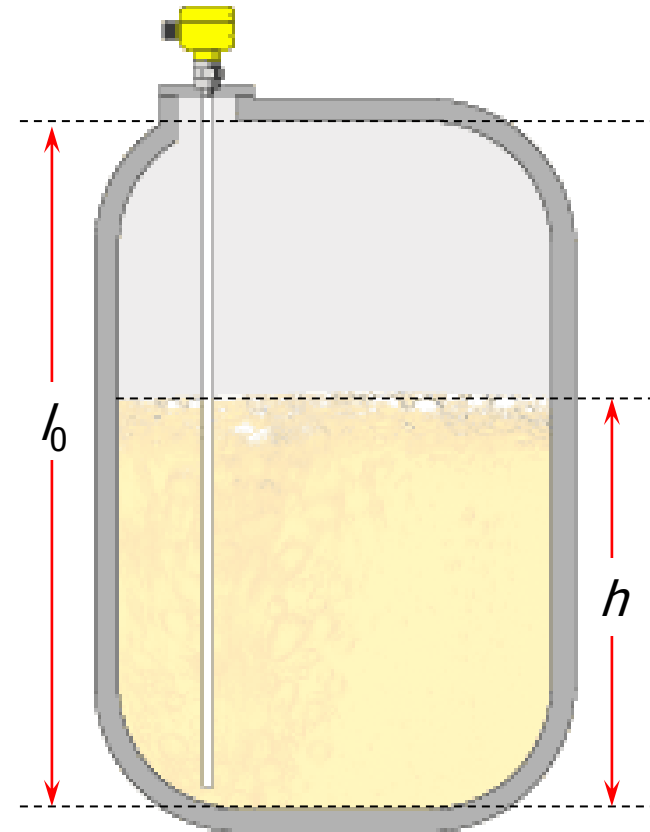
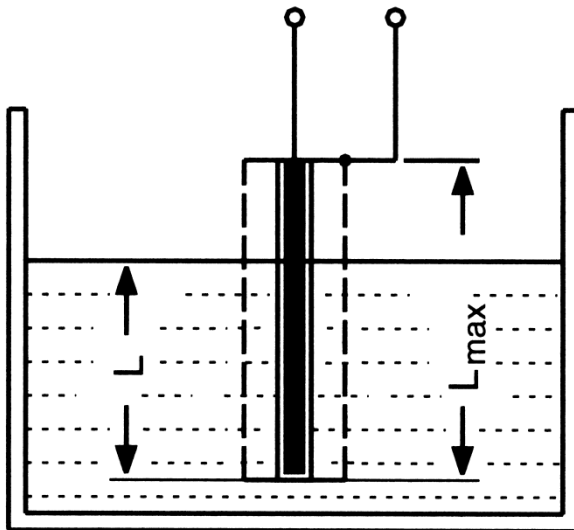
4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.2 KAPAZITIVE SENSORPRINZIPIEN (8)

Füllstandsmessung

$$h = l_0 \cdot \left(\frac{C - C_0}{C_0} \right) \cdot \frac{1}{\epsilon_r - 1}$$

$$\frac{\Delta C}{C_0} = (\epsilon_r - 1) \cdot \frac{\Delta l}{l_0}$$



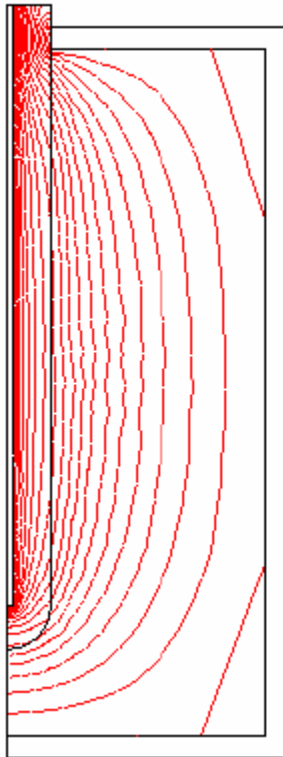
Kapazitive Füllstandsmessprinzipien

[J. Niebuhr, G. Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren; VEGA]

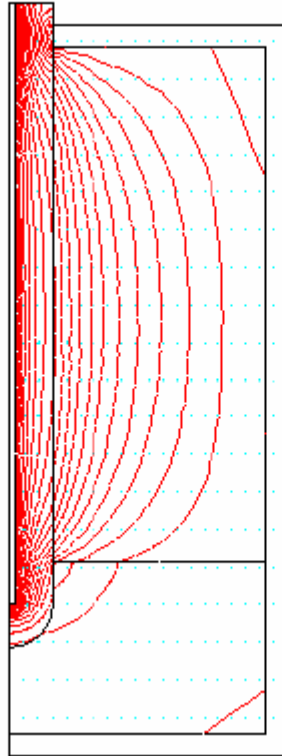
4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.2 KAPAZITIVE SENSORPRINZIPIEN (9)

