

Ausbildung zum/zur
Elektroniker/in

Messen elektrischer Größen

Inhalt

Einführung	3	Teil 2: Praktische Messtechnik	9
Lernziele	3		
Teil 1: Eigenschaften und Aufbau elektrischer Messwerke	4	4. Auswahl und Einsatz von Messinstrumenten zur Messung von Strömen und Spannungen	9
1. Anschließen und Betreiben von Strom- und Spannungsmessern	4	4.1 Mehrbereichs- und Vielfach-Messinstrumente .	9
2. Arithmetischer Mittelwert, Effektivwert ..	4	4.2 Klasseneinteilung, Eigenunsicherheit	10
3. Messwerke	5	4.3 Gebrauchslage	10
3.1 Analog anzeigende Messwerke	5	4.4 Innenwiderstand des Messinstruments	11
3.1.1 Drehspulmesswerk	5	4.5 Messungen mit Strom- und Spannungsmesser .	12
3.1.2 Dreheisenmesswerk	7	4.6 Messen von Widerständen mit Multimetern	13
3.1.3 Vergleich zwischen Drehspul- und Dreheisenmesswerk	7	5. Spannungsmessungen in der Praxis	14
3.2 Digital anzeigende Messinstrumente	8	5.1 Messen von Potenzialen	14
		5.2 Spannungsmessungen in Installationsanlagen .	15
		5.2.1 Messung der Netzspannung	16
		5.2.2 „Verfolgen“ der Netzspannung	17
		5.2.3 Aufspüren von Berührungsspannungen	17
		5.2.4 Polaritätsbestimmung bei Gleichspannungsquellen	18
		6. Strommessungen in der Praxis	18
		6.1 Strommessungen an Geräten	18
		6.2 Zangenstromwandler (Stromzangen)	19
		6.3 Stromzangen für Gleichstrommessungen	21

Teil 1: Eigenschaften und Aufbau elektrischer Messwerke

1. Anschließen und Betreiben von Strom- und Spannungsmessern

Strommesser besitzen eine in Ampere (A; oder μA , mA, kA usw.) geeichte Skala bzw. Anzeigeeinrichtung. Sie müssen von dem Strom durchflossen werden, den sie anzeigen sollen. Folglich werden Strommesser stets mit dem Verbraucher in Reihe geschaltet (Bild 1).

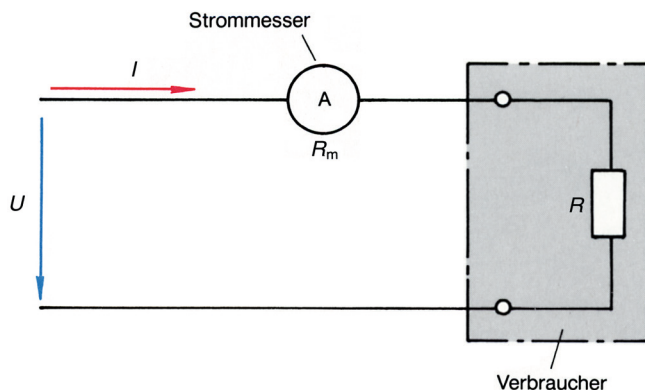


Bild 1: Strommesser (A) in Reihenschaltung mit einem Verbraucher R

Ein „idealer“ Strommesser besitzt einen Innenwiderstand mit $R_m = 0 \Omega$, damit der Verbraucherstrom durch das Hinzuschalten des Strommessers nicht gemindert wird. „ 0Ω “ sind jedoch in der Praxis nicht zu erreichen. Richtig ausgewählte Strommesser weisen aber einen Innenwiderstand auf, der sehr klein ist gegenüber dem Innenwiderstand R des jeweiligen Verbrauchers ($R_m < R$).

Spannungsmesser besitzen eine in Volt (V; oder mV, kV usw.) geeichte Skala bzw. Anzeigeeinrichtung. Sie sollen die zwischen zwei Netzanschlussklemmen herrschende oder die an den Klemmen eines Verbraucherwiderstands anliegende Spannung anzeigen. Folglich werden Spannungsmesser direkt mit den Netzanschlussklemmen verbunden oder parallel zum Verbraucher geschaltet (Bild 2).

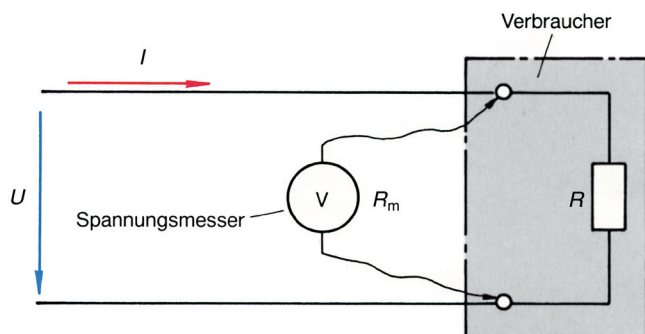


Bild 2: Spannungsmesser (V) parallel zu einem Verbraucher R

Der Innenwiderstand eines „idealen“ Spannungsmessers ist $R_m = \infty$ (unendlich), damit der Spannungsmesser die Stromaufnahme einer Schaltung nicht erhöht. Ein unendlich großer Innenwiderstand ist für die in der Installationspraxis verwendeten Messgeräte nicht zu erreichen. Spannungsmesser mit „digitaler“ Anzeige und „analog“ anzeigende Instrumente mit eingebautem Verstärker kommen dieser Forderung aber sehr nahe. Der richtig ausgewählte Spannungsmesser weist einen Innenwiderstand auf, der sehr groß ist gegenüber dem Innenwiderstand R des jeweiligen Verbrauchers ($R_m > R$).

2. Arithmetischer Mittelwert, Effektivwert

Bei Strom- und Spannungsmessungen ist zwischen dem arithmetischen Mittelwert und dem Effektivwert zu unterscheiden. Je nach Art des verwendeten Messwerktyps und/oder dessen Eichung kommt man dadurch gegebenenfalls zu unterschiedlichen Ergebnissen. Der arithmetische Mittelwert (Arithmetik, griech.: „Rechenkunst“) ist der Mittelwert, den man im täglichen Leben üblicherweise meint, wenn man vom „Mittelwert“ spricht. Er wird bekanntlich aus der Summe mehrerer Einzelwerte errechnet und ist die Einebnung der Einzelwerte auf ein gemeinsames (mittleres) Niveau. Einzelheiten zu diesem Thema werden im Rahmen des Berufsschulunterrichts i. d. R. sehr ausführlich behandelt. An dieser Stelle soll zur Klärung vorweg Folgendes erläutert werden:

Der **arithmetische Mittelwert** I_{AV} („AV“ = englisch „average“, Durchschnitt) eines Stroms erlaubt eine Aussage über dessen chemische Wirkung. Die aus einigen Flüssigkeiten in einem bestimmten Zeitabschnitt mithilfe eines Stroms ausscheidbare Stoffmenge steigt proportional mit seinem arithmetischen Mittelwert (Ladung von Akkumulatoren).

Der **Effektivwert** I (auch „quadratischer“ Mittelwert genannt) eines Stroms erlaubt eine Aussage über dessen Wärmewirkung.

Bei einem **Gleichstrom** sind arithmetischer Mittelwert und Effektivwert gleich: $I_{AV} = I$ (Bild 3).

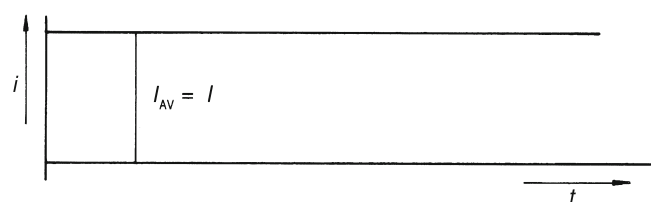


Bild 3: Arithmetischer Mittelwert I_{AV} und Effektivwert I im Liniendiagramm $i = f(t)$ eines Gleichstroms

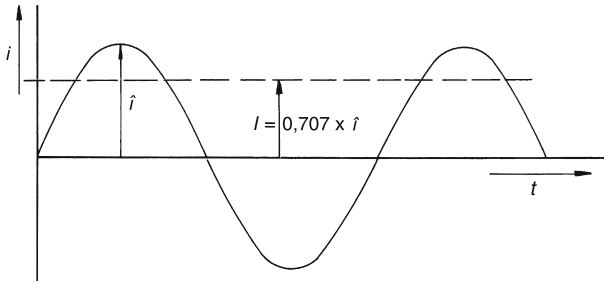


Bild 4: Spitzenwert $\hat{i}$ und Effektivwert I im Liniendiagramm $i = f(t)$ eines sinusförmigen Wechselstroms

