

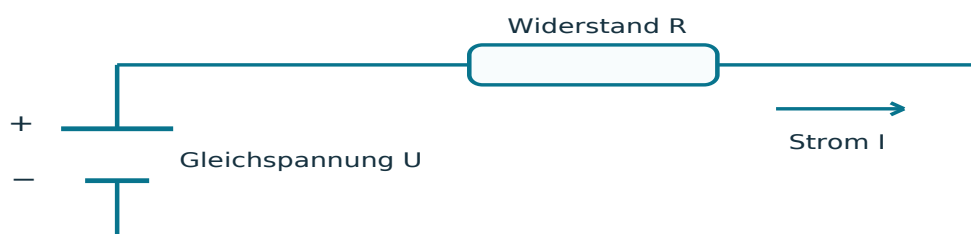
Spannung, Strom und Widerstand

Drei Größen beschreiben unterschiedliche Dinge im Stromkreis.

Spannung U ist eine elektrische Potentialdifferenz; ihre Einheit ist Volt. **Strom I** beschreibt den Ladungstransport pro Zeit; die Einheit ist Ampere. **Widerstand R** beschreibt bei einem ohmschen Bauteil das Verhältnis von Spannung zu Strom; die Einheit ist Ohm.

Damit im einfachen Gleichstrombeispiel dauerhaft Strom fließt, braucht es einen geschlossenen leitfähigen Weg und eine geeignete Quelle. Ein offener Schalter unterbricht diesen Weg. Trotzdem kann zwischen zwei Punkten Spannung anliegen. Spannung bedeutet daher nicht automatisch, dass dort gerade ein Laststrom fließt.

Die Quelle liefert Energie, die am Verbraucher in andere Formen umgesetzt wird. Der Strom wird im Verbraucher nicht einfach „aufgebraucht“; in einer unverzweigten Leitung ist die Stromstärke an allen Stellen gleich.



Geschlossener Stromkreis; technische Stromrichtung

Größe	Einheit	Passende Frage
Spannung U	Volt (V)	Welche Potentialdifferenz liegt an?
Strom I	Ampere (A)	Wie viel Ladung fließt pro Zeit?
Widerstand R	Ohm (Ω)	Wie stark wird der Strom bei dieser Spannung begrenzt?
Leistung P	Watt (W)	Wie schnell wird Energie umgesetzt?

Praxisbeispiel

An den offenen Klemmen einer Batterie kann Spannung messbar sein, obwohl kein Verbraucher angeschlossen ist und im Lastzweig kein Strom fließt.

Typischer Fehler

Spannung und Strom gleichsetzen oder von „Strom im Kabel gespeichert“ sprechen. Für Schaltungen hilft es, jede Größe mit ihrer Einheit zu benennen.

Selbst erklären

Kann eine offene Schaltung Spannung haben, obwohl der Laststrom null ist?

Lösung: Ja. Die Quelle kann eine Potentialdifferenz bereitstellen, obwohl der Stromweg unterbrochen ist. Deshalb ist fehlender Strom kein Nachweis für Spannungsfreiheit.

Das Ohmsche Gesetz anwenden

Bei konstantem ohmschem Widerstand sind Spannung und Strom zueinander proportional: doppelte Spannung, doppelter Strom.

Es gilt $U = R \times I$. Daraus folgen $I = U / R$ und $R = U / I$. Verwende passende Einheiten, bevor du einsetzt. 1000 mA sind 1 A; 1000 Ω sind 1 k Ω . Ein Ergebnis ohne Einheit ist für die Praxis unvollständig.

Ein ohmscher Widerstand zeigt unter den betrachteten Bedingungen einen annähernd linearen Zusammenhang zwischen Spannung und Strom. Bei Dioden, Glühlampen oder temperaturabhängigen Bauteilen ist der Widerstand nicht einfach über jeden Betriebszustand konstant.

