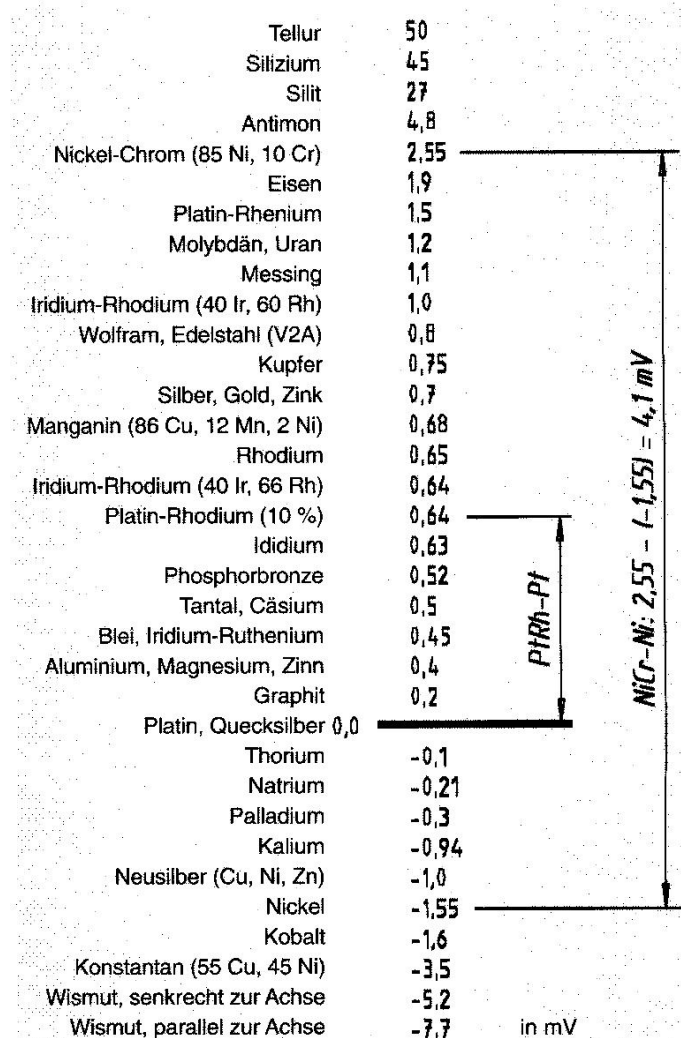


4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.5 PIEZOELEKTRISCHE UND WEITERE ELEKTRISCHE SENSORPRINZIPIEN (1)



Seebeck-Effekt

$$U = k \cdot \Delta T$$

⇒ Temperaturmessung

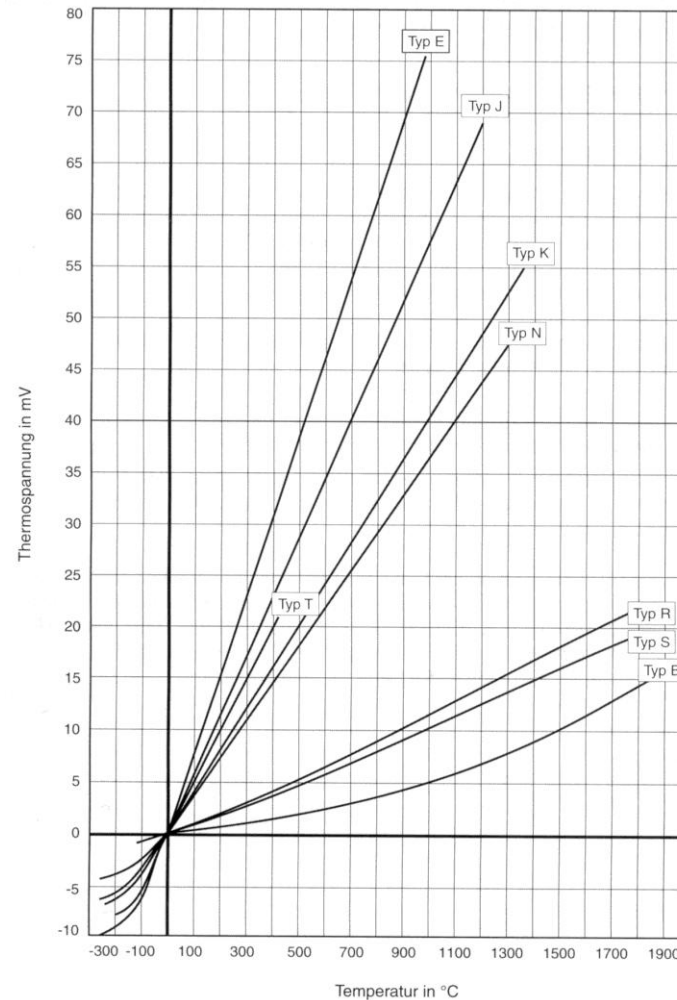
$$\Delta T = \frac{U}{k}$$

**Thermoelektrische Spannungsreihe
gegen Platin
(Messstellen- ϑ : 100 °C;
Vergleichsstellen- ϑ : 0 °C)**

[WIKI]

4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.5 PIEZOELEKTRISCHE UND WEITERE ELEKTRISCHE SENSORPRINZIPIEN (2)



Typ E: NiCr-CuNi

Typ J: Fe-CuNi

Typ K: NiCr-NiAl

Typ N: NiCrSi-NiSi

Typ T: Cu-CuNi

Typ R: Pt13%Rh-Pt

Typ S: Pt10%Rh-Pt

Typ B: Pt30%Rh-Pt6%Rh

**Thermoelement-
Kennlinien**

[ABB]

4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.5 PIEZOELEKTRISCHE UND WEITERE ELEKTRISCHE SENSORPRINZIPIEN (3)

Klasse	1	2	3
Toleranz	Max (0,5 °C; 0,004 · ϑ)	Max (1 °C; 0,0075 · ϑ)	Max (1 °C; 0,015 · ϑ)
für Typ T im Temperaturbereich:	-40 °C .. 350 °C	-40 °C .. 350 °C	-200 °C .. 40 °C
Toleranz	Max (1,5 °C; 0,004 · ϑ)	Max (2,5 °C; 0,0075 · ϑ)	Max (2,5 °C; 0,015 · ϑ)
für Typ E im Temperaturbereich:	-40 °C .. 800 °C	-40 °C .. 900 °C	-200 °C .. 40 °C
für Typ J im Temperaturbereich:	-40 °C .. 750 °C	-40 °C .. 750 °C	-
für Typ K im Temperaturbereich:	-40 °C .. 1000 °C	-40 °C .. 1200 °C	-200 °C .. 40 °C
Toleranz	Max (1 °C; 0,003 · (ϑ - 1100 °C))	Max (1,5 °C; 0,0025 · ϑ)	Max (4 °C; 0,005 · ϑ)
für Typen R, S im Temperaturbereich:	0 °C .. 1600 °C	0 °C .. 600 °C	-
für Typ B im Temperaturbereich:	-	600 °C .. 1700 °C	600 °C .. 1700 °C

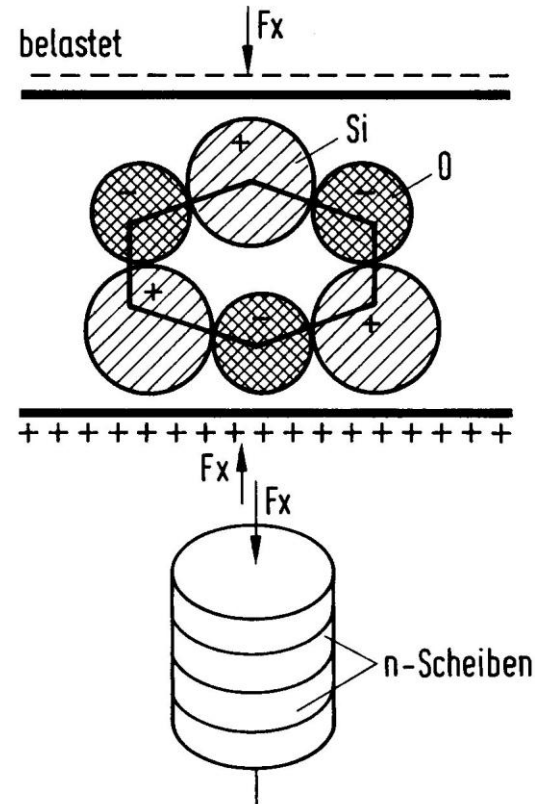
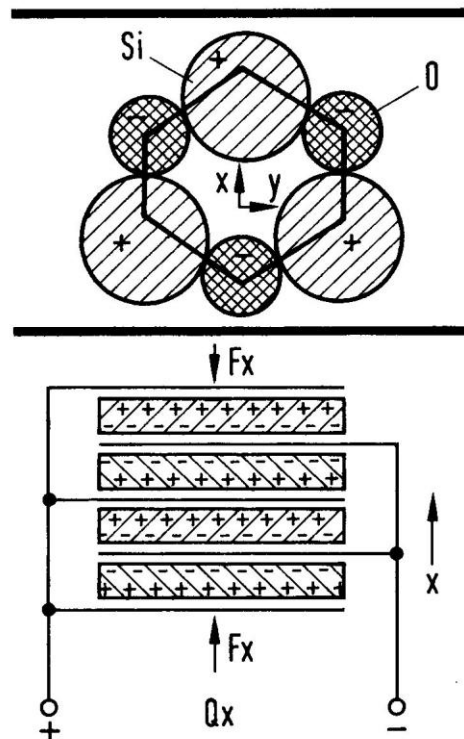
Thermoelement-Toleranzklassen

