

Testen, frickeln, ausprobieren – respektlos lernen!

3.
Auflage

Charles Platt

Make: ELEKTRONIK

Eine unterhaltsame Einführung für
Maker, Kids, Tüftlerinnen und Bastler



edition **Make:**



dpunkt.verlag

Charles Platts erstes Elektronik-Projekt war ein Telefonanrufbeantworter, den er mit 15 selbst baute. Er wurde Science-Fiction-Autor (The Silicon Man), brachte Leuten das Erstellen von Computergrafiken bei und schrieb für die Zeitschrift *Wired*, ehe er wieder zu seiner ersten Liebe, der Elektronik, zurückkehrte. Charles Platt ist Redakteur beim amerikanischen Make:-Magazin und schrieb *Make: Elektronik*, »weil es das Buch ist, das ich mir als Teenager immer gewünscht habe.«

edition**Make:**

In der »editionMake:« erscheinen Titel, die vom dpunkt.verlag gemeinsam mit der Redaktion der Zeitschrift »Make:« ausgewählt werden. Inhaltliche Schwerpunkte dieser Reihe sind »Maker«-Themen.

Copyright und Urheberrechte:

Die durch die dpunkt.verlag GmbH vertriebenen digitalen Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. Der Nutzer verpflichtet sich, die Urheberrechte anzuerkennen und einzuhalten. Es werden keine Urheber-, Nutzungs- und sonstigen Schutzrechte an den Inhalten auf den Nutzer übertragen. Der Nutzer ist nur berechtigt, den abgerufenen Inhalt zu eigenen Zwecken zu nutzen. Er ist nicht berechtigt, den Inhalt im Internet, in Intranets, in Extranets oder sonst wie Dritten zur Verwertung zur Verfügung zu stellen. Eine öffentliche Wiedergabe oder sonstige Weiterveröffentlichung und eine gewerbliche Vervielfältigung der Inhalte wird ausdrücklich ausgeschlossen. Der Nutzer darf

Urheberrechtsvermerke, Markenzeichen und andere Rechtsvorbehalte im abgerufenen Inhalt nicht entfernen.

Make: Elektronik

Eine unterhaltsame Einführung für Maker,
Kids, Tüftlerinnen und Bastler

3., komplett überarbeitete Auflage

Charles Platt

Deutsche Übersetzung von Frank Langenau



dpunkt.verlag

Charles Platt

Lektorat: Gabriel Neumann
Lektoratsassistenz: Anja Weimer
Übersetzer: Frank Langenau, Chemnitz
Copy-Editing: Annette Schwarz, Ditzingen
Satz: Veronika Schnabel
Herstellung: Stefanie Weidner
Umschlaggestaltung: Helmut Kraus, www.exclam.de

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 978-3-86490-867-5
PDF 978-3-96910-824-6
ePub 978-3-96910-825-3
mobi 978-3-96910-826-0

3., komplett überarbeitete Auflage 2022
Translation Copyright für die deutschsprachige Ausgabe © 2022 dpunkt.verlag GmbH
Wieblinger Weg 17, 69123 Heidelberg

Authorized German translation of the English edition of *Make: Electronics, 3rd edition*, ISBN 9781680456875, © 2021 Helpful Corporation, published by Make Community LLC.
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.

Es wird darauf hingewiesen, dass die im Buch verwendeten Soft- und Hardware-Bezeichnungen sowie Markennamen und Produktbezeichnungen der jeweiligen Firmen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz unterliegen.

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

5 4 3 2 1 0

Inhaltsverzeichnis

Vorwort So macht dieses Buch am meisten Spaß

1. Die Grundlagen

Was du für Kapitel 1 brauchst

Experiment 1: Elektrizität schmecken

Aufräumen und Weiterverwendung

Experiment 2: Mit dem Strom schwimmen

Experiment 3: Druck ausüben

Es ist das Gesetz!

Experiment 4: Wärme und Leistung

Experiment 5: Wir bauen uns eine Batterie

2. Schalten

Was du für Kapitel 2 brauchst

Experiment 6: Verbindungen herstellen

Experiment 7: Ein Relais untersuchen

Experiment 8: Ein Relais-Oszillator

Experiment 9: Zeit und Kondensatoren

Experiment 10: Transistorschalter

Experiment 11: Licht und Sound

3. Löten

Was du für Kapitel 3 brauchst

Experiment 12: Zwei Drähte miteinander verbinden

Experiment 13: Eine LED braten

Experiment 14: Ein tragbares Blinklicht

4. Chips, Ahoi!

Was du für Kapitel 4 brauchst

Experiment 15: Einen Impuls erzeugen

Experiment 16: Den Ton bestimmen

Experiment 17: Eine alarmierende Idee

Experiment 18: Reflextester

Experiment 19: Logik lernen

Experiment 20: Das Codeschloss

Experiment 21: Die Tastersperre

Experiment 22: Kippen und Prellen

Experiment 23: Elektronischer Würfel – aka Nice Dice

5. Was kommt jetzt?

Aufbewahrung

Der Arbeitsbereich

Weiterführende Informationen

Experiment 24: Magnetismus

Experiment 25: Stromerzeugung auf der Tischplatte

Experiment 26: Lautsprecherzerstörung

Experiment 27: So reagiert eine Spule

Experiment 28: Ein Radio, kein Löten, kein Strom

Experiment 29: Hardware trifft Software

Experiment 30: Nicer Dice

Kapitel 31: Der Lernprozess

6. Anhang A - Spezifikationen

Unbedingt erforderlich

Spezifikationen für Kapitel 1

Spezifikationen für Kapitel 2

Spezifikationen für Kapitel 3

Spezifikationen für Kapitel 4

7. Anhang B - Quellen

Bausätze

Zusätzliche Teile

Der örtliche Einzelhandel

Online-Quellen für Werkzeuge und Zubehör

Online-Quellen für elektronische Bauelemente

Strategien für die Online-Suche

Index

Danksagung

Viele Menschen haben mich beim Schreiben und bei der Herstellung dieses Buches unterstützt. Besonders dankbar bin ich David Cursons, Jolie de Miranda, Assad Ebrahim, Brian Good, Paul Henley, Brian Jepson, Roger Stewart und Frederick Wilson, die ihr Wissen mit mir geteilt und mich auf Fehler hingewiesen haben. Mein Dank gilt auch Jeff Palenik für sein Bürgerkriegsspiel und vor allem Fredrik Jansson, dem geduldigsten und verständnisvollsten Mitarbeiter, den man sich als Autor nur wünschen kann.

Umschlag- und Rückseitengestaltung ist von Juliann Brown, die mich auch bei der Vorbereitung und Herstellung dieses Buches beraten hat. Innengestaltung, Fotos, Diagramme und Schaltpläne stammen von Charles Platt.

Fotografie auf der vorderen Umschlagseite von Charles Platt, von der Hand von Neon, bearbeitet von C. Dawes, mit künstlichem Daumennagel aus dem Drogeriemarkt.

Mein Redakteur, Patrick DiJusto, hat mich immer wieder ermutigt. Dale Dougherty und Gareth Branwyn gaben mir jegliche Freiheit, die erste Ausgabe von Make: Electronics so zu schreiben, wie ich es wollte, bevor jemand von »Lernen durch Entdecken« gehört hatte.

Widmung

Diese dritte Ausgabe ist dem Andenken an Hans Camenzind gewidmet, einem brillanten Entwickler analoger integrierter Schaltungen, der in den frühen Tagen des Silicon Valley aus der Schweiz in die Bay Area kam. Eine Zeit lang arbeitet er bei Signetics, kündigte dann, um den 555-Timer ganz allein zu entwickeln. Er wurde zum meistverwendeten integrierten Schaltkreis der Geschichte, da über einen Zeitraum von fünfzig Jahren viele Milliarden Exemplare hergestellt wurden. Auch heute noch wird er von fast jedem, der sich mit Elektronik beschäftigt, irgendwann einmal verwendet.

Vorwort

So macht dieses Buch am meisten Spaß

Make: Elektronik kehrt das traditionelle System des Lernens um. Anstatt mit einer Theorie zu beginnen und dann ein Experiment vorzuschlagen, um sie zu überprüfen, ziehe ich es vor, mit einem Experiment zu beginnen und dich dann zu ermutigen, die Theorie dazu herauszufinden. Dieses System nenne ich Lernen durch Entdecken, und es gefällt mir aus zwei Gründen:

- Es ist interessanter.
- Es ist näher dran an der Methodik, wie Wissenschaft in der realen Welt betrieben wird.

In der experimentellen Wissenschaft können Beobachtungen zu einem neuen Verständnis eines natürlichen Phänomens führen. Warum sollte jemand, der Elektronik lernt, nicht eine ähnliche Erfahrung machen können? Zu entdecken, wie Bauