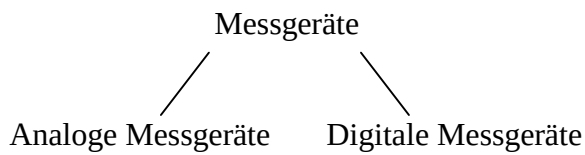
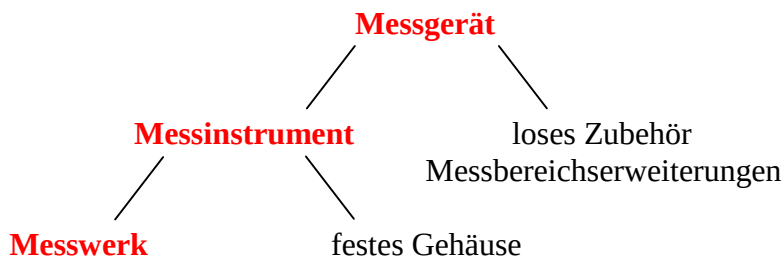


1. Elektrische Messgeräte



1.1 Analoge Messgeräte



Einige Informationen über das verwendete analoge Messgerät lassen sich über die auf der Skala abgebildeten Sinnbilder ableiten.

Messwerk:

Aktive Teile eines Zeigermessgeräts, die ein Drehmoment erzeugen. Zum Messwerk gehören auch Zeiger und Skala.



Drehspulmesswerk mit Dauermagnet



Drehspulmesswerk mit Gleichrichter



Drehpul-Quotientenmesswerk



Dreheisenmesswerk



elektrodynamisches Messwerk (eisengeschlossen)

Gebrauchslage:

Aufgrund des zugrundeliegenden mechanischen Messwerks müssen analoge Messgeräte in der angegebenen Gebrauchslage verwendet werden.



senkrechte Gebrauchslage



waagrechte Gebrauchslage



schräge Gebrauchslage (z.B. 60°)

Verwendungseignung:

Verwendungszwecke, für die das Messgerät geeignet ist.

- Gleichstrominstrument
- ~ Wechselstrominstrument
- ≈ Gleich- und Wechselstrominstrument
- ≈ Drehstrominstrument (mit einem Messwerk)

Weitere Sinnbilder:



Achtung (Gebrauchsanweisung beachten)



Prüfspannung (Stern ohne Ziffer: 500 V / Stern mit Ziffer: * kV)



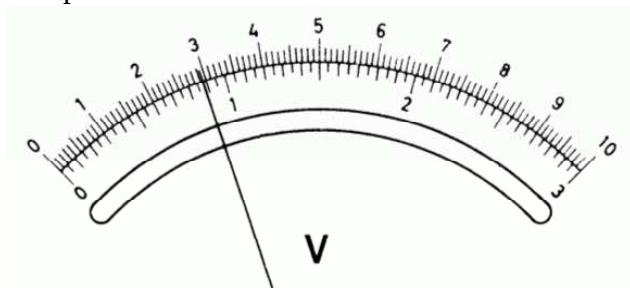
Zeigernullstellvorrichtung

Messbereich:

Über den **Messbereichswahlschalter** lassen sich unterschiedliche **Messbereichsendwerte** einstellen. Je nach Messbereichsendwert sind die entsprechende Skala zu verwenden und die Zahlen der Skala mit einem Multiplikator mal zu nehmen.

$$\text{Messwert} = \frac{\text{Messbereichsendwert}}{\text{Skalenendwert}} \cdot \text{Anzeigewert}$$

Beispiele:



Messbereichsendwert	Messbereich	Messwert
10 V	0..10 V (→ obere Skala)	2,92 V
30 V	0..30 V (→ 10 x untere Skala)	8,8 V

Genauigkeitsklasse:

Die Zahlenangabe im Bereich der Sinnbilder ist die **Genauigkeitsklasse (= Güteklasse)** des Messgerätes. Diese gibt den höchsten **absoluten Fehler** des Messgerätes in Prozent vom Messbereichsendwert an.

$$\text{Absoluter Fehler} = \frac{\text{Güteklasse} \cdot \text{Messbereichsendwert}}{100}$$

Der absolute Messfehler ist unabhängig vom aktuellen Messwert!

