

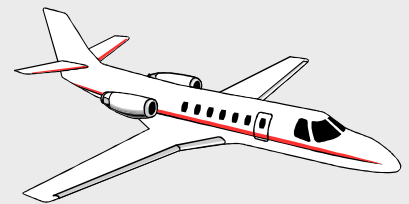
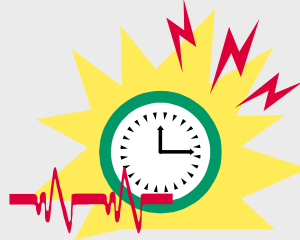
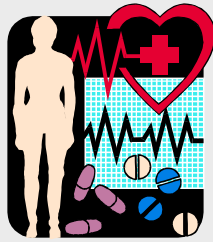
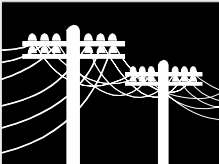
Grundlagen und Anregungen zum Thema

*Elektrische Messung  
physikalischer Größen*

Dipl.-Ing. Thomas Wiesner

# Elektrische Messung physikalischer Größen

## Grundlagen und Anregungen



- ➔ Was für physikalische Größen gibt es ?
- ➔ Welche Sensorik wird verwendet ?
- ➔ Welche Technik wird zur Verarbeitung genutzt ?
- ➔ Welche Anschlussprobleme treten auf ?
- ➔ Wie beeinflusst die Führung des Bezugspotentials die Meßdatenerfassung ?
- ➔ Welche Störgrößen treten auf ?
- ➔ Was verbirgt sich hinter dem Begriff EMV ?
- ➔ Digitale Messwerterfassung als zukunftsweisende Technik ?

Die Art der Größen richtet sich nach dem **Anwendungszweck**.

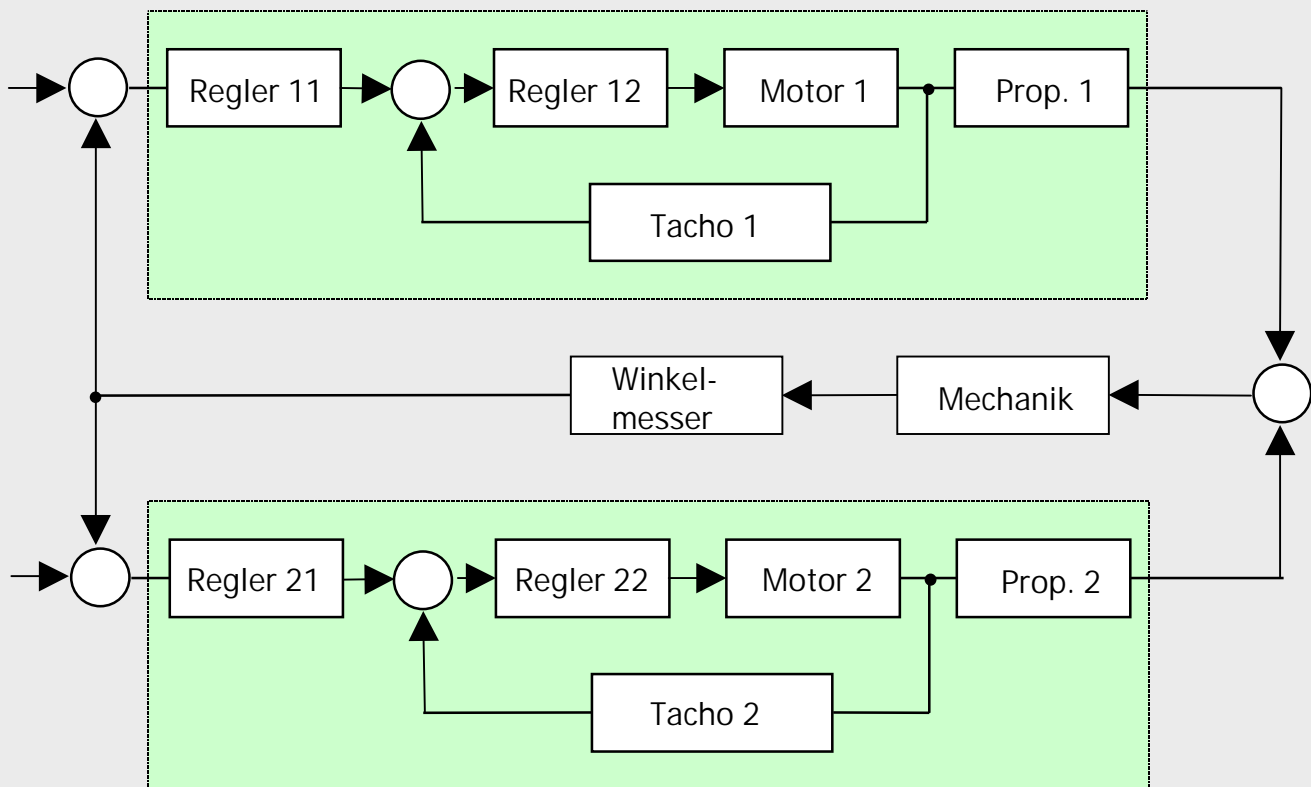
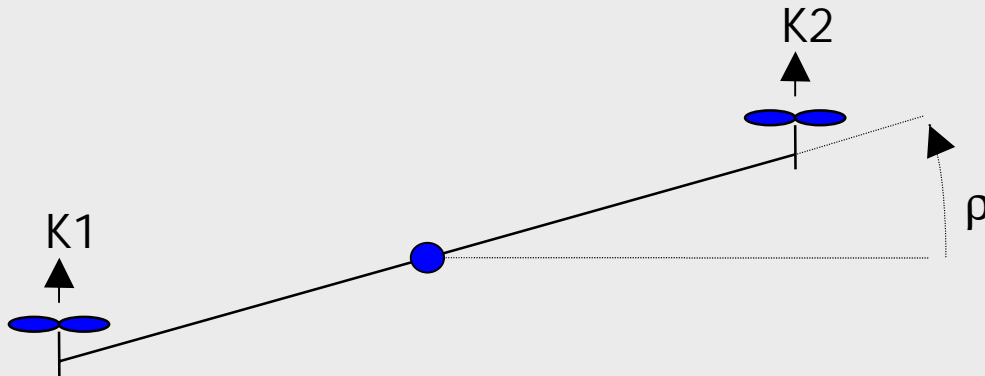
### **Beispiel 1** : *Wetterdaten*

- Temperatur
- Luftfeuchte
- Windstärke
- Windrichtung
- Helligkeit
- Umgebungsradioaktivität

Für unterschiedliche Bereiche können somit eine Vielzahl von unterschiedlichen Größen auftreten.

⇒ Alle zu messenden Größen in einem **Pflichtenheft** zusammenfassen!

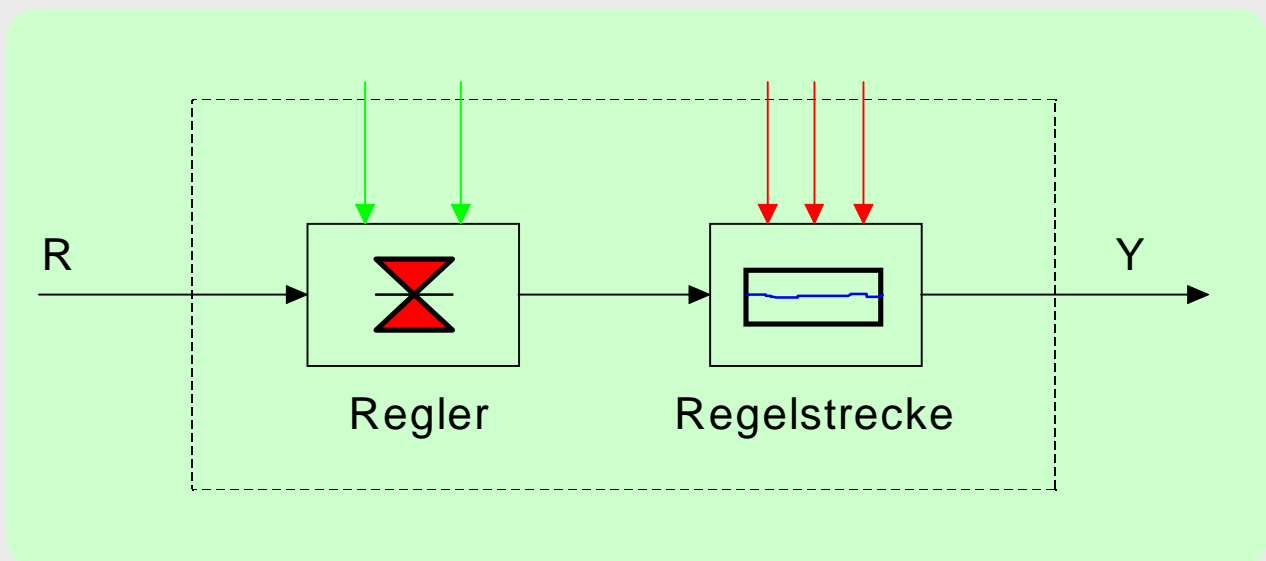
# Modelldarstellung



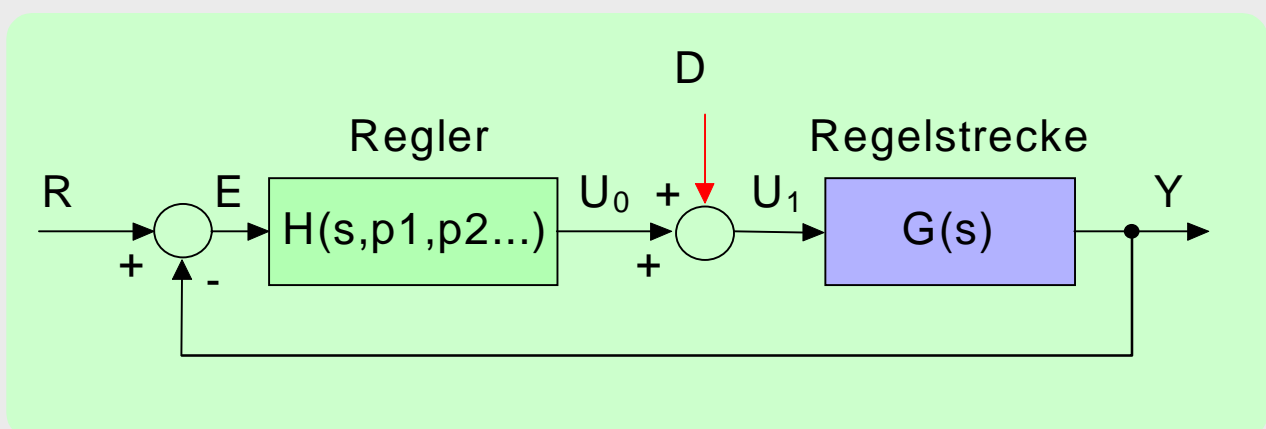
Welche physikalischen Größen gibt es ?

## Modelldarstellung

Darstellung einer elektr. ( mech. ) Einrichtung als **Übertragungssystem** mit **Parametervariation** und **Störeinflüssen**



Die äquivalente Darstellung als Übertragungsfunktion im geschlossenen Regelkreis



Welche physikalischen Größen gibt es ?

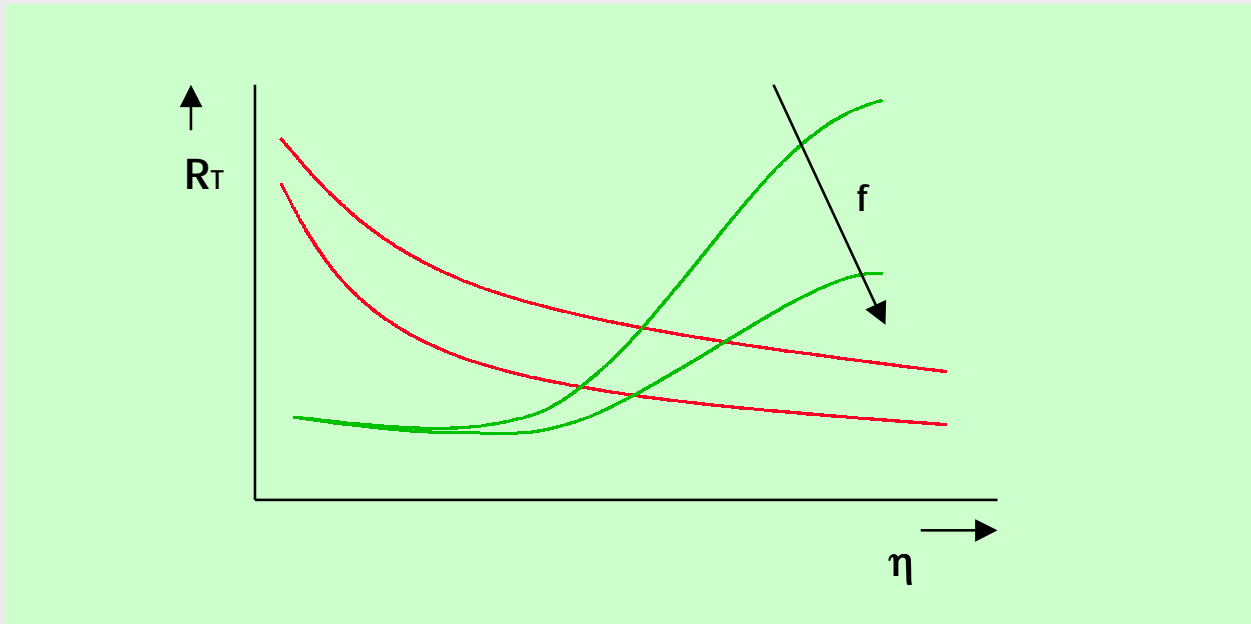
Für die physikalischen Größen sind eine ganze Reihe von **Sensoren** unterschiedlichster Funktionsweise entwickelt worden.