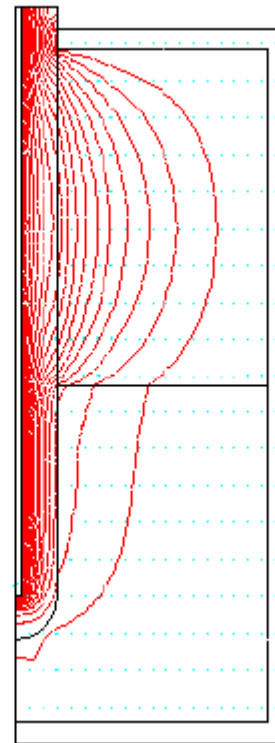
Füllstand: leer $C=0.345\text{nF}$



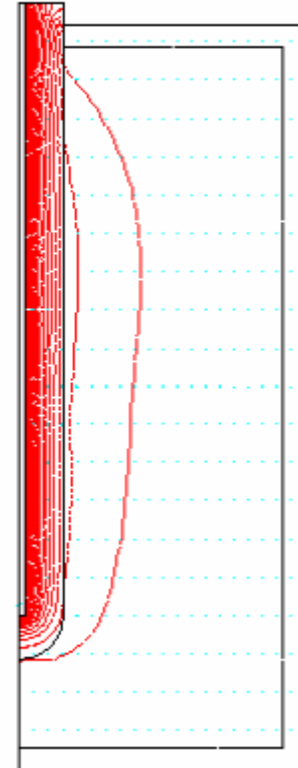
viertelvoll $C=0.384\text{nF}$



halbvoll: $C=0.472\text{nF}$



voll $C=0.611\text{nF}$

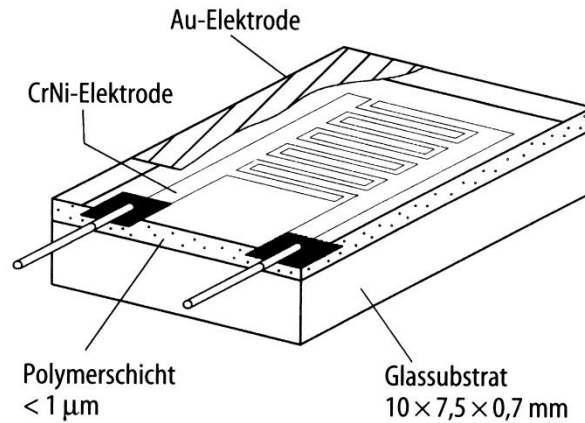


Feldlinienberechnungen an einem kapazitiven Füllstandssensor

[F. Baumgartner, R. Bräcker, NTB]

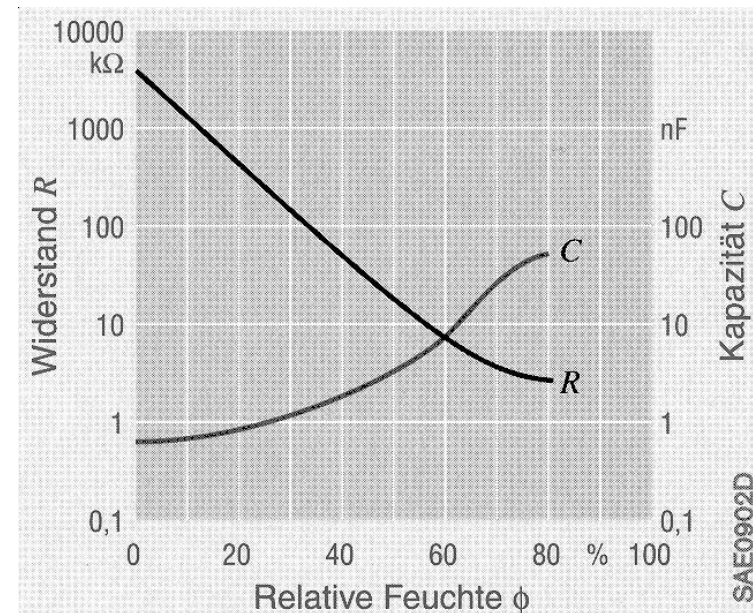
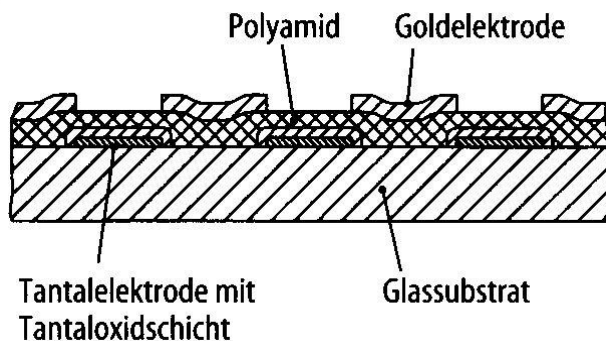
4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.2 KAPAZITIVE SENSORPRINZIPIEN (10)



Kapazitive Feuchtesensoren

[H.J. Gevatter: Automatisierungstechnik 1]



Kennlinien von Feuchtesensoren

[Bosch: Autoelektrik, Autoelektronik]