

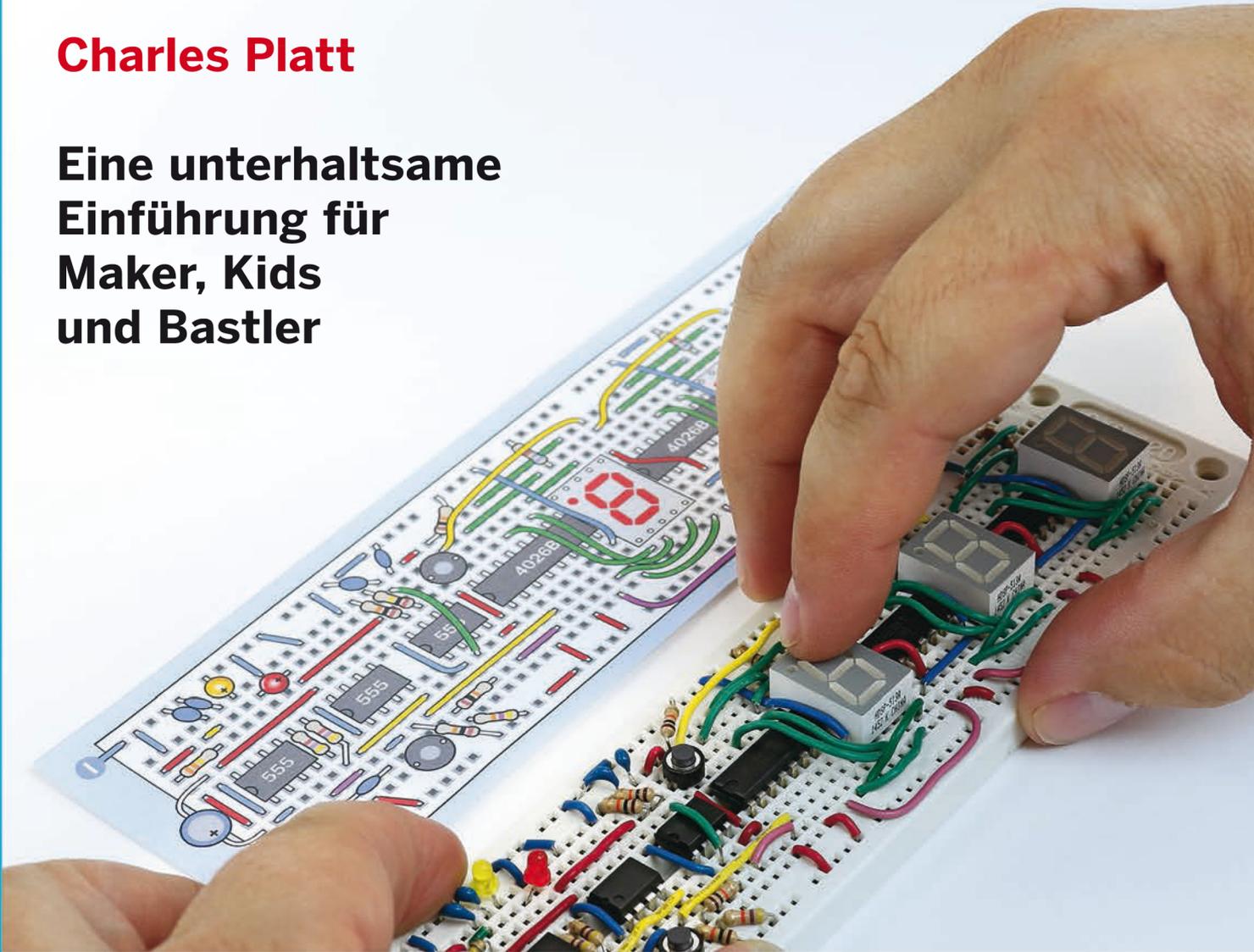
Testen, frickeln, ausprobieren – respektlos lernen!

2.
Auflage

Make: Elektronik

Charles Platt

**Eine unterhaltsame
Einführung für
Maker, Kids
und Bastler**



dpunkt.verlag

Papier
plus⁺
PDF.

Zu diesem Buch – sowie zu vielen weiteren dpunkt.büchern –
können Sie auch das entsprechende E-Book im PDF-Format
herunterladen. Werden Sie dazu einfach Mitglied bei dpunkt.plus⁺:

www.dpunkt.de/plus

2. Auflage

Make: Elektronik

Eine unterhaltsame Einführung für Maker, Kids und Bastler

Charles Platt

mit Fotos und Illustrationen des Autors

Deutsche Übersetzung
von Frank Langenau

Charles Platt

Lektorat: René Schönfeldt

Übersetzer: Frank Langenau, Chemnitz

Korrektorat: Annette Schwarz, Ditzingen

Projektkoordination: Miriam Metsch

Satz: G&U Language & Publishing Services GmbH, Flensburg (www.GundU.com)

Herstellung: Susanne Bröckelmann

Druck und Bindung: Stürtz, Würzburg

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN:

Print 978-3-86490-368-7

PDF 978-3-96088-059-2

ePub 978-3-96088-060-8

mobi 978-3-96088-061-5

2. Auflage 2016

Copyright © 2016 dpunkt.verlag GmbH

Wieblinger Weg 17, 69123 Heidelberg

Authorized German edition of the English edition **Make: Electronics, 2nd edition**,

ISBN 9781680450262 © 2015 Charles Platt, published by Maker Media Inc. This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to sell the same.

Dieses Buch erschien in der ersten Auflage unter dem gleichen Titel im O'Reilly Verlag, Köln.

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten.

Die Verwendung der Texte und Abbildungen, auch auszugsweise, ist ohne die schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und daher strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

Alle Angaben und Programme in diesem Buch wurden von den Autoren mit größter Sorgfalt kontrolliert. Weder Autor noch Herausgeber noch Verlag können jedoch für Schäden haftbar gemacht werden, die in Zusammenhang mit der Verwendung dieses Buchs stehen.

In diesem Buch werden eingetragene Warenzeichen, Handelsnamen und Gebrauchsnamen verwendet. Auch wenn diese nicht als solche gekennzeichnet sind, gelten die entsprechenden Schutzbestimmungen.

5 4 3 2 1 0

Widmung

Den Lesern der ersten Ausgabe von *Make: Elektronik*, die Ideen und Vorschläge für diese zweite Ausgabe beisteuerten. Besonders: Jeremy Frank, Russ Sprouse, Darral Teeples, Andrew Shaw, Brian Good, Behram Patel, Brian Smith, Gary White, Tom Malone, Joe Everhart, Don Girvin, Marshall Magee, Albert Qin, Vida John, Mark Jones, Chris Silva und Warren Smith. Einige von ihnen haben sich auch angeboten, das Manuskript auf Fehler durchzusehen. Das Feedback von meinen Lesern ist immer wieder eine großartige Quelle.

Danksagung

Die Elektronik habe ich mit meinen Schulfreunden entdeckt. Wir waren Nerds, bevor es das Wort überhaupt gab. Patrick Fagg, Hugh Levinson, Graham Rogers und John Witty haben mir einige Möglichkeiten der Elektronik gezeigt.

Es war Mark Frauenfelder, der mich daran erinnert hat, was es mir bedeutet, Dinge selbst zu bauen. Gareth Branwyn hat *Make: Elektronik* initiiert und Brian Jepson die Fortsetzung sowie diese neue Ausgabe ermöglicht. Sie sind drei der besten Editoren, die ich kennengelernt habe, und ich darf sie gleichzeitig zu meinen Freunden zählen. Die meisten Autoren befinden sich in keiner so glücklichen Lage.

Auch Dale Dougherty bin ich dankbar dafür, dass er etwas angestoßen hat, was ich mir nie so großartig vorgestellt habe und sogar dabei mitwirken durfte.

Russ Sprouse und Anthony Golin haben alle Schaltungen für mich aufgebaut und getestet. Die technischen Fakten haben Philipp Marek, Fredrik Jansson und Steve Conklin überprüft. Gib ihnen keine Schuld, wenn du trotzdem noch Fehler in diesem Buch findest. Es ist viel einfacher, Fehler zu machen, als Fehler zu finden.