Für die elektrische Messung gibt es vornehmlich **vier** grundlegende Strukturen für Sensoren:

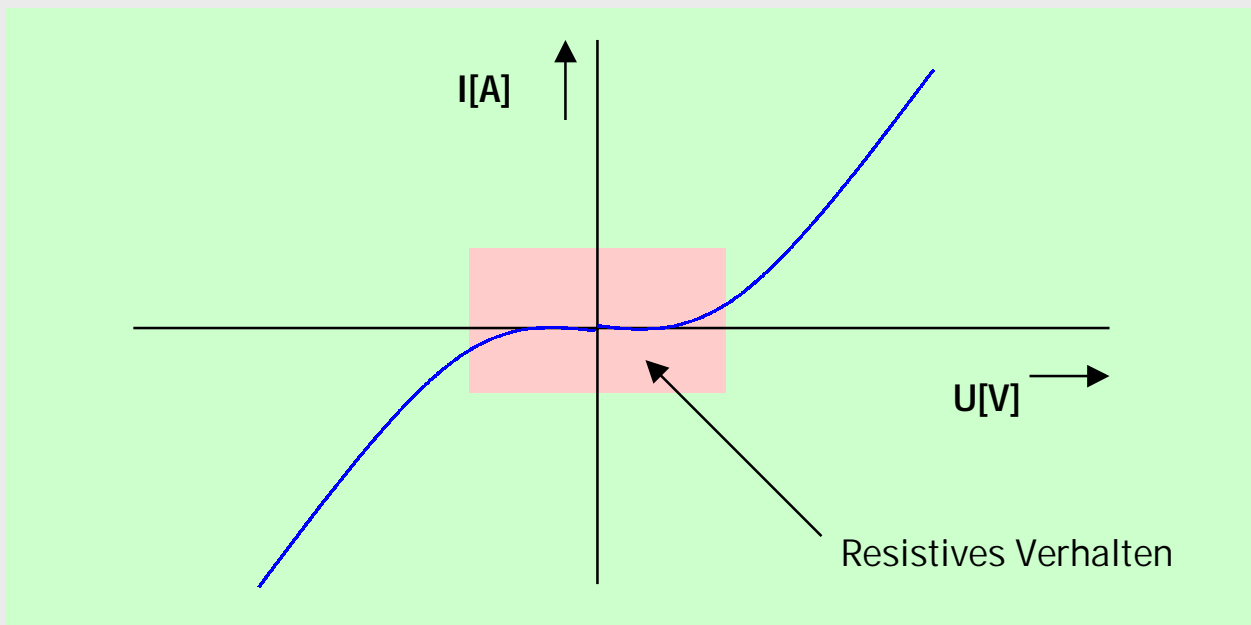
- (1)** Resistive Sensoren
- (2)** Halbleitergrenzschichten
- (3)** Kapazitive Sensoren
- (4)** Induktive Sensoren

### Resistive Sensoren

**NTC** - Heißleiter polykristalline Mischoxidkristalle  
**PTC** - Kaltleiter Titanoxide → frequenzabhängig



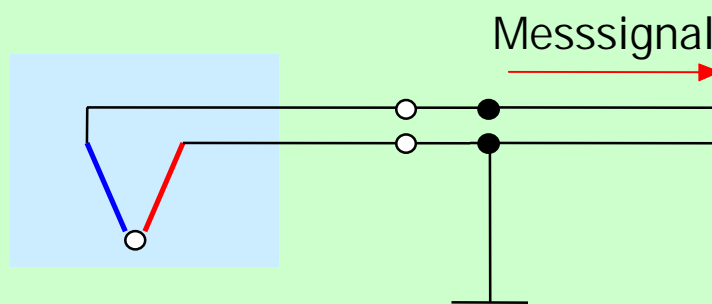
**VDR** - Varistor Siliziumkarbidkristalle ( Kontaktwiderstand )



Welche Sensorik wird verwendet ?

Neben den herkömmlichen **resistiven Sensoren** gibt es spezielle Kombinationen unterschiedlicher Metalle !

**Beispiel :** Eisen-Konstantan-Element

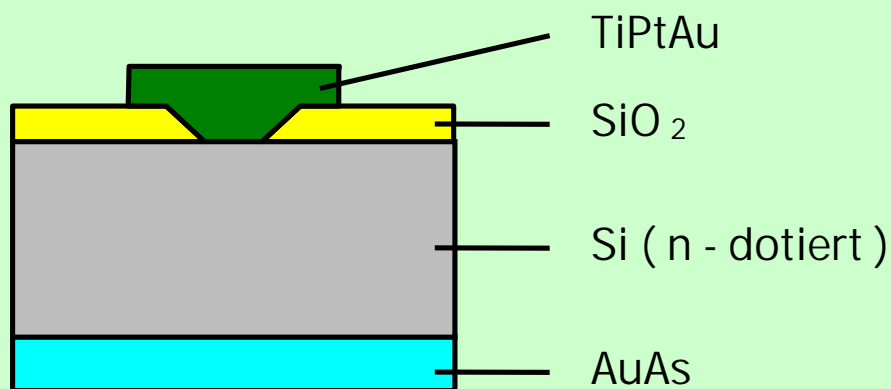


Durch unterschiedliche temperaturabhängige Eigenschaften der beiden Metalle werden **Ladungsträger** freigesetzt. Es entsteht eine **Spannung**, welche von nachfolgenden Messeinrichtungen ausgewertet werden kann.

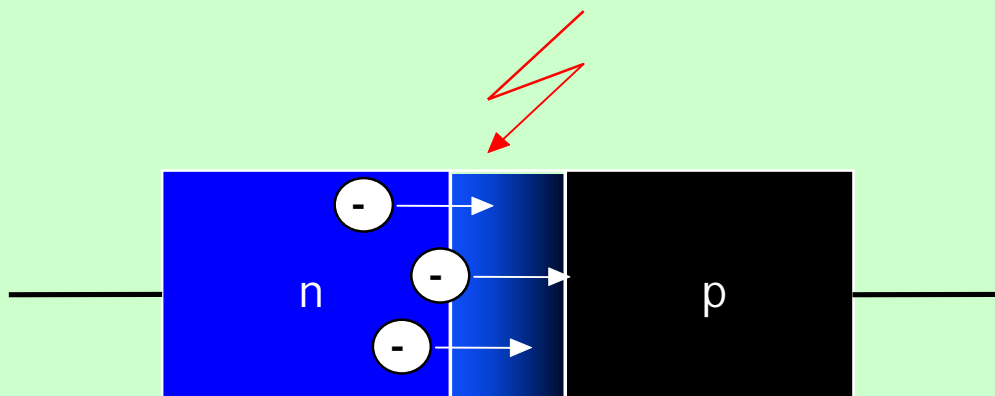


In **Halbleitersensoren** werden durch **dotierte Metalle** die Anzahl der freisetzbaren Ladungsträger und deren Austauschverhalten beeinflusst. Dadurch sind mit demselben Basismaterial, aber unterschiedlicher Dotierung eine Vielzahl von Meßbereichen möglich. ( vgl. PTC )

Beispiel 1 :           Temperatursensor



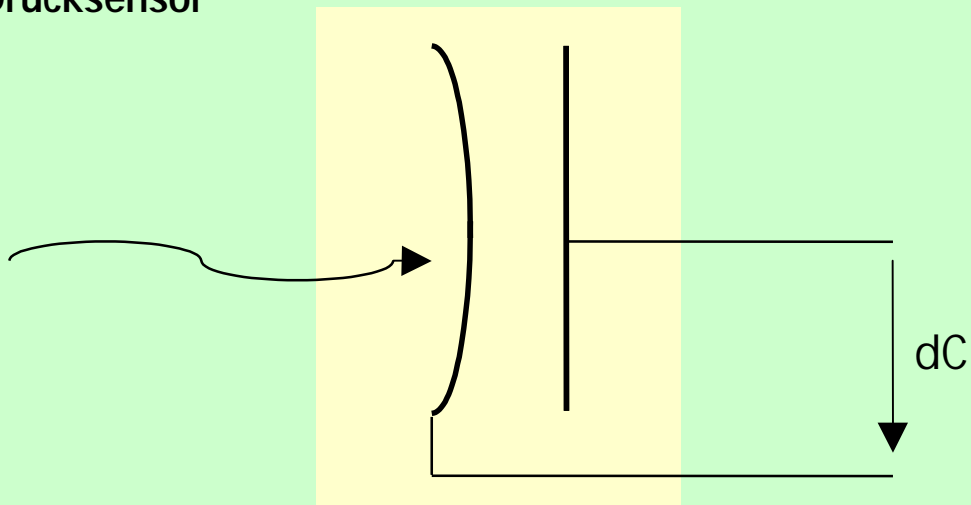
Beispiel 2 :           Photozelle



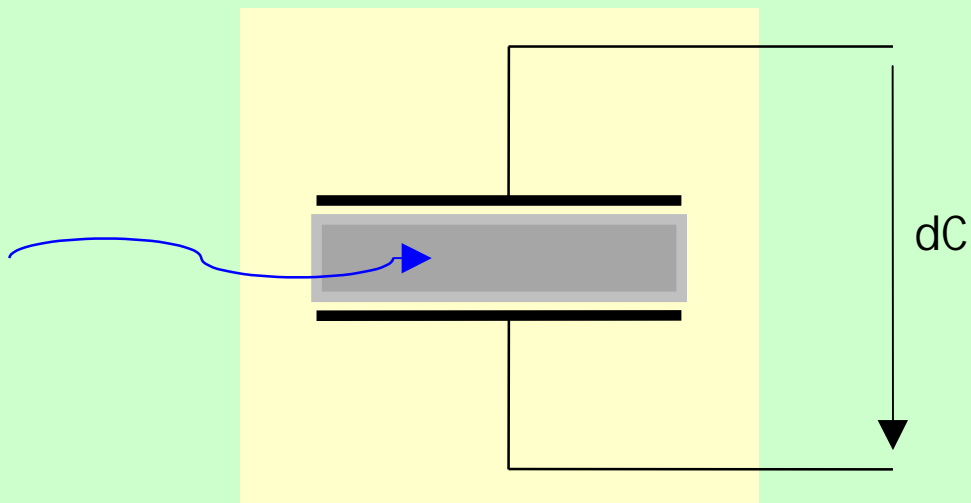
Welche Sensorik wird verwendet ?

## Kapazitive Sensoren

Drucksensor

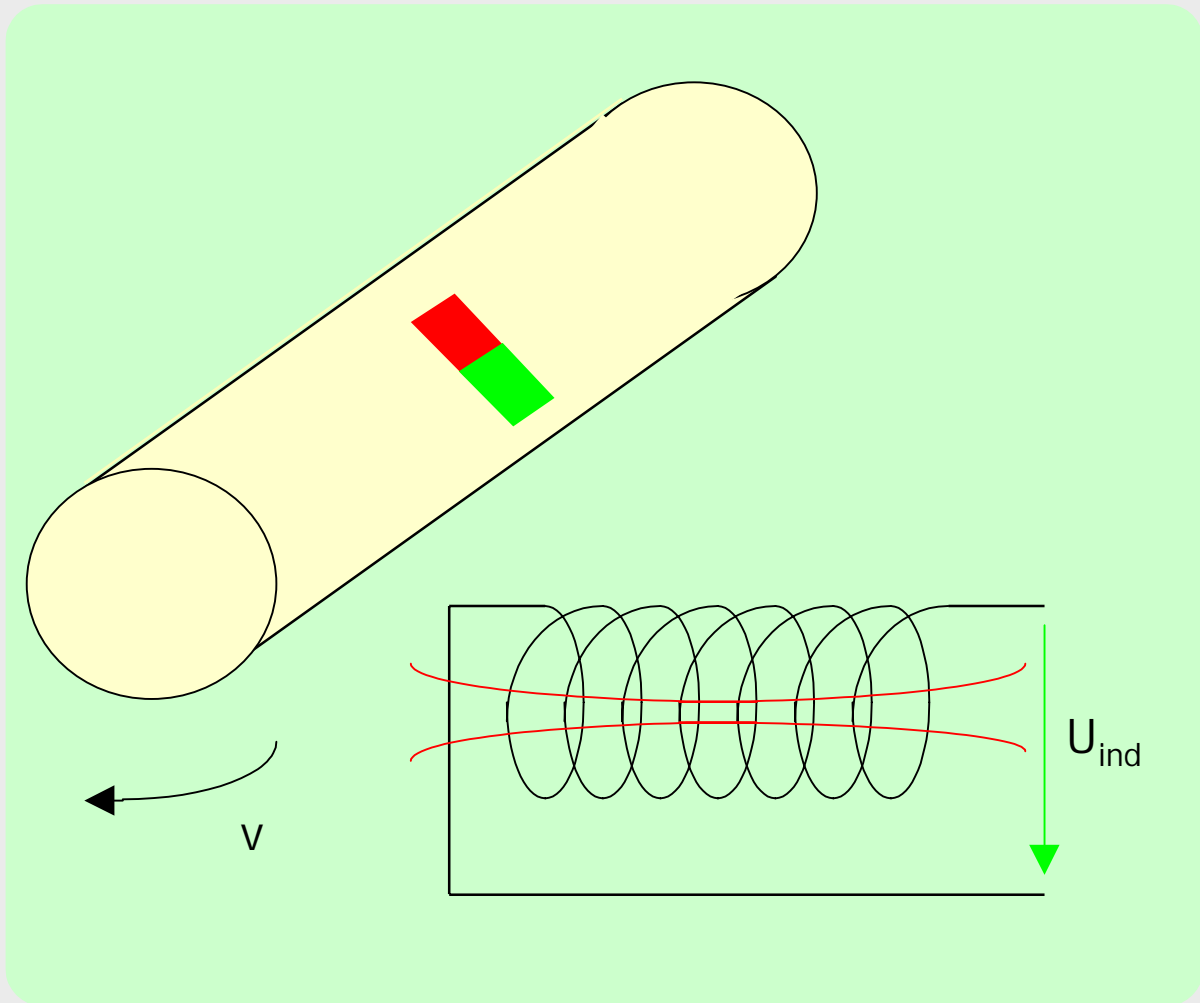


Feuchtesensor



Welche Sensorik wird verwendet ?

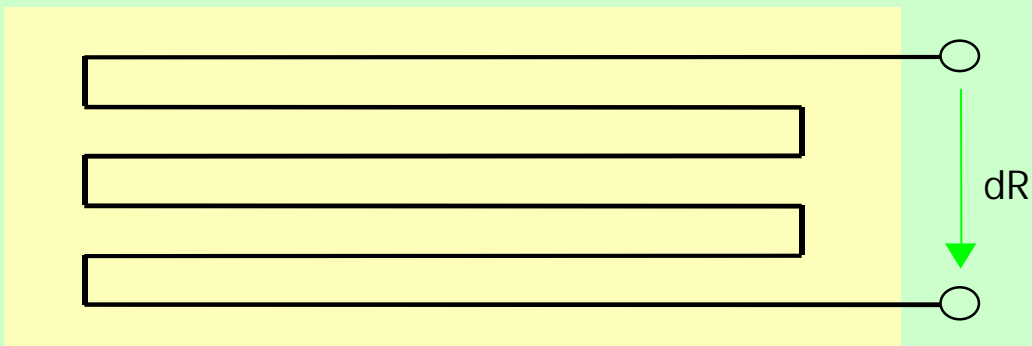
## Induktive Sensoren



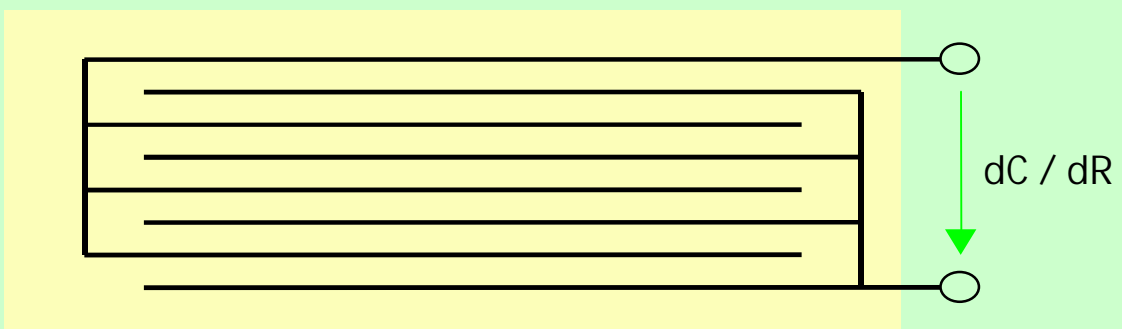
Welche Sensorik wird verwendet ?

