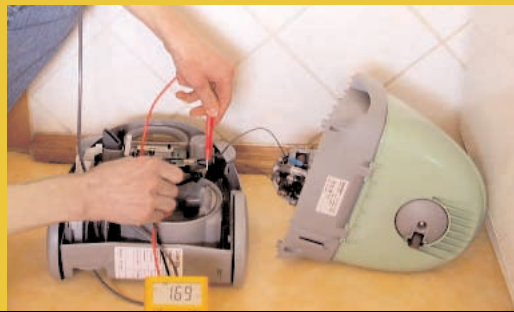


Frank Sichla

Richtig messen und prüfen in Haushalt, Hobby und Auto



Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

- ▶ Mit dem Multimeter Fehler finden
- ▶ Das Multimeter als Universalwerkzeug
- ▶ Moderne Messgeräte in der Praxis

Inhaltsverzeichnis

1	Elektrische Grundlagen	9
1.1	Spannung	10
1.2	Strom	11
1.3	Widerstand und Ohmsches Gesetz	12
1.5	Elektrische Leistung	13
1.4	Von Pico bis Giga: Vorsatzzeichen bei Maßeinheiten	13
1.6	Wechselspannung	14
1.7	Wichtige elektronische Bauteile	17
2	Sicherheit geht vor	19
2.1	Auf spannungsfestes Multimeter achten	21
2.2	Messleitungen korrekt anschließen	23
3	Tipps zum Kauf eines Multimeters	25
3.1	Analoge Messgeräte	26
3.2	Digitale Messgeräte haben die Nase vorn	28
4	Richtig messen leicht gemacht	31
4.1	Messfehler vermeiden	32
4.2	Spannung messen	34
4.3	Strom messen	36
4.4	Widerstände und Kondensatoren prüfen	38
4.5	Durchgangstest prüft Verbindung	40
4.6	Dioden und Transistoren testen	41
4.7	Trafos und Kontaktbauelemente	42
4.8	Wichtige Anwendertipps auf einen Blick	43
5	Strom komfortabel ohne Berührung messen	45
5.1	Wechselstrom-Zangen-Amperemeter	46
5.2	Allstrom-Zangen-Amperemeter	47
5.3	Stromzangen-Multimeter für maximalen Messkomfort	48
5.4	Messgrenzen der Stromzange	49

Inhaltsverzeichnis

6	Defekte Haushaltsgeräte reparieren	51
6.2	Gerätesicherung prüfen	52
6.1	Zuerst Netzstecker aus Steckdose ziehen	52
6.3	Durch Strommessung zum Fehler	53
6.4	Unterschiedlichste Lampen prüfen	54
6.5	Heizwendeln im Fön oder elektrischen Wärmeofen	57
6.6	Haushaltsgeräte mit Motoren	58
6.7	Fehlersuche bei Kleingeräten	60
6.8	Verlängerungskabel und Steckdosenleiste prüfen	62
6.10	VDE-Prüfzeichen	64
6.9	Sicherheitsniveaus elektrischer Geräte	64
7	Die Elektroinstallation im Griff haben	65
7.1	Die einzelnen Leitungen im Stromkabel	67
7.2	Unterschiedliche Sicherungen	69
7.3	Netzspannung richtig messen	70
7.4	Der Fehlerstrom-Schutzschalter spricht an: Was tun?	72
7.5	Eine Sicherung reagiert: Vorgehen bei der Fehlersuche	73
7.6	Kleinspannungen messen	74
8	Auto, Caravan und Boot unter die Lupe nehmen	75
8.1	Betriebsspannung sicher messen	76
8.2	Die Autobatterie	77
8.3	Batterie mit Sonnenstrom aufladen	79
8.4	Spannungswandler	80
8.5	Tipps für den Autobastler	81
8.6	Leitungsfarben im Auto informieren über Verwendungszweck	83
8.7	Motor und Akku im Elektroboot	84
9	Defekte elektronische Geräte reparieren	85
9.1	Stromversorgung bei eingebautem Trafo prüfen	86
9.2	Steckernetzteil auf korrekte Spannung testen	89
9.3	Fehlersuche bei Batterien oder Akkus	91

Inhaltsverzeichnis

9.4	Die elektronische Schaltung auf Fehler prüfen	92
9.5	Kopfhörer und Lautsprecherboxen checken	94
10	Batterien und Akkus auf dem Prüfstand	95
10.1	Alkali-Mangan- und Zink-Kohle-Batterien	96
10.2	Lithiumbatterien	98
10.3	Silberoxydbatterien für Armbanduhr und Fotoapparat	99
10.4	Zink-Luft-Batterien für Hörgeräte	100
10.5	Günstige Batterien so gut wie teure?	101
10.6	AccuCell ersetzt Einwegbatterie	102
10.7	Bleiakku als Autobatterie	104
10.8	Bleigelakkus für hohe Ströme	106
10.9	Nickel-Cadmium- und Nickel-Metall-Hydrid-Akkus	107
10.10	Lithium-Ionen-Akkus speichern lange Strom	108
11	Solarstrom mit Multimeter optimal nutzen	109
11.1	Wie erzeugt die Solarzelle den Strom?	112
11.2	Kristalline Solarzellenmodule	113
11.3	Unterschiedliche Solarmodule auf Leistung prüfen	115
11.4	Amorphe Dünnschichtzellen	116
12	Ausflug in die Hobbyelektronik	117
12.1	Bausätze sind Trumpf	118
12.2	Optimierte Fehlersuche bei elektronischen Schaltungen	119
13	Mit dem PC Messergebnisse automatisch auswerten	123
13.1	PC-Multimeter	124
13.2	Computer-Messkarten für unterschiedlichste Anwendungen	126
	Stichwortverzeichnis	127

1 Elektrische Grundlagen

Bevor es ans Messen und Prüfen von elektrischen Geräten in Haushalt, Hobby und Auto geht, muss man sich mit einigen Grundbegriffen der Elektrotechnik anfreunden: elektrische Spannung, elektrischer Strom, Widerstand und Leistung. Obwohl diese Begriffe längst die Welt der Fachleute verlassen haben, hat doch so mancher Schwierigkeiten, sie zu erklären und damit umzugehen. Dieses Buch beschreibt deshalb zunächst genau diese Grundlagen – denn sie sind die Voraussetzung für richtiges Messen in der Praxis.

1.1 Spannung

Negative Ladungsträger, sogenannte Elektronen, kann man von ihren Atomen trennen, so dass sich zwei Pole mit unterschiedlichen Ladungen bilden. Man spricht auch von einer elektrischen Spannung, die den Unterschied dieser Ladungen zwischen den beiden Polen angibt. Spannungsquellen besitzen deshalb immer zwei Pole mit unterschiedlichen Ladungen. Ein Beispiel ist die Steckdose in der Wohnung, an der eine Spannung von 230 Volt (V) anliegt. Wie bei einem Bogen, der gespannt wurde, steht auch an der Steckdose potenzielle Energie bereit. Die elektrische Spannung ist quasi der Druck zwischen beiden Polen. Sie ist die Voraussetzung, dass elektrischer Strom fließen kann, wenn man einen Stromverbraucher daran anschließt. Man kann sich eine Spannungsquelle am besten als Wassergefäß nach Abb. 1.1 vorstellen. In Elektrotechnik und Elektronik treten Spannungswerte zwischen einigen Millivolt und mehreren hundert Volt auf. Milli bedeutet dabei 10^{-3} . Ein Millivolt ist deshalb ein Tausendstel Volt. Ein Multimeter kann meist alle Span-

nungen genau anzeigen, die in der Praxis anzutreffen sind. Techniker sprechen bei der Bezeichnung Milli auch von einem Vorsatzzeichen.

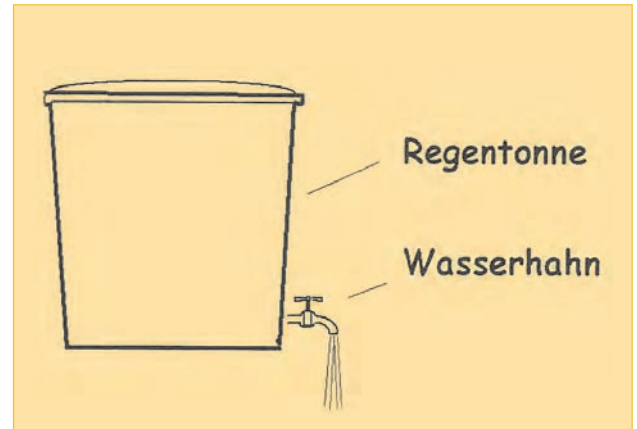


Abb. 1.1 – Eine elektrische Spannungsquelle gleicht einem Wassergefäß.

1.2 Strom

Schließt man an die beiden Pole einer Spannungsquelle einen Stromverbraucher an, fließt ein elektrischer Strom, weil sich die Elektronen oder negativen Ladungsträger bewegen. Der elektrische Strom verhält sich nach Abb. 1.2 wie Wasser in einer Leitung: So wie durch die beiden Schläuche eine bestimmte Menge Wasser fließt, fließen durch jeden metallischen Leiter eine bestimmte Anzahl von Elektronen pro Sekunde. Diese elektrische Stromstärke wird in Ampere (A) angegeben. In Elektrotechnik und Elektronik treten meist Ströme zwischen einigen Mikroampere (μA) und mehreren Ampere auf. Mikro heißt dabei 10^{-6} , so dass $1 \mu\text{A}$ ein Millionstel Ampere ist. Ein Multimeter kann Ströme bis 1 A oder noch größer korrekt erfassen. Da die Elektronen negativ geladen sind, bewegen sie sich außerhalb der Spannungsquelle vom Minus- zum Plus-Pol (Abb. 1.3). Man spricht dabei auch von der physikalischen Stromrichtung. Bei ihrer Bewegung erzeugen sie ein Magnetfeld, dessen Stärke mit der Stromstärke zunimmt (Abb. 1.4). Dieser Elektromagnetismus wird in der Elektrotechnik genutzt.

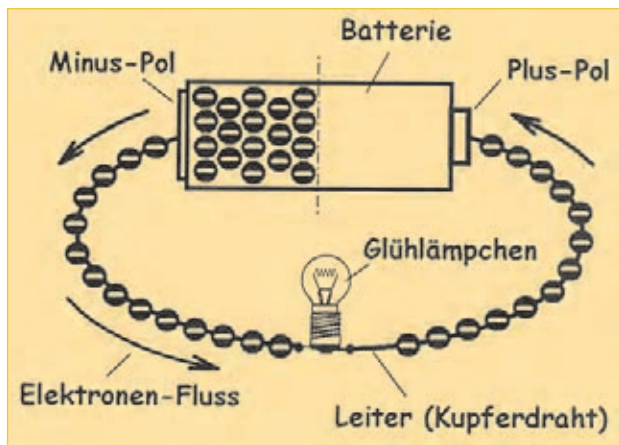


Abb. 1.3 – Die Elektronen fließen vom Minus- zum Plus-Pol.

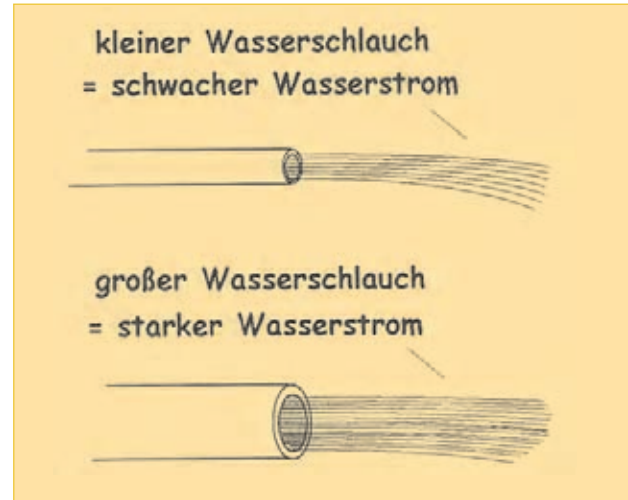


Abb. 1.2 – So wie durch die beiden Schläuche eine bestimmte Menge Wasser fließt, fließt durch jeden metallischen Leiter eine bestimmte Anzahl von Elektronen pro Sekunde. Man spricht dabei von der Stromstärke, die in Ampere angegeben wird.



Abb. 1.4 – Strom von 1 A kann eine Kompassnadel durch sein Magnetfeld ablenken, wenn man das stromdurchflossene Kabel mehrmals um den Kompass wickelt.

1.3 Widerstand und Ohmsches Gesetz

Kein Metall ist ein idealer Leiter, sondern besitzt einen Widerstand. Wenn ein Strom fließt, kommen deshalb die Elektronen nie ganz ungehindert voran. Bestimmte Materialien, wie beispielsweise Kohle, sind weder ein guter elektrischer Leiter noch ein Isolator, der keinen Stromfluss mehr zulässt. Die Techniker nennen sie deshalb Widerstandsmaterialien und stellen daraus Bauelemente her, die Widerstände heißen. Dabei gelten folgende Zusammenhänge: Je kleiner der Stromfluss (I), desto größer ist der Widerstand (R), und je größer die Spannung (U) wird, umso größer ist auch der Strom (I), der fließen kann. Man spricht dabei vom Ohmschen Gesetz, das Georg Simon Ohm entdeckt hatte. Dieses Gesetz drückt man in folgender Formel aus: $U = R \times I$. Der elektrische Widerstand wird in der Maßeinheit Ohm (Ω) angegeben. Jedes elektronische Multimeter kann Widerstände von wenigen Ohm über viele Kiloohm ($k\Omega$) bis zu zwei Megaohm ($M\Omega$) messen. Kilo steht dabei für 10^3 , Mega für 10^6 . Ein Kiloohm sind deshalb 1.000 Ohm, ein Megaohm entspricht einer Million Ohm.

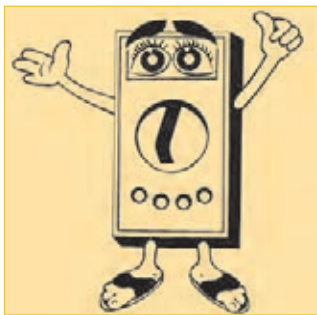
Wann braucht man das Ohmsche Gesetz beim Messen?

Wenn sich nicht alle drei Werte – also Spannung, Strom und Widerstand – einfach messen lassen. Wenn Spannung und Widerstand bekannt sind und deshalb der Strom auszurechnen ist, lässt sich die Formel in $I = U / R$ umstellen. Ist dagegen der Widerstand der gesuchte Wert, gilt $R = U / I$. Das hört sich an dieser Stelle theoretischer an als es in der Praxis ist. Wir kommen später anhand von vielen Beispielen auf diese Formel zurück, so dass auch der mathematisch unbedarfte Leser das Ohmsche Gesetz erfolgreich anwenden kann. Vor allem, wenn man den Strom bestimmen möchte, der in einer Leitung fließt, leistet das Ohmsche Gesetz wertvolle Dienste. Das Kapitel 4 *Richtig messen leicht gemacht* informiert im Abschnitt *Messen ohne Leitung auftrennen* darüber ausführlich.

1.4 Von Pico bis Giga: Vorsatzzeichen bei Maßeinheiten

Wie bei Spannung, Strom und Widerstand beschrieben, gibt es verschiedene Vorsatzzeichen, die vor den Maßeinheiten Volt, Ampere oder Ohm stehen. Gleiches gilt für Kapazitäten bei Kondensatoren, die meist in Nano- oder Picofarad angegeben sind. Die Vorsatzzeichen sind erforderlich, weil in der Praxis die

Messwerte meist zu groß oder zu klein sind, um allein mit der Grundmaßeinheit auszukommen. Die folgende Tabelle informiert über alle Vorsatzzeichen, die es in der Elektrotechnik gibt. Man muss bei jeder Messung darauf achten, ob in der Messbereichsangabe des Multimeters ein Vorsatzzeichen steht oder nicht.



Vorsatzzeichen bei Maßeinheiten		
Giga (G)	10^9	Faktor 1.000.000.000
Mega (M)	10^6	Faktor 1.000.000
Kilo (k)	10^3	Faktor 1000
Milli (m)	10^{-3}	Faktor 0,001
Mikro (μ)	10^{-6}	Faktor 0,000.001
Nano (n)	10^{-9}	Faktor 0,000.000.001
Pico (p)	10^{-12}	Faktor 0,000.000.000.001

1.5 Elektrische Leistung

Die Leistung (P) ist in der Elektrotechnik die Energie, die ein elektrisches Gerät benötigt, um zu funktionieren. Sie ist das Produkt aus elektrischer Spannung und Stromstärke und wird in Erinnerung an den Dampfmaschinen-Konstrukteur in Watt (W) angegeben. Die

Kurzbezeichnung P steht für das englische Wort power. Es gilt folgende Formel: $P = U \times I$. Ein Beispiel: Eine Spannung (U) von 230 V und eine Stromstärke (I) von 0,2 A ergeben eine Leistung (P) von 46 W. Gleiches gilt für eine Spannung von 23 V und eine Stromstärke von 2 A.

1.6 Wechselspannung

Bei elektrischen Spannungen muss man zwischen Gleichspannungen mit einem Plus- und einem Minus-Pol und Wechselspannungen unterscheiden. Eine Wechselspannung liegt zum Beispiel in der Steckdose des Wohnzimmers vor. Gegenüber dem Gleichstrom besitzt der Wechselstrom zwei Vorteile: Er lässt sich einfacher produzieren und mit einem Trafo hoch- oder heruntertransformieren. Das ist für den verlustarmen Transport des Stroms über große Entfernungen wichtig. Die Wechselspannung in der Wohnzimmersteckdose ist mit 230 V deshalb gefährlich hoch, weil so die Kabel den Strom mit wenigen Verlusten weiterleiten. Um Strom über viele Kilometer verlustarm zu transportieren, verwenden die Energie-

versorgungsunternehmen sogar mehrere hundert Kilovolt Wechselspannung. Man spricht dabei auch von Hochspannung.

Kurvenform

Im Gegensatz zur Gleichspannung besitzt die Wechselspannung eine Kurvenform, meist ist es eine Sinuskurve. Die Wechselspannung besteht deshalb aus unendlich vielen sogenannten Augenblickswerten, die sich ständig ändern (Abb. 1.5). Daneben ändert sich auch die Polarität der Spannung: Der obere Teil der Sinuskurve ist die positive, der untere Teil die negative Halbwelle. Neben der Sinusform kann die Wechselspannung auch Sägezähnen oder Rechtecken gleichen. Ist eine unbekannte Wechselspannung zu bestimmen, so müssen alle

Augenblickswerte auf einer horizontalen Zeitachse (t) aufgetragen sein. Das macht das Oszilloskop, indem es den zeitlichen Verlauf der Spannung auf einem Bildschirm anzeigt. Das Bild, das so entsteht, heißt Oszillogramm.

Unterschiedliche Spannungswerte

Bei der Wechselspannung sind verschiedene Werte zu unterscheiden. Der Scheitel- oder Spitzenwert (U_s) einer Wechselspannung gibt die Weite der Schwingung nach oben und nach unten, also den Ausschlag an. Man spricht dabei auch von der Amplitude. Obwohl die Schwingungsweite auch der niedrigste Augenblickswert sein kann, geht man bei U_s immer vom Höchstwert aus. An der 230-V-

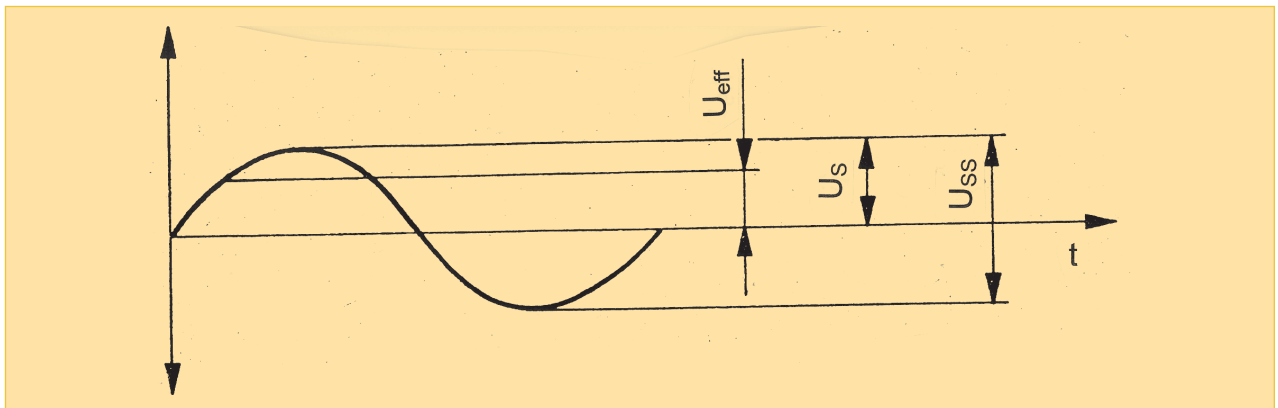


Abb. 1.5 – Wichtige Werte einer sinusförmigen Wechselspannung; der obere Teil ist die positive, der untere die negative Halbwelle.

1.6 Wechselspannung

Wohnzimmersteckdose liegt dieser Spitzenwert bei 325 V. Der sogenannte Spitze-Spitze-Spannungswert (U_{SS}) bezeichnet den Unterschied zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Augenblickswert. Es gilt folgende Formel, um das Ganze auszurechnen: $U_{SS} = 2 \times U_S$, bei der Steckdose im Wohnzimmer sind das $2 \times 325 \text{ V} = 650 \text{ V}$. Die Effektivspannung U oder U_{eff} ist ein Mittelwert, der der Leistung einer Gleichspannung entspricht. Es ist der Wert, den eine Gleichspannung haben müsste, damit sie die gleiche Zahl von Ladungsträgern oder Elektronen transportiert wie diese Wechselspannung. Hat die Wechselspannung eine Sinusform, gilt deshalb für die Effektivspannung die Formel $U_{\text{eff}} = 0,707 \times U_S$. Für die Wohnzimmersteckdose sind das die bekannten $0,707 \times 325 \text{ V} = 230 \text{ V}$. Anders dagegen bei einer gleichge-

richteten Wechselspannung, bei der die untere, negative Halbwelle fehlt, siehe Abb. 1.6 – hier errechnet sich die Effektivspannung nach der Formel $U = 0,637 \times U_S$. Für Ströme, die bei einer Wechselspannung fließen, gelten die genannten Formeln ebenfalls – nur, dass statt U für die Spannung jetzt I für den Strom in die Formeln einzusetzen ist.

Was haben nun die unterschiedlichen Wechselspannungswerte mit dem Messen zu tun? Die Antwort ist einfach: Messinstrumente sind keine Alleskönner. Einfache Multimeter können nur die sinusförmige Wechselspannung oder den sinusförmigen Wechselstrom richtig anzeigen. Andere Modelle erfassen dagegen den Effektivwert unabhängig von der Kurvenform – egal, ob Sinusform, Rechteckform, Dreieckform oder Impulse. Diese

Multimeter sind recht intelligent und deshalb auch etwas teurer. Man erkennt sie am Kürzel RMS, Root Mean Square. Das bedeutet frei übersetzt, den Mittelwert durch Wurzelziehen bilden. Preiswerte RMS-Multimeter lassen sich von der Firma Reichelt beziehen.