Bei einem **Wechselstrom** ist der arithmetische Mittelwert Null: $I_{AV} = 0$. Die Summe der positiven Augenblickswerte innerhalb einer Wechselstromperiode sind hier bekanntlich gleich der Summe der negativen. Mithilfe eines Wechselstroms lassen sich darum aus Flüssigkeiten auch keine Stoffe ausscheiden. Dagegen besitzen Wechselströme durchaus eine Wärmewirkung. Der Effektivwert und damit die Wärmewirkung ist abhängig von der Form des Wechselstroms und von dessen Höchstwert i . Bei sinusförmigem Wechselstrom gilt: $I = 0,707 \times \hat{i}$ (Bild 4).



Hinweis

Messwerke, die den arithmetischen Mittelwert anzeigen, sind Gleichstrommesswerke; Messwerke, die den Effektivwert anzeigen, eignen sich sowohl für Gleichstrom- als auch für Wechselstrommessungen.

3. Messwerke

Messwerke zeigen den Wert einer Messgröße „analog“ oder „digital“ an.

Analog bedeutet so viel wie „Entsprechung“. Der Begriff wurde aus dem Griechischen abgeleitet. In der Messtechnik kennzeichnet man damit Messwerke, die eine Messgröße (z. B. einen Strom, eine Spannung usw.) zur Wahrnehmung in eine „entsprechende“ andere physikalische Größe umsetzen. Die Höhe der physikalischen Größe „Temperatur“ wird z. B. beim Quecksilber-Thermometer durch die physikalische Größe „Ausdehnungsstrecke“ der Quecksilbersäule dargestellt. In der elektrischen Analog-Messtechnik werden die Größen Strom und Spannung in eine dem Wert der Größe „entsprechend“ zurückgelegten Zeigerstrecke umgesetzt und dargestellt.

Digital bedeutet so viel wie „zifferngemäß“, abgeleitet vom lateinischen „digitus“. Bei einem elektrischen Digitalmessgerät wird die zu messende Größe durch einen elektronischen Wandler in Zahlenwerte umgesetzt und angezeigt (Analog/Digital-Wandler). Eine Variante dieses Messgerädetyps erfasst die Messgröße digital und setzt sie in aneinander gereihete Lichtpunkte oder Leuchtstreifen um, sodass der Eindruck einer Analoganzeige entsteht („quasianaloge Anzeige“).

3.1 Analog anzeigende Messwerke

Die zur Spannungsmessung in der Elektropraxis verwendeten analog anzeigenden Messwerke sind im Grunde stets Strommesser ($R_m < \infty$). Sowohl zur Strom- als auch zur Spannungsmessung kommen meist dieselben Messwerksysteme in Frage. Sie werden gegebenenfalls über Parallelwiderstände an verschiedene Strombereiche oder durch Vorwiderstände an verschiedene Spannungsbereiche angepasst (Messbereichserweiterung). Bei der „Eichung“ erhält das Instrument die jeweils erforderliche Skala. Der Zeigerausschlag wird bei den im Folgenden beschriebenen Systemen durch die magnetische Wirkung des Stroms ausgelöst.

3.1.1 Drehspulmesswerk

Den **Prinzipaufbau** des Messwerks zeigt Bild 5. Die Hauptbestandteile sind ein Dauermagnet (Permanentmagnet) mit besonders ausgebildeten Polschuhen sowie eine auf einem Aluminiumrahmen zwischen den Polschuhen drehbar angeordnete Spule (Drehspule), die von der zu messenden Größe – dem Strom – durchflossen wird. An der Drehachse der Spule ist zugleich der Zeiger befestigt. Spule und Zeiger bewegen sich – miteinander verkoppelt – frei um einen feststehenden zylindrischen Eisenkern. Der Eisenkern dient zur Verringerung des magnetischen Widerstands für die Feldlinien zwischen den Polschuhen. Er bewirkt in erheblichem Maße die hohe Empfindlichkeit des Messwerks. Die Form der Polschuhe und des Eisenkerns sind so aufeinander abgestimmt, dass im Luftspalt ein weitgehend gleichförmiges (homogenes) Feld vorhanden ist. Die Stromzuführung zur Spule erfolgt über zwei Spiralfedern, die den Zeiger im stromlosen Zustand zugleich in seiner Nulllage halten. Die Federn liefern damit ein mit zunehmendem Zeigerausschlag stärker werdendes Gegendrehmoment.

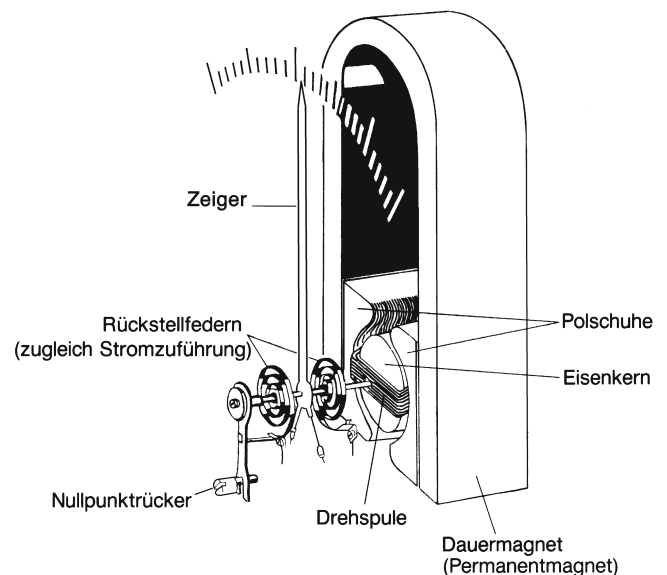


Bild 5: Prinzipaufbau eines Drehspulmesswerks (Außenmagnetmesswerk) – (nach Unterlagen der Fa. Hartmann & Braun)

Die **Funktion** des Drehspulmesswerks soll anhand der Bilder 6 und 7 beschrieben werden. Das Messwerk nutzt die magnetische Stromwirkung.

Bild 6 zeigt den Verlauf der magnetischen Feldlinien des Permanentmagneten innerhalb des Luftspaltes, wenn die Drehspule nicht vom Messstrom durchflossen wird. Die Feldlinien nehmen den jeweils kürzesten (geraden) Weg zum Weicheisenkern. Wird die Drehspule von einem Gleichstrom durchflossen, so werden auf die Leiter der Drehspule nach dem Motorprinzip tangentielle Kräfte ausgeübt. Diese drehen die Spule so weit, bis sich ein Gleichgewichtszustand mit dem Rückstellmoment der Spiralfeder einstellt (Bild 7).

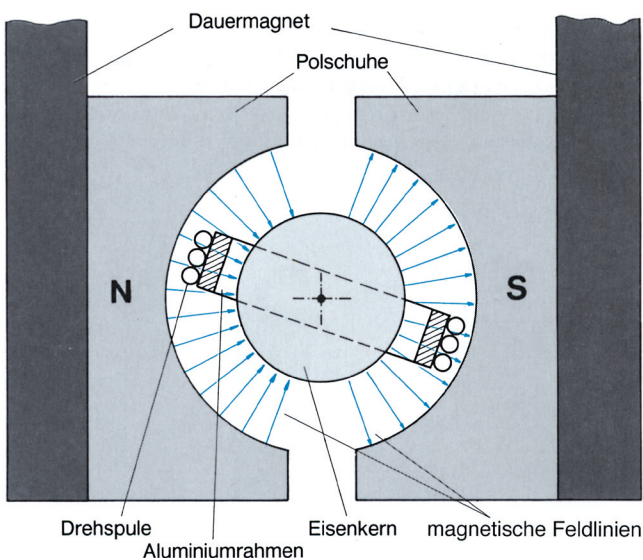


Bild 6: Magnetische Feldlinien des Dauermagneten im Luftspalt eines stromlosen Drehspulmesswerks