**Spezielle Sensoren** sind schon bei der Entwicklung von Leiterplatten implementierbar. Dazu zählen vor allem die Dehnungsmessstreifen / Mäanderleiterbahnen.

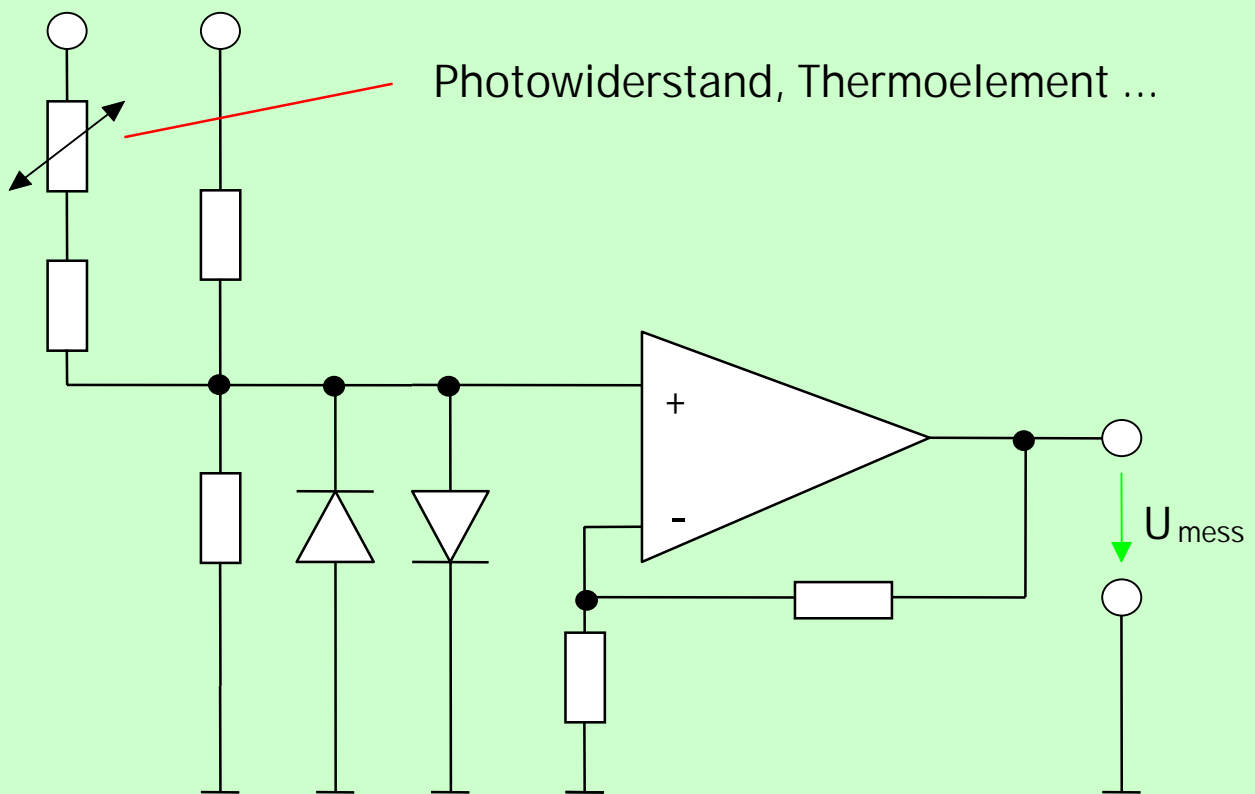
**Beispiel 1 :**                    resistiv



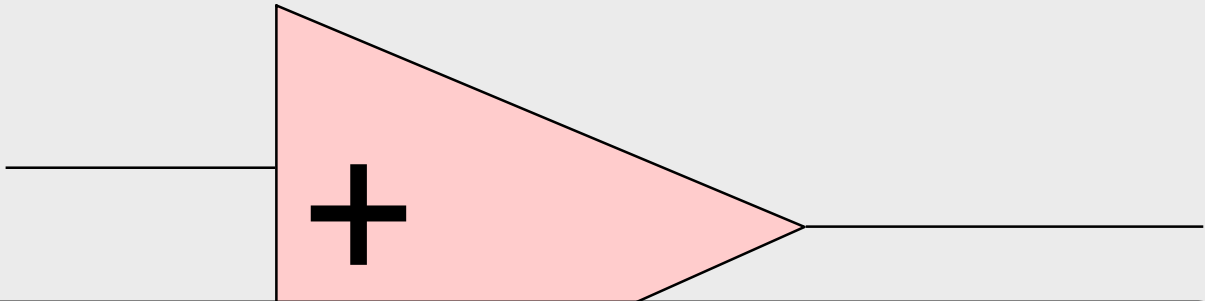
**Beispiel 2 :**                    kapazitiv / resistiv



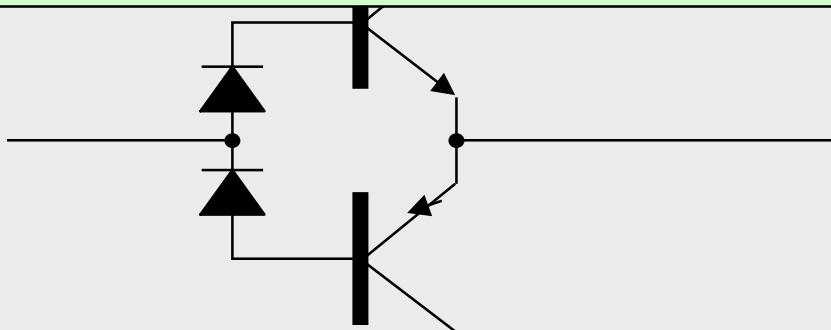
## Analoge Interface -Technik für Sensoren



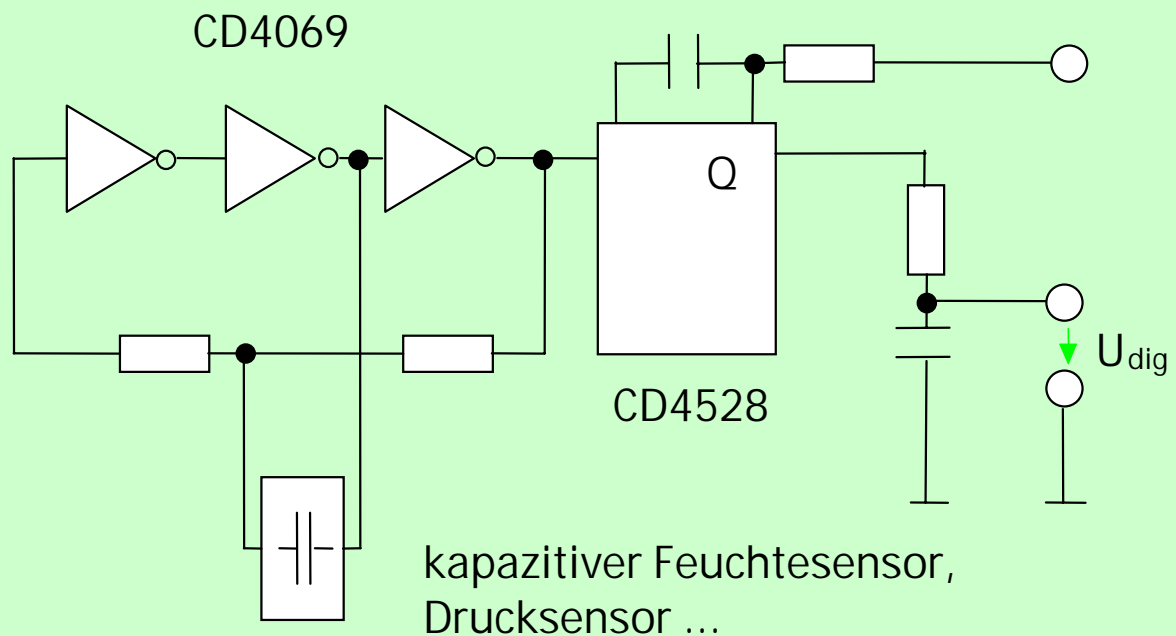
Welche Technik wird zur Verarbeitung genutzt ?



Der Einsatz von **Operationsverstärkern** erleichtert die Verarbeitung von analogen Signalen. Sie sind platzsparender und kostengünstiger als die diskrete Verstärkertechnik. Allerdings sind damit auch bei besonders kritischen Anwendungen ( z.B. Medizintechnik ) durch die Miniaturisierung unangenehme Nebeneffekte durch **Rauschen** und **Übersprechen** zu verzeichnen.

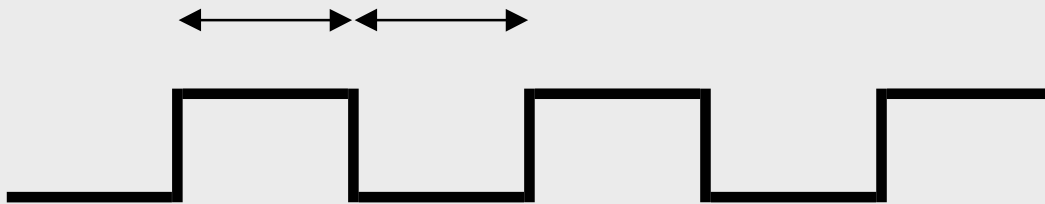


## Digitale Interface -Technik für Sensoren

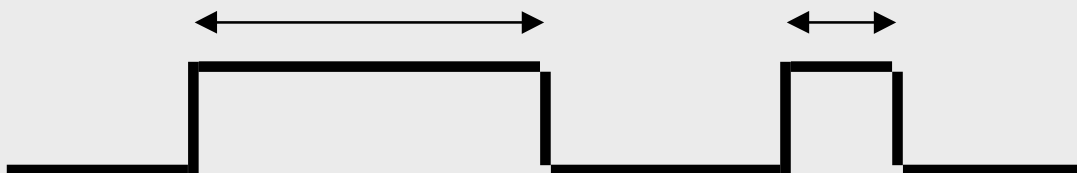


Welche Technik wird zur Verarbeitung genutzt ?

## Oszillatoren



Kapazitive Sensoren eignen sich hervorragend zum Einsatz in **Schwingkreisen**. Gerade in der digitalen Technik lassen sich derartige Schaltungen einfach bewerkstelligen. Sie können in **Mono- und Multivibratorschaltungen** eine **Festkapazität** ersetzen und bestimmen dadurch die **Zeitkonstante**  $\tau = 0.63 RC_{\text{Sensor}}$ . Die Auswertung kann dann über Frequenzzähler geschehen.





## Motivation

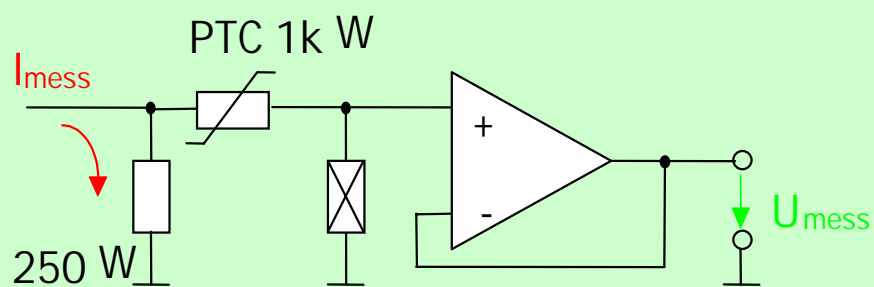
Unterschiedliche Sensoren erfordern spezifische **Erfassungstechniken**. Meßsignale sind :

- Ströme 0...20 mA
- Spannungen -10...+10 V
- Widerstandsänderungen
- Kapazitätsänderungen
- Induktivitätsänderungen

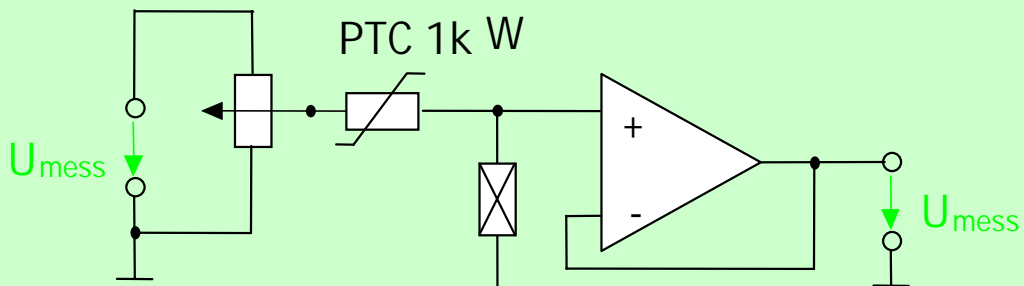
Zusätzlich sind **normgerechte Einrichtungen zur galvanischen Trennung** der beiden Ebenen **Prozeß** und **Meßwertverarbeitung** einzuhalten !

## SE-Eingänge

### Strommesseingang



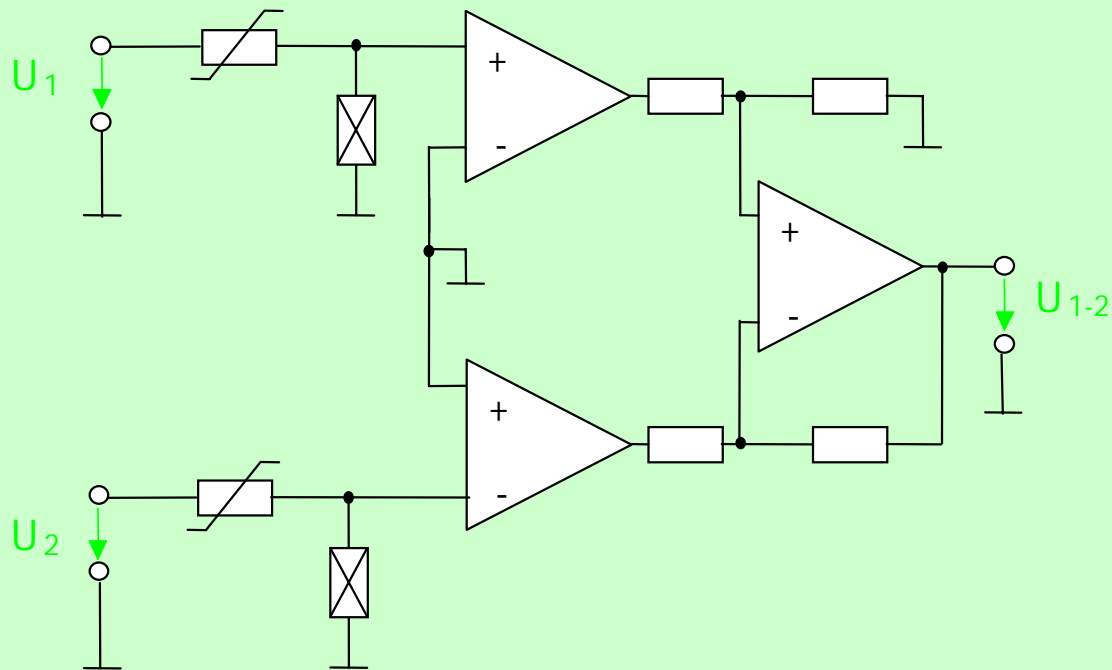
### Spannungsmesseingang



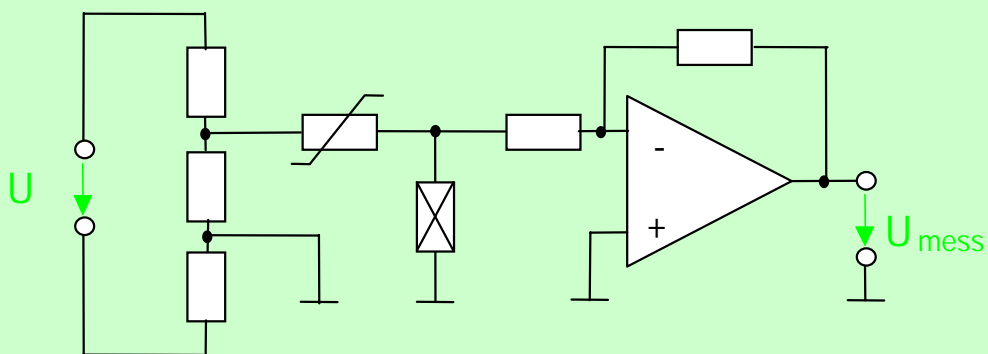
Welche Anschlussprobleme treten auf ?