[DIN IEC 584-2]

4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.5 PIEZOELEKTRISCHE UND WEITERE ELEKTRISCHE SENSORPRINZIPIEN (4)

Kristallaufbau vereinfacht
unbelastet



Piezokristall

[P. Hauptmann: Sensoren – Prinzipien und Anwendungen]

4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.5 PIEZOELEKTRISCHE UND WEITERE ELEKTRISCHE SENSORPRINZIPIEN (5)

Piezoelektrischer Effekt $Q = k_p \cdot F$

\Rightarrow Kraft-, Druckmessung $F = \frac{Q}{k_p}$

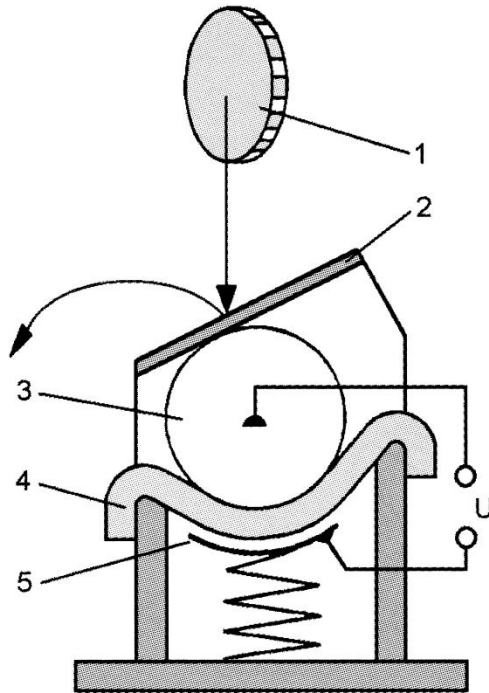
Material	k_p (Längseffekt) / $10^{-12} \text{ A} \cdot \text{s/N}$	k_Q / $10^{-4} \text{ A} \cdot \text{s}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$	ϵ_r
Quarz (SiO_2)	2,3	-	4,5
Triglyzinsulfat (TGS)	-	3,5	30
Lithiumtantalat (LiTaO_3)	5,7	2	45
Bariumtitanat (BaTiO_3)	374	4	1000
Bleititanat (PbTiO_3)	51	2,3	200
Bleizirkontitanat (PZT, $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$)	374	4,2	1600
Polyvinylidendifluorid (PVDF)	30	0,4	12

Piezoelektrische Konstanten und pyroelektrische Koeffizienten verschiedener Materialien

[E. Schröfer: Elektrische Messtechnik]