Inhaltsverzeichnis

Neu in der zweiten Auflage	IX
Vorwort	XI
1. Die Grundlagen	1
Was du für Kapitel 1 brauchst	1
Experiment 1: Elektrizität schmecken	9
Experiment 2: Wir missbrauchen eine Batterie	15
Experiment 3: Deine erste Schaltung	22
Experiment 4: Veränderbarer Widerstand	28
Experiment 5: Wir bauen uns eine Batterie	44
2. Schalten	53
Was du für Kapitel 2 brauchst	53
Experiment 6: Ganz einfaches Schalten	66
Experiment 7: Ein Relais untersuchen	78
Experiment 8: Ein Relais-Oszillator	85
Experiment 9: Zeit und Kondensatoren	98
Experiment 10: Transistorschalter	110
Experiment 11: Licht und Sound	119
3. Es wird langsam ernst	131
Was du für Kapitel 3 brauchst	131
Experiment 12: Zwei Drähte miteinander verbinden	142
Experiment 13: Eine LED braten	156
Experiment 14: Ein tragbares Blinklicht	159
Experiment 15: Alarmanlage, Teil 1	168

4. Chip Ahoi!	183
Was du für Kapitel 4 brauchst	183
Experiment 16: Einen Impuls erzeugen	188
Experiment 17: Den Ton bestimmen	202
Experiment 18: Alarmanlage (fast) fertig	214
Experiment 19: Reflextester	232
Experiment 20: Logik lernen	250
Experiment 21: Eine leistungsfähige Kombination	263
Experiment 22: Einer wird gewinnen	276
Experiment 23: Kippen und Prellen	286
Experiment 24: Elektronischer Würfel	291
5. Was kommt jetzt?	309
Werkzeuge, Geräte, Bauelemente und Zubehör	310
Deinen Arbeitsbereich einrichten	310
Beschriftung	313
Auf der Arbeitsplatte	313
Online-Referenzquellen	315
Bücher	316
Experiment 25: Magnetismus	318
Experiment 26: Stromerzeugung auf der Tischplatte	322
Experiment 27: Lautsprecher-Zerstörung	328
Experiment 28: So reagiert eine Spule	332
Experiment 29: Frequenzen filtern	336
Experiment 30: Einen Fuzz-Effekt erzeugen	346
Experiment 31: Ein Radio, kein Lötzinn, kein Strom	351
Experiment 32: Hardware trifft Software	359
Experiment 33: Umgebungsdaten erfassen	380
Experiment 34: Nicer Dice	391
8. Werkzeuge, Geräte, Bauelemente und Zubehör	413
Bausätze	413
Online suchen und einkaufen	414
Checklisten für Materialien und Bauelemente	422
Werkzeuge und Geräte kaufen	439
Anbieter	443
Index	445

Neu in der zweiten Auflage

Der gesamte Text aus der ersten Auflage dieses Buches wurde neu geschrieben, die meisten Fotografien und Schaltpläne wurden durch neue ersetzt.

Steckboards mit Einfachverteiler werden nun durchgängig verwendet, um das Risiko von Verdrahtungsfehlern zu verringern. Durch diese Änderung mussten die Schaltungen neu aufgebaut werden, doch ich glaube, dass es die Mühe wert war.

Schaltpläne, die die Anordnung der Bauelemente zeigen, werden nun anstelle von Fotos der Steckboard-Schaltungen verwendet. Meiner Meinung nach liefern die Schaltpläne ein klareres Bild.

Innenansichten von Steckboard-Verbindungen wurden neu gezeichnet, um den oben erwähnten Überarbeitungen zu entsprechen.

Neue Fotos von Werkzeugen und Materialien sind hinzugekommen. Für kleine Dinge habe ich einen Hintergrund in der Art von Millimeterpapier verwendet, um den Maßstab deutlich zu machen.

Wo es möglich war, habe ich Bauelemente durch preiswertere ersetzt. Außerdem habe ich das Spektrum der Produkte, die du besorgen musst, verringert.

Drei Experimente wurden vollständig überarbeitet:

- Das Projekt Nice Dice (Würfelsimulation), das in der ersten Ausgabe mit 74LSxx-Chips aufgebaut wurde und jetzt 74HCxx-Chips verwendet, um damit dem übrigen Teil des Buches und dem moderneren Einsatz zu entsprechen.
- Das Projekt mit dem Unijunction-Transistor wurde durch eine astabile Multivibratorschaltung ersetzt, die mit zwei bipolaren Transistoren arbeitet.
- Der Abschnitt zu Mikrocontrollern berücksichtigt, dass der Arduino inzwischen zum beliebtesten Mikrocontroller in Bastlerkreisen avanciert ist.

Weggefallen sind außerdem zwei Projekte im Rahmen eines Workshops zur Verarbeitung von ABS-Kunststoff, da offenbar viele Leser sie nicht so nützlich fanden.

Auch der Seitenaufbau wurde verändert, damit er sich besser für Handheld-Geräte eignet. Die Formatierung wird jetzt durch eine Markup-Sprache gesteuert, sodass sich zukünftige Ausgaben einfacher und schneller überarbeiten lassen. Wir möchten, dass das Buch für viele weitere Jahre relevant und nützlich bleibt.

Charles Platt

Vorwort

So macht dieses Buch am meisten Spaß

Jeder benutzt elektronische Geräte, aber die meisten von uns wissen eigentlich gar nicht, was in ihrem Inneren vor sich geht.

Vielleicht bist du auch der Meinung, dass man so etwas gar nicht wissen muss. Man kann schließlich ein Auto fahren, ohne zu wissen, wie ein Verbrennungsmotor funktioniert – weshalb sollte man sich also mit Elektrizität und Elektronik befassen?

Dafür gibt es wohl drei Gründe:

- Wenn man lernt, wie Technik funktioniert, kann man die eigene Umwelt besser beherrschen, anstatt von ihr beherrscht zu werden. Treten dann Probleme auf, kann man sie lösen, anstatt sich von ihnen frustrieren zu lassen.
- Es kann Spaß machen, etwas über Elektronik zu lernen, sofern man es richtig angeht. Es ist zudem ein Hobby, das recht erschwinglich ist.
- Kenntnisse der Elektronik können deinen Wert als Angestellter steigern oder dir sogar zu einer ganz neuen Karriere verhelfen.

Lernen durch Entdecken

Die meisten Einsteigerbücher fangen mit Definitionen und Theorie an, um einige der grundlegenden Konzepte zu erklären. Schaltungen dienen dann dazu, diese Ausführungen zu untermauern.

Die wissenschaftliche Bildung in Schulen folgt oftmals einem ähnlichen Plan. Das ist *Lernen durch Erklären*.

Dieses Buch funktioniert anders. Ich will, dass du gleich damit anfängst, Bauteile zusammenzubauen. Sobald du siehst, was damit geschieht, verstehst du, wie alles zusammenhängt. Dieses *Lernen durch Entdecken* ist meiner Meinung nach unterhaltsamer, interessanter und einprägsamer.

Bei dieser Lernmethode läufst du natürlich auch Gefahr, Fehler zu machen. Das ist auch gut so, denn Fehler sind die besten Lehrmeister. Ich will, dass du Bauteile durchbrennst und beschädigst, um das Verhalten und die Grenzen der Sachen kennenzulernen, mit denen du es zu tun hast. Die niedrigen Spannungen, mit denen wir in diesem Buch arbeiten, können zwar empfindliche Bauelemente zerstören, dir selbst aber keinen Schaden zufügen.

Lernen durch Entdecken setzt vor allem voraus, dass es praktisch geschehen muss. Du kannst zwar diesem Buch einen gewissen Wert abgewinnen, indem du es nur liest, doch deine Erfahrung wird wesentlich wertvoller sein, wenn du die Experimente selbst durchführst.

Erfreulicherweise sind die benötigten Werkzeuge und Bauelemente ziemlich preiswert. Die Hobbyelektronik sollte nicht deutlich mehr kosten als eine Freizeitbeschäftigung wie zum Beispiel Stickerei, und du brauchst auch keine Werkstatt. Alles lässt sich auf einer normalen Tischplatte erledigen.

Wird es schwierig sein?

Ich gehe davon aus, dass du ohne großes Vorwissen über Elektronik anfängst. Deshalb sind die ersten Experimente auch äußerst einfach gehalten. Du brauchst noch nicht mal Experimentierplatinen oder einen Lötcolben.

Ich glaube nicht, dass die Konzepte schwer zu verstehen sind. Wenn du dich formeller mit Elektronik befassen und deine eigenen Schaltungen entwerfen willst, kann dies natürlich zu einer Herausforderung werden. In diesem Buch habe ich die Theorie auf ein Minimum beschränkt, und als mathematische Kenntnisse brauchst du nur Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division. Außerdem ist es hilfreich (aber nicht unbedingt notwendig), wenn du die Verschiebung von Dezimalkommas beherrschst.

Wie dieses Buch aufgebaut ist

Ein Einführungsbuch kann Informationen auf zweierlei Art präsentieren: in praktischen Übungen oder in Referenzabschnitten. Ich werde beide Methoden verwenden. Alles, was direkt zu den *Übungen* gehört, findest du in den folgenden Abschnitten:

- Experiment
- Was du brauchst
- Achtung!

Experimente bilden den Kern des Buches. Sie sind so angeordnet, dass du die erworbenen Kenntnisse auf die jeweils nachfolgenden Projekte anwenden kannst. Ich schlage vor, dass du die Experimente in der numerischen Reihenfolge ausführst und dabei möglichst wenige überspringst.

Die *Referenzabschnitte* findest du unter in den folgenden Kästen:

- Grundlagen
- Theorie
- Hintergrundwissen

Die Referenzabschnitte erachte ich als sehr wichtig (sonst hätte ich sie ja auch nicht eingefügt), doch wenn du ungeduldig bist, wirfst du vielleicht nur einen kurzen Blick darauf oder überspringst sie ganz und kommst später darauf zurück.

Wenn etwas nicht funktioniert

Normalerweise gibt es nur eine Möglichkeit, eine funktionierende Schaltung aufzubauen, während es dagegen Hunderte Möglichkeiten gibt, Fehler zu machen, die ein Funktionieren verhindern. Demzufolge stehen die Chancen gegen dich, sofern du nicht sorgfältig und methodisch vorgehst.

Ich weiß, wie frustrierend es sein kann, wenn die Bauelemente einfach da liegen und nichts tun, doch wenn du eine Schaltung gebaut hast, die nicht funktioniert, halte dich am besten an die jeweils folgenden von mir empfohlenen Anweisungen zur Fehlersuche (siehe Kapitel 3, Abschnitt »Essentials: Fehlersuche in der Praxis«). Ich werde mein Bestes tun, (englischsprachige) E-Mails von Lesern zu beantworten, die auf Probleme gestoßen sind, doch es bringt dich weiter, wenn du selbst erst einmal versuchst, die Probleme zu lösen.

Kommunikation zwischen Autor und Leser

Es gibt drei Situationen, in denen wir miteinander in Kontakt treten sollten:¹

- Ich möchte dir mitteilen, dass im Buch ein Fehler aufgetaucht ist, der den erfolgreichen Aufbau eines Projekts verhindert. Ich möchte dich auch darüber informieren, wenn ein Bausatz, der in Verbindung mit dem Buch verkauft wird, fehlerhaft ist. Dieses Feedback heißt »*Ich informiere dich*«.
- Du möchtest mir sagen, dass du einen Fehler im Buch oder in einem Bausatz gefunden hast. Das ist Feedback der Form »*Du informierst mich*«.
- Du hast Schwierigkeiten, etwas zum Laufen zu bringen, und weißt nicht, ob der Fehler bei mir oder bei dir liegt. Du brauchst Hilfe. Das ist das Feedback »*Du fragst mich*«.

Ich werde nun erläutern, wie in den jeweiligen Situationen zu verfahren ist.

¹ Bedenke bitte, dass du zwar eine deutsche Übersetzung meines Buches in Händen hältst, dass ich aber auf Englisch kommuniziere. Deutschsprachige Anfragen oder Mitteilungen werde ich nicht bearbeiten können.

Ich informiere dich

Wenn du bereits im Zusammenhang mit *Make: More Electronics* (englischsprachige Ausgabe) bei mir registriert bist, brauchst du dich für Aktualisierungen in Bezug auf dieses Buch nicht noch einmal zu registrieren. Doch wenn du noch nicht registriert bist, zeige ich dir hier, wie du dabei vorgehst.

Bei einem Fehler im Buch oder in einem Bausatz kann ich dich nur dann – auf Englisch – benachrichtigen, wenn ich deine Kontaktdaten habe. Deshalb bitte ich dich, mir deine E-Mail-Adresse zu schicken. Für andere als die genannten Zwecke wird deine E-Mail-Adresse nicht verwendet oder missbraucht.

- Ich werde dich benachrichtigen, wenn in diesem Buch oder im Nachfolger *Make: More Electronics* Fehler gefunden wurden und ich einen Workaround bereitstelle.
- Ich werde dich benachrichtigen bei allen Fehlern oder Problemen in Bezug auf Bausätze, die in Verbindung mit diesem Buch oder mit *Make: More Electronics* verkauft werden.
- Ich werde dich benachrichtigen, wenn eine komplett neue Ausgabe dieses Buches, von *Make: More Electronics* oder von meinen anderen Büchern erscheint. Benachrichtigungen dieser Art werden allerdings sehr selten sein.

Wir alle kennen Registrierungskarten, die dir die Teilnahme an einem Gewinnspiel versprechen. Ich biete dir einen wesentlich besseren Deal. Wenn du mir deine E-Mail-Adresse schickst, die ausschließlich für die drei oben genannten Zwecke verwendet wird, sende ich dir ein unveröffentlichtes Elektronikprojekt mit vollständigen Bauplänen als zweiseitige PDF-Datei. Es wird unterhaltsam, einzigartig und relativ einfach nachzubauen sein. Es ist auf keine andere Weise zu bekommen.

Ich möchte dich nicht zuletzt aus folgendem Grund zur Teilnahme ermuntern: Wenn ein Fehler gefunden wird und ich keine Möglichkeit habe, ihn dir mitzuteilen, und du ihn später selbst findest, bist du vielleicht verärgert. Das wäre schlecht für meinen Ruf und den Ruf meiner Arbeit. Ich bin sehr daran interessiert, Beschwerden meiner Leser zu vermeiden.

- Sende mir also bitte einfach eine leere E-Mail (oder schreibe einen englischen Kommentar, wenn du magst) an make.electronics@gmail.com. Gib bitte REGISTER in der Betreffzeile an.

Du informierst mich

Wenn du mir einen Fehler lediglich mitteilen möchtest, schreibe einfach an den [dpunkt.verlag](mailto:dpunkt.verlag@dpunkt.de) unter hallo@dpunkt.de.

Du fragst mich

Auch mein Zeitbudget ist nicht unerschöpflich, doch wenn du für ein nicht funktionierendes Projekt ein Foto befügst, kann ich vielleicht schon einen Tipp abgeben. So ein Foto wäre mir wichtig.

Hierfür kannst du die E-Mail-Adresse *make.electronics@gmail.com* verwenden. Schreibe bitte das Wort HELP in die Betreffzeile und denke daran, deine Anfrage in Englisch zu stellen.

Webseiten zum Buch

Für die englische Originalversion dieses Buchs gibt es außerdem eine – natürlich englischsprachige – Webseite, auf der Errata, Beispiele und zusätzliche Informationen veröffentlicht werden. Diese Seite findest du unter http://bit.ly/make_elect_2e, die deutsche Webseite zum Buch unter www.dpunkt.de/buecher/12488.html.

Die Öffentlichkeit

Im Internet gibt es Dutzende von Foren, in denen du über dieses Buch diskutieren und alle auftretenden Probleme nennen kannst, doch sei dir bitte der Macht bewusst, die du als Leser hast, und nutze sie fair. Eine einzige negative Kritik erzeugt mitunter eine größere Wirkung, als du dir vorstellen kannst. Sie kann durchaus ein halbes Dutzend positive Kommentare überwiegen.

In der Regel erhalte ich sehr positive Reaktionen, doch in manchen Fällen waren Leser über kleinere Probleme verärgert, wenn sie zum Beispiel ein Teil online nicht finden können. Ich wäre froh gewesen, ihnen helfen zu können, falls sie mich einfach mal gefragt hätten.

Auch die Kritiken zu meinen Büchern bei Amazon.com lese ich einmal im Monat und beantworte sie bei Bedarf.

Selbstverständlich kannst du deine Meinung auch kundtun, wenn dir allein mein Schreibstil in diesem Buch nicht gefällt.

Wie geht es weiter?

Nachdem du dich durch dieses Buch gearbeitet hast, kennst du viele der grundlegenden Prinzipien in der Elektronik. Ich gehe mal davon aus, dass du mehr wissen willst und mein Buch *Make: More Electronics* der perfekte nächste Schritt ist. Es ist etwas schwieriger, verwendet aber die gleiche »Lernen durch Entdecken«-Methode, wie ich sie hier verfolgt habe. Mit dem Nachfolgebuch möchte ich dein Wissen über Elektronik auf ein »mittleres Niveau« bringen.

Ich bin leider nicht qualifiziert, ein Handbuch für »Fortgeschrittene« zu schreiben, also erwarte nicht, dass ein drittes Buch mit einem Titel wie *Make: Even More Electronics* erscheint.

Wenn du mehr über elektrische Theorie wissen willst, ist *Practical Electronics for Inventors* von Paul Scherz immer noch das Buch, das ich vor allem empfehle. Du brauchst kein großer Erfinder zu sein, um davon zu profitieren.

Die Grundlagen

1

Kapitel 1 dieses Buches enthält die Experimente 1 bis 5.

Ich möchte mit Experiment 1 erreichen, dass du in Sachen Elektrizität auf den Geschmack kommst – und zwar im wahrsten Sinne des Wortes. Du experimentierst mit dem elektrischen Strom und entdeckst das Wesen des elektrischen Widerstands, nicht nur in Drähten und Bauelementen, sondern in der Welt, die dich umgibt.

Die Experimente 2 bis 6 zeigen dir, wie du den »Druck« und den »Fluss« von Elektrizität misst und verstehst – und schließlich, wie sich Elektrizität mit Alltagsdingen auf dem Küchentisch erzeugen lässt.

Selbst wenn du schon über Grundwissen auf dem Gebiet der Elektronik verfügst, solltest du diese Experimente ausprobieren, bevor du dich an die folgenden Teile des Buches heranwagst. Die Experimente sind unterhaltsam und veranschaulichen einige Grundkonzepte.

Was du für Kapitel 1 brauchst

Jedes Kapitel dieses Buches beginnt mit Bildern und Beschreibungen der benötigten Werkzeuge, Geräte, Bauelemente und Materialien. Nachdem du dich mit ihnen bekannt gemacht hast, kannst du dich in einer Übersicht am Ende dieses Buches über die Bezugsquellen informieren.

- Um Werkzeuge und Geräte zu kaufen, siehe »Werkzeuge und Geräte kaufen« auf Seite 439
- Für Bauelemente siehe »Bauelemente« auf Seite 425
- Für Verbrauchsmaterialien und Zubehör siehe »Materialien« auf Seite 422
- Wenn du vorkonfektionierte Zusammenstellungen von Bauelementen bevorzugst, hast du die Wahl zwischen verschiedenen Bausätzen. Weitere Informationen siehe »Bausätze« auf Seite 413.

Werkzeuge und Geräte zähle ich zu den Dingen, die unbefristet nützlich sein sollten. Das reicht von Zangen bis zum Multimeter. *Zubehör* wie zum Beispiel Draht und Lötzinn werden in verschiedenen Projekten verbraucht, doch sollte die von mir empfohlene Menge für alle Experimente im Buch ausreichen. *Bauelemente* werden für individuelle Projekte aufgeführt und werden deren Bestandteil.

Das Multimeter



Abbildung 1-1.

Ein derartiges Analogmessgerät ist für unsere Zwecke ungeeignet. Du brauchst ein Digitalmessgerät.

Meinen Überblick über Werkzeuge und Geräte beginne ich mit dem Multimeter, weil es für mich das wichtigste Teil deiner Ausstattung ist. Es sagt dir, wie viel Volt zwischen zwei Punkten in einer Schaltung anliegen oder wie groß der Strom ist, der durch den Stromkreis fließt. Es hilft dabei, Verdrahtungsfehler aufzuspüren, und kann auch den Wert eines Bauelements ermitteln, um seinen elektrischen Widerstand zu bestimmen – oder seine Kapazität, d.h. die Fähigkeit, eine elektrische Ladung zu speichern.

Wenn du mit wenigen oder gar keinen Kenntnissen beginnst, mögen diese Begriffe zunächst verwirrend sein, und das Multimeter erscheint dir vielleicht kompliziert und schwierig zu verwenden. Dem ist aber nicht so – im Gegenteil: Es erleichtert den Lernprozess, weil es zutage fördert, was du nicht sehen kannst.

Bevor ich darauf eingehe, welches Multimeter infrage kommt, kann ich erst einmal sagen, was du nicht kaufen solltest: Kaufe kein altmodisches Gerät, bei dem sich eine Nadel über einer Skala bewegt, wie es Abbildung 1-1 zeigt. Das ist ein *Analoggerät*.

Zu empfehlen ist ein *digitales* Messgerät, das die Werte numerisch anzeigt. Um dir eine Vorstellung von den verfügbaren Geräten zu geben, habe ich vier Beispiele ausgewählt.

Abbildung 1-5 zeigt mein bevorzugtes Messgerät, als dieses Buch entstanden ist. Es ist stabil, hat alle Features, die ich brauche, und misst über einen großen Wertebereich mit äußerst guter Genauigkeit. Allerdings kostet es mehr als das Zwanzigfache des billigsten Geräts aus der Schnäppchenabteilung. Ich betrachte es als Langzeitinvestition.



Abbildung 1-5.
Ein sehr hochwertiges Produkt

Wie entscheidest du nun, welches Messgerät du kaufen sollst? Wenn du Fahren lernst, brauchst du zweifellos kein teures Auto. Dementsprechend brauchst du auch kein teures Messgerät, wenn du in die Elektronik einsteigst. Andererseits kann das absolut billigste Messgerät einige Nachteile haben, beispielsweise eine interne Sicherung, die sich nicht ohne Weiteres ersetzen lässt, oder einen Drehschalter mit Kontakten, die schnell verschleiben. Anhand der folgenden Faustregel kannst du herausfinden, ob ein Gerät preiswert, aber trotzdem akzeptabel ist:

- Suche bei eBay nach dem absolut billigsten Modell, das du finden kannst, verdopple den Preis und nimm diesen als Richtlinie.

Unabhängig davon, wie viel du aus gibst, sind die folgenden Eigenschaften und Fähigkeiten wichtig.

Bereichsumschaltung

Da ein Messgerät einen großen Wertebereich abdecken kann, muss es eine Möglichkeit bieten, den Bereich einzuschränken. Manche Messgeräte besitzen eine *manuelle Bereichswahl*, wobei du mit einem Drehschalter einen geschätzten Bereich für die zu messende Größe auswählst. Ein Bereich könnte beispielsweise von 2 bis 20 Volt gehen.

Andere Messgeräte besitzen eine *automatische Bereichswahl*, eine sogenannte *Autorange*-Funktion. Diese ist zwar komfortabler, weil du das Messgerät einfach anschließt und darauf wartest, dass es alles selbst herausfindet. Die Betonung liegt dabei auf »warten«. Jedes Mal, wenn du eine Messung mit einem Autorange-Messgerät durchführst, wirst du einige Sekunden warten müssen, während es eine interne Auswertung durchführt. Ich bin aber ungeduldig und ziehe deshalb manuelle Messgeräte vor.

Ein anderer Nachteil der automatischen Bereichswahl ist, dass du einen Messbereich nicht selbst auswählst und somit auf die kleinen Buchstaben in der Anzeige achten musst, mit denen das Messgerät die gewählten Maßeinheiten anzeigt. Zum Beispiel macht der Unterschied zwischen einem »K« und einem »M« beim Messen des elektrischen Widerstands einen Faktor von 1.000 aus. Dies bringt mich zu meiner persönlichen Empfehlung:

- Ich schlage dir vor, ein Messgerät mit manueller Bereichswahl für deine ersten Abenteuer zu verwenden. So gibt es weniger Möglichkeiten, Fehler zu machen, und es dürfte auch etwas preisgünstiger sein.

Aus der Beschreibung, die der Hersteller für das Messgerät gibt, ist ersichtlich, ob es manuelle oder automatische Bereichswahl verwendet. Wenn nicht, lässt sich das mit einem Blick auf den Wahlschalter erkennen. Wenn keine Zahlen um den Wahlschalter zu sehen sind, handelt es sich um ein Messgerät mit automatischer Bereichswahl. So besitzt das Messgerät in Abbildung 1-4 eine automatische Bereichswahl, während die Messgeräte in den anderen Abbildungen manuell arbeiten.

Werte

Der Wahlschalter offenbart auch, welche Arten von Messungen möglich sind. Zumindest solltest du folgende Messarten erwarten:

Volt, *Ampere* und *Ohm*, die meistens mit den Buchstaben V, A und dem Ohm-Symbol – dem griechischen Buchstaben Omega wie in Abbildung 1-6 gezeigt – abgekürzt werden. Falls du damit jetzt noch nichts anfangen kannst, sei zumindest so viel verraten, dass es sich um Grundpfeiler der Elektrizität handelt.

Des Weiteren sollte dein Messgerät in der Lage sein, Milliampere (abgekürzt mA) und Millivolt (abgekürzt mV) zu messen. Auch wenn du das möglicherweise nicht am Drehschalter des Messgeräts erkennen kannst, in der Spezifikation ist es auf jeden Fall aufgeführt.

DC/AC steht für Gleichstrom (Direct Current) und Wechselstrom (Alternating Current). Diese Optionen lassen sich entweder über eine Umschalttaste DC/AC oder direkt auf dem Hauptwahlschalter des Messgeräts auswählen. Eine Umschalttaste ist hier wahrscheinlich komfortabler.

Durchgangsprüfung. Dieses nützliche Feature erlaubt es dir, fehlerhafte Verbindungen oder Unterbrechungen in einer elektrischen Schaltung aufzuspüren. Idealerweise sollte bei einer intakten Verbindung (Durchgang) ein Signal ertönen, worauf ein Symbol wie in Abbildung 1-7 hinweist.

Für ein wenig mehr Geld solltest du auch ein Gerät kaufen können, mit dem sich die folgenden Messungen durchführen lassen. Die Messarten sind in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit aufgeführt.

- *Kapazität*. Kondensatoren sind kleine Bauelemente, die in den meisten elektronischen Schaltungen benötigt werden. Da ihre Werte auf kleinen Exemplaren normalerweise nicht aufgedruckt sind, sollte man ihre Werte messen können, vor allem, wenn einige von ihnen durcheinandergeraten oder (noch schlimmer) auf den Boden gefallen sind. Billige Messgeräte



Abbildung 1-6.
Drei Beispiele für den griechischen Buchstaben Omega, mit dem man den elektrischen Widerstand symbolisiert



Abbildung 1-7.
Dieses Symbol weist auf die Möglichkeit hin, einen Stromkreis auf Durchgang zu prüfen und dafür eine akustische Rückmeldung zu erhalten. Ein sehr nützliches Feature.

können normalerweise keine Kapazitäten messen. Wenn das Feature aber vorhanden ist, wird es üblicherweise mit dem Buchstaben F gekennzeichnet, was für die Maßeinheit Farad steht. Gelegentlich ist auch die Abkürzung CAP für Capacitance (Kapazität) zu sehen.

- Ein *Transistortester* ist an einer kleinen Steckfassung zu erkennen, die mit E, B, C und E beschriftet ist. Der Transistor wird in die Fassung gesteckt. Damit lässt sich überprüfen, wie sich der Transistor in einer Schaltung verhält oder ob er durchgebrannt ist.
- *Frequenz*, abgekürzt mit Hz. Diese Funktion ist für die Experimente in diesem Buch nicht wichtig, kann sich aber bei deinen weiteren Schritten als nützlich erweisen.

Alle darüber hinausgehenden Features sind nicht von Bedeutung.

Wenn du immer noch unsicher bist, welches Messgerät du kaufen sollst, lies einfach weiter, um eine Vorstellung davon zu bekommen, wie ein Messgerät in den Experimenten 1 bis 4 zum Einsatz kommt.

Schutzbrillen

Für Experiment 2 ist es sinnvoll, eine Schutzbrille aufzusetzen. Dabei ist für dieses kleine Abenteuer die billigste Kunststoffausführung ausreichend, denn es ist wenig wahrscheinlich, dass eine Batterie explodiert, und falls es doch passiert, dürfte die Wirkung überschaubar bleiben.

Ein akzeptabler Ersatz ist eine normale Brille. Du kannst das Experiment aber auch durch ein kleines Stück durchsichtigen Kunststoff beobachten (beispielsweise ein Stück aus einer Wasserflasche herausschneiden).

Batterien und Anschlüsse

Da Batterien und Anschlüsse Bestandteil einer Schaltung werden, zähle ich sie zu den Bauelementen. Weitere Details zur Bestellung dieser Teile findest du in »Andere Bauelemente« auf Seite 429.

Fast alle Experimente in diesem Buch verwenden eine Energiequelle mit einer Spannung von 9 Volt. Hierfür kommen beispielsweise 9-Volt-Batterien infrage, die bei Discountern und in Verbrauchermärkten verkauft werden. Später wird es zweckmäßig sein, auf einen Stromnetzadapter aufzurüsten, doch momentan ist das noch nicht notwendig.

Für Experiment 2 brauchst du einige 1,5-Volt-AA-Batterien. Das müssen aber Alkali-Typen sein. Das Experiment darfst du keinesfalls mit aufladbaren Batterien (Akkus) durchführen.

Um die Energie aus einer Batterie in eine Schaltung zu übertragen, brauchst du einen Anschluss für die 9-V-Batterie, wie in Abbildung 1-8 gezeigt, und einen Batteriehalter für eine einzelne AA-Batterie, wie in Abbildung 1-9 dargestellt. Ein Batteriehalter dürfte genügen, doch für spätere Experimente schlage ich vor, dass du mindestens drei Druckknopfanschlüsse kaufst (die nicht nur für 9-V-Batterien, sondern auch für die Batteriehalter geeignet sind).



Abbildung 1-8.
Druckknopfanschluss
(Batterieclip) für eine 9-V-Batterie

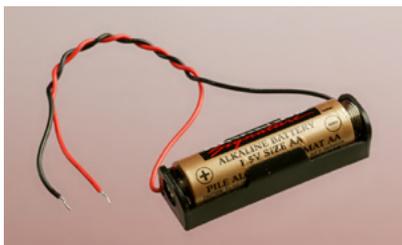


Abbildung 1-9.
Du brauchst einen solchen Batteriehalter für eine AA-Batterie. Batteriehalter, die zwei (oder mehr) Batterien aufnehmen können, sind für unsere Experimente ungeeignet.

Messleitungen

Mithilfe von Messleitungen verbindest du in den ersten Experimenten die Bauelemente miteinander. Ich meine hier die *doppelseitigen* Ausführungen. Klar, jeder Draht hat zwei Enden, weshalb sollte man von »doppelseitigen« Leitungen sprechen? Normalerweise ist damit gemeint, dass jedes Ende mit einer *Krokodilklemme* versehen ist, wie in Abbildung 1-10 gezeigt. Mit jeder Klemme lässt sich eine Verbindung herstellen, indem man den Kontakt greift und sicher festhält, sodass man die Hände frei hat.

Es geht hier nicht um solche Messleitungen, die an jedem Ende einen Stecker haben. Man bezeichnet diese auch als *Verbindungsleitungen*.

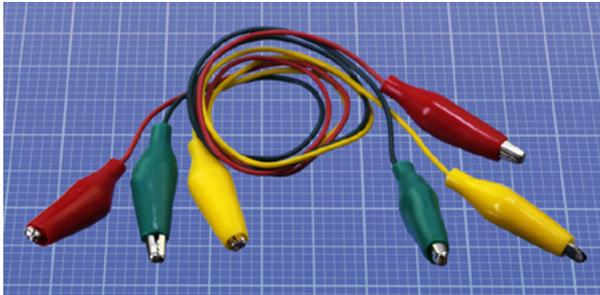


Abbildung 1-10.
Messleitungen mit Krokodilklemmen an beiden Enden

Messleitungen gehören im Sinne dieses Buches zur Grundausstattung. Siehe dazu auch »Werkzeuge und Geräte kaufen« auf Seite 439.

Potenziometer

Ein Potenziometer funktioniert wie der Lautstärkereglern an einem herkömmlichen Radio. Die in Abbildung 1-11 gezeigten Arten gelten nach heutigen Standards als groß, doch genau solche Ausführungen brauchst du, weil du die Anschlüsse mit den Krokodilklemmen der Messleitungen verbinden wirst. Potenziometer mit etwa 2,5 cm Größe sind zu bevorzugen. Der Widerstand sollte 1 k Ω betragen. Wenn du neue Potenziometer kaufst, siehe hierzu »Andere Bauelemente« auf Seite 429.



Abbildung 1-11.
Potenziometer in Standardbauform für deine ersten Experimente



Abbildung 1-12.
Derartige Kfz-Sicherungen lassen sich einfacher handhaben als die Feinsicherungen, wie sie in der Elektronik üblich sind.

Sicherungen

Eine Sicherung unterbricht den Stromkreis, wenn der durchfließende Strom einen bestimmten Wert überschreitet. Für die Experimente sind 3-Ampere-Kfz-Sicherungen zu bevorzugen (siehe Abbildung 1-12). Sie lassen sich leicht mit den Messleitungen greifen und zeigen deutlich das darin befindliche Sicherungselement. Kfz-Sicherungen gibt es in verschiedenen Größen, doch solange du eine Sicherung für 3 Ampere verwendest, spielt die eigentliche Baugröße keine Rolle. Du solltest mindestens drei Sicherungen kaufen, die bei den Experimenten – absichtlich oder versehentlich – zerstört werden können. Wenn du keine Kfz-Sicherungen verwenden möchtest, kannst du auch eine 3-Ampere-Feinsicherung mit Glasgehäuse (siehe Abbildung 1-13) von einem Elektronik-anbieter beziehen, auch wenn diese nicht so einfach zu verwenden sind.



Abbildung 1-13.
Du kannst auch eine solche Feinsicherung verwenden. Allerdings lassen sie sich nicht so leicht mit einer Krokodilklemme befestigen.



Abbildung 1-14.
Eine Leuchtdiode (LED) mit 5 mm Durchmesser

Leuchtdioden

Diese meistens als *LEDs* (Light-Emitting Diodes) bezeichneten Bauelemente sind in verschiedenen Formen erhältlich. Für uns sind die sogenannten *Standard-LEDs* in runder Bauform geeignet. Abbildung 1-14 zeigt als Beispiel eine LED mit 5 mm Durchmesser. Manchmal sind aber LEDs mit 3 mm besser geeignet, insbesondere wenn in einer Schaltung der Platz begrenzt ist. Für unsere Experimente kannst du beide Formen verwenden.

Das ganze Buch hindurch spreche ich von *Standard-LEDs*, womit ich die billigsten Exemplare meine, die kein hochintensives Licht abstrahlen und üblicherweise in Rot, Gelb und Grün erhältlich sind. In der Regel werden sie als Massenware angeboten und in so vielen Anwendungen eingesetzt, dass du wenigstens ein Dutzend von jeder Farbe kaufen solltest.

Manche typischen LEDs sind in einem »wasserklaren« Kunststoff- oder Harzgehäuse gekapselt, strahlen aber Licht einer bestimmten Farbe ab, wenn sie vom Strom durchflossen werden. Bei anderen LEDs ist das Gehäuse aus Kunststoff oder Harz in der gewünschten Anzeigefarbe getönt. Für unsere Zwecke sind alle Typen akzeptabel.

In einigen Experimenten sind LEDs mit geringem Strombedarf zu bevorzugen. Sie kosten etwas mehr, sind dafür aber empfindlicher. Zum Beispiel wirst du in Experiment 5, in dem du mit einer improvisierten Batterie einen geringen Strom erzeugst, bessere Ergebnisse mit einer Niedrigstrom-LED erzielen. Weitere Hilfe findest du in »Andere Bauelemente« auf Seite 429, falls du keine Bauelemente verwendest, die in einem Bausatz enthalten sind.

Widerstände

Du brauchst verschiedene Widerstände, um in bestimmten Teilen einer Schaltung Spannung und Strom zu begrenzen. Abbildung 1-15 zeigt typische Widerstände. Die Farbe des Widerstandskörpers an sich spielt keine Rolle. Anhand der farbigen Ringe kannst du aber den Wert des Bauelements ermitteln; mehr dazu später.

Da Widerstände klein und preiswert sind, wäre es töricht, nur die in jedem Experiment aufgeführten Werte zu kaufen. Besorge dir eine abgepackte Auswahl aus Überbeständen von Discountern oder bei eBay. Weitere Informationen zu Widerständen einschließlich einer vollständigen Liste aller im Buch verwendeten Werte findest du in »Bauelemente« auf Seite 425.

Für die Experimente 1 bis 5 sind keine weiteren Bauelemente erforderlich. Beginnen wir also!

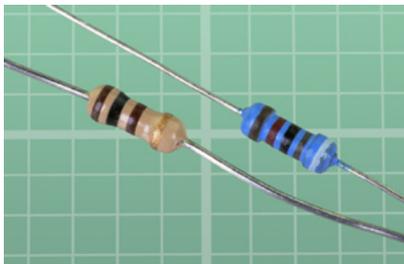


Abbildung 1-15.
Zwei Widerstände, wie du sie für die Experimente brauchst, mit einer Belastbarkeit von 1/4 Watt

Experiment 1: Elektrizität schmecken

Kann man Elektrizität schmecken? Es fühlt sich jedenfalls so an, als ob das ginge.

Was du brauchst

- 9-Volt-Batterie (1)
- Multimeter (1)

Das ist alles!

Ablauf

Befeuchte deine Zunge und berühre mit der Spitze die beiden Metallkontakte einer 9-Volt-Batterie, wie es Abbildung 1-16 zeigt. (Deine Zunge ist möglicherweise nicht so groß wie die in der Abbildung. Meine sicher auch nicht. Doch dieses Experiment funktioniert unabhängig davon, wie groß oder wie klein deine Zunge wirklich ist.)

Fühlst du dieses Kribbeln? Lege nun die Batterie beiseite, stecke deine Zunge heraus und trockne die Zungenspitze gut mit einem Tuch ab. Wenn du jetzt die Batterie wieder an deine Zunge hältst, sollte das Kribbeln schwächer sein.

Was passiert hier? Um das herauszufinden, brauchen wir ein Messgerät.

Richte dein Multimeter ein

Ist in deinem Messgerät schon eine Batterie eingesetzt? Wähle mit dem Drehschalter eine Funktion aus und warte, ob im Display eine Zahl erscheint. Wenn nichts zu sehen ist, musst du wahrscheinlich das Messgerät öffnen und eine Batterie einsetzen, bevor du es verwenden kannst. Sieh hierfür in der Bedienungsanleitung des Messgeräts nach.

Messgeräte werden mit einer roten und einer schwarzen Messleitung geliefert. Die Messleitungen haben an einem Ende einen Stecker und am anderen Ende eine Messspitze aus Stahl. Die Stecker steckst du in die Buchsen am Messgerät und mit den Messspitzen tastest du dann an die Stellen, bei denen du wissen willst, was passiert. Siehe hierzu Abbildung 1-17. Die Messspitzen nehmen Elektrizität auf, sie geben aber keine nennenswerten Mengen davon ab. Bei den geringen Strömen und Spannungen, die in den Experimenten in diesem Buch vorkommen, kann man sich also nicht mit den Messspitzen verletzen (außer man pikst sich selbst mit den spitzen Enden).

Die meisten Multimeter besitzen drei Anschlussbuchsen, bei manchen sind es sogar vier. Beispiele dafür sind in den Abbildung 1-18, Abbildung 1-19 und Abbildung 1-20 zu sehen. Hier einige allgemeine Regeln:

- Eine Buchse sollte mit COM (engl. Common, gemeinsam) beschriftet sein. Diese Buchse dient für alle deine Messungen als gemeinsame Buchse. Stecke den schwarzen Stecker in diese Buchse und lasse ihn dort.



Achtung! Nie mehr als neun Volt

Für dieses Experiment solltest du nur eine 9-Volt-Batterie nehmen. Probiere es nicht mit einer höheren Spannung und verwende auch keine größere Batterie, die mehr Strom liefern kann. Und wenn du eine Zahnspange trägst, achte darauf, dass sie nicht mit der Batterie in Berührung kommt. Vor allem aber solltest du niemals elektrischen Strom (egal aus welcher Batterie) durch einen Riss in deiner Haut leiten.



Abbildung 1-16.
Ein unerschrockener Bastler testet die Eigenschaften einer Alkali-Batterie.



Abbildung 1-17.
Messleitungen für ein Multimeter mit Metallspitzen an einem Ende

Experiment 1: Elektrizität schmecken

- Eine andere Buchse sollte mit dem Ohm-Symbol (dem griechischen Buchstaben Omega) und mit dem Buchstaben V für Volt gekennzeichnet sein. Sie ist für die Messung von Widerstand und Spannung vorgesehen. In diese Buchse steckst du die rote Messleitung.
- Die Spannung/Widerstand-Buchse kann auch zum Messen kleiner Ströme (im mA-Bereich) dienen – oder es gibt hierfür eine separate Buchse, so dass du die rote Messleitung manchmal umstecken musst. Dazu kommen wir später.
- Eine zusätzliche Buchse kann mit 2 A, 5 A, 10 A, 20 A oder einem ähnlichen Wert beschriftet sein, der die maximale Stromstärke angibt. Diese Buchse ist für das Messen großer Ströme gedacht. Für die Projekte in diesem Buch brauchen wir sie nicht.



Abbildung 1-18.

Beachte die Beschriftung der Buchsen auf diesem Multimeter.



Abbildung 1-19.

Auf diesem Messgerät sind die Funktionen der Buchsen anders aufgeteilt.



Abbildung 1-20.

Buchsen bei einem anderen Messgerät

GRUNDLAGEN

Ohm

Du wirst nun den Widerstand deiner Zunge messen, und zwar in Ohm. Doch was ist überhaupt ein Ohm?

Man misst Entfernungen in Kilometern, die Masse in Kilogramm und die Temperatur in Grad Celsius. Der elektrische Widerstand wird in Ohm gemessen. Diese Maßeinheit ist nach Georg Simon Ohm benannt, einem Pionier der Elektrotechnik.

Der griechische Großbuchstabe Omega (Ω) symbolisiert die Maßeinheit Ohm. Für Widerstandswerte über 999 Ohm verwendet man in der Elektronik den Buchstaben k, der für Kilo (tausend) steht, d.h. 1.000 Ohm. Zum Beispiel trägt ein Widerstand mit 1.500 Ohm die Bezeichnung 1,5 k Ω .

Für Werte über 999.999 Ohm wird der Großbuchstabe M für *Megaohm* verwendet, der eine Million Ohm bedeutet. Elektroniker sagen in der Regel nicht Megaohm, sondern Megohm oder kurz Meg. So hat ein »2-Komma-2-Meg-Widerstand« einen Wert von 2,2 M Ω .

Abbildung 1-21 zeigt eine Umrechnungstabelle für Ohm, Kiloohm und Megaohm.

- Während in englischsprachigen Ländern der ganzzahlige vom gebrochenen Anteil eines Widerstandswerts durch einen Dezimalpunkt getrennt wird, ist es in Europa üblich, das Dezimaltrennzeichen durch den Buchstaben R, K oder M zu ersetzen, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. In einem europäischen Schaltplan bedeutet also 5K6 den Wert 5,6 k Ω , 6M8 heißt 6,8 M Ω und 6R8 bedeutet 6,8 Ω .

Ein Stoff, der einen sehr hohen elektrischen Widerstand besitzt, wird als *Isolator* bezeichnet. Die meisten Kunststoffe, einschließlich der farbigen Ummantelungen von Drähten, sind Isolatoren.

Setzt ein Stoff dem elektrischen Strom einen sehr geringen Widerstand entgegen, handelt es sich um einen *Leiter*. Metalle wie Kupfer, Aluminium, Silber und Gold sind sehr gute Leiter.

Ohms	Kilohms	Megohms
1 Ω	0,001K	0,000001M
10 Ω	0,01K	0,00001M
100 Ω	0,1K	0,0001M
1.000 Ω	1K	0,001M
10.000 Ω	10K	0,01M
100.000 Ω	100K	0,1M
1.000.000 Ω	1.000K	1M

Abbildung 1-21.

Umrechnungstabelle für die gebräuchlichsten Vielfachen des Ohm

Deine Zunge messen

Am Drehschalter auf deinem Multimeter findest du mindestens eine Position, die mit dem Ohm-Symbol (Ω) gekennzeichnet ist. Auf einem Autorange-Messgerät stellst du den Drehschalter auf das Ohm-Symbol, wie Abbildung 1-22 zeigt, berührst die Messspitzen *vorsichtig* mit deiner Zunge und wartest, bis das Messgerät automatisch einen Bereich ausgewählt hat. Achte auf den Buchstaben k in der numerischen Anzeige. Stecke die Messspitzen niemals *in* deine Zunge!

Bei einem manuellen Messgerät musst du einen geeigneten Messbereich auswählen. Für eine Zungenmessung dürften 200 k Ω (200.000 Ohm) richtig sein. Beachte, dass die Zahlen um den Drehschalter Maximalwerte angeben. So bedeutet 200 k Ω »nicht mehr als 200.000 Ohm«, während 20 k Ω für »nicht mehr als 20.000 Ohm« steht. Sieh dir dazu die Nahaufnahmen der manuellen Messgeräte in Abbildung 1-23 und Abbildung 1-24 an.

Experiment 1: Elektrizität schmecken



Abbildung 1-22.
Drehe auf einem Autorange-Multimeter den Wahlschalter auf das Ohm-Symbol (Ω).

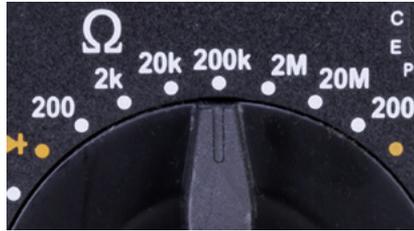


Abbildung 1-23.
Bei einem Multimeter mit manueller Bereichswahl musst du den Bereich selbst einstellen.



Abbildung 1-24.
Hier ein anderer Drehschalter für manuelle Bereichswahl, das Prinzip ist aber das gleiche

Berühre mit beiden Messspitzen deine Zunge, wobei die Messspitzen etwa 2 bis 3 Zentimeter voneinander entfernt sein sollten. Lies das Messergebnis ab, das bei ungefähr $50\text{ k}\Omega$ liegen sollte. Lege die Prüfspitzen beiseite, stecke deine Zunge heraus und trockne sie sorgfältig mit einem Tuch ab wie oben beschrieben. Wiederhole den Test, ohne dass deine Zunge wieder feucht wird. Der gemessene Wert sollte höher sein. Bei einem manuellen Messgerät musst du möglicherweise einen höheren Bereich einstellen, um einen Widerstandswert zu sehen.

- Wenn deine Haut feucht ist (zum Beispiel wenn du schwitzt), nimmt ihr elektrischer Widerstand ab. Lügendetektoren basieren unter anderem auf diesem Prinzip, weil jemand, der lügt, unwillkürliche Reaktionen zeigt, zum Beispiel ins Schwitzen kommt.

Aus deinem Test kannst du Folgendes schließen: Bei einem geringeren Widerstand kann mehr elektrischer Strom fließen, und in deinem ersten Zungentest hat ein höherer Strom ein stärkeres Kribbeln hervorgerufen.

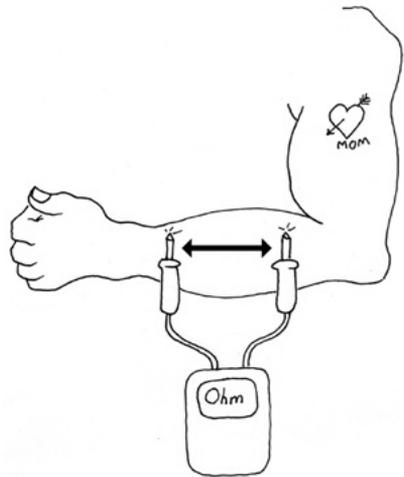


Abbildung 1-25.
Verändere den Abstand zwischen den Messspitzen und beobachte den Wert auf dem Multimeter.

Weitere Untersuchungen

Der Zungentest war kein wirklich reproduzierbares Experiment, weil der Abstand zwischen den Messspitzen von einem Versuch zum nächsten variieren kann. Meinst du, dass dies von Bedeutung ist? Probiere es aus.

Halte die Messleitungen so, dass ihre Spitzen nur etwa 5 mm voneinander entfernt sind. Berühre damit deine feuchte Zunge. Rücke nun die Spitzen einige Zentimeter auseinander und miss erneut. Welche Werte erhältst du?

Wenn Elektrizität über eine kürzere Strecke fließt, stellt sich ihr ein geringerer Widerstand entgegen. Im Ergebnis steigt die Stromstärke.

Führe ein ähnliches Experiment auf deinem Arm durch, wie Abbildung 1-25 zeigt. Den Abstand zwischen den Messspitzen kannst du in festen Schritten (beispielsweise 5 mm) variieren und den am Messgerät angezeigten Widerstand notieren. Meinst du, dass sich bei einer Verdoppelung des Messspitzenabstands der angezeigte Widerstandswert verdoppelt? Wie kannst du das nachweisen oder widerlegen?

GRUNDLAGEN

Im Inneren einer Batterie

Beim ursprünglichen Zungentest mit einer Batterie habe ich darauf verzichtet, die Funktionsweise einer Batterie zu erklären. Jetzt möchte ich das nachholen.

Eine 9-Volt-Batterie enthält Chemikalien, die *Elektronen* (elektrisch geladene Teilchen) freisetzen, die aufgrund einer chemischen Reaktion von einem Anschluss zum anderen fließen wollen. Die Zellen in einer Batterie kannst du dir wie zwei Wasserbehälter vorstellen – einen vollen und einen leeren. Wenn die Behälter durch ein Rohr und ein Ventil miteinander verbunden sind und du das Ventil öffnest, fließt das Wasser zwischen den beiden Behältern, bis der Wasserstand in beiden gleich hoch ist. Abbildung 1-26 veranschaulicht dies. In gleicher Weise fließen Elektronen zwischen den beiden Seiten einer Batterie, wenn du zwischen ihnen eine elektrische Verbindung herstellst, selbst wenn die Verbindung nur aus der Feuchtigkeit auf deiner Zunge besteht.

Elektronen fließen in einigen Stoffen (wie einer feuchten Zunge) leichter als in anderen (wie einer trockenen Zunge).

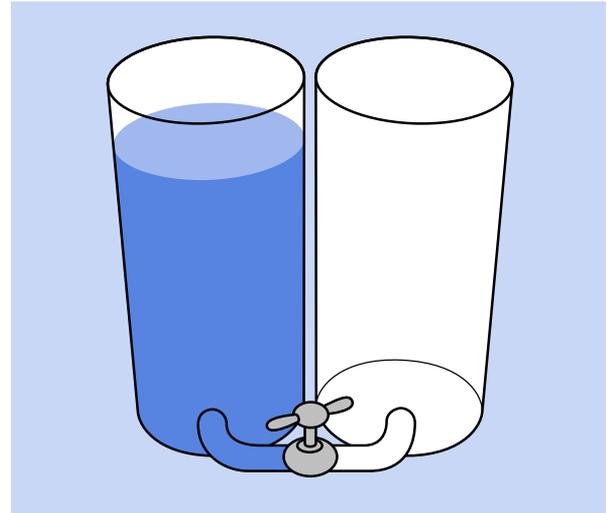


Abbildung 1-26.

Eine Batterie kann man sich wie ein Paar miteinander verbundener Wasserbehälter vorstellen.

Wenn der Widerstand zu hoch ist, um ihn mit dem Messgerät zu messen, erhältst du eine Fehlermeldung, beispielsweise »L«, anstelle der Zahlenwerte. Befeuchte dann deine Haut und wiederhole den Test. Nun solltest du ein brauchbares Ergebnis erhalten. Das einzige Problem dabei ist, dass die Feuchtigkeit auf deiner Haut verdunstet und sich damit der Widerstand ändert. Es ist also recht schwierig, alle Faktoren in einem Experiment zu kontrollieren. Die zufälligen Faktoren bezeichnet man entsprechend als *unkontrollierte Variablen*.

Es gibt noch eine Variable, auf die ich noch nicht eingegangen bin – die Stärke des Druckes zwischen Messspitze und Haut. Wenn du stärker drückst, wird sich der Widerstand vermutlich verringern. Kannst du das nachweisen? Wie könntest du ein Experiment gestalten, um diese Variable zu eliminieren?

Wenn du genug davon hast, den Hautwiderstand zu messen, kannst du auch die Messspitzen in ein Glas Wasser tauchen. Löse dann etwas Salz im Wasser auf und miss erneut. Sicherlich hast du schon davon gehört, dass Wasser den elektrischen Strom leitet, doch die ganze Angelegenheit ist nicht so einfach. Eine wichtige Rolle spielen Verunreinigungen im Wasser.

Was wird wohl passieren, wenn du den Widerstand von Wasser misst, das überhaupt keine Verunreinigungen enthält? Zunächst einmal brauchst du dazu etwas reines Wasser. Da sogenanntem *gereinigtem Wasser* normalerweise Mineralien zugesetzt werden, nachdem es gereinigt wurde, eignet es sich nicht für unsere Zwecke. Auch *Quellwasser* ist nicht vollständig rein. Was du brauchst, ist *destilliertes Wasser*, auch als *deionisiertes Wasser* bezeichnet. Es ist

in vielen Supermärkten erhältlich. Du wirst feststellen, dass sein Widerstand pro Zentimeter zwischen den Messspitzen höher als der Widerstand deiner Zunge ist. Probiere es aus.

Das sind zunächst einmal alle Experimente, die ich mir in Bezug auf den Widerstand vorstellen kann. Doch ich habe noch ein paar Hintergrundinformationen für dich.

Aufräumen und Weiterverwendung

Deine Batterie sollte durch dieses Experiment weder beschädigt noch erheblich entladen worden sein. Du kannst sie also weiterhin verwenden.

Denke daran, dein Messgerät auszuschalten, bevor du es wegräumst. Viele Messgeräte erinnern mit einem Signalton daran, sie auszuschalten, wenn sie eine Zeit lang nicht verwendet werden. Das ist aber nicht bei allen Typen der Fall. Ein Messgerät verbraucht im eingeschalteten Zustand etwas Strom, selbst wenn du nichts damit misst.

HINTERGRUNDWISSEN

Der Mann, der den Widerstand entdeckt hat

Georg Simon Ohm (siehe Abbildung 1-27) wurde 1787 in Erlangen, Bayern, geboren und arbeitete einen großen Teil seines Lebens, ohne dass er besonders bekannt geworden wäre. Er erforschte die Elektrizität mit Metalldrähten, die er sich selbst herstellen musste (Anfang des 19. Jahrhunderts konnte man nicht einfach zum Elektrogroßhandel fahren und eine Rolle Draht kaufen).

Trotz seiner begrenzten Ressourcen und ungenügenden mathematischen Fähigkeiten konnte Ohm im Jahre 1827 zeigen, dass sich der elektrische Widerstand in einem Leiter wie zum Beispiel Kupfer umgekehrt proportional zum Querschnitt verhält und der hindurchfließende Strom proportional zur angelegten Spannung ist, solange man die Temperatur konstant hält. Vierzehn Jahre später erkannte die Royal Society in London die Bedeutung seines Beitrags und verlieh ihm die Copley-Medaille. Heute kennen wir seine Entdeckung als das Ohmsche Gesetz. Mehr dazu werde ich in Experiment 4 erläutern.



Abbildung 1-27. Georg Simon Ohm, nachdem er für seine Pionierarbeiten geehrt wurde, wobei er die meisten davon unbeachtet von der Öffentlichkeit betrieben hatte