Frequenz

Wechselspannungen schwingen mit einer bestimmten Frequenz (f) oder Häufigkeit pro Sekunde, die in Hertz (Hz) angegeben wird. 1 Hz ist eine Schwingung pro Sekunde (s). Die Dauer einer Schwingung oder Periode (t) hängt von der Frequenz ab, es gilt folgende Formel: $t \text{ (s)} = 1 / f \text{ (Hz)}$. Das 230-Volt-Lichtnetz besitzt eine Frequenz von 50 Hz, so dass die Schwingungsdauer bei $t = 1 / 50 = 0,02$ Sekunden oder 20 Millisekunden (ms) liegt. Den Wechselstrom kann ein Multimeter nur in einem

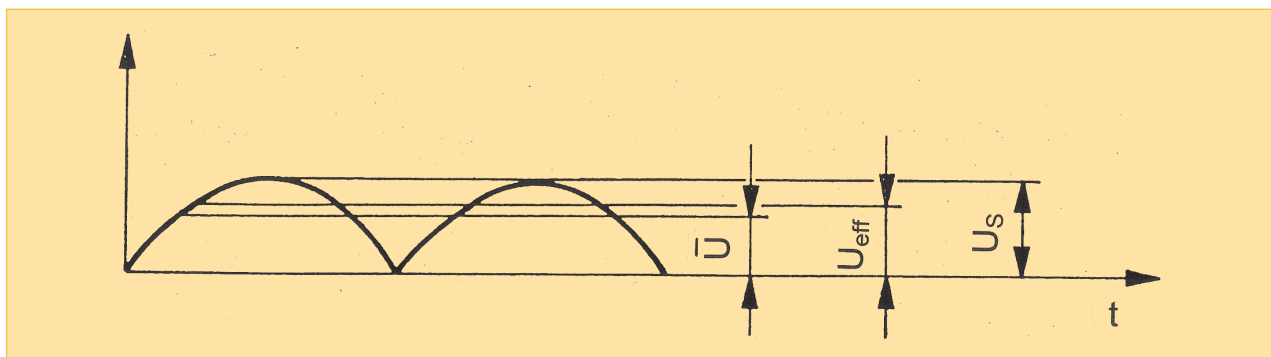


Abb. 1.6 – Wichtige Werte einer gleichgerichteten Wechselspannung.

1.6 Wechselspannung

bestimmten Frequenzbereich korrekt messen, der immer die 230-V-Netzfrequenz von 50 Hz abdeckt. Bei Multimetern ist der Frequenzbereich für eine korrekte Strom- und Spannungs-Messung meist recht eng. Man sollte ihn auf jeden Fall kennen, die Bedienungsanleitung informiert darüber.

Was macht ein Trafo?

Um aus der 230-V-Wechselspannung eine handhabbare Betriebsspannung zu machen, brauchen viele elektrische und vor allem elektronische Geräte einen Transformator, kurz Trafo. Dieser transformiert die 230 V auf z. B. 12 V oder 24 V Wechselspannung herunter (Abb. 1.7). Der Trafo nutzt dafür zwei Spulenwicklungen auf einem Eisenkern: Die erste Spule oder Primärspule erhält die 230 V aus der Steckdose und erzeugt im Eisenkern ein veränderliches Magnetfeld. Dieses Feld durchdringt die zweite Spule oder Sekundärspule in einem zweiten Stromkreis und

erzeugt dort eine Spannung, die sogenannte Sekundärspannung. Diese meist viel kleinere Spannung als 230 V muss vor allem für elektronische Geräte in eine Gleichspannung

umgewandelt und diese dann stabilisiert werden. Viele neue Geräte nutzen statt eines Trafos ein Schaltnetzteil, das die Betriebsspannung elektronisch generiert.

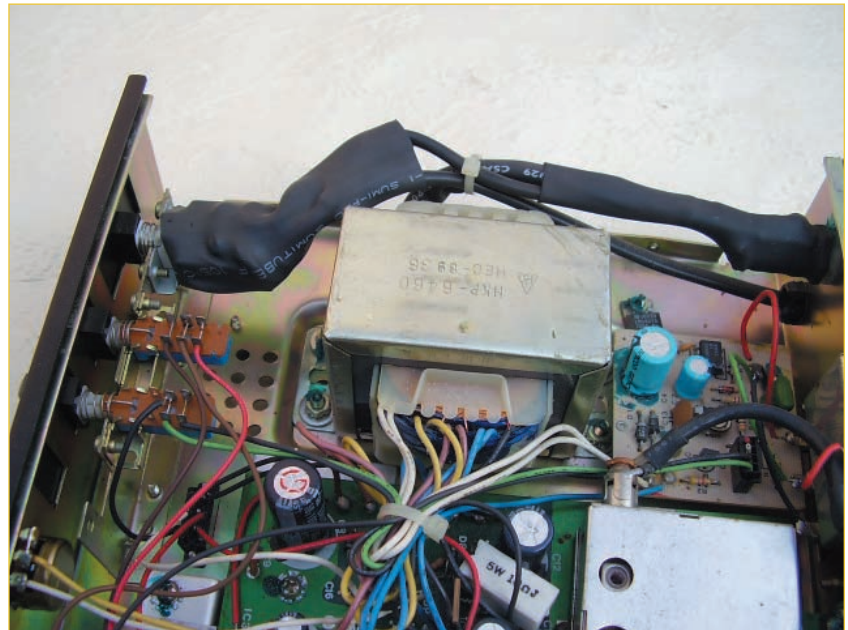


Abb. 1.7 – Ein Trafo macht aus einer 230-V-Wechselspannung eine handhabbare Betriebsspannung. Dazu nutzt er zwei Spulen in unterschiedlichen Stromkreisen.

1.7 Wichtige elektronische Bauteile

Neben den bereits beschriebenen Widerständen gibt es andere elektrische sowie elektronische Bauteile, die in fast jedes elektronische Gerät und in viele elektrische Anlagen eingebaut sind. Das Buch beschreibt im Folgenden die fürs Messen wichtigen Bauteile.

Kondensator

Dieses Bauteil kann eine elektrische Ladung und damit elektrische Energie speichern. Der Kondensator besteht aus zwei elektrisch leitenden Flächen, den Elektroden, die einen geringen Abstand zueinander haben. Dazwischen liegt ein Bereich mit isolierendem Material, dem sogenannten Dielektrikum. Das kann ein Kunststoff, Luft oder ein Vakuum sein. Dieses Dielektrikum beeinflusst entscheidend die Eigenschaften des Kondensators. Werden die beiden Elektroden mit einer konstanten Spannung verbunden, fließt kurzzeitig ein Strom, der die eine Elektrode positiv und die andere negativ auflädt. Diese elektrische Ladung bleibt erhalten, auch

wenn man den Kondensator von der Spannungsquelle trennt – der Kondensator behält deren Spannung. Entnimmt man vom Kondensator eine Ladung, also einen Strom, sinkt seine Spannung wieder. Die gespeicherte Ladung steigt mit der Spannung. Dieses Speichervermögen des Kondensators bezeichnen Techniker als Kapazität. Je größer die Kapazität, umso mehr Ladung oder Elektronen kann er bei einer bestimmten Spannung speichern. Die Bilder 1.8 und 1.9 zeigen Grundaufbau und Schaltzeichen.

Diode

Sie ist ein sogenanntes Halbleiterbauelement, das Strom nur in eine Richtung durchlässt. Zu den Halbleitermaterialien gehören Silizium, Selen und Germanium. Die Diode besitzt mit Anode und Kathode zwei verschiedene Elektroden (Abb. 1.10). Die Kathode erkennt man am Strich im Schaltbild (Abb. 1.11) oder auf dem Gehäuse der Diode. Ein Strom kann nur fließen, wenn an der Anode eine etwas höhere Spannung liegt als an der Kathode – und das hat elektrische Folgen: Liegt an der Kathode eine sinusförmige Wechselspannung, so fließt nur während der positiven (oberen) Halbwellen Strom durch die Diode – sie sperrt die negativen (unteren) Halbwellen. Sie erfüllt so die Funktion eines Gleichrichters, der aus Wechselstrom einen pulsierenden Gleichstrom macht, oder sie dient als elektronischer Schalter.

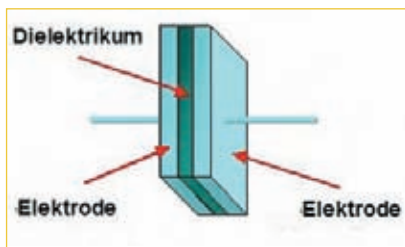


Abb. 1.8 – Aufbau eines Plattenkondensators. (Wikipedia/Jens Both)

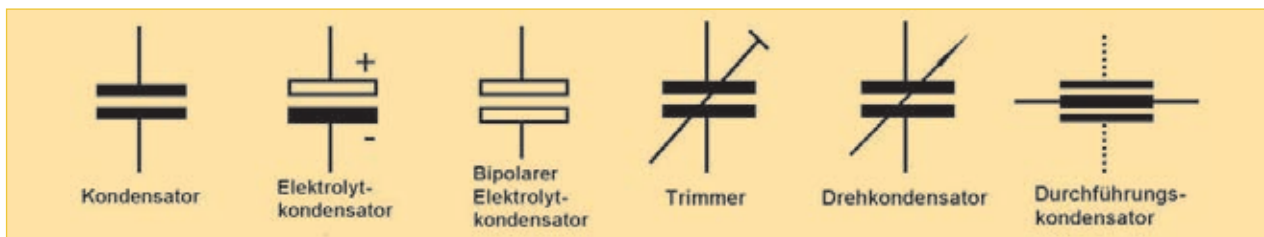


Abb. 1.9 – An diesen Symbolen kann man einen Kondensator erkennen. (Wikipedia/Jens Both)

1.7 Wichtige elektronische Bauteile

Transistor

Er ist ein elektronisches Halbleiterbauelement, das in elektrischen Geräten Ströme und Spannungen verstärkt. Fachleute sprechen deshalb auch von einem aktiven Bauelement – im Gegensatz zu Kondensatoren und Dioden, die als passive Bauelemente gelten. Es gibt zwei Arten von Transistoren, die sich grundsätzlich durch die Art der Ansteuerung unterscheiden: Bipolar- und Feldeffekttransistor. Mit einem Multimeter sind die bipolaren Transistoren leichter messbar, die durch Stromfluss angesteuert werden. Sie besitzen nach Abb. 1.12 zwei Elektroden, die sich Emitter (E) und Kollektor (C) nennen sowie eine Steuerelektrode namens Basis (B). Emitter steht dabei für „Aussender“ und Kollektor für „Sammler“. Ein kleiner Strom, der durch die Basis-Emitter-Strecke fließt, steuert dabei einen großen Strom auf der Kollektor-Emitter-Strecke. Das Verhältnis von Kollektor- zu Basis-Strom ist der Stromverstärkungsfaktor. Je nach Aufbau unterscheidet man hier npn- und pnp-Transistoren: n steht dabei für negativ dotierte Zone, p für positiv dotierte Zone.

Neben bipolaren Transistoren gibt es noch sogenannte Feldeffekttransistoren. Ihre drei Elektroden heißen Source (Senke), Drain (Quelle) und Gate (Gitter), die

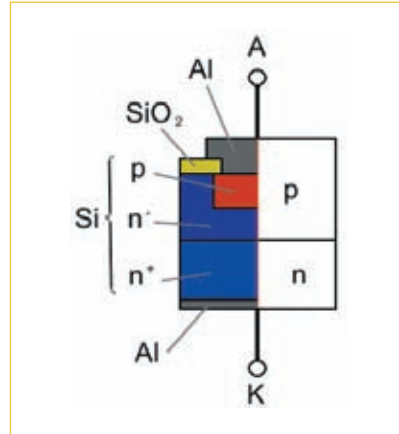


Abb. 1.10 – Aufbau einer Halbleiterdiode. (Wikipedia/MovGPO)

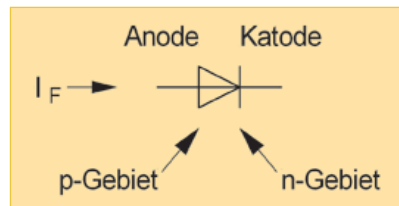


Abb. 1.11 – Allgemeines Schaltzeichen einer Diode. (Wikipedia/WolfgangS)

Steuerelektrode. Feldeffekttransistoren steuern den Stromfluss zwischen Drain und Source mit einem elektrischen Feld, das eine Spannung am Gate erzeugt. Dieses Feld reicht in den leitenden Kanal zwischen Source und Drain hinein. Auch bei den Feldeffekttransistoren gibt es zwei Möglichkeiten im punkto Aufbau: Der Kanal kann positiv

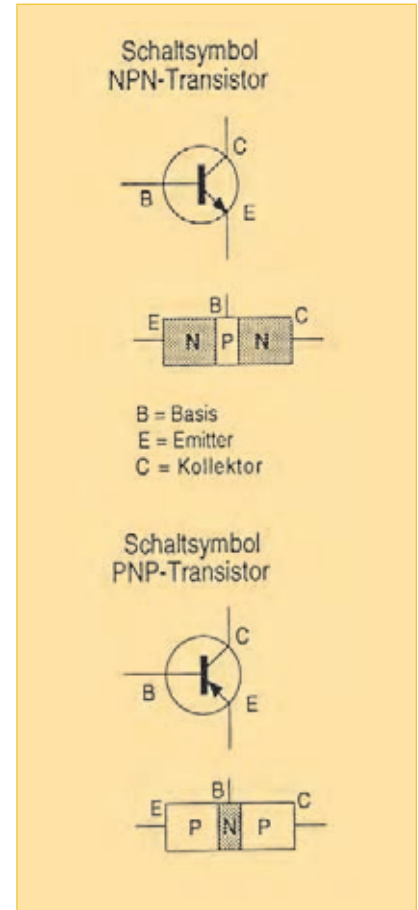


Abb. 1.12 – Aufbau und Schaltsymbole von npn- und pnp-Transistor.

(p) oder negativ (n) dotiert sein. Bei Anlegen einer Gate-Spannung bildet sich das elektrische Feld und beeinflusst den Stromfluss. Feldeffekttransistoren sind also im Unterschied zu bipolaren Transistoren spannungsgesteuert.

6 Defekte Haushaltsgeräte reparieren

Heute sind im Haushalt viele Elektrogeräte selbstverständlich, und die gehen ab und zu mal kaputt. Mit dem Multimeter lässt sich der Fehler oft finden und selbst beheben. Die Widerstandsmessfunktion des Multimeters und der Durchgangstest sind dabei unentbehrlich und führen oft zum Ziel. Falls verschiedene Drähte zu lösen sind, um Geräteteile besser messen zu können, sollte man eine Skizze anfertigen. Diese stellt sicher, dass man die Kabel später wieder richtig anschließt. Abgebaute Einzelteile, auch Schrauben, sind übersichtlich so hinzulegen, dass sie nicht verloren gehen können. Sie sollten an Ort und Stelle wieder einsetzbar sein. Eine Reparatur ist erst beendet, wenn das Gerät im ordnungsgemäßen Zustand eine Zeit lang wieder funktioniert hat. Man sollte es deshalb nach der Reparatur ausgiebig testen.

6.1 Zuerst Netzstecker aus Steckdose ziehen

Bevor man sich ans Messen macht, ist der Netzstecker aus der Steckdose zu ziehen, wenn das Haushaltsgerät mit 230 V läuft. Schaltet man das Gerät nur aus, besteht die Gefahr, dass der Außen- oder Phasenleiter nicht vom Gerät getrennt wurde – denn der Schalter trennt immer nur eins der beiden Netzkabel von der Steckdose. Der Außenleiter ist das Kabel, das die lebensgefährliche Spannung von 230 V führt. Das andere Kabel ist gefahrlos berührbar, weil es mit der

Erde oder dem sogenannten Nullpunkt des Systems verbunden ist. Da man aber nicht weiß, welches Kabel die Phase ist, ist höchste Vorsicht angebracht. Steckt man den Stecker um 180 Grad gedreht erneut in die Steckdose, erscheinen die gefährlichen 230 V auf der anderen Leitung! Das kann auch passieren, wenn man den Stecker nicht dreht, aber eine andere Steckdose benutzt. Kurzum: Vor jeder Messung ist deshalb zu kontrollieren, ob der Stecker gezogen ist!

6.2 Gerätesicherung prüfen

Ist das Haushaltsgerät kaputt, lohnt sich zuerst ein Blick auf die interne Sicherung, die viele Elektrogeräte besitzen. Sie kann durch Überlastung immer mal kaputt gehen. Leider ist die kleine Glassicherung im Gerät nicht immer leicht zu finden. Hat man sie aufgespürt, lässt sie sich an ihren Anschlüssen auf Durchgang checken. Diesen Test beschreibt das Kapitel *Richtig messen leicht gemacht* im Unterkapitel *Durchgangstest prüft Verbindung*. Signalisiert das Multimeter eine leitende Verbindung durch entsprechende

Anzeige oder einen Ton, so ist die Sicherung OK. Reagiert das Multimeter anders, muss man die defekte Sicherung durch eine andere, gleichwertige ersetzen. Dabei ist darauf zu achten, ob die Sicherung flink, mittelträge oder träge ist, erkennbar an den Buchstaben F, M und T. Außerdem muss der Strom stimmen. Da eine Sicherung nicht ohne Grund durchbrennt, ist das Innenleben des Geräts vor der Inbetriebnahme genau in Augenschein zu nehmen. Manchmal hilft auch die Nase, indem sie zu verbrannten Stellen führt.

6.3 Durch Strommessung zum Fehler

Einen Hinweis auf die Fehlerursache kann der Stromverbrauch des Geräts liefern, der sich bequem an den Kontakten des Ein-Aus-Schalters messen lässt. Um zu wissen, wie groß der Strommessbereich des Multimeters sein muss, ist zunächst der Nennstrom des Geräts zu errechnen. Dazu braucht man vom Typenschild nach Abb. 6.1 die Nennleistung, in diesem Fall 1450 W. Diese Zahl ist durch 230 V zu teilen und man erhält den Nennstrom: $1450 \text{ W} / 230 \text{ V} = 6,3 \text{ A}$. Wie der Zusatz 100 W vermuten lässt, können Leistung und Strom auch etwas höher sein.

Einen Strom von 6,3 A kann ein Multimeter im 10-A-Bereich messen. Um einen Schaltfunken an den Multimeteranschlüssen zu vermeiden, sollte man beim Strommessen eine zweite Person hinzuziehen und entsprechend der Hinweise im

Kasten vorgehen. Bild 6.2 zeigt die Strommessung an einem Staubsauger.

Wenn sich kein Strom messen lässt, kann das zwei Ursachen haben: Einmal kann die Stromzufuhr defekt sein, weil ein Stecker lose, das Anschlusskabel defekt oder der Anschluss am Haushaltsgerät unterbrochen ist. Zum anderen kann das Haushaltsgerät selbst kaputt sein: wegen einer durchgebrannten Motorwicklung oder auch nur wegen einer losen Verbindung. Prüft man das vom 230-V-Netz getrennte Gerät weiter, erhält man Gewissheit.



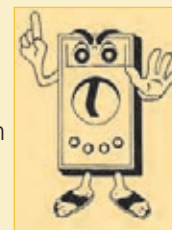
Abb. 6.2 – Ein Anwender misst den Stromverbrauch des Staubsaugers. Eine zweite Person steckt dafür kurzzeitig den Netzstecker in die Steckdose. Die einschlägigen Sicherheitsvorschriften sind zu beachten.



Abb. 6.1 – Das Typenschild eines modernen Staubsaugers informiert über die Nennleistung, mit der man den Nennstrom errechnen kann.

Vorgehen beim Messen des Stromverbrauchs eines Haushaltsgeräts (die einschlägigen Sicherheitsvorschriften sind zu beachten)

- Gerät ausschalten
- Netzstecker aus Steckdose ziehen
- Gerät öffnen
- Multimeter auf AC und 10 A stellen
- Messstrippen in 10-A-Buchse und COM-Buchse stecken
- Messspitzen an Schalterkontakte des Geräts halten
- Multimeter so aufstellen, dass Anzeige gut sichtbar
- zweite Person steckt Netzstecker in Steckdose
- Anzeige am Multimeter ablesen
- zweite Person zieht Netzstecker aus Steckdose



6.4 Unterschiedlichste Lampen prüfen

Auch Lampen lassen sich prüfen, wenn sie nicht mehr leuchten, um so dem Grund dafür auf die Spur zu kommen. Während früher nur die Glühbirne für Licht sorgte, sind heute weitere Arten von Leuchten in Haus und Wohnung anzutreffen. Zunächst kam die Leuchtstoffröhre dazu. Es folgten die Halogenlampen und die Energiesparlampen als kompakte Leuchtstoffröhren (Abb. 6.3). Auch das Licht von Leuchtdioden, die beispielsweise nach Abb. 6.4 flackernde Kerzen imitieren, macht immer mehr von sich reden.

Wenn eine Lampe nicht mehr leuchtet, ist sie wahrscheinlich durchgebrannt. Bei einer Glühlampe ist das meist am durchtrennten Leuchtfaden zu erkennen. Ist nichts zu sehen, hilft das Multimeter mit einer Durchgangsprüfung oder Widerstandsmessung nach Bild 6.5. Dazu stellt man den großen Drehschalter des Multimeters auf den kleinsten Widerstandsbereich und misst den Kaltwiderstand der Lampe. Ist kein Widerstand messbar, ist die Lampe durchgebrannt. Das funktioniert nicht bei einer Energiesparlampe, aber bei einer nach Abb. 6.6 herausgenommenen Leuchtstofflampe. Der Starter lässt mit dem Durchgangsprüfer des Multimeters ebenfalls testen. Der Starter besitzt einen internen Schalter, der die Leuchtstoffröhre zum „Zünden“ bringt, wenn man sie einschaltet. Der Widerstandswert muss also sehr hoch sein. Weiter muss eine gewisse Kapazität messbar sein, da parallel ein Störschutzkondensator eingelötet ist (Abb. 6.7). Prüft man die gesamte Schaltung einer Leuchtstoffröhre nach Abb. 6.8 mit einem Durchgangstest, sollte das wegen des Kondensators fehlschlagen, auch wenn die Lampe in Ordnung ist. Vorher ist die Schaltung selbstverständlich vollständig vom 230-V-Netz zu trennen! Zeigt das Multimeter dagegen einen gewissen Widerstand an, ist der Kondensator kaputt.

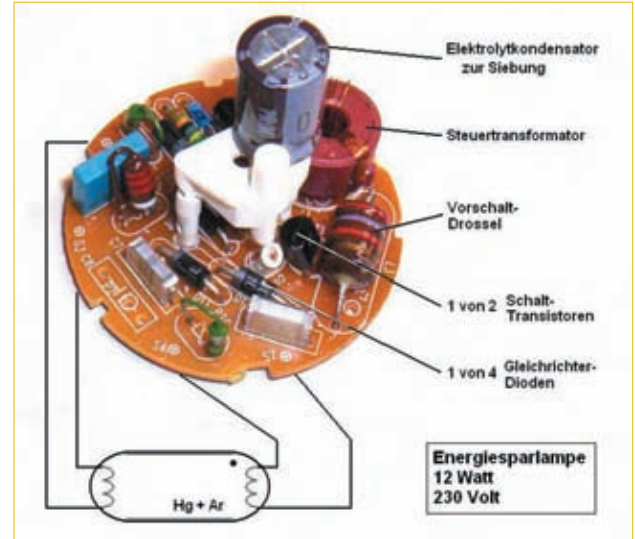


Abb. 6.3 – Innenansicht einer Energiesparlampe. (Wikipedia/Ulfbastel)



Abb. 6.4 – Leuchtdioden imitieren flackernde Kerzen. (solarversand.de)

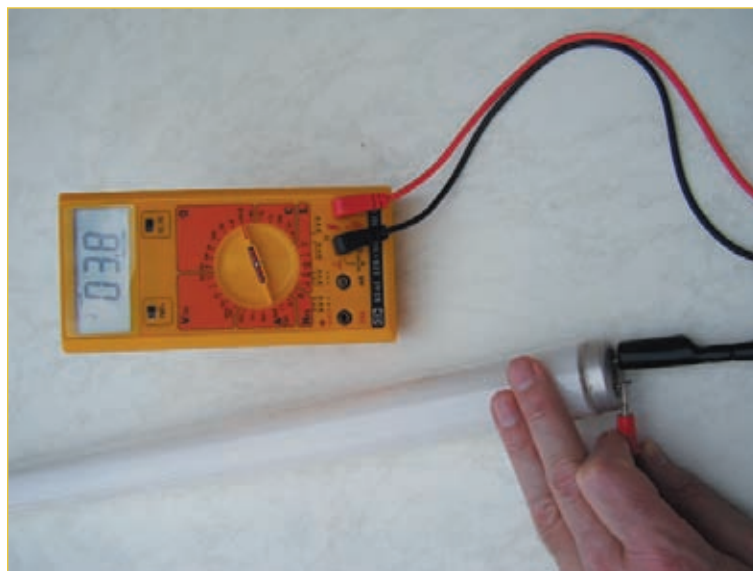
6.4 Unterschiedlichste Lampen prüfen



Abb. 6.5 – So lässt sich prüfen, ob der Leuchtfaden der Glühlampe durchgebrannt ist. Der Kaltwiderstand dieser 60-W-Glühlampe beträgt 61,7 Ω . Das sind 7 Prozent vom Heißwiderstand (882 Ω).

Sind mehrere Halogenlampen nach Abb. 6.9 an einer Schiene montiert und leuchten nicht, so ist die Schiene mit Sicherheit spannungslos. Man sollte prüfen, ob dies durch einen Kurzschluss der Schiene passiert ist – dann ist meist die Sicherung defekt –, oder ob mit den Kontakten der Spannungsversorgung etwas nicht stimmt. Die Spannungsversorgung kann ein Trafo oder ein elektronisches Netzteil sein. Diese Komponenten machen aus der 230-V-Netzspannung eine 12-V-Wechselspannung für die Halogenleuchten.

Abb. 6.6 – An jeder Seite dieser Neonröhre ist ein Widerstand von 3,8 Ω messbar.



Beim Prüfen von Leuchtdioden-Lampen ist darauf zu achten, dass es sich um Dioden handelt. Der große Drehschalter des Multimeters ist entsprechend auf das Diodensymbol zu stellen. Bei der Prüfung sind beide Anschlüsse der Diodenlampe wie bei einer einzelnen Diode zu vertauschen. Wie der Diodentest genau funktioniert, beschreibt das Kapitel *Richtig messen leicht gemacht* im Abschnitt *Funktioniert die Diode einwandfrei?*

Die kaputte Lampe einer Lichterkette finden

Regelmäßig zur Weihnachtszeit gibt es immer mal wieder Scherereien mit der Christbaumbeleuchtung, den Lichterketten im Garten oder den stolzen Lampen auf einem Schwibbogen. Ist eine Lampe der

6.4 Unterschiedlichste Lampen prüfen

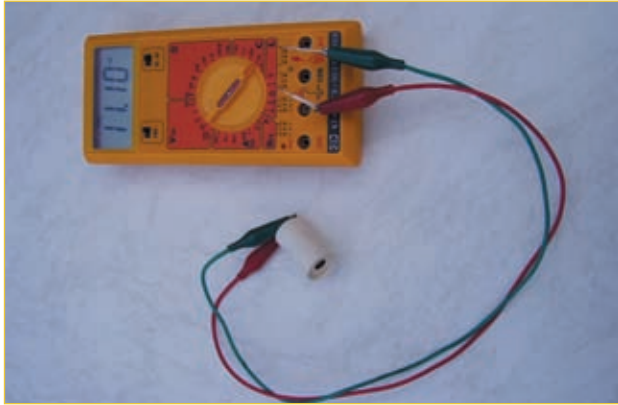


Abb. 6.7 – Der Störschutzkondensator in diesem Starter besitzt eine Kapazität von 11 nF.

Lichterreihe defekt, sind auch alle anderen dunkel, weil sie in Reihe geschaltet sind. Man weiß deshalb nicht, welche Lampe die kaputte ist. Die Lösung: Man misst mehrmals den Widerstand einzelner Lampen, um so den typischen Widerstand einer einzelnen Leuchte festzustellen. Danach sind alle anderen Lampen an der Reihe, so dass der Abweichter schnell gefunden ist. Prüft man die Weihnachtsbeleuchtung ze-

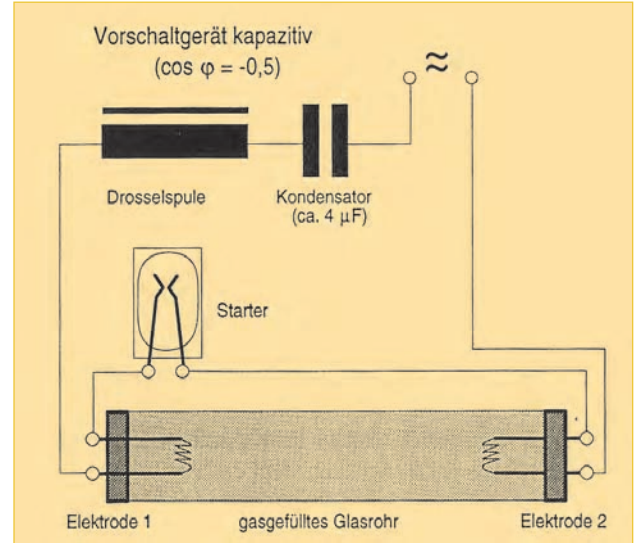


Abb. 6.8 – Typische Schaltung einer Leuchtstoffröhre.

tig vor dem Fest, halten die Baumärkte ein großes Sortiment an Ersatzlampen bereit. Nehmen Sie immer die defekte Lampe mit zum Einkauf. Nur so können Sie ganz sicher sein, das richtige Ersatzmodell zu erhalten.

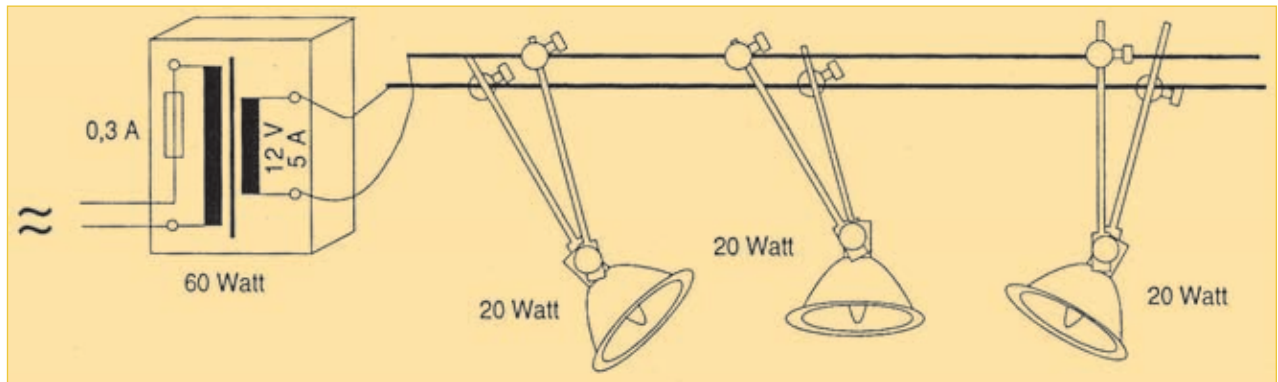


Abb. 6.9 – 12-V-Halogenlampen an einer Stromversorgungsschiene.

6.5 Heizwendeln im Fön oder elektrischen Wärmeofen

Nicht nur der Leuchtfaden einer Glühlampe, auch die Heizwendel eines Föns, eines elektrischen Lockenwicklers oder eines elektrischen Wärmeofens kann durchbrennen. In diesem Fall ist im spannungslosen Zustand am Gerätestecker ein hoher bis sehr hoher Widerstand messbar. Obwohl das Gerät dafür nicht ans 230-V-Netz angeschlossen sein darf, muss es trotzdem eingeschaltet sein, sonst ist der Widerstand nicht zu ermitteln. Ist das Gerät indes in Ordnung, misst das Multimeter einen kleinen Widerstand im Ohmbereich. Je größer die Leistung der Heizwendel, umso kleiner der Messwert. Es gilt für den zu erwartenden

Messwert folgende „Faustformel“: Messwert $R (\Omega) = 10.000 / \text{Nennleistung (W)}$. Die Nennleistung ist am Gerät abzulesen. Bei 10 W Nennleistung kommt man laut Formel auf einen Widerstand von 1 k Ω , bei 500 W sind es 20 Ω . Aber diese Werte gelten nur ganz ungefähr, schon deshalb, weil es Kaltwiderstände sind. Ein anderes Beispiel ist der elektrische Lockenwickler, bei dem die Faustformel Messwert $R (\Omega) = (230 \text{ V})^2 / \text{Nennleistung (W)}$ gilt. Das Modell in Bild 6.10 hat eine Nennleistung von 16 W, so dass sich rechnerisch 3,3 k Ω Innenwiderstand ergeben – messbar sind dagegen nur 1,5 k Ω . Messen ist deshalb auf jeden Fall angebracht.

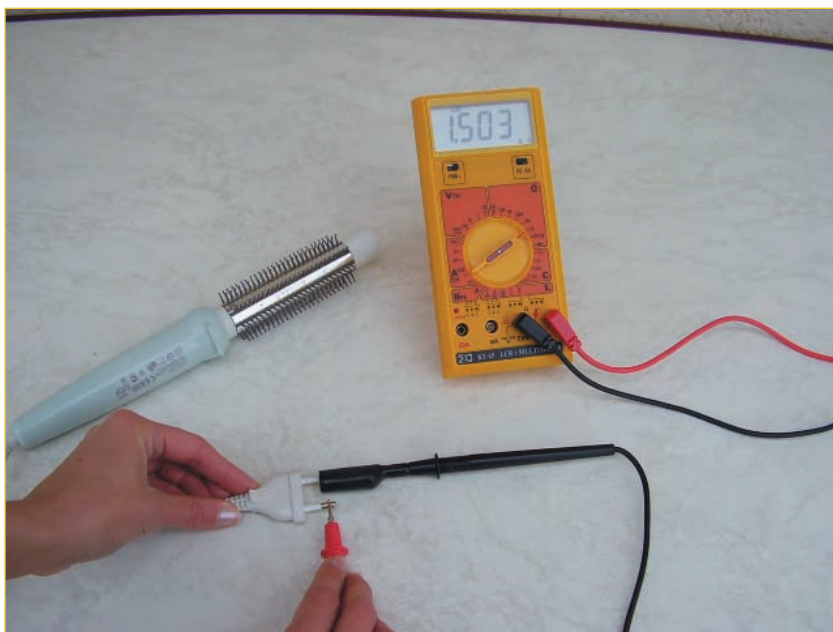


Abb. 6.10 – Das Multimeter zeigt am Lockenwickler einen Widerstand von 1,5 k Ω .

10 Batterien und Akkus auf dem Prüfstand

Akkus und Batterien ermöglichen den netzunabhängigen Betrieb vieler Geräte im Haushalt. Moderne Funkanwendungen wie funkbasierte Türklingel, Funk-Alarmanlage oder funkbasierte Audio-Video-Übertragungssysteme benötigen passende Batterien – und der Bedarf nimmt zu. Was liegt näher, als sich mit dem Multimeter vom elektrischen Zustand einer Batterie oder eines Akkus zu überzeugen (Bild 10.1) und die Aufladung eines Akkus zu überwachen. Batterietechnologien unterscheiden sich vor allem durch die verwendeten Materialien für die beiden Elektroden: Die Anode ist der Plus-, die Kathode der Minuspol. Im Folgenden beschreibt das Buch zunächst unterschiedliche Trockenbatterien und wie man ihren Entladungsgrad feststellen kann.



Abb. 10.1 – Mit jedem Multimeter lässt sich die Spannung an Batterien und Akkus messen.

10.1 Alkali-Mangan- und Zink-Kohle-Batterien

Sind als 1,5-V-Batterien bekannt oder auch als 9-V-Blockbatterien, die aus mehreren Einzelzellen bestehen. Alkali-Mangan-Batterien oder kurz Alkaline-Batterien sind auf Grund ihrer langen Lagerfähigkeit, hohen Kapazität und Belastbarkeit weit verbreitet. Alkali-Mangan-Knopfzellen sind außerdem eine preiswerte Alternative zu Silberoxyd-Knopfzellen. Sie besitzen die gleiche Nominale Spannung, aber andere Spannungs-Charakteristiken bei der Entladung. Im Gegensatz zu Alkaline-Batterien sind Zink-Kohle-Batterien weniger leistungsfähig. Da diese allerdings kaum Geld kosten, werden sie bei Anwendungen mit geringem Stromverbrauch genutzt – Beispiele sind Fernbedienungen oder Digitalmultimeter. Aus einer Alkaline-Batterie erhält man rund dreimal mehr Energie als aus einer gleichgroßen Zink-Kohle-Batterie. Sie ist deshalb deutlich langlebiger, was den höheren Preis rechtfertigt. Der Grund ist nach Abb. 10.2 die höhere Kapazität, die zur Fläche unter den Entladekurven proportional ist.

Entladungsgrad einer 9-V-Blockbatterie feststellen

Die gemessene Leerlaufspannung (ohne angeschlossenen Stromverbraucher) informiert darüber, wie sehr sich die Batterie entladen hat. Über diesen Entladungsgrad kann man mit Hilfe des Kastens auf ihren Nutzwert schließen. Eine Zelle einer Zink-Kohle- oder Alkali-Mangan-Batterie hat eine Nennspannung von 1,5 V, in einer 9-V-Blockbatterie stecken deshalb sechs Zellen. Je nach Gerät lassen sich die Zellen noch bis etwa 0,9 V Spannung nutzen. Im Bild 10.3 liefert die Batterie etwa 8 V, das sind 1,33 V pro Zelle – die 9-V-Batterie ist damit brauchbar.

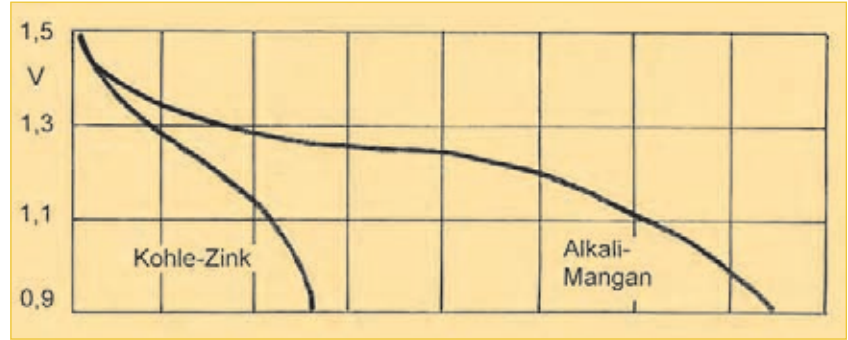


Abb. 10.2 – Typisches Entladeverhalten von Zink-Kohle- und Alkali-Mangan-Batterien.



Abb. 10.3 – An einer älteren 9-V-Batterie liegt die Leerlaufspannung ohne angeschlossenen Stromverbraucher bei 8 V.

10.1 Alkali-Mangan- und Zink-Kohle-Batterien

Gemessene Leerlaufspannung pro Zelle	Nutzwert der Zink-Kohle- und Alkali-Mangan-Batterie
über 1,55 V	sehr gut
1,4 V bis 1,55 V	gut
1,2 V bis 1,4 V	brauchbar
1 V bis 1,2 V	noch brauchbar

Wer über ein Sortiment an Widerständen verfügt, kann die Höhe der Entladung auch mit einer indirekten Strommessung bestimmen: einfach einen Widerstand mit bekannter Größe parallel zu den Batteriepolen schalten und darüber die Spannung messen. Aus beiden Werten lässt sich mit dem Ohmschen Gesetz der fließende Strom errechnen. Bei kleinen Batterien sollten in diesem Stromkreis rund 10 mA und bei großen Batterien rund 100 mA Strom fließen. Bei unserer 9-V-Batterie haben wir nach Abb. 10.4 einen Widerstand 150Ω gewählt und darüber 6,6 V Spannung gemessen. Nach dem Ohmschen Gesetz $I = U / R$ fließt damit ein Strom von $6,6 \text{ V} / 150 \Omega = 44 \text{ mA}$. Das Kapitel *Richtig messen leicht gemacht* beschreibt im Unterkapitel *Messen ohne Leitung auftrennen* diese indirekte Strommessung ausführlich.

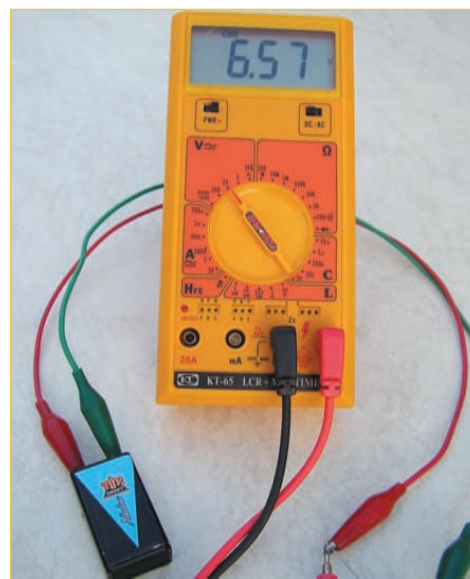


Abb. 10.4 – Bei Belastung mit einem $150\text{-}\Omega$ -Widerstand geht die Spannung „in die Knie“.

Unterschiedliche Blockbatterien			
Bezeichnung	IEC-Bezeichnung	sonstige Bezeichnung	Maße in mm
Flachbatterie (Zink-Kohle)	3 R 12	-	62 x 22 x 67
6 V Flat Pack (Alkali-Mangan)	4 LR 61	-	48,5 x 35,6 x 9,2
9 V EBlock (Zink-Kohle)	6 F 22	-	26,5 x 17,5 x 48,5
9 V EBlock (Alkali-Mangan)	6 LR 61	6 AM 6	26,5 x 17,5 x 48,5

10.2 Lithiumbatterien

Beruhren auf Lithium in verschiedenen Kombinationen mit anderen Materialien. Sie lassen sich mit mindestens zehn Jahren sehr lange lagern und können hohe Ströme liefern. Anwendungen sind die „Stützbatterie“ im Computer, professionelle Fototechnik, Funk-Garagentoröffner oder die Funk-Autoverriegelung. Die Nennspannung einer traditionellen Lithiumbatterie beträgt 3 V. Abb. 10.5 zeigt die typische Ausführung, die wie eine etwas dickere runde Scheibe aussieht. Es gibt auch Lithiumbatterien mit anderen Formen und Spannungen, die die Abb. 10.6 bis 10.8 zeigen.

Wie bei den Zink-Kohle- und Alkaline-Batterien informiert die Leerlaufspannung (ohne ange-



Abb. 10.5 – 3-V-Lithium-Batterie.



Abb. 10.6 – 6-V-Lithiumbatterie für Fotozwecke.



Abb. 10.7 – Lithiumtechnologie in einer 9-V-Blockbatterie.



Abb. 10.8 – Zwei Lithiumbatterien mit je 1,5 V.

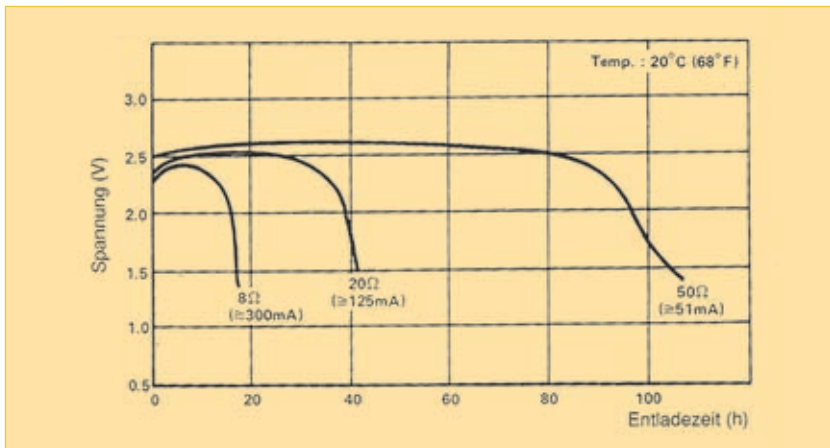


Abb. 10.9 – Entladekurven von Lithiumbatterien: Typisch ist die zu Beginn steigende Spannung.

schlossenen Stromverbraucher) über den Entladungsgrad. Alternativ lässt sich auf den Entladungsgrad schließen, wenn man die Batterie mit einem Widerstand von einigen 10 Ω bis 100 Ω belastet. Dabei darf die gemessene Spannung nur unwesentlich abfallen. Bild 10.9 zeigt die Entladekurven: Die steigende Spannung zu Beginn der Entladung ist ein typisches Kennzeichen der Lithiumzelle.

10.3 Silberoxydbatterien für Armbanduhr und Fotoapparat

Silberoxydbatterien sind als Knopfzelle in fast jede elektronische Armbanduhr eingebaut. In konventioneller Form findet man sie außerdem viel im Fotobereich. Der Entladungsgrad lässt sich wie bei den Vorgängermodellen feststellen, indem man die Leerlaufspannung (ohne angeschlossenen Stromverbraucher) misst. Die Nennspannung der Silberoxydzellen beträgt 1,55 V. Fotobatterien besitzen vier Zellen und kommen so auf 6 V. Die Tabelle informiert über den Nutzwert der Batterien in

Abhängigkeit von der gemessenen Leerlaufspannung, wenn die Nennspannung bei 1,55 V liegt.

Silberoxydbatterien sind zwar langlebig, lieben es aber, ihren Strom kontinuierlich über die Zeit abzugeben. Eine Belastung mit einem Widerstand ist zwar möglich,

sollte aber deshalb bei den kleinen Knopfzellen nur so kurz wie möglich sein! Die gemessene Spannung darf dabei nur unwesentlich abfallen. Ein guter Messwert für die Knopfzelle an einem 1-k Ω -Widerstand ist 1,4 V.

gemessene Leerlaufspannung	Nutzwert der Silberoxydbatterie
über 1,55 V	sehr gut
1,5 V bis 1,55 V	gut
1,4 V bis 1,5 V	brauchbar
1,3 V bis 1,4 V	noch brauchbar

10.4 Zink-Luft-Batterien für Hörgeräte

Diese Batterien sind vor allem in Hörgeräten montiert und besitzen eine sehr hohe „Energiedichte“, also Kapazität pro Volumeneinheit. Das hat aber auch Nachteile: Damit die Batterie lagerfähig ist, versiegelt sie der Hersteller nach Abb. 10.10 luftdicht. Man darf sie erst kurz vor Gebrauch entnehmen, und nach kurzer Zeit ist sie einsatzfähig. Die Nennspannung einer Zink-Luft-Zelle beträgt 1,4 V. Um den Entladungsgrad festzustellen, ist wie bei allen anderen Batterien die Leerlaufspannung zu messen.



Abb. 10.10 – Zink-Luft-Batterien sind luftdicht verpackt.

