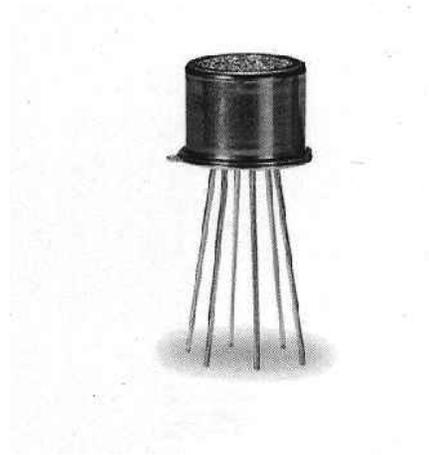


# Temperatur-Messung - Thermometer



Anwendungsbereiche von Temperatur-Sensoren oder -Sonden in der Robotik:

- Messung der Umgebungstemperatur
- Kompensation temperaturbedingter Drift bei Sensoren
- Detektion warmer Objekte.

# Temperatur-Messung - Thermo-Sonde



# Temperatur-Messung - Meßprinzipien

- Quecksilber-Thermometer: das Quecksilber expandiert wenn es erwärmt wird.
- Bimetall-Temperatur-Schalter: unterschiedliche Expansion in einem Bimorph.
- Thermocouple-Thermometer für hohe Temperaturen: Messung einer Spannungsdifferenz.
- Widerstand-Thermometer für kleinen Meßbereich: der Widerstand ändert sich mit der Temperaturänderung (Temperatur-Koeffizient Alpha: die prozentuale Widerstandsänderung per Einheitsänderung in der Temperatur.)
- Nicht-Kontakt-Temperatur-Sensor: Infrarot-Empfänger zur Messung von Infrarot-Strahlung von einer Oberfläche.

# Berührungssensoren - I

Sie werden dafür verwendet, die Information über den Kontakt eines Objektes (Roboterfinger, mobile Roboter usw.) zu erhalten.

Zwei Kategorien:

- Binäre Sensoren: im Grunde Schalter, die auf die Anwesenheit oder Abwesenheit eines Objektes mit “auf” oder “zu” reagieren.
- Analoge Sensoren: nachgiebige Mechanismen, deren Ausgänge Meßwerte proportional zu einem lokalen Kraft liefern.

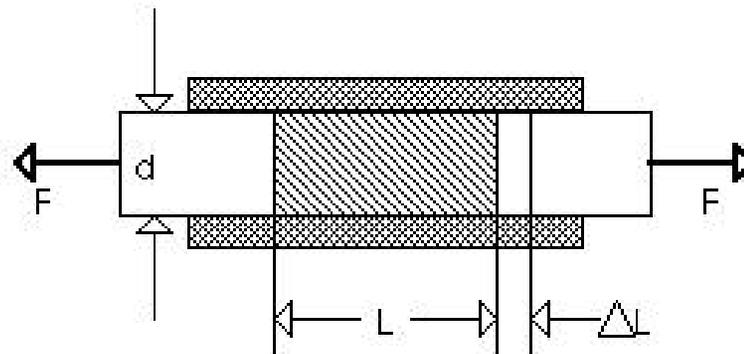
# Berührungssensoren - II

Technische Realisierungen:

- Binäre Magnetsensoren oder “Cat Whisker”
- Piezowiderstand-Einheiten ( “strain gauge” , FSR “force sensing resistor” )
- Piezoelektrische Einheiten
- Keramik-Drucksensoren
- ...

# Piezowiderstand - I

Ein Piezowiderstand verändert seinen elektr. Widerstand wenn er Zug oder Druck ausgesetzt wird.



Ein anschauliches Beispiel: der geometrische Effekt des Flüssigkeit-Druckmessens (Quecksilber).

Wenn  $R$  der Widerstand und  $L$  die Länge ist, dann kann ein  $K$  definiert werden, für das gilt:

$$K = \frac{dR/R}{dL/L}$$

# Piezowiderstand - II

Fertigung mit dünnem Belag (FSR):

Mehrere FSR-Sensoren können linear, als Kabel oder als Matrix zusammengebaut werden.

# Piezelektrizität - I

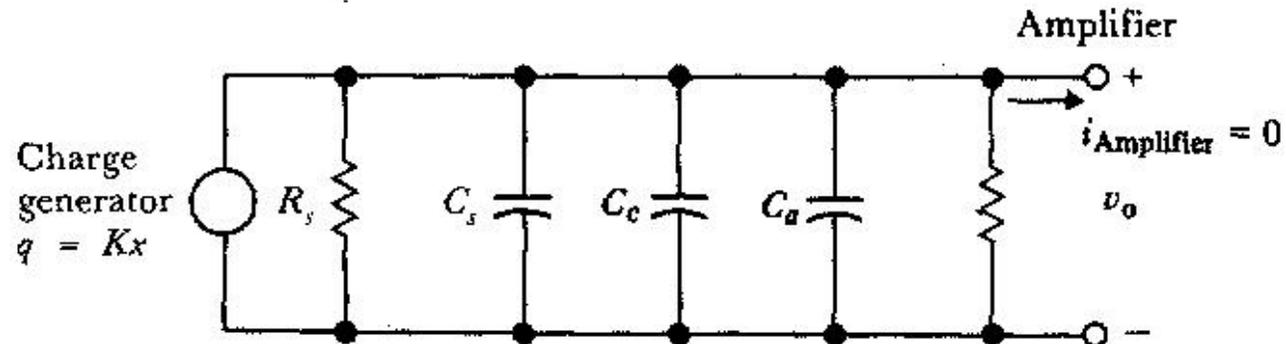
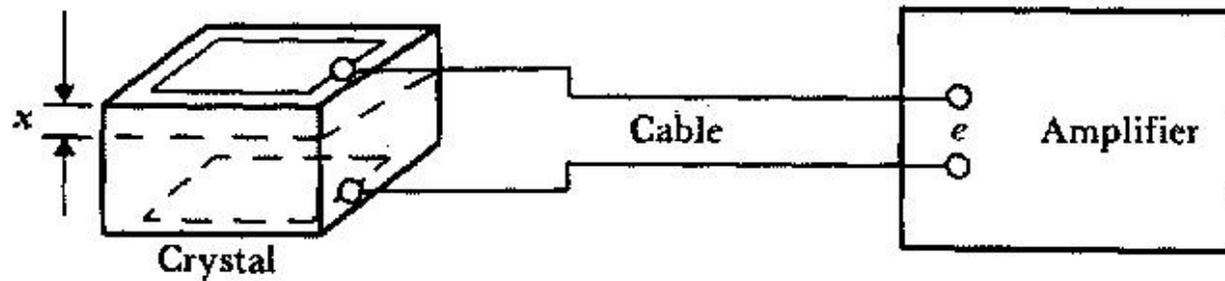
Bei der Piezelektrizität wird ein anderes Phänomen genutzt als beim Piezewiderstand. Die auf ein Segment eines Materials ausgeübte Kraft verursacht eine elektrische Ladung auf der Oberfläche.

$$\vec{Q}(\text{Ladung}) = \mathbf{D}\tilde{\mathbf{F}}$$

wobei  $\mathbf{D}$  eine  $3 \times 3$  Matrix.

# Piezoelektrizität - II

Sensoraufbau und äquivalente elektrische Schaltung:



# Piezoelektrizität - III

Vorteile der piezoelektrischen Elemente:

- erzeugen eigene Spannung, keine Energieversorgung notwendig
- gelten des Skalierungsgesetzes, kleine Größe

Hauptnachteil der piezoelektrischen Elemente:

- Die Ladung fließt ab, daher nur sensitiv für Messung von zeitverändernden Signalen.

## Piezelektrizität - IV

Mit einer Masse (z.B. 10 mg), die auf einer Platte aus piezoelektrischem Material montiert wird, kann ein Beschleunigungssensor für Vibrationsmessungen entwickelt werden:

# Piezosensoren - Zusammenfassung der Anwendungen

- Eingabegeräte: Graphik-Pads, Cursor-Taste, ...
- Maschinen-Überwachung: Druck, Füllstand, Fluß, Vibration,...
- Automobil-Airbag: Beschleunigungssensor
- Straßen-Überwachung: Abwesenheit eines Autos, Flußmenge, ...
- Berührungs- und Greifensensoren für Roboter: Bestätigung eines Griffs, Greifen von komplizierten Objekten, Exploration von Objekten, ...
- Belegungssensoren: Breitensensor, Längensensor, Zählschalter, ...
- Sicherheitscheck: Grenzwertschalter, Airbag-Control, Tür-Kante, ...
- ....

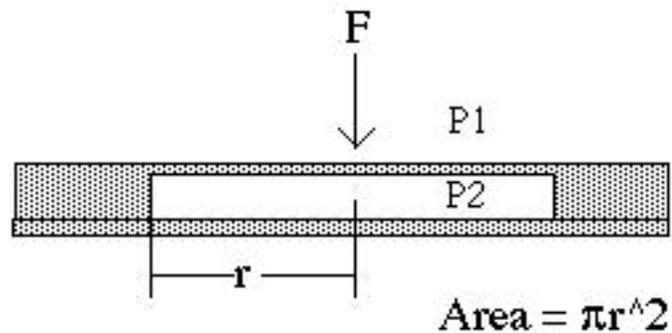
# Anwendung taktiler Sensoren: Touch-Screen

## Die Technologien:

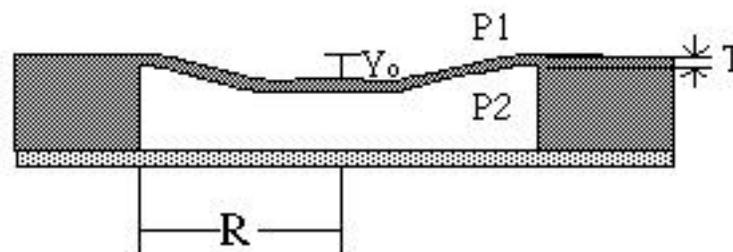
- “capacitive:” - Lokalisierung der Finger-Position durch Auswertung der Strom-Flüsse an allen vier Ecken des Bildschirms.  
(s. <http://www.microtouch.com/>)
- “ Scanning Infrared (IR)” - Detektion durch die Unterbrechung eines Infrarot-Lichtgitters vor dem Bildschirm.  
(s. <http://www.carrolltouch.com/>)
- “Resistive” - Wenn ein Finger Kontakt mit der Oberfläche (“acrylic screen”) hat, wird ein kleiner Teil vom Strom abgezogen.  
(s. <http://www.microtouch.com/>  
und <http://www.elotouch.com/>)
- “Surface Acoustic Wave (SAW)” - Eine Glasüberlagerung zur Übertragung und zum Empfang eines piezoelektrischen Signalgebers für die  $X$  – und  $Y$  – Achse.  
(s. <http://www.elotouch.com/>)

# Drucksensoren - I

- Detektion einer durch Druck erzeugten physikalischen Kraft



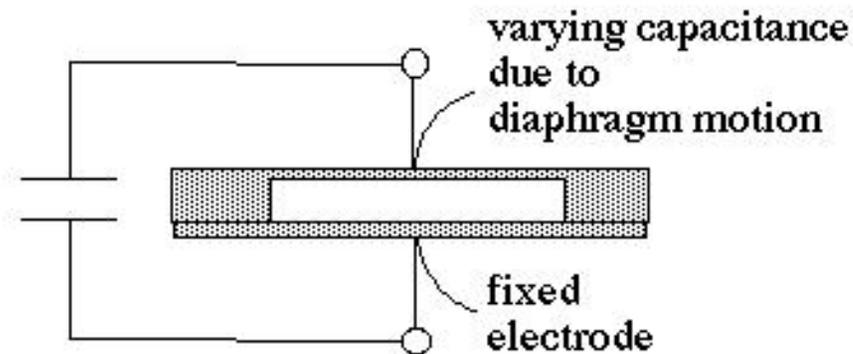
- Auslenkung der Mitte ( $Y_0$ ) einer Membran mit Bezug auf deren Größe und Beschaffenheit



## Drucksensoren - II

Die einwirkende Kraft kann mit Hilfe eines Membrandruckwandlers berechnet werden.

Eine übliche und billige Methode nutzt die Messung der Kapazität zwischen Membran und fester installierter Elektrode.



(Weiter Anwendungen für Drucksensoren in der Fahrzeugindustrie:  
<http://www.kavlico.com>)