## DE-Eingänge

### Differenzverstärker



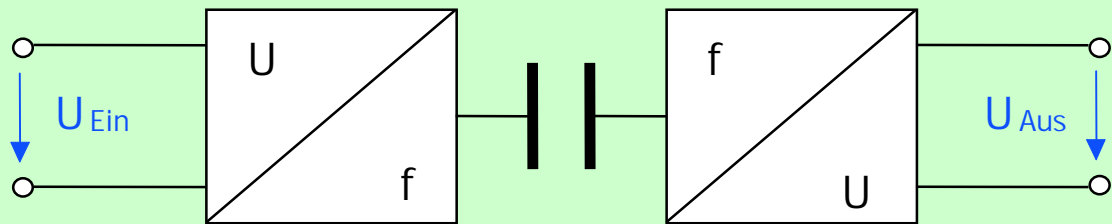
### Differenz-Spannungsmesseingang für hohe Eingangsspannungen



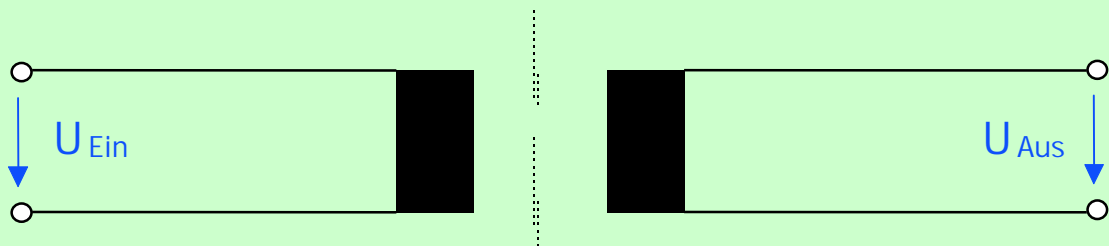
Welche Anschlussprobleme treten auf ?

## Galvanische Trennung

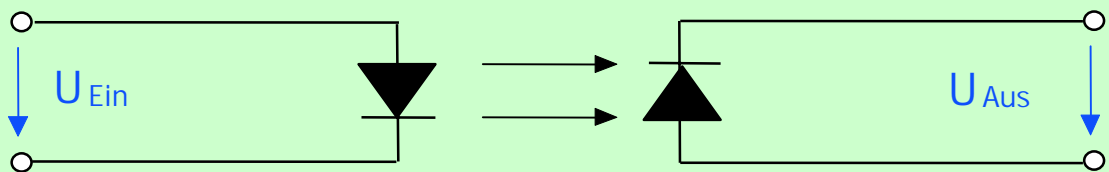
### Kapazitive Trennung



### Induktive Trennung



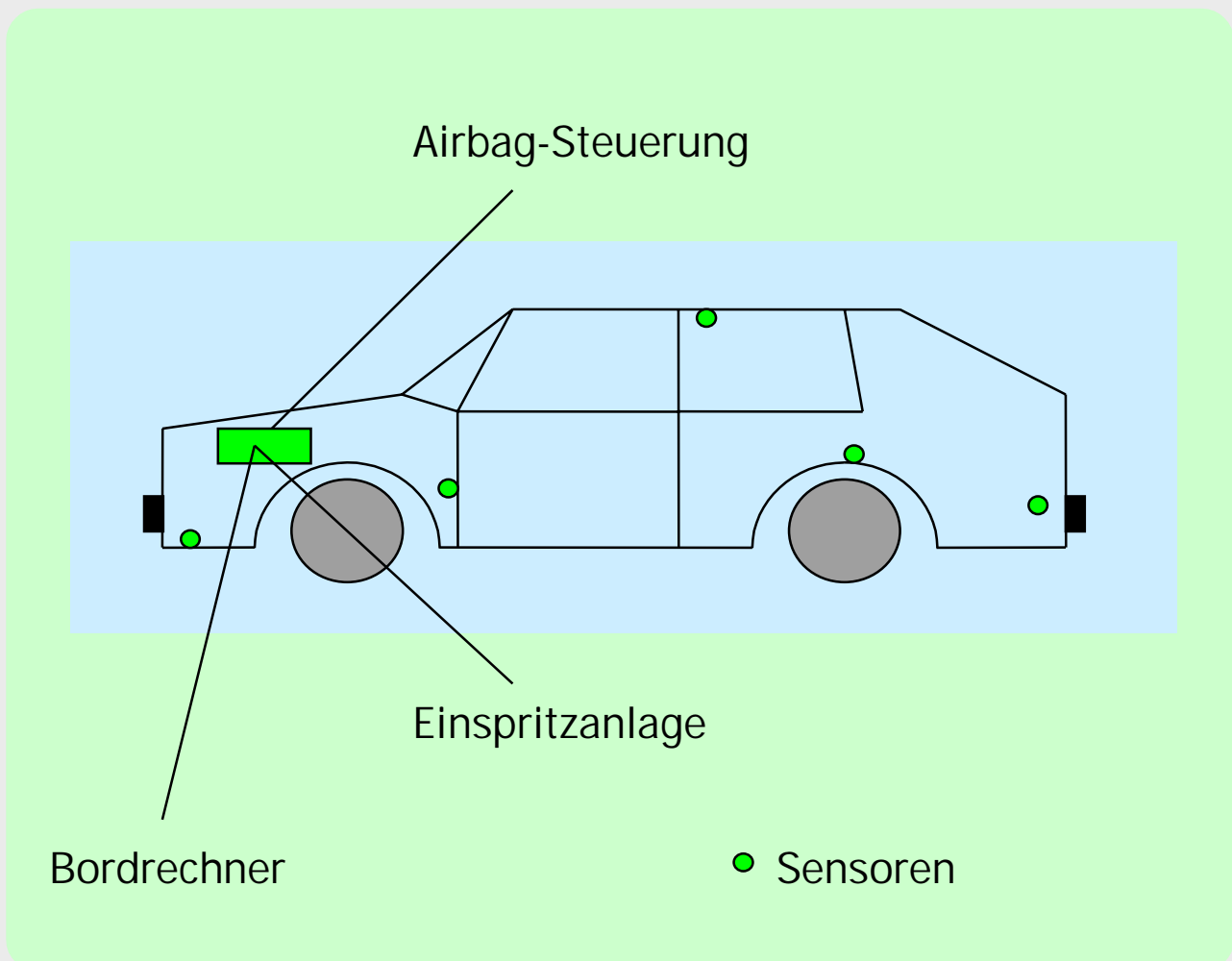
### Optische Trennung



Welche Anschlussprobleme treten auf ?

## Problemstellung

- (1) Fehlfunktionen von digitaler Signalverarbeitung
- (2) Übersprechen von digitalen und analogen Signalen
- (3) Geringer Signal-Störabstand



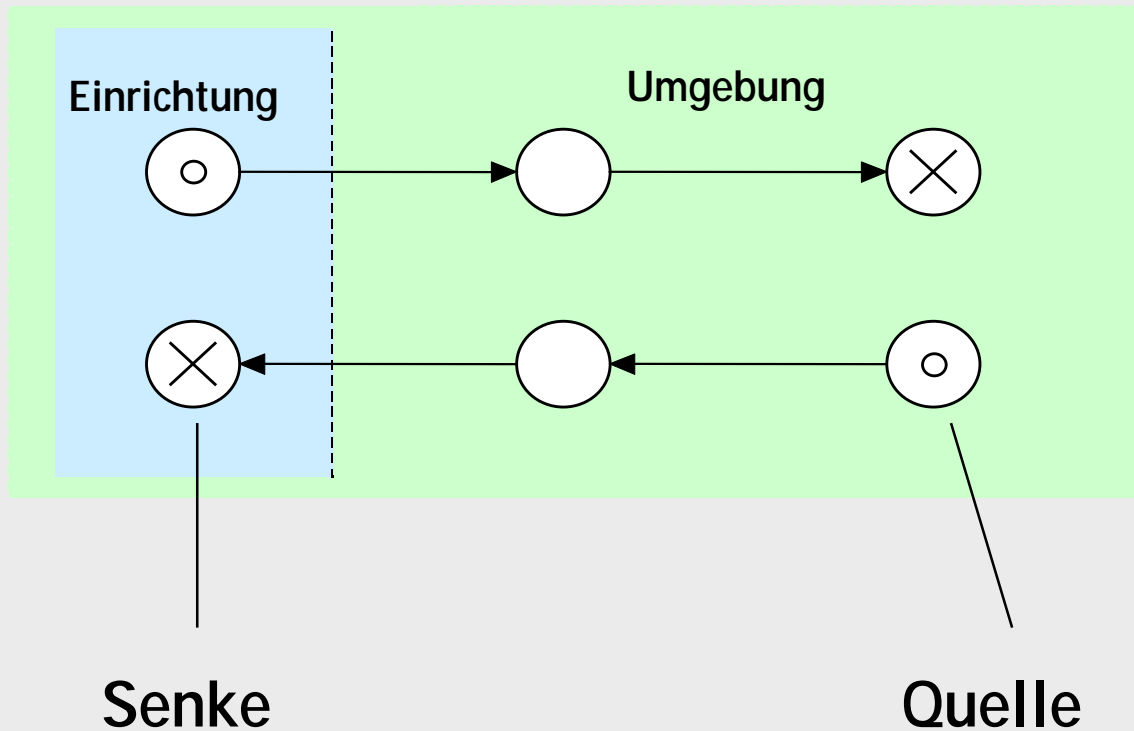
## Regeln

- Das **Bezugspotential** eines ausgezeichneten Punktes wird **sternförmig** zu allen Komponenten eines Systems geführt.
- Eine **geschickte Massefläche** verhindert die Ausbreitung von hochfrequenten Störungen.
- Bei **paralleler Leiterführung** unterbinden Masseleiter ein **Übersprechen** bei hochfrequenten digitalen und analogen Signalen.

## Definition

***EMV*** ist die Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, in ihrer elektromagnetischen Umgebung ***zufriedenstellend zu funktionieren***, ohne diese Umgebung, zu der auch andere Einrichtungen gehören, ***unzulässig zu beeinflussen***.

## Beeinflussungsmodell

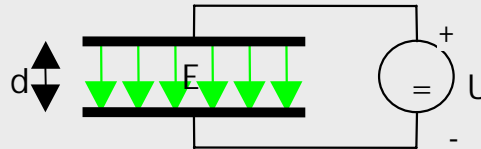


Ein elektrisches Gerät tritt sowohl als **Quelle** als auch als **Senke** in seiner Umgebung auf !