10.5 Günstige Batterien so gut wie teure?

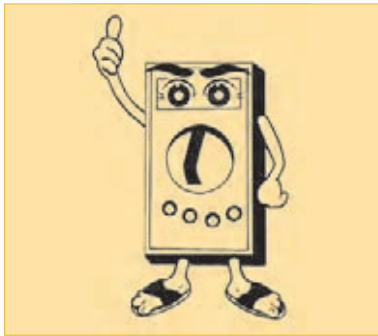
Die Zeitschrift *Guter Rat* informierte in der Ausgabe 3/2007 über einen großen Test von Mignon- und Micro-Batterien. Ein MP3-Player, eine Taschenlampe und eine Digitalkamera wurden damit so lange betrieben wie es ging. Die Preisunterschiede pro Ampere-stunde waren gewaltig. Das Fazit von *Guter Rat*: „Sie können bedenkenlos bei Aldi, Lidl, Penny, Plus

und Rossmann die günstigen No-Name-Batterien kaufen. Sie bringen ebenso viel Leistung wie die teureren Markenbatterien, zum Teil sogar mehr – und das zu einem Bruchteil

des Preises.“ Ob Batterie und Gerät lange funktionieren, hängt auch vom Umgang ab – der Kasten gibt Tipps.

Tipps zum Umgang mit Einwegbatterien

- Im Gerät erschöpfte Batterien wegen Auslaufgefahr unverzüglich gegen neue austauschen.
- Nur Batterien gleichen Typs und mit gleichem Entladungsgrad zusammen verwenden.
- Um die Selbstentladung gering zu halten, sind die Batterien bei möglichst niedriger Temperatur zu lagern.
- Obwohl Batterien in Messgeräten meist jahrelang halten, sind wegen Auslaufgefahr Kohle-Zink-Batterien jährlich und Alkali-Mangan-Batterien alle zwei Jahre zu ersetzen.
- Zur Kontrolle kann man ins Batteriefach einen Zettel mit dem Verwendungsdatum legen.
- Bei Rundzellen ist der richtige Anschluss zu beachten.
- Laut Gesetz sind Batterien nach Gebrauch bei einer Batteriesammelstelle abzuliefern oder der Verkaufsstelle zurückzubringen.



10.6 AccuCell ersetzt Einwegbatterie

AccuCell ist die Produktbezeichnung für eine wieder aufladbare Alkali-Mangan-Batterie, die Einwegbatterien ersetzen kann. Sie ist gefahrlos aufladbar und entlädt sich kaum selbst – ein großes Plus gegenüber herkömmlichen Akkus. AccuCell-Batterien (Bild 10.11) erreichen eine deutlich höhere Speicherkapazität als Nickel-Cadmium-Akkus und sind fast schadstofffrei. Mit den traditionellen Akkusystemen kann AccuCell trotzdem nicht konkurrieren, weil dieser Batterietyp keine hohen Ströme liefern kann. Laut Tabelle kann eine „dicke“ Monozelle deshalb nicht sechs Stunden lang ein Ampere liefern, also 6 Amperestunden, wohl aber 100 Stunden lang 60 mA. Kurz zur Erinnerung: Die Speicherkapazität oder einfach Kapazität einer Batterie wird in „Ah“ angegeben, das steht für „Ampere mal Stunden“. Die 6-Ah-Monozelle kann also auch 60 Stunden lang 100 mA liefern. Die Obergrenze des Stroms liegt bei der Monozelle bei 400 mA, die sie 15 Stunden lang abgeben kann. Die Nennspannung von AccuCell-Batterien liegt bei 1,5 V. Um sie laden zu können, braucht man ein spezielles Ladegerät, übliche Batterielader scheiden aus. Bild 10.12 zeigt ein Gerät, das Micro- und Mignon-Batterien laden kann, der Anschaffungspreis liegt bei 20 Euro.

Die vier Typen von AccuCell-Batterien

Typ	Kapazität	maximaler Strom
Micro AAA	750 mAh	50 mA
Mignon AA	1,8 Ah	100 mA
Baby C	3 Ah	200 mA
Mono D	6 Ah	400 mA



Abb. 10.11 – Die Familie der AkkuCell-Batterien.

Entladung verringert Kapazität: Was tun?

Bei AccuCell-Batterien schrumpft mit der Zahl der Entladungen kontinuierlich die Kapazität. Nach 100 Ladungen/Entladungen hat sich die Kapazität ungefähr halbiert. Der Hersteller gibt deshalb mit 25 bis 500 Entladungen/Ladungen einen hohen Bereich an. Der Anwender muss sich entscheiden, bis zu welcher Kapazität er die Batterie



Abb. 10.12 – AccuCell-Batterien lassen sich nur mit einem speziellen Ladegerät aufladen.

verwenden möchte. Um die Kapazität zu kontrollieren, kann man die Batterie durch einen Widerstand belasten und stündlich die Spannung messen. Umso weniger dabei die Spannung abfällt, desto größer ist die Kapazität. Die zu verwendenden Widerstandswerte sind laut Tabelle von der Batterie abhängig. Bild 10.13 zeigt Entladekurven.

12 Ausflug in die Hobbyelektronik

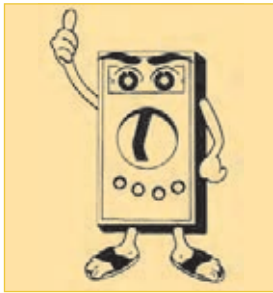
Die vorangegangenen Kapitel haben den Praktiker darüber informiert, wie im ganz konkreten Fehlerfall vorzugehen ist: wenn ein elektrisches oder elektronisches Gerät den Dienst quittiert, der Akku oder die Batterie nicht mehr will oder die Elektroinstallation streikt. Überall muss man messen und hat es dabei meist auch mit elektronischen Bauteilen zu tun. Was liegt also näher, als in die Hobbyelektronik unter nutzbaren Praxisaspekten etwas tiefer einzusteigen. Wer beim Thema Elektronik etwas dazulernen möchte, hat außerdem beste Karten: Denn die Bauelemente sind meist recht preiswert, und auch das „Drumherum“ an Lötwerkzeug und Geräten gibt es schon für verblüffend wenig Geld. Was die Freude vermiesen kann, sind Schaltungen, die nicht so funktionieren, wie sie sollen. Mit dem Multimeter ist das kein Problem: Der Fehler lässt sich finden und beheben.

12.1 Bausätze sind Trumpf

Viele Elektronikfreaks setzen seit langem auf Bausätze. Warum? Sie sind ausgereift, von hoher Qualität und selbst erdachten Bauanleitungen in punkto Zeitersparnis und Preiswürdigkeit haushoch überlegen. Mit einem kostengünstigen Paket erhält man nicht nur die erforderlichen Bauelemente, sondern

auch eine hochwertige und garantiert „stimmige“ Platine. So ist innerhalb kurzer Zeit ein funktionierender Aufbau auf dem Bastel- oder Küchentisch realisierbar. Messungen sind dabei kaum wegzudenken. Damit man das Multimeter möglichst effektiv einsetzen kann, gibt es im Kasten einige Tipps.

Wenn man sich außerdem die Mühe macht, Bauelemente vor dem Einlöten zu prüfen, lässt sich in der Praxis mancher Frust vermeiden. Wie bei unterschiedlichsten Bauteilen vorzugehen ist, beschreibt das Kapitel *Richtig messen leicht gemacht* ausführlich.



Tipps für die Bausatzpraxis

- Eine Lötstelle ist erst perfekt, wenn sich ein ausgeglichener, überall glänzender Lötkegel gebildet hat.
- Mit flachen Bauelementen beginnen, mit hohen enden.
- Mehrere Bauelemente einsetzen und zunächst einseitig anlöten. Ist diese Lötstelle ausgekühlt, wird der Rest gelötet.
- Eine „dritte Hand“ oder ein Platinenhalter ist sehr hilfreich.
- Im Zweifelsfall sind Bauelemente, wenn möglich, zu messen.
- Bauelemente immer möglichst direkt auf der Platinenoberseite aufliegend anordnen.
- Beim Abschneiden oder -kneifen mit dem Werkzeug leicht gegen die Platine drücken, um der Abscherkraft entgegenzuwirken.

12.2 Optimierte Fehlersuche bei elektronischen Schaltungen

Wie geht man bei der Fehler-suche vor, also wenn eine elektronische Schaltung nicht funktioniert? Dieses Buch informiert im Kapitel *Defekte elektronische Geräte reparieren* und dort im Unterkapitel *Die elektronische Schaltung auf Fehler prüfen* über Grundlagen. Die Fehlersuche beschränkt sich dabei auf das Messen von Arbeitspunktspannungen aktiver Bauelemente. Diese Spannungen sind mit den Werten zu vergleichen, die der Hersteller im Schaltplan angibt. Bei vielen defekten elektronischen Geräten führt dieses Vorgehen zum Erfolg – wenn nicht, wird es mit dem Messen etwas komplizierter. Dieses Kapitel gibt deshalb weitere Tipps, allerdings ohne zu tief ins Thema einzusteigen, um den Anwender nicht zu verwirren. Um sich unnötige Arbeit beim Messen zu sparen, sollte

man zunächst einige Dinge prüfen, über die der Kasten informiert.

Audioverstärker als Beispiel

Um den Fehler in der elektronischen Schaltung eines analogen Audioverstärkers einer HiFi-Anlage zu finden, ist zunächst die Stromaufnahme der Schaltung zu überprüfen. Ist diese in Ordnung, ist man meist auf Spannungsmessungen angewiesen. Besonders wichtig sind dabei Messungen an aktiven Bauelementen wie Transistoren. In analogen Audioschaltungen sollte auf der Basis-Emitter-Strecke immer eine Gleichspannung von rund 600 mV messbar sein.

Abb. 12.1 zeigt eine Emitterstufe. Durch Messen der Emitterspannung (U_E) gegen Masse nach Bild 12.2 kann man auf die Spannung an der Basis (U_B) und auf die Kollektorspannung (U_C) schließen. Die

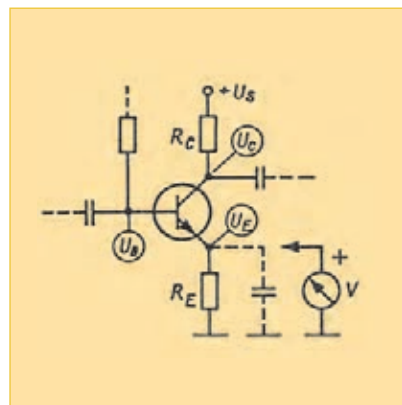
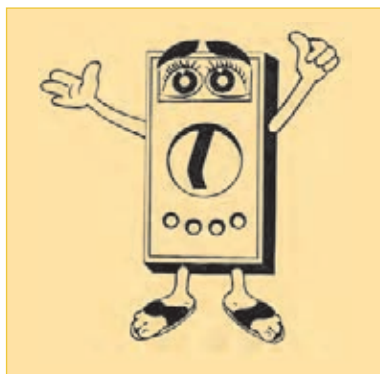


Abb. 12.1 – Spannungen an einer Emitterschaltung.

Basisspannung muss etwa 600 mV höher als die Emitterspannung sein, und zwischen Kollektor und Emitter müssen einige Volt anliegen. Liegt die Speisespannung bei 12 V, beträgt die Basisspannung U_B knapp 2,6 V, die Kollektorspannung U_C liegt dagegen zwischen 6 V und 9 V.



Die Platine vor dem Messen prüfen

- Gibt es auf der Platine eine unzulässige Lötbrücke oder eine „vergessene“ Lötstelle?
- Ist die Betriebsspannung richtig gepolt?
- Wurden Schaltkreise, Transistoren und Dioden richtig auf die Platine gelötet?
- Sind alle externen Bauelemente angeschlossen?
- Haben die einstellbaren Bauelemente eine Mittelstellung?