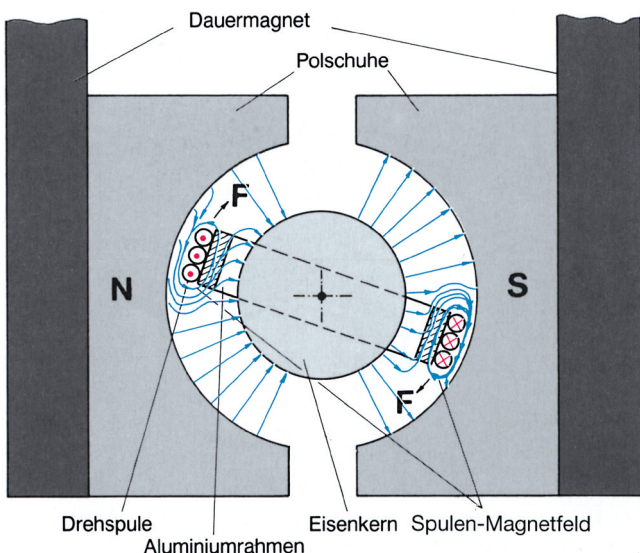


Bild 7: Magnetische Feldlinien im Luftspalt eines Strom-führenden Drehspulmesswerks und Entstehung der Auslenkkraft „F“

Der Zeigerausschlag des Drehspulmesswerks ist stets dem arithmetischen Stromwert I_{AV} proportional. Wird die Spule von sinusförmigem Wechselstrom durchflossen, kommt es darum zu keinem Ausschlag. Wird eine Wechselstrommessung jedoch über in das Instrument eingebaute Gleichrichter (Bild 8) vorgenommen, kann die Skala auch auf Effektivwerte geeicht sein.

Die Effektivwertanzeige gilt dann jedoch nur für sinusförmige Ströme. Für Ströme mit anderer Kurvenform ist eine Messabweichung zu erwarten, die umso größer wird, je stärker die Abweichung von der idealen Sinuskurve ist.

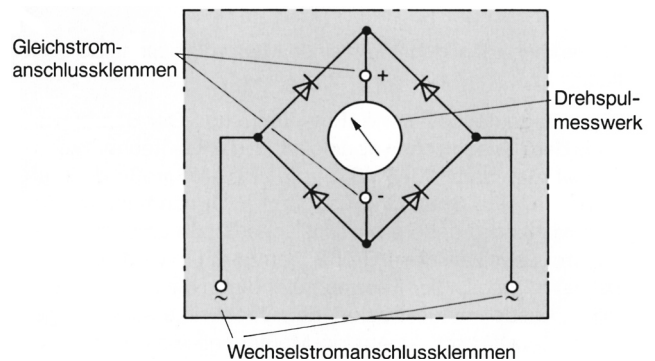


Bild 8: Schaltung eines Drehspulmesswerks mit Gleichrichter zur Messung von Wechselströmen und -spannungen

Eine andere Möglichkeit, mithilfe eines Drehspulmesswerkes Effektivwerte zu bestimmen, ist die indirekte Messung über einen Thermoumformer (Thermoelement mit Heizdraht, Bild 9). Die in dem Thermoelement erzeugte (Gleich-)Spannung ist der Stromwärme – und damit dem Stromeffektivwert – proportional.

Der mit der Spule gekoppelte Zeiger schlägt entsprechend aus. Eine Stromrichtungsumkehr in der Spule hat eine entgegengesetzte Richtung des Zeigerausschlags zur Folge.

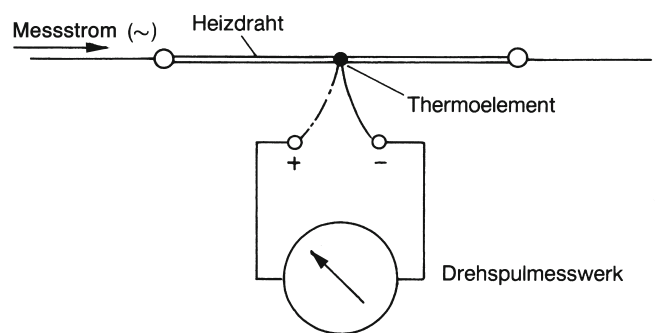


Bild 9: Drehspulmesswerk mit Thermoelement zur Effektivwertmessung von Wechselströmen

Pause

„Hier ist eine Arbeitsunterbrechung sinnvoll möglich“