4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

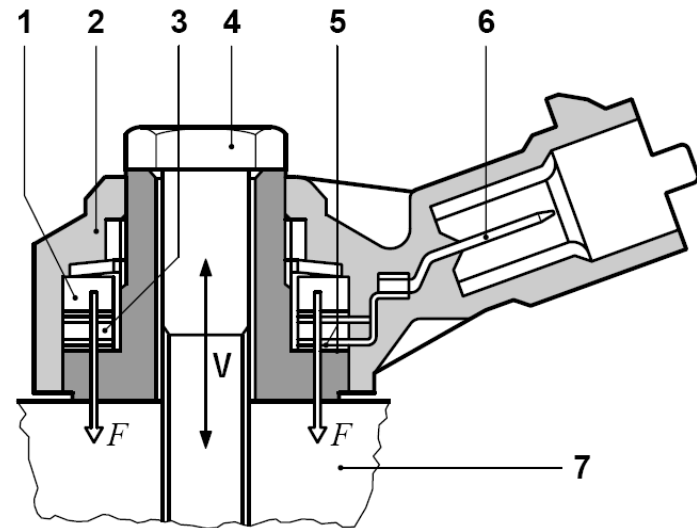
4.5 PIEZOELEKTRISCHE UND WEITERE ELEKTRISCHE SENSORPRINZIPIEN (6)



Piezelektrischer Zähler

[S. Hesse, G. Schnell: Sensoren für die Prozess- und Fabrikautomation]

- 1: Werkstück, Zählobjekt
- 2: Prallplatte
- 3: Zylinder
- 4: **PVDF-Folie**
- 5: Kontaktblech

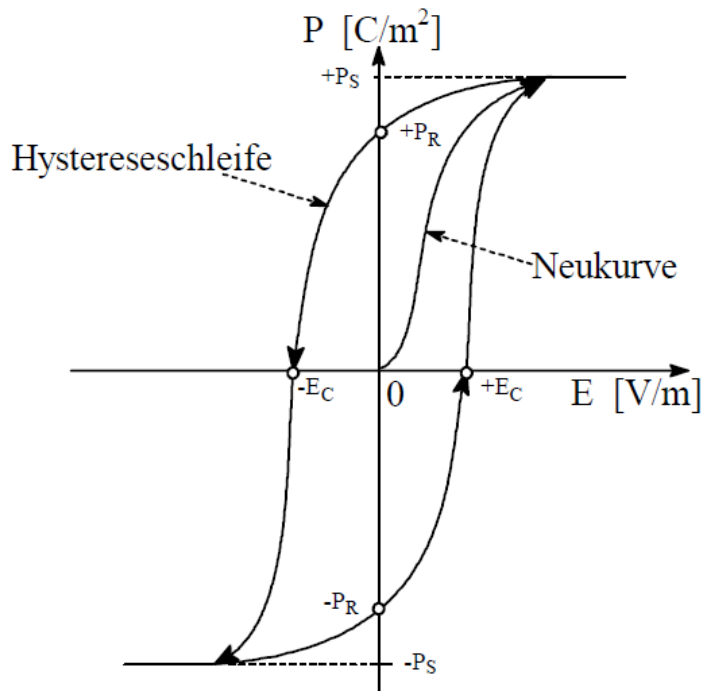


Piezelektrischer Vibrationssensor [BOSCH 0 261 231 153]

- 1: Seismische Masse
- 2: Gehäuse
- 3: **Sensorelement**
- 4: Schraube
- 5: Kontaktierungen
- 6: Anschlüsse
- 7: Maschinenblock

4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.5 PIEZOELEKTRISCHE UND WEITERE ELEKTRISCHE SENSORPRINZIPIEN (7)



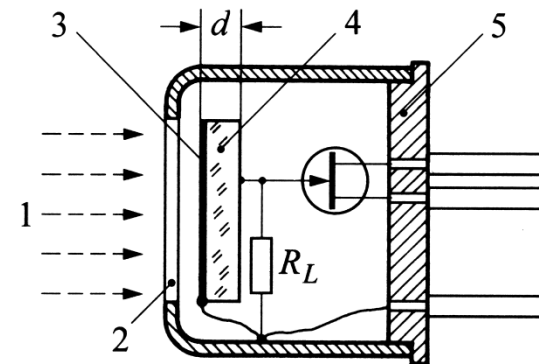
Ferroelektrische Hysterese

[Uni Halle]

Pyroelektrischer Effekt:

$$\Delta Q = A \cdot k_Q(T) \cdot \Delta T = A \cdot \pi_p(T) \cdot \Delta T$$

⇒ Temperatur, Bewegungs- und Präsenzmeldung



Pyroelektrischer IR-Sensor

[E. Schrüfer: Elektrische Messtechnik]

1: IR-Strahlung 2: IR-durchlässiges Fenster

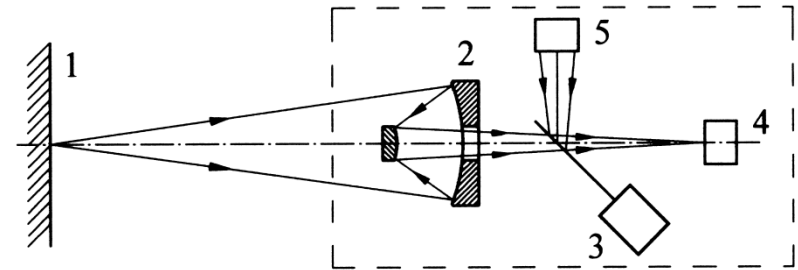
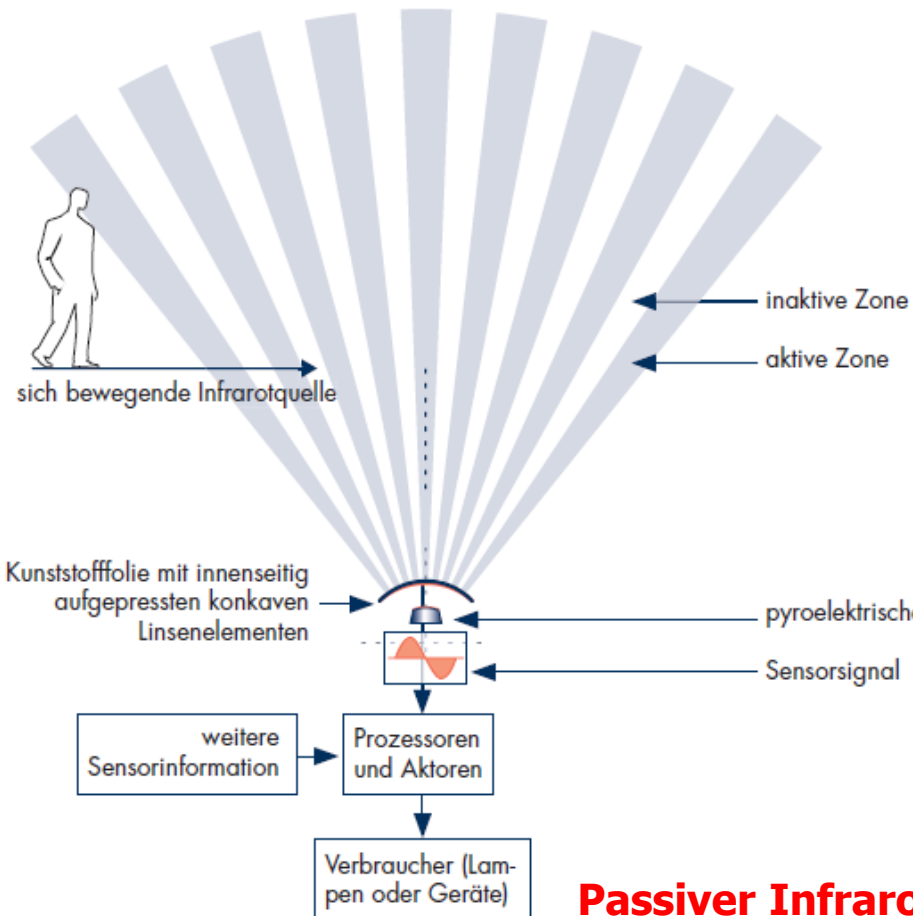
3: Absorber

5: Transistorgehäuse

4: pyroelektrisches Material

4. SENSORPRINZIPIEN DER ELEKTROSTATIK UND -DYNAMIK

4.5 PIEZOELEKTRISCHE UND WEITERE ELEKTRISCHE SENSORPRINZIPIEN (8)



Messkopf eines IR-Pyrometers [Heimann]

1: Messobjekt
3: Schwingungsmodulator
5: Vergleichsstrahler

2: Optik
4: **Detektor**

Passiver Infrarot-(PIR-)Bewegungs- und Präsenzmelder [Swisslux]