12.2 Optimierte Fehlersuche bei elektronischen Schaltungen

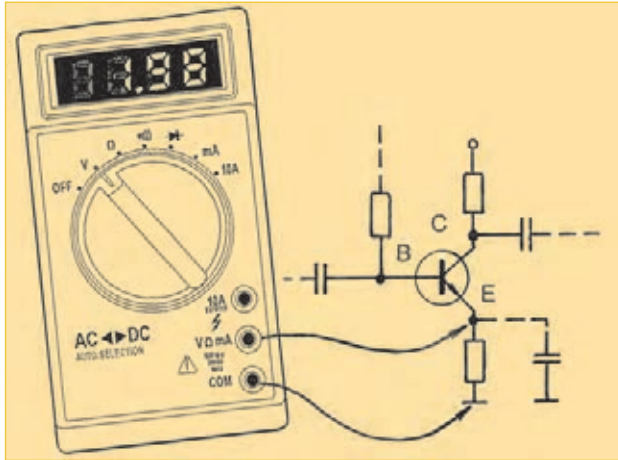


Abb. 12.2 – Die Emitterspannung wird gemessen.

Bipolare Transistoren in analogen Verstärkern kann man nach Abb. 12.3 durch einen Kurzschluss der Basis-Emitter-Strecke leicht in der Schaltung testen. Ist der Transistor in Ordnung, muss er jetzt die Kollektor-Emitter-Strecke dichtmachen, weil diese hochohmig geworden ist. Die Folge beim Messen: Die Spannung am Emittewiderstand gegen Masse muss gegen null gehen, die Kollektorspannung dagegen ansteigen und knapp die Speisespannung von 12 V erreichen.

Mit Signalspannung dem Fehler auf der Spur

Kommt man mit Gleichspannungsmessungen nicht weiter, ist eine sehr kleine Wechselfspannung in den Audioverstärker zu geben. Techniker sprechen auch von einer Signalspannung, die dem zu verstärkenden Audiosignal gleichkommt und an verschiedenen Stellen des Verstärkers zu messen ist. So findet man den Defekt

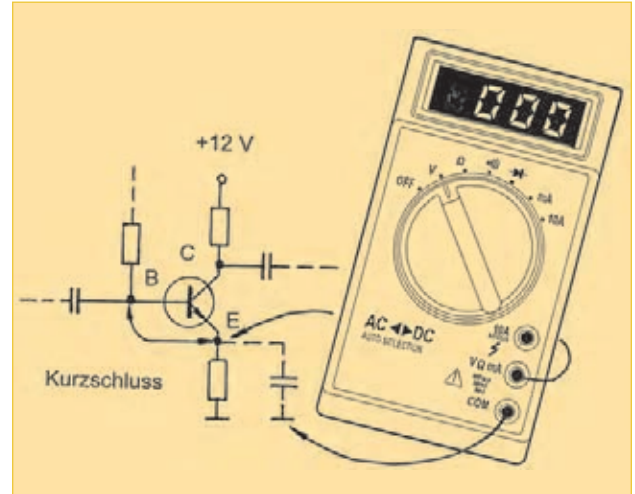


Abb. 12.3 – Dieser Transistor ist okay: Bei kurzgeschlossener Basis-Emitter-Strecke lässt sich am Emitter gegen Masse keine Spannung mehr messen.

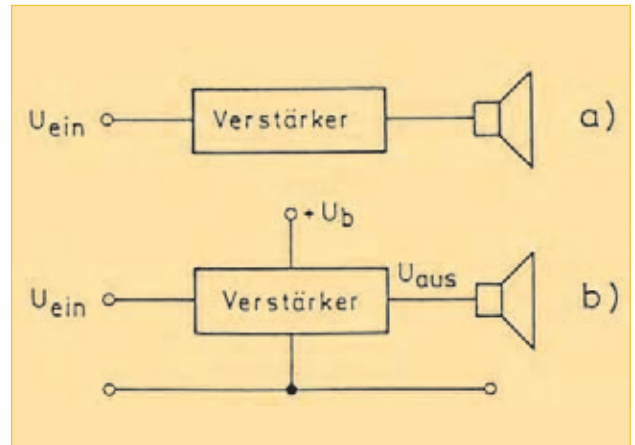


Abb. 12.4 – Der Audioverstärker als Black Box: Die Eingangs-Signalspannung U_{ein} und die Ausgangs-Signalspannung U_{aus} lassen sich gegen Masse messen.

12.2 Optimierte Fehlersuche bei elektronischen Schaltungen

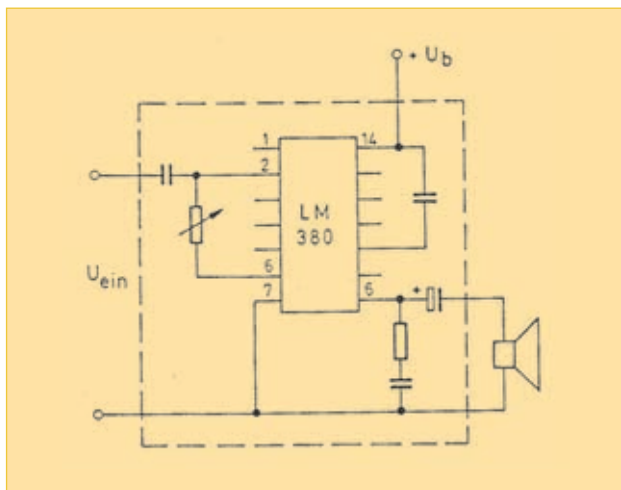


Abb. 12.5 – Dieses Bild erlaubt einen Blick in die Black Box: Das Audio-IC ist als Kasten in der Mitte zu erkennen.

garantiert. Jeder Verstärker muss eine bestimmte Signal-Eingangsspannung auf eine bestimmte Signal-Ausgangsspannung verstärken. Bei der Fehlersuche ist deshalb das Prinzip der „Signalverfolgung“ zu nutzen: Die eingespeiste Signalspannung verfolgt man ab dem Verstärkereingang, bis die fehlerhafte Verstärkerstufe gefunden ist. Eine Stufe mit einem Transistor in Emitterschaltung verstärkt die Signalspannung üblicherweise etwa um den Faktor 10. Emitterschaltung bedeutet, dass das Ausgangssignal am Kollektor ausgegeben wird. Die Bilder 12.4 und 12.5 führen weiter in die Praxis.

Der Profi nutzt für die Signalmessung eine Frequenz von meist 1 kHz – ein Signal, das kaum ein handelsübliches Multimeter erfassen kann, da der Wechselspannungs-Messbereich meist auf wenige 100 Hz begrenzt ist. Ein Ausweg ist ein Spannungsteiler nach Bild 12.6 mit einem 100- Ω - und einem 100-k Ω -Widerstand, der an die Sekundärwicklung des Trafos anzulöten ist. Von

dort holt man sich eine kleine Wechselspannung mit der Frequenz von 50 Hz, die das Multimeter anzeigen kann. Die Sekundärwicklung des Trafos stellt die Betriebsspannung für das Gerät bereit, die allerdings noch gleichgerichtet und stabilisiert werden muss. Im Gegensatz dazu liegen an der sogenannten Primärwicklung die 230 V aus der Steckdose an. Dort darf man den Spannungsteiler deshalb auf keinen Fall anlöten! Er sollte die Spannung etwa 1000:1 teilen, also aus 12 V Wechselspannung rund 12 mV machen. Jetzt ist noch ein sensibles, etwas besseres Multimeter erforderlich, das auch kleine Wechselspannungen misst – und schon kann man auf Fehlerjagd gehen. Dabei misst man die Signalspannung in Transistorschaltungen an der Basis (Eingang) und meist am Kollektor (Ausgang). Hierbei darf die Basisspannung der Folgestufe nicht wesentlich kleiner als die Kollektorspannung der vorangegangenen Verstärkerstufe sein. So sieht man, was die einzelnen Verstärkerstufen mit der Signalspannung von 12 mV anstellen. Am Ende der Kette stehen meist Verstärkerstufen mit einer Spannungsverstärkung von 1 – warum? Diese verstärken nicht die Spannung, sondern den Strom. Ihr Innenwiderstand ist so gering, dass ein niederohmiger Lautsprecher effizient betrieben werden kann. Wie ein vierstufiger Transistorverstärker die 12 mV Wechsel-

Mögliche Verstärkung einer 12-mV-Signalspannung

- erste Verstärkerstufe: etwa 120 mV
- zweite Verstärkerstufe: etwa 1,2 V
- dritte Verstärkerstufe: etwa 12 V bei voll aufgedrehtem Lautstärkereglern
- vierte Verstärkerstufe: etwa 10 V wegen der Stromverstärkung

12.2 Optimierte Fehlersuche bei elektronischen Schaltungen

spannung verarbeiten könnte, zeigt der folgende Kasten.

Nun ergibt sich allerdings ein kleines Problem: In allen zeitgemäßen Audioverstärkern trifft man ganz oder teilweise auf integrierte Schaltkreise (ICs). Wenn man sich über diese Dinge informiert, lassen sich trotzdem Ein- und Ausgangssignalspannung messen. Infos findet man im Internet oder im Datenblatt.

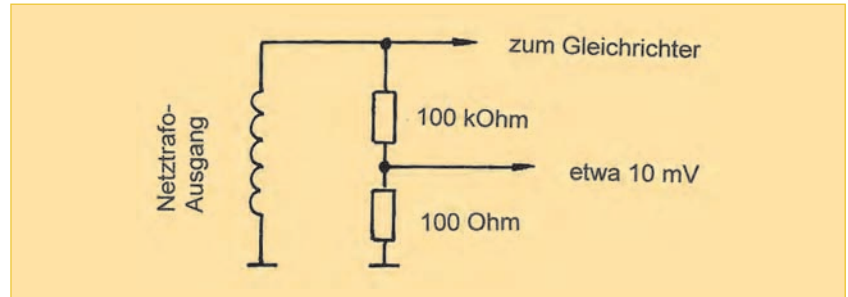


Abb. 12.6 – Spannungsteiler an der Sekundärwicklung des Netztrafos.

Bezugsquellen für elektronische Bausätze

Conrad Electronic

Klaus-Conrad-Straße 1
92240 Hirschau
www.conrad.de

ELV Elektronik

Maiburger Straße 23-36
26787 Leer
www.elv.de

Westfalia Technica

Industriestraße 1
58083 Hagen
www.westfalia.de

Richtig messen und prüfen in Haushalt, Hobby und Auto

Elektronische Geräte sind aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken – und es werden immer mehr: ob im Haushalt, beim Hobby, in der Freizeit oder bei elektronischen Anwendungen im Auto – mit einem richtig eingesetzten Vielfachmessinstrument können Sie die meisten Fehler finden und im Handumdrehen beheben.

Aus dem Inhalt

- Richtig messen leicht gemacht
- Mit dem Vielfachmessinstrument Fehler finden
- Auto, Caravan und Boot unter die Lupe nehmen
- Batterien und Akkus auf dem Prüfstand
- Solarstrom mit einem Multimeter optimal nutzen

Zum Autor

Frank Sichla ist Elektronikingenieur und Fachbuchautor. In diesem Buch zeigt er Schritt für Schritt, was man mit dem Multimeter in Alltag und Hobby alles messen und prüfen kann.

Schritt für Schritt zeigt Ihnen der Autor, wie Sie die Fehler finden, wenn ein Gerät defekt ist: Sie können mit einem Multimeter Batterien, Akkus oder elektronische Bauteile kontrollieren, Lampen testen, Sicherungen, Stecker und Leitungen prüfen und so manches Haushaltsgerät reparieren. Messungen an der Autoelektronik helfen, defekte Teile ausfindig zu machen. Der Autor stellt das Vielfachmessinstrument als ein überaus nützliches und preiswertes Universalwerkzeug vor und hilft Ihnen, Geld zu sparen.

Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

Besuchen Sie uns im Internet: www.franzis.de