Beispiele:

Messbereich	Güteklasse	Absoluter Fehler
0..50 V	1	$\pm 0,5 \text{ V}$
0..150 V	2,5	$\pm 3,75 \text{ V}$

Relativer Messfehler:

Der relative Fehler ist der absolute Fehler bezogen auf den aktuellen Messwert. Er wird in Prozent angegeben.

$$\text{Relativer Fehler} = \frac{\text{Absoluter Fehler}}{\text{Messwert}} \cdot 100 \%$$

Beispiele:

Messbereich	Güteklasse	Messwert	Messergebnis	rel. Fehler
0..50 V	1	5 V	$5 \text{ V} \pm 0,5 \text{ V}$	10,0 %
0..50 V	2,5	45 V	$45 \text{ V} \pm 1,25 \text{ V}$	2,78 %
0..150 V	2,5	45 V	$45 \text{ V} \pm 3,75 \text{ V}$	8,33 %

Damit der **relative Fehler** möglichst klein gehalten wird, sollte der Messbereich so gewählt werden, dass der Zeigerausschlag etwa im letzten Drittel der Skala liegt.

Parallaxenfehler:

Da Zeiger und Skala nicht in der gleichen Ebene, sondern übereinander liegen, muss ein analoges Messgerät immer von genau senkrecht über dem Zeiger abgelesen werden.

Messen eines unbekannten Messwertes:

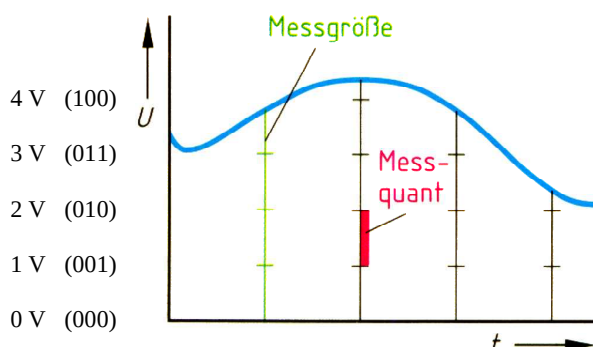
1. Höchsten Messbereich einstellen
2. Messbereich herunterschalten bis Anzeige im letzten Skalendrittel

1.2 Digitale Messgeräte

Funktionsprinzip:

Digitale Messgeräte besitzen keine Mechanik. Die analogen Messgrößen werden über einen Analog-Digital-Wandler in digitale Signale (Folgen von Nullen und Einsen) umgewandelt. Diese werden direkt in eine Ziffernanzeige umgeformt.

Prinzipdarstellung:



Das (stark vereinfachte) digitale Messgerät zeigt nacheinander bspw. folgende Werte an:

3V – 4V – 4V – 4V – 2V

Die analoge Messgröße wird also in Messquanten unterteilt.

Quantisierungsfehler:

Aufgrund der Stufigkeit der Auflösung eines digitalen Messgerätes entsteht ein Quantisierungsfehler. Das bedeutet, dass das Messgerät nur die Stufenwerte anzeigen kann. Zwischen den Stufen liegende Werte kann das Gerät nicht auflösen.

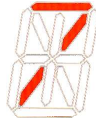
Durch Verkleinerung der Stufen und Vergrößerung der Stellenanzahl lässt sich eine Verringerung des Quantisierungsfehlers erreichen.

Digitale Anzeigen:

Die häufigst verwendeten Anzeigen setzen sich aus 7 Segment-Anzeigen zusammen. Seltener (weil teurer) sind 14 Segment-Anzeigen oder Punktmatrix-Anzeigen anzufinden.



7 Segment-Anzeige

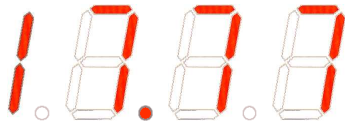


14 Segment-Anzeige



Punktmatrix-Anzeige

Viele digitale Messgeräte besitzen eine 3 ½ stellige 7 Segment-Anzeige:



Messfehler:

Neben dem Quantisierungsfehler führen Bauteiltoleranzen und äußere Einflüsse (bspw. Temperatur) zu weiteren Messfehlern. Die Messgenauigkeit digitaler Messgeräte wird in der Regel nur in der Bedienungsanleitung des Gerätes angegeben.

Beispiele:

Max. Messfehler	
Gleichspannung	$\pm (0,25 \% \text{ vom Messwert} + 1 \text{ Digit})$
Wechselspannung	$\pm (1 \% \text{ vom Messwert} + 2 \text{ Digits})$

1 Digit = Abweichung der am weitesten rechts stehenden Ziffer des angezeigten Messwertes um ± 1

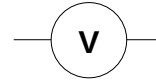
(angezeigter) Messwert	korrigierter Messwert (= Messwert $\pm 0,25 \%$ bzw. 1% vom Messwert)	Messergebnis (= korrigierter Messwert ± 1 bzw. 2 Digits)
5,00 V -	$5,00 \pm 0,0125 \text{ V}$	$5,00 \text{ V} \pm 0,0225 \text{ V}$
5,00 V ~	$5,00 \pm 0,05 \text{ V}$	$5,00 \text{ V} \pm 0,06 \text{ V}$

2.3 Analoge und digitale Messgeräte im Vergleich

	Analoge Messgeräte	Digitale Messgeräte
Messverfahren	mechanisches Messwerk	Analog-Digital-Wandlung
Anzeige	Zeiger und Skala	Ziffernanzeige
Gebrauchslagen	entweder senkrecht, waagrecht oder schräg	jede beliebige
Messfehler	Mechanische Fehler Ablesefehler (Parallaxen-)	Quantisierungsfehler Bauteiltoleranzen
Verwendung	Gleichgrößen, Wechselgrößen langsam veränderliche Größen	Gleichgrößen Wechselgrößen

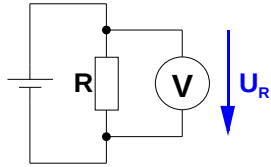
2. Spannungs- und Strommessung

Spannungen werden mit einem **Spannungsmesser (Voltmeter)** gemessen:

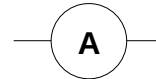


Das Voltmeter wird **parallel** zum **Messobjekt** geschaltet, das heißt

- Eingang von Messobjekt und von Spannungsmesser (+) sind verbunden
- Ausgang von Messobjekt und von Spannungsmesser (0) sind verbunden

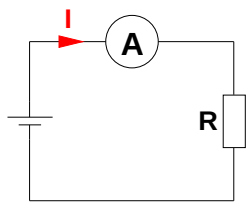


Ströme werden mit einem **Strommesser (Ampèremeter)** gemessen:



Das Ampèremeter wird **in Reihe** in den Stromkreis geschaltet, das heißt

- Die Leitung des Stromkreises muss aufgetrennt werden
- Pluspol der Spannungsquelle und Eingang des Ampèremeters (+) sind verbunden
- Ausgang der Spannungsquelle (0) und Eingang des Messobjektes sind verbunden

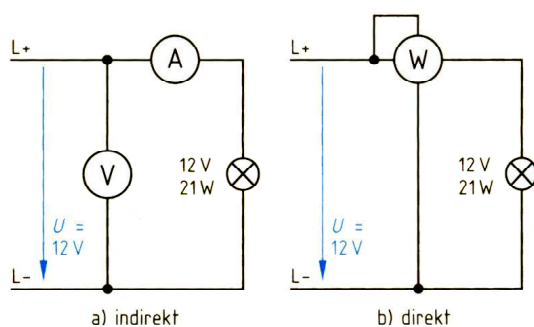


3. Leistungsmessung

Zur indirekten Leistungsmessung werden ein Voltmeter, das die Spannung am Messobjekt misst und ein Ampèremeter, das den Strom durch das Messobjekt misst, verwendet. Die durch das Messobjekt umgesetzte elektrische Leistung ergibt sich aus dem Produkt

$$P = U \cdot I.$$

Bei der direkten Leistungsmessung kommt ein **elektrodynamisches Messwerk** zur Verwendung. Dabei wird das äußere Magnetfeld durch eine im Strompfad liegende Wicklung erzeugt, während die Drehspule über einen Vorwiderstand an der Spannung liegt. Ein Leistungsmesser besitzt daher vier Anschlüsse, je zwei für die Spannungs- und die Stromspule.



Es ist zu beachten, dass eine indirekte Leistungsmessung im Wechselstromkreis die Scheinleistung S zum Ergebnis hat, wohingegen eine direkte Leistungsmessung die Wirkleistung P liefert.