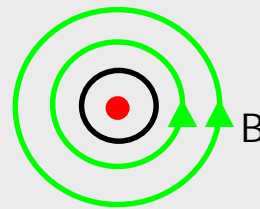


## Störgrößen

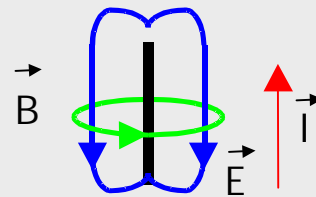
(1) Elektrische Felder



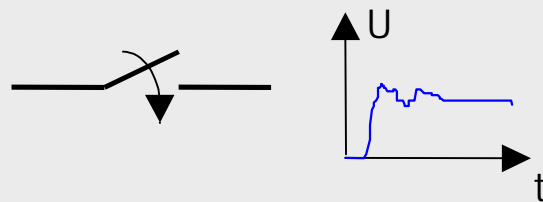
(2) Magnetische Felder



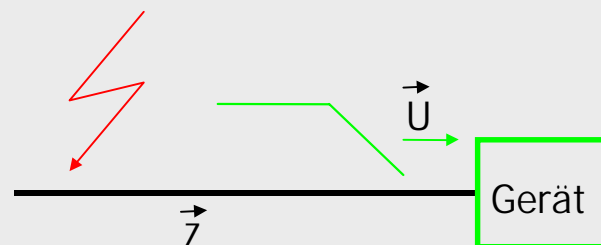
(3) Elektromagnetische Felder



(4) Ein- / Ausschaltspitzen

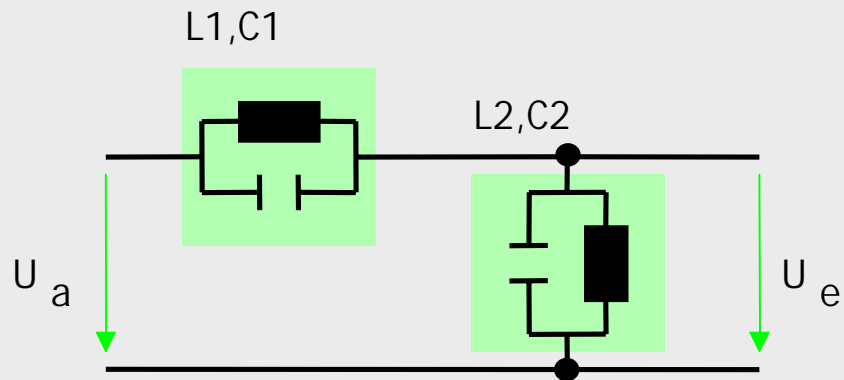


(5) Blitzeinschlag

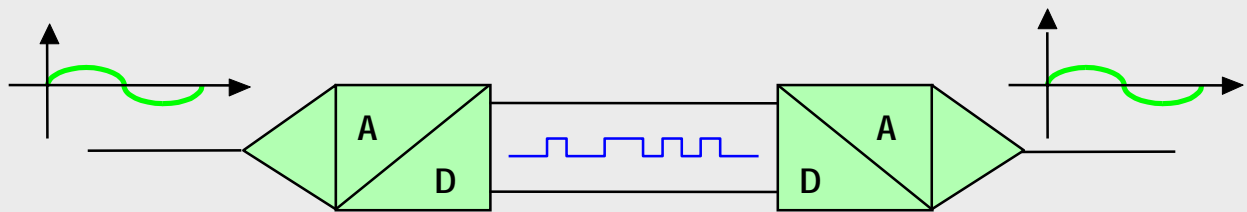


## Lösungen I

(1) Filter



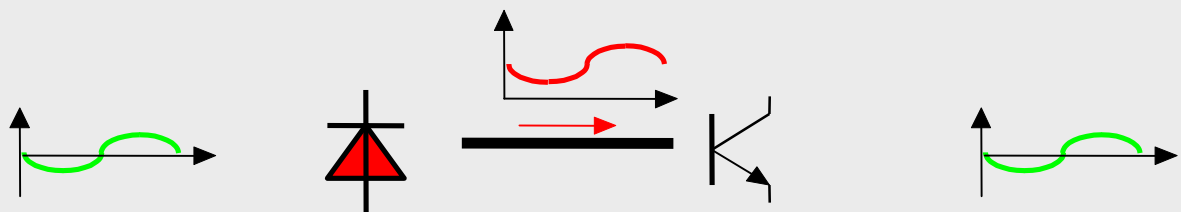
(2) Digitalisierung



(3) Doppelleitung

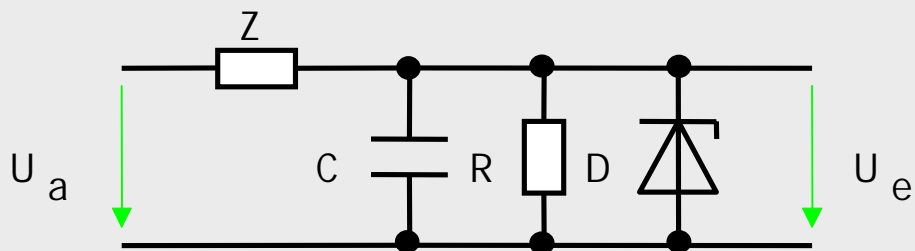


(4) Glasfaser

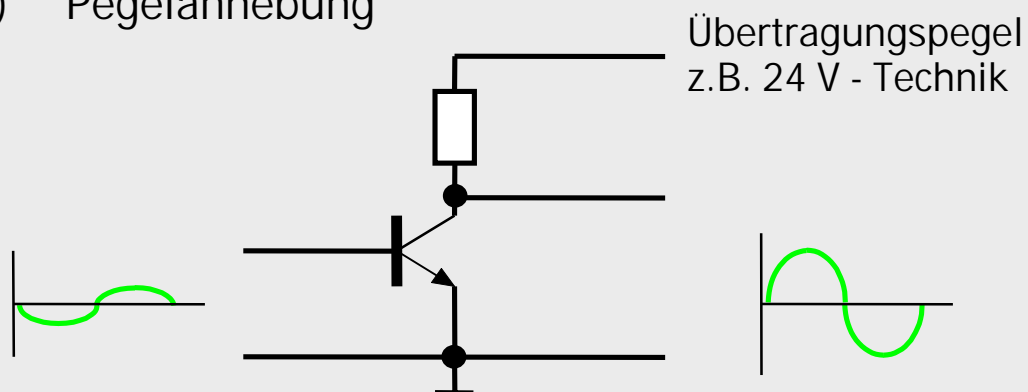


## Lösungen II

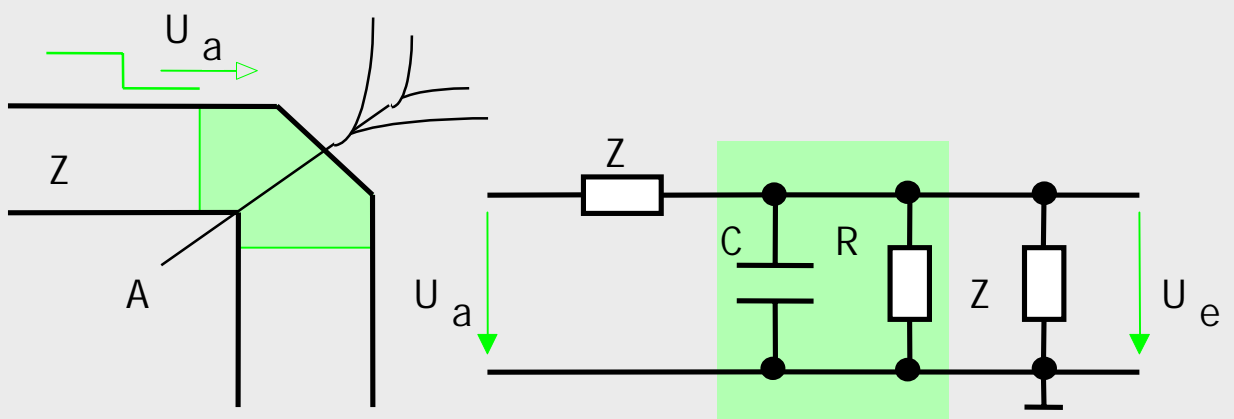
(5) digitale Filtereingänge



(6) Pegelanhebung



(7) Leiterbahnführung

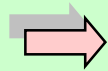


## Fazit

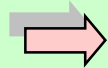
- ⇒ Die *Betriebsumgebung* muß berücksichtigt werden !
- ⇒ Mögliche Beeinflussungen müssen schon *während* der Entwicklung klassifiziert und Gegenmaßnahmen installiert werden !
- ⇒ *Nachträgliche* Änderungen sind teuer und kompliziert !

## Digitale Messwerterfassung als zukunftsweisende Technik ?

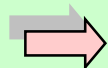
In den letzten Jahren ist die analoge Signalverarbeitung vermehrt durch Einsatz von digitaler Technik verdrängt worden.



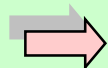
Das Abtast-Theorem



A/D-Wandler



D/A-Wandler

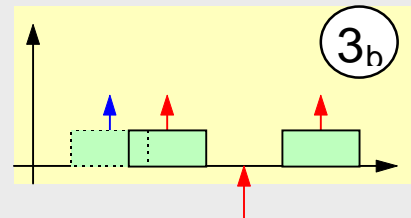
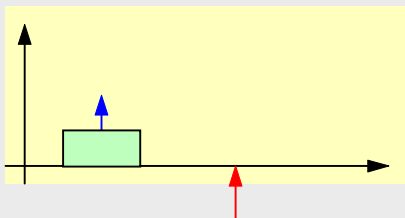
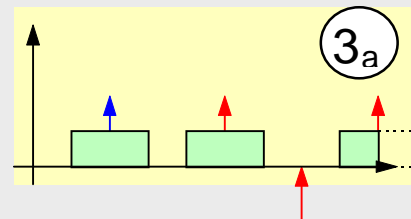
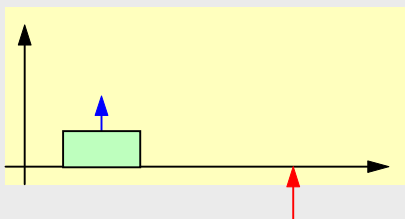
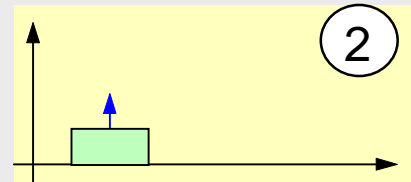
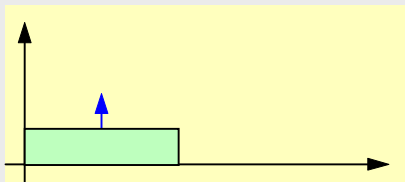
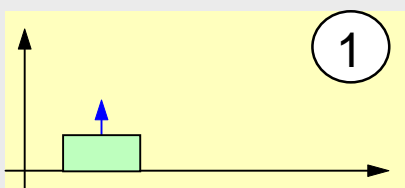
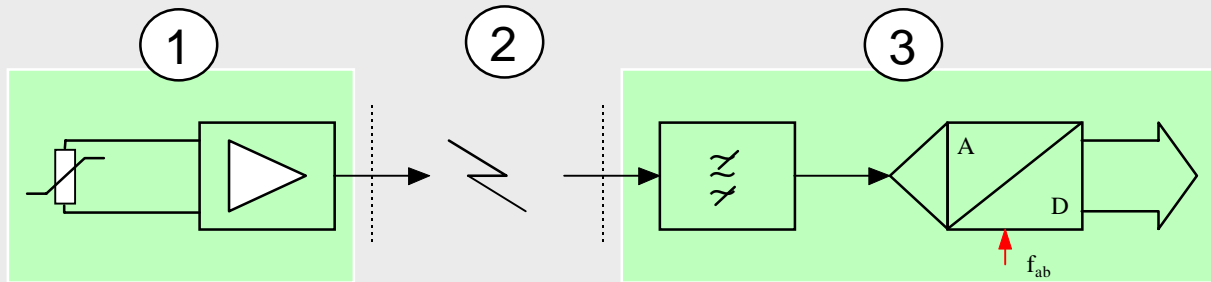


Digitale Signalprozessor

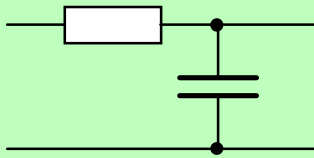
**Die Abtastfrequenz  $f_{ab}$  eines digitalen Signal-  
erfassungssystems muß mindestens doppelt  
so groß sein, wie die maximal im Signal vor-  
kommende Frequenz  $f_s$  !**

# Elektrische Messung physikalischer Größen

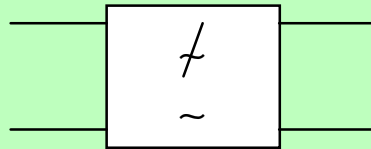
## Grundlagen und Anregungen



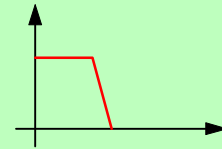
### Tiefpaß



Schaltbild

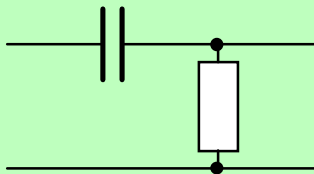


Blockbild

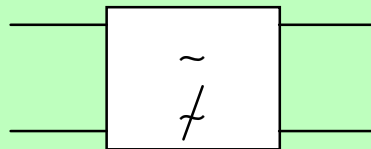


f-gang

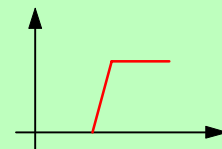
### Hochpaß



Schaltbild

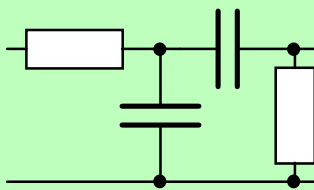


Blockbild

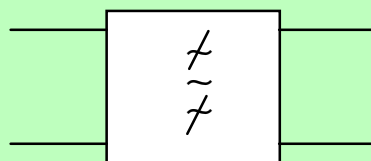


f-gang

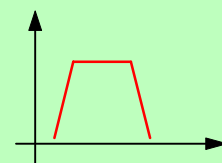
### Bandpaß



Schaltbild



Blockbild



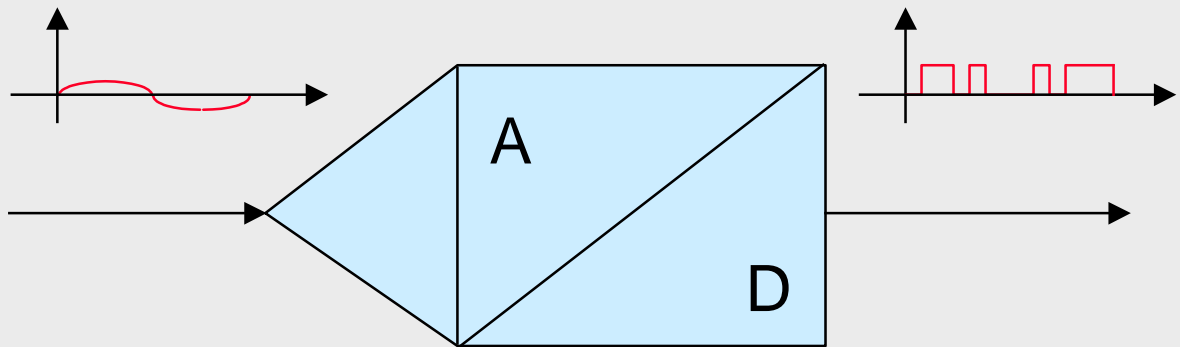
f-gang

**Bandpaß-** oder **Tiefpaßfilter** sind die wichtigsten Filterarten bei der Signalerfassung !



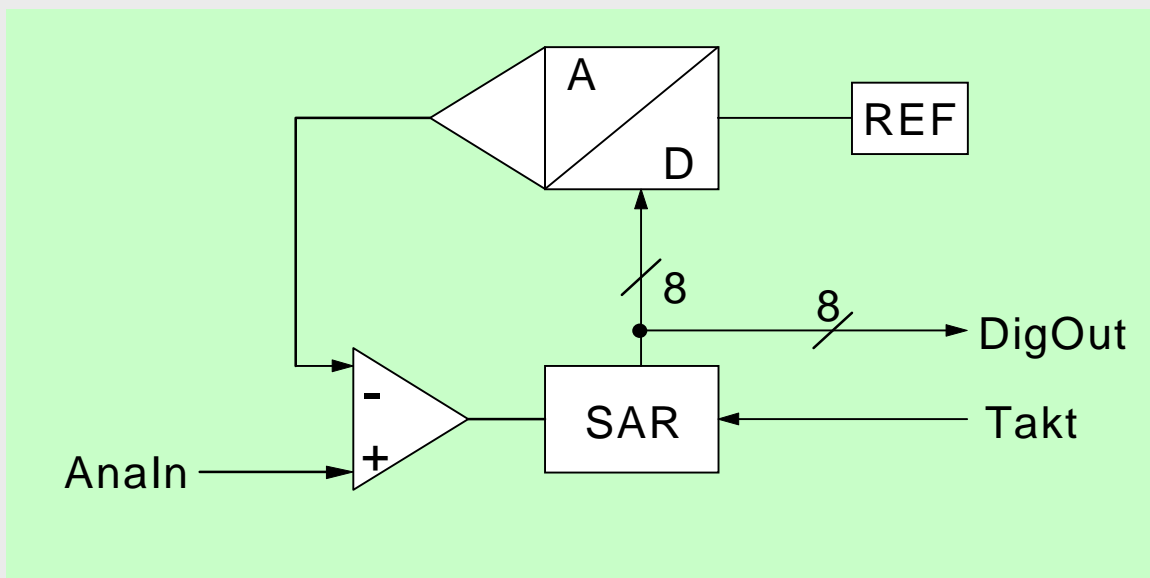
## Kenngrößen

- Auflösung *Resolution*
- Wandlungszeit *Conversion Time*
- Meßbereichsfehler *Full Scale Error*
- Fehlspannungsfehler *Gain Error/Offset Error*
- Quantisierungsfehler *Quantization Error*
- Quantisierungsrauschen *Quantization Noise*
- Signal-Rausch-Abstand *Signal to Noise Ratio*
- Linearitätsfehler *Nonlinearity*



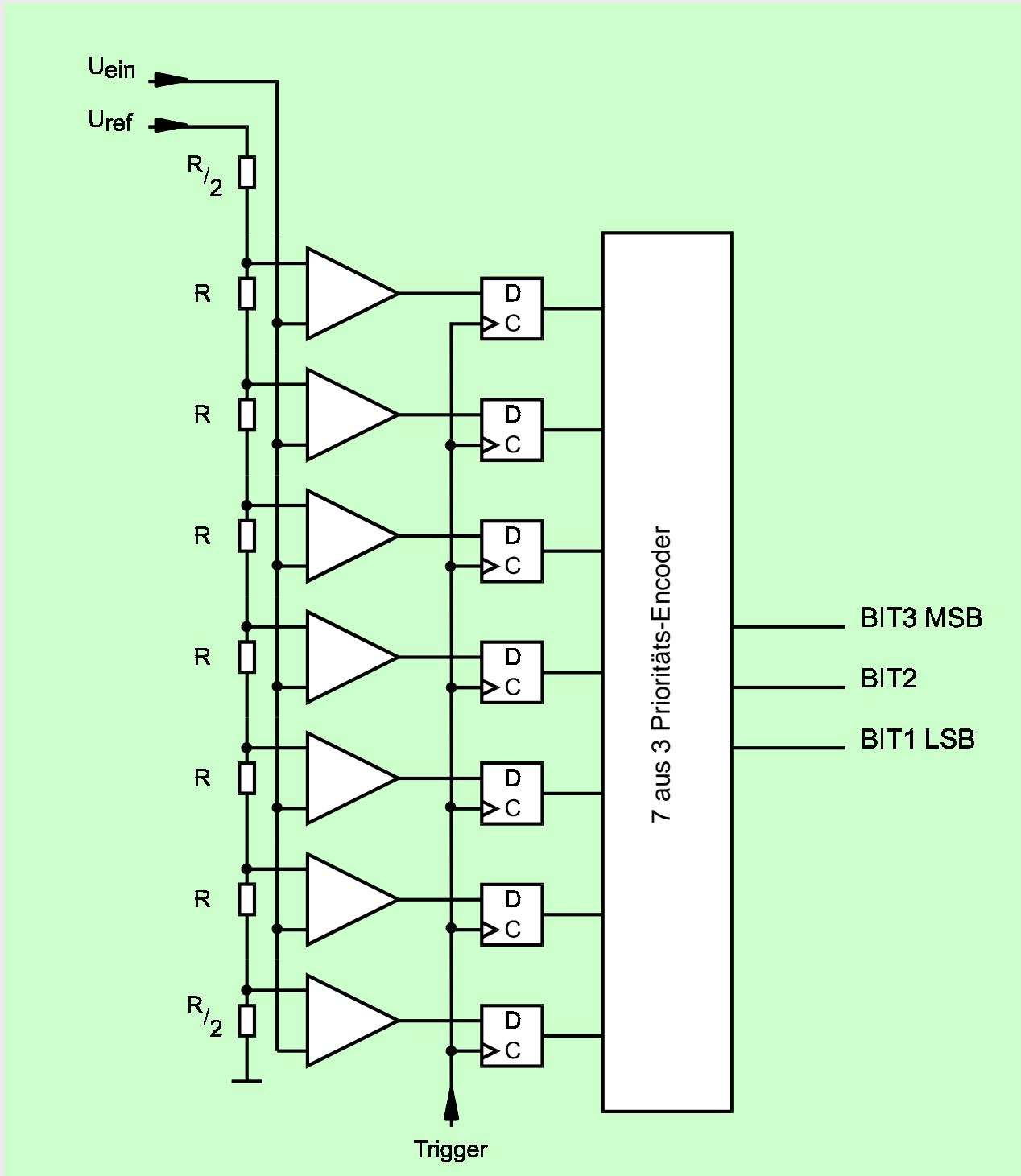
- (1) Sukzessive Approximation
- (2) Flash-Wandler
- (3) Semi-Flash-Wandler
- (4) Rampen-Wandler
- (5) Spannungs-Frequenz-Wandler
- (6) Delta-Sigma-Wandler

## Sukzessive Approximation

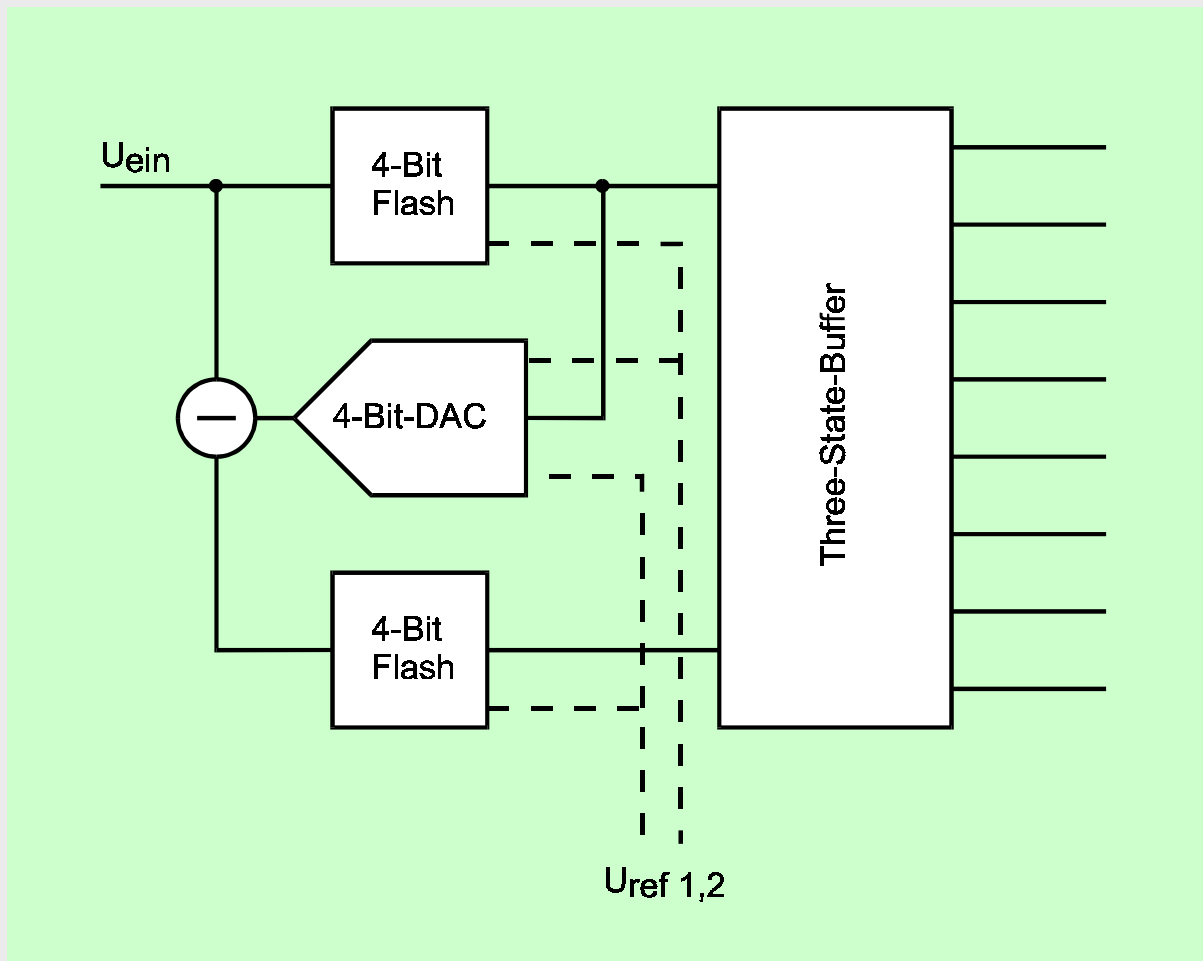


- > D/A-Wandler und Komperator
- > Takt zur Steuerung

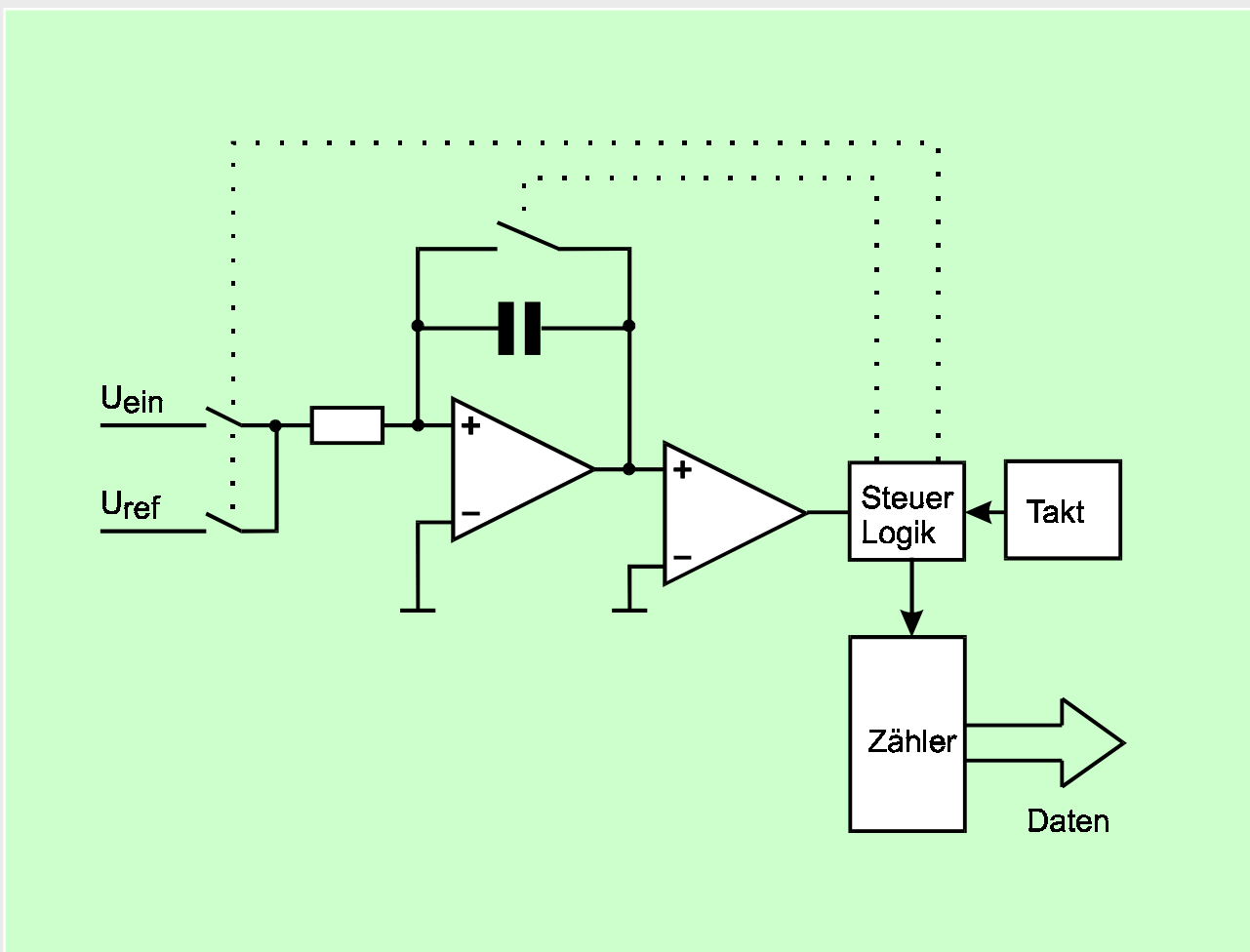
## Flash-Wandler



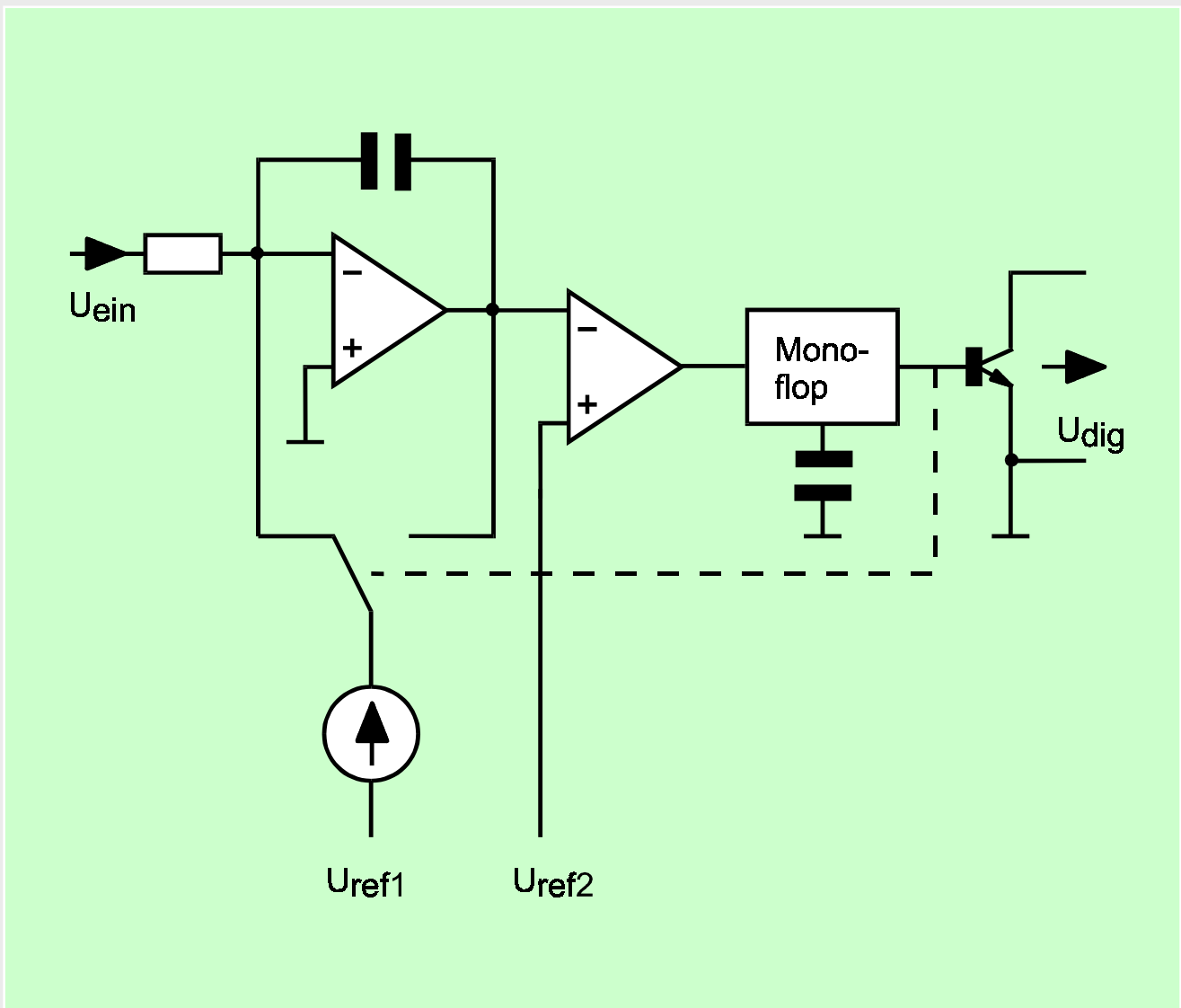
## Semi Flash-Wandler



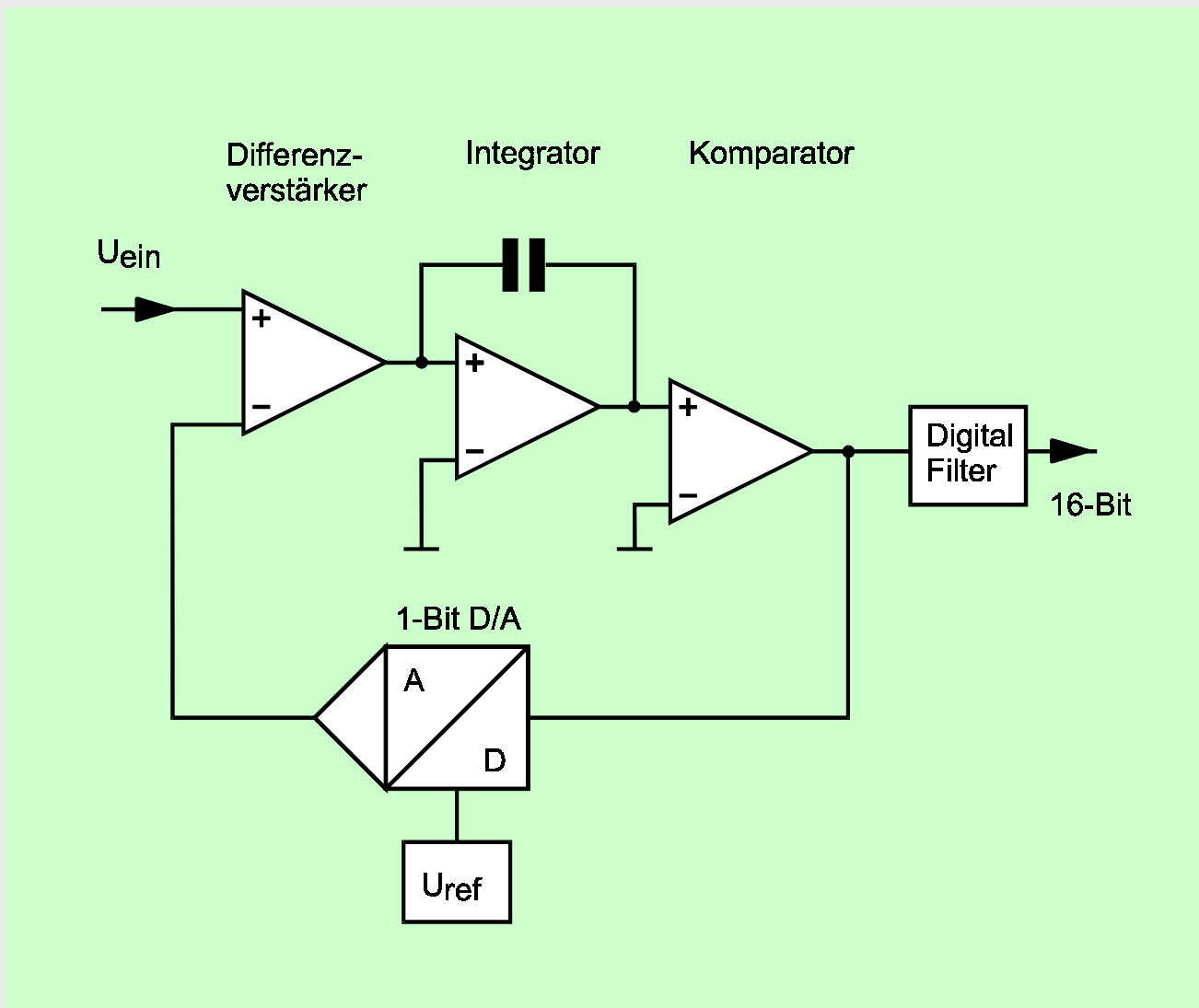
## Rampen-Wandler



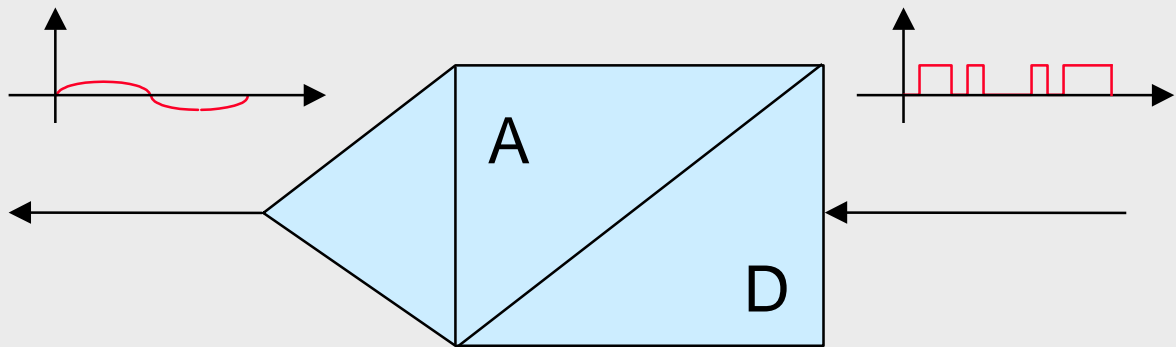
## Spannungs-Frequenz-Wandler



## Delta-Sigma-Wandler

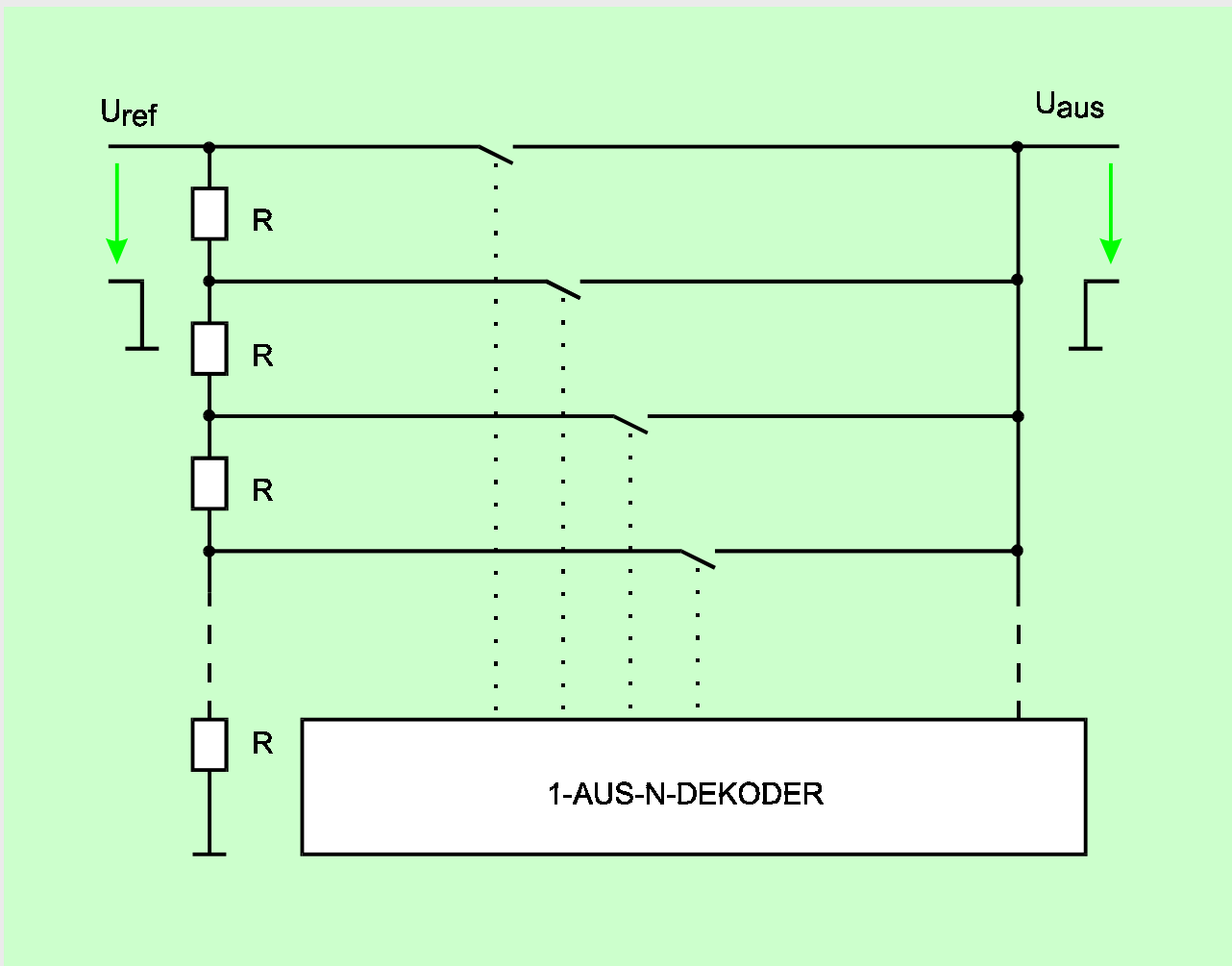




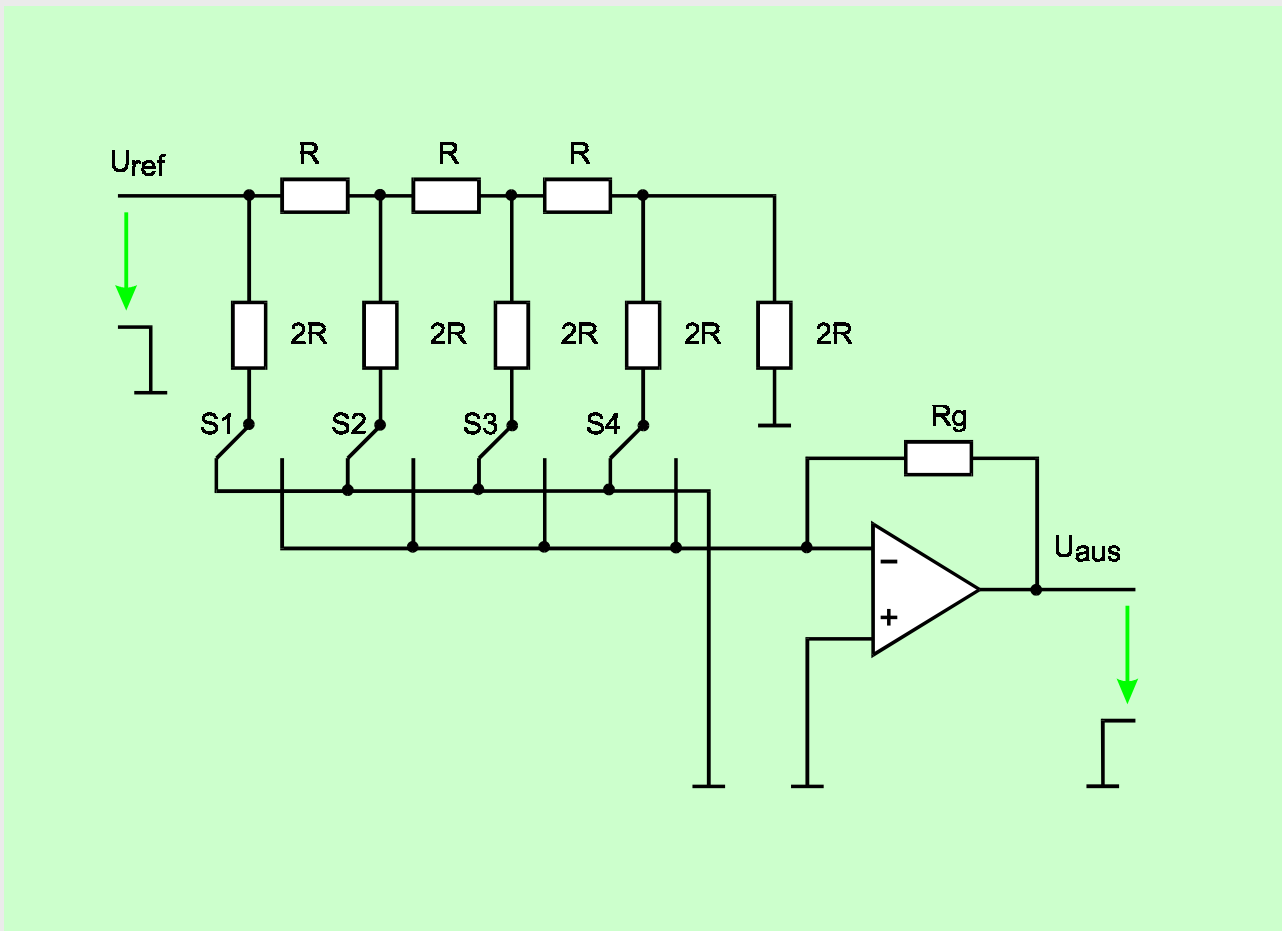


- (1) Parallelverfahren
- (2) Wägeverfahren
- (3) Zählverfahren

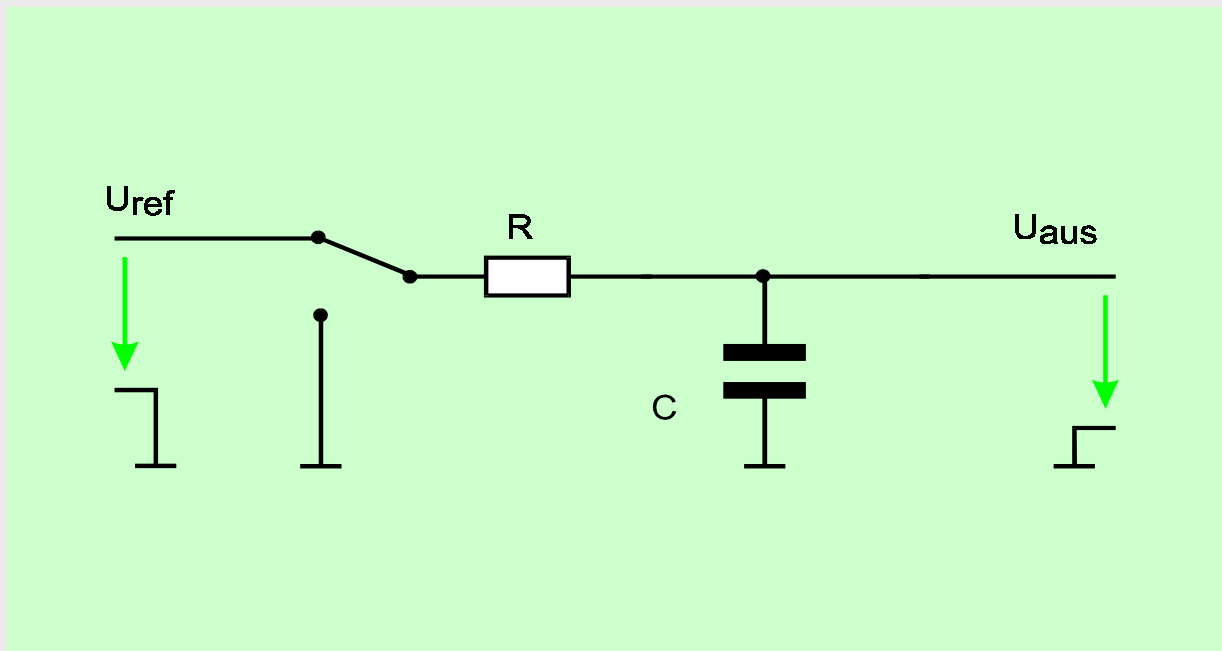
## Parallel-Verfahren

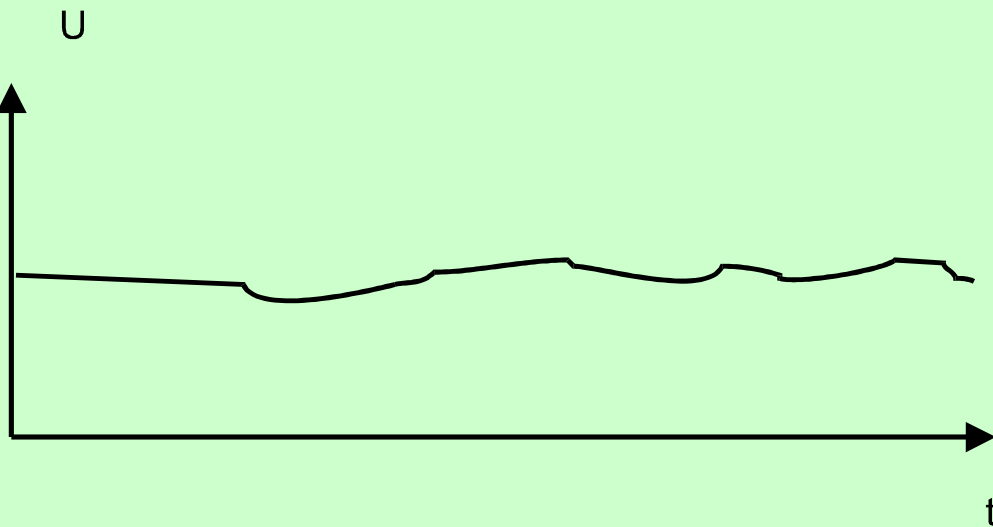


## Wägeverfahren

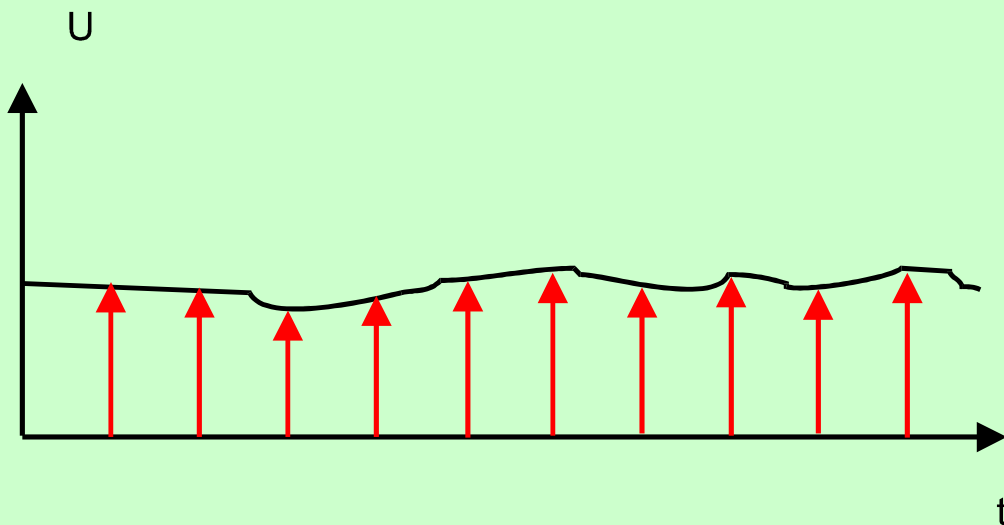


## Zählverfahren



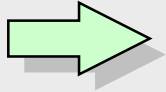


zeitkontinuierliches analoges Signal

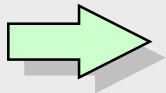


zeitdiskretes analoges Signal

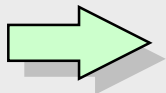
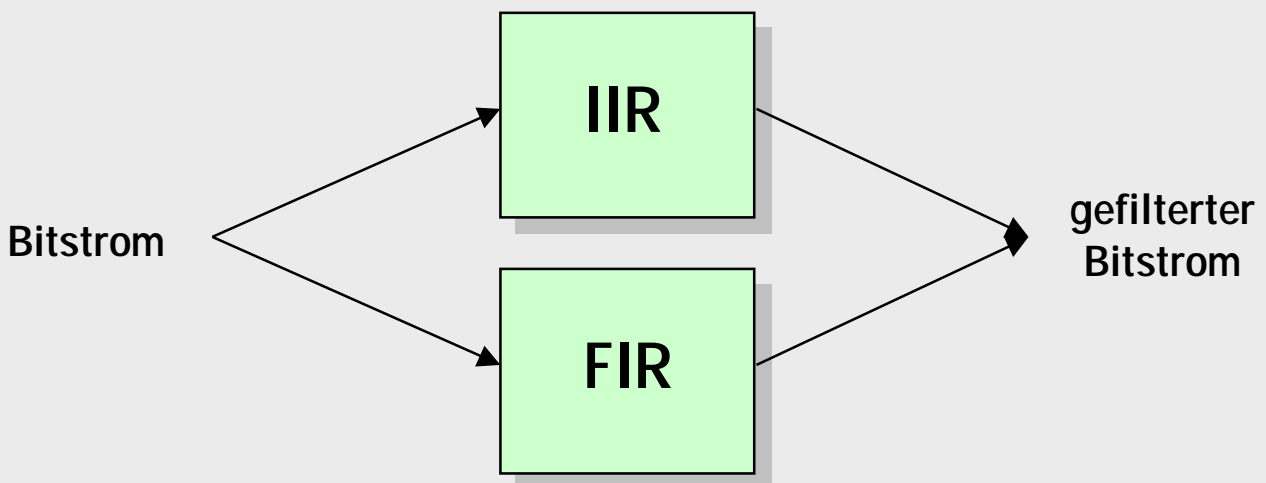
Beispiel : Wetterdaten



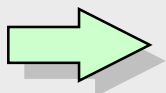
Digitalisierung des analogen Signales ohne Beachtung des Abtasttheorems



Einsatz digitaler Filter auf Softwareebene



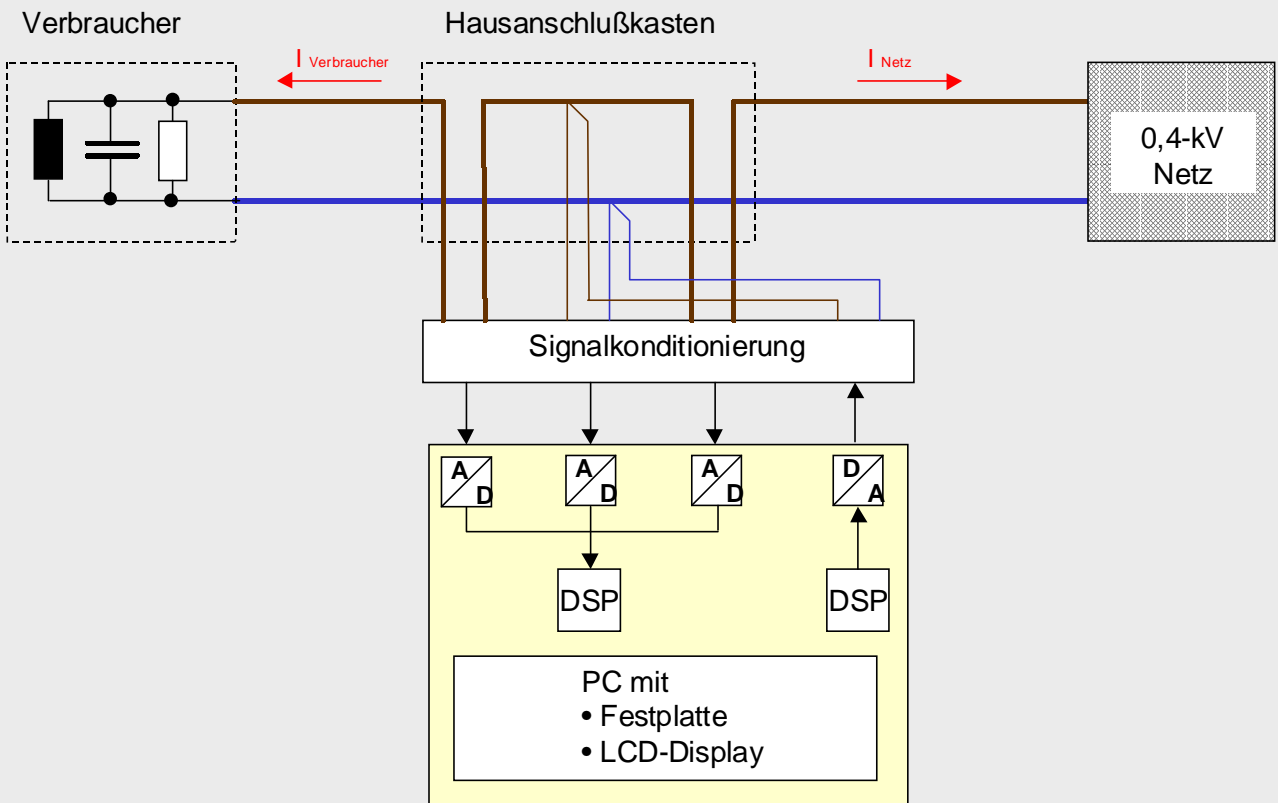
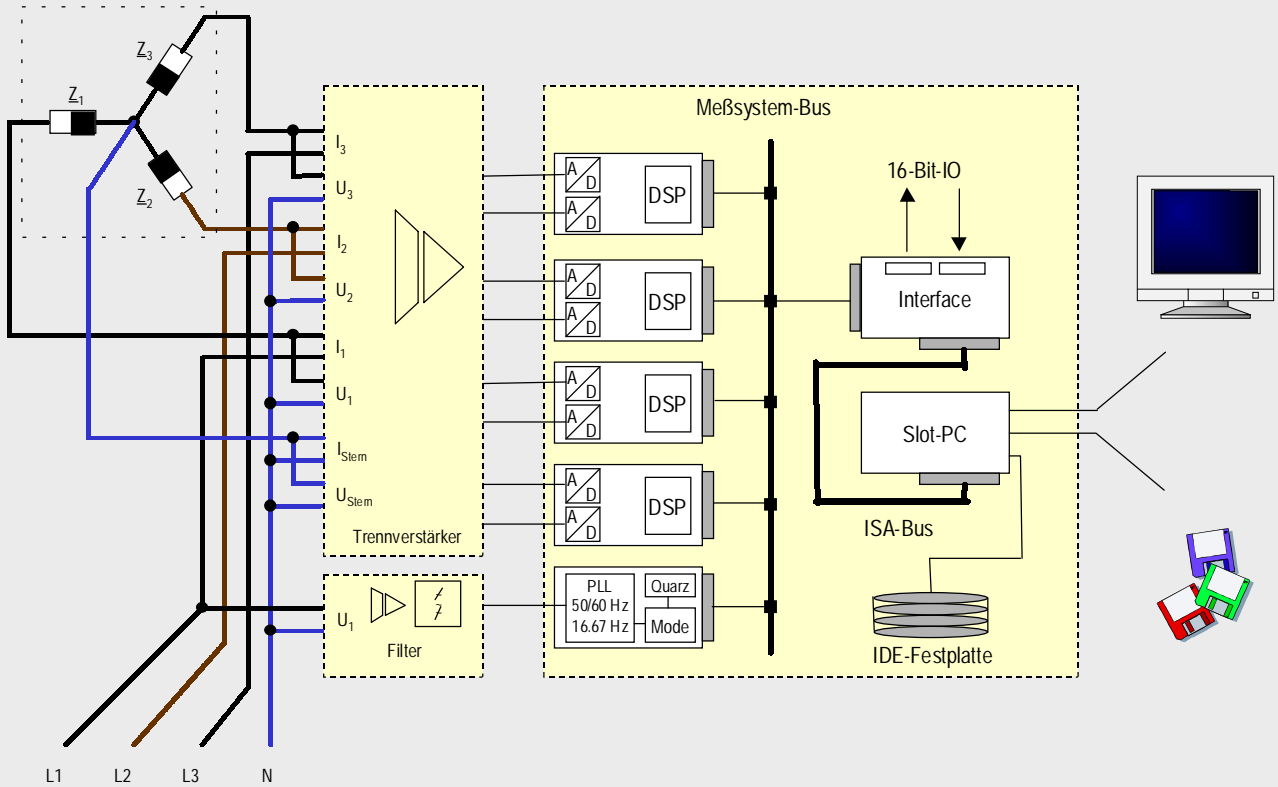
Übertragung oder Speicherung



Umsetzung von Digital auf Analog

# Elektrische Messung physikalischer Größen

## Grundlagen und Anregungen



# Elektrische Messung physikalischer Größen

## Grundlagen und Anregungen

Herr Dipl.-Ing. Thomas Wiesner studierte Elektrotechnik an der Universität Dortmund. Zur Zeit arbeitet er als wissenschaftlicher Angestellter am Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgung der Universität Dortmund tätig. Sein Forschungsgebiet umfasst die dezentrale Energieversorgung, vornehmlich mit Brennstoffzellensystemen im Verteilungsnetz. Außerdem ist er für die Hard- und Softwareentwicklung von Komponenten der Haus- und Netzleittechnik zuständig.

### Literaturliste

- |     |  |                   |
|-----|--|-------------------|
| [1] | <i>Elektromagnetische Verträglichkeit</i><br>Hüthig-Verlag       | Dirk Peier        |
| [2] | <i>Das große Werkbuch Elektronik</i><br>Franzis'-Verlag          | Dieter Nährmann   |
| [3] | <i>Elektronik ohne Ballast</i><br>Franzis'-Verlag                | Limann / Pelka    |
| [4] | <i>Halbleiter-Schaltungstechnik</i><br>Springer-Verlag           | Tietze / Schenk   |
| [5] | <i>PC-gesteuerte Meßtechnik</i><br>Markt & Technik               | Klaus Dembowski   |
| [6] | <i>Meßwerterfassung mit PC-Schnittstellen</i><br>Markt & Technik | Peter Wratil      |
| [7] | <i>Meßdatenerfassung mit PC</i><br>Franzis'-Verlag               | Bitterle / Retter |