Für eine Rechnung müssen die bekannten Werte dieselbe Stelle beziehungsweise denselben Bauteilzustand betreffen. Die Spannung der gesamten Quelle darf nicht beliebig mit einem einzelnen Teilstrom kombiniert werden.

Gesucht	Formel	Beispiel
Strom	$I = U / R$	$12 \text{ V} / 120 \Omega = 0,1 \text{ A}$
Spannung	$U = R \times I$	$220 \Omega \times 0,02 \text{ A} = 4,4 \text{ V}$
Widerstand	$R = U / I$	$24 \text{ V} / 0,05 \text{ A} = 480 \Omega$

Praxisbeispiel

An 120 Ω liegen 12 V. Der Strom beträgt 0,1 A = 100 mA. Wird bei gleichem Widerstand die Spannung auf 6 V halbiert, halbiert sich auch der Strom auf 50 mA.

Typischer Fehler

20 mA als 20 A einsetzen. Der Faktor 1000 verändert nicht nur das Rechenergebnis, sondern auch die Dimensionierung von Bauteilen erheblich.

Selbst erklären

Wie groß ist der Strom durch 1 k Ω bei 5 V?

Lösung: $I = 5 \text{ V} / 1000 \Omega = 0,005 \text{ A} = 5 \text{ mA}$. Zuerst wurde k Ω in Ω umgerechnet.

Reihe und Parallel verstehen

Die Verbindungsart bestimmt, welche Größen gleich sind und welche sich aufteilen.

In einer **Reihenschaltung** ohmscher Widerstände fließt derselbe Strom durch alle Elemente. Die Teilspannungen addieren sich zur Gesamtspannung, die Widerstände zu $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots$.

In einer **Parallelschaltung** liegt an allen Zweigen dieselbe Spannung. Die Zweigströme addieren sich zum Gesamtstrom. Für zwei Widerstände gilt $R_{\text{ges}} = R_1 \times R_2 / (R_1 + R_2)$. Der Ersatzwiderstand ist kleiner als der kleinste Einzelwiderstand.

Ein einfacher Spannungsteiler besteht aus zwei Reihenwiderständen. Wird am Abgriff eine Last angeschlossen, beeinflusst sie den Teiler. Die unbelastete Formel darf dann nicht ungeprüft weiterverwendet werden.

Merkmal	Reihe	Parallel
Strom	In allen Elementen gleich	Teilt sich in Zweige auf
Spannung	Teilt sich auf	In allen Zweigen gleich
Mehr Widerstände	Gesamtwiderstand steigt	Gesamtwiderstand sinkt bei weiterem Zweig
Ausfall als Unterbrechung	Gesamter Serienweg unterbrochen	Andere Zweige können weiter bestehen

Praxisbeispiel

Zwei gleiche 100-Ω-Widerstände ergeben in Reihe 200 Ω und parallel 50 Ω. Bei idealen 10 V fließen insgesamt 50 mA beziehungsweise 200 mA.

Typischer Fehler

Auch in einer Parallelschaltung die Widerstandswerte einfach addieren oder annehmen, jeder zusätzliche Verbraucher reduziere den Gesamtstrom.

Selbst erklären

Warum sinkt der Ersatzwiderstand durch einen zusätzlichen Parallelzweig?

Lösung: Der zusätzliche Zweig eröffnet einen weiteren Stromweg. Bei gleicher Spannung kann insgesamt mehr Strom fließen; U/I wird kleiner.

Leistung und Energie unterscheiden

Watt sagt, wie schnell Energie umgesetzt wird. Wattstunden sagen, wie viel.

Bei Gleichstrom gilt $P = U \times I$. Für einen ohmschen Widerstand lassen sich außerdem $P = I^2 \times R$ und $P = U^2 / R$ verwenden. Diese Gleichungen müssen zum betrachteten Betriebszustand passen.

Die Energie ergibt sich bei konstanter Leistung aus $E = P \times t$. Watt mal Stunden ergibt Wattstunden; 1000 Wh sind 1 kWh. 1 Wh entspricht 3600 Joule. Hohe Leistung für kurze Zeit und kleine Leistung für lange Zeit können dieselbe Energie ergeben.

Ein Bauteil hat Grenzen für Temperatur und Verlustleistung. Der rechnerische Widerstandswert allein garantiert nicht, dass ein kleiner Widerstandskörper die entstehende Wärme verträgt.

Aufgabe	Rechnung	Ergebnis
12 V und 0,5 A	$P = 12 \times 0,5$	6 W
60 W für 2 h	$E = 60 \times 2$	120 Wh = 0,12 kWh
100 Ω an 10 V	$P = 10^2 / 100$	1 W Verlustleistung

Praxisbeispiel

Ein Widerstand von 100 Ω an 10 V setzt 1 W um. Ein Bauteil mit nur 0,25 W zulässiger Verlustleistung wäre dafür unter diesen Bedingungen nicht passend dimensioniert.

Typischer Fehler

W und Wh austauschbar verwenden. „100 W pro Stunde“ ist keine korrekte Ersatzangabe für eine verbrauchte Energie von 100 Wh.

Selbst erklären

Eine 20-W-Lampe läuft 5 Stunden. Welche Energie setzt sie um?

Lösung: $E = 20 \text{ W} \times 5 \text{ h} = 100 \text{ Wh} = 0,1 \text{ kWh}$. Die Leistung bleibt 20 W; die Energie wächst mit der Zeit.

Gleichstrom, Wechselstrom und Frequenz

Nicht jede elektrische Größe bleibt zeitlich konstant.

Gleichspannung behält ihre Polarität; ihr Betrag kann je nach Quelle trotzdem schwanken. **Wechselspannung** ändert ihre Polarität regelmäßig. Die Frequenz f beschreibt die Zahl der Perioden pro Sekunde in Hertz. Die Periodendauer T ist $1/f$.

Bei sinusförmiger Wechselspannung ist der Effektivwert die Größe, die bei einem ohmschen Verbraucher dieselbe mittlere Wärmeleistung wie eine entsprechende Gleichspannung erzeugt. Spitzenwert und Effektivwert sind unterschiedlich.

Bei allgemeinen Wechselstromlasten muss zwischen Wirk-, Blind- und Scheinleistung unterschieden werden. $U \times I$ mit Effektivwerten ergibt die Scheinleistung. Für sinusförmige Größen gilt $P = U \times I \times \cos \varphi$; bei nichtsinusförmigen Verläufen reicht diese einfache Phasenformel nicht immer.

Begriff	Bedeutung
Frequenz f	Perioden pro Sekunde; Einheit Hz
Periodendauer T	Zeit pro Periode; $T = 1/f$
Effektivwert	Für die Leistungswirkung geeigneter Vergleichswert
Wirkleistung P	Tatsächlich im Mittel umgesetzte Leistung
Scheinleistung S	Produkt der Effektivwerte von U und I

Praxisbeispiel

Ein reines Rechenbeispiel mit $f = 50 \text{ Hz}$ ergibt $T = 1/50 \text{ s} = 0,02 \text{ s} = 20 \text{ ms}$. Daraus folgt noch keine Aussage über sichere Berührbarkeit oder Messmethode.

Typischer Fehler

Eine beliebige Wechselstromlast mit $P = U \times I$ wie einen reinen ohmschen Gleichstromverbraucher berechnen. Der Leistungsfaktor kann eine Rolle spielen.

Selbst erklären

Ist 50 Hz dasselbe wie 50 V?

Lösung: Nein. Hertz beschreibt Wiederholungen pro Sekunde, Volt eine elektrische Potentialdifferenz. Die Größen sind unabhängig zu benennen.

Was typische Bauteile bewirken

Ein Bauteil verstehen heißt, seine Funktion und seine Grenzen zu kennen.

Ein **Widerstand** begrenzt Strom oder teilt Spannung. Ein **Kondensator** speichert Energie im elektrischen Feld; seine Spannung kann nach dem Abschalten noch bestehen. Eine **Spule** speichert Energie im magnetischen Feld und wirkt Änderungen des Stroms entgegen.

Eine **Diode** leitet unter geeigneten Bedingungen überwiegend in eine Richtung. Eine LED wandelt einen Teil elektrischer Energie in Licht um und benötigt eine geeignete Strombegrenzung. Ein **Transistor** kann Signale schalten oder verstärken.

Ein Relais trennt Steuerung und geschalteten Schaltkreis entsprechend seinem Aufbau. Eine Freilaufbeschaltung einer DC-Spule kann beim Abschalten auftretende Spannung begrenzen; richtige Polung und Eignung sind zu beachten.

Bauteil	Merke	Nicht vergessen
Kondensator	Spannung kann gespeichert bleiben	Entladung und Spannungsfestigkeit
Spule / Relaiswicklung	Stromänderung erzeugt Spannungswirkung	Geeignete Schutzbeschaltung
LED	Strom muss passend begrenzt werden	Polung und Verlustleistung
Transistor	Schaltet nur innerhalb seiner Grenzwerte	Steuerung, Kühlung und Schutz

Praxisbeispiel

Eine LED direkt an eine ungeeignete Spannungsquelle zu legen kann sie zerstören. Ein passender Vorwiderstand oder eine geeignete Stromquelle gehört zur Schaltung.

Typischer Fehler

Nach „Aus“ überall sofort Energie null annehmen. Kondensatoren und andere Energiespeicher können noch relevante Energie enthalten.

Selbst erklären

Warum benötigt eine LED normalerweise eine Strombegrenzung?

Lösung: Ihre Strom-Spannungs-Kennlinie ist nicht die eines konstanten ohmschen Widerstands. Kleine Spannungsänderungen können große Stromänderungen verursachen.

Elektrische Größen richtig unterscheiden

Messart, Anschlüsse und Zustand müssen vor der Messung klar sein.

Spannung wird zwischen zwei Punkten gemessen, also parallel zum betrachteten Bereich. **Strom** wird bei einer direkten Messung in den Stromweg einbezogen; passende Stromzangen sind eine andere Messmethode. **Widerstand** wird grundsätzlich an einem dafür spannungsfreien, gegebenenfalls entladenen Bauteil gemessen.

Ein Multimeter im Strombereich darf nicht wie ein Spannungsmesser direkt über eine Quelle angeschlossen werden. Das kann einen Kurzschluss erzeugen. Buchsen, Messart, Bereich, Leitungen und Geräteeignung werden vor dem Anschließen geprüft.

Die folgenden Lernrechnungen beziehen sich auf geeignete, strombegrenzte Kleinspannungs-Übungsaufbauten. An elektrischen Anlagen richtet sich die Ausführung nach Qualifikation, Herstellerunterlagen und betrieblichem Verfahren; ein Multimeterwert allein ist kein vollständiger Sicherheitsnachweis.

Messung	Grundprinzip	Typischer Fehler
Spannung	Zwischen zwei Punkten	Falscher Bereich oder falsche Buchse
Strom direkt	Im passenden Stromweg	Strombuchse parallel an die Quelle
Widerstand	Ohne Fremdspannung	Messung am unter Spannung stehenden Teil
Durchgang	Niederohmigen Weg prüfen	Signalton als vollständigen Funktionsnachweis deuten

Praxisbeispiel

Ein ausgebauter Widerstand wird mit passender Widerstandsmessung geprüft. In einer Schaltung können Parallelpfade das Ergebnis verändern; der angezeigte Wert muss nicht sein Einzelwert sein.

Typischer Fehler

Nur den Drehschalter umstellen und die Messleitung in einer ungeeigneten Strombuchse lassen. Vor jeder neuen Messart Anschluss und Bereich prüfen.

Selbst erklären

Warum kann ein in der Schaltung gemessener Widerstand kleiner erscheinen als sein Nennwert?

Lösung: Weitere leitende Parallelpfade können mitgemessen werden. Die Messanordnung muss so gewählt werden, dass tatsächlich das gewünschte Bauteil beurteilt wird.

Eine komplette Kleinspannungsaufgabe

Aus einer Aufgabenbeschreibung werden Rechnung, Bauteilauswahl und Kontrolle.

Betrachte einen idealisierten ohmschen Verbraucher an einer geeigneten strombegrenzten 12-V-Übungsquelle. Der gewünschte Strom ist 50 mA. Zuerst werden Einheiten angepasst, dann Widerstand und Verlustleistung berechnet. Anschließend wird ein geeignetes Bauteil mit ausreichender Belastbarkeit unter seinen Betriebsbedingungen gewählt.

Das Rechenmodell ist absichtlich einfach: Reale Quellen, Toleranzen und Temperatur können Werte verändern. Eine Abweichung beim Messen ist ein Anlass zum Prüfen, kein Grund, blind an Parametern zu drehen.

Schritt	Rechnung / Prüfung
Strom umrechnen	$50 \text{ mA} = 0,05 \text{ A}$
Widerstand bestimmen	$R = 12 / 0,05 = 240 \text{ } \Omega$
Leistung berechnen	$P = 12 \times 0,05 = 0,6 \text{ W}$
Bauteil wählen	240 Ω (E24-Normwert) mit mindestens 1 W – ein 0,25-W- oder 0,5-W-Widerstand wäre bei 0,6 W überlastet
Ergebnis kontrollieren	Spannung, Strom, Erwärmung und Toleranz berücksichtigen

Praxisbeispiel

Wäre der tatsächliche Widerstand 250 Ω statt 240 Ω , ergäbe das ideal $I = 12/250 = 0,048 \text{ A} = 48 \text{ mA}$. Ein anderer Bauteilwert verändert den Strom nachvollziehbar.

Typischer Fehler

Nur den Ohmwert bestellen und die Leistung ignorieren. Ein winziger Widerstand mit passendem Nennwert kann thermisch ungeeignet sein.

Selbst erklären

Wie ändern sich Strom und Leistung am unveränderten 240- Ω -Widerstand bei 6 V?

Lösung: $I = 6/240 = 25 \text{ mA}$. $P = 6^2/240 = 0,15 \text{ W}$. Halbe Spannung ergibt halben Strom und bei konstantem R ein Viertel der Leistung.

Dein Lernweg

Spannung, Strom, Widerstand, Leistung, Schaltungen und Messen - mit nachvollziehbaren Rechnungen und sicheren Lernbeispielen.

Kapitel	Thema
01	Spannung, Strom und Widerstand
02	Das Ohmsche Gesetz anwenden
03	Reihe und Parallel verstehen
04	Leistung und Energie unterscheiden
05	Gleichstrom, Wechselstrom und Frequenz
06	Was typische Bauteile bewirken
07	Elektrische Größen richtig unterscheiden
08	Eine komplette Kleinspannungsaufgabe

Wissen in die Werkstatt übertragen

Wähle ein reales Bauteil oder eine Aufgabe aus deinem Alltag. Erkläre die passenden Begriffe in eigenen Worten, begründe die Verfahrens- oder Werkstoffwahl und notiere, welche Angaben du vor einer praktischen Umsetzung noch benötigst. Vergleiche deine Begründung mit den Beispielen und Lösungen im Heft.

Online weiterlernen

Auf LehrLynx findest du dieselben Kapitel unter „Lernhefte“. Jedes Thema ist einzeln anwählbar und über die Suche auffindbar. Unter „Rechner“ und „Interaktiv“ kannst du Zusammenhänge selbst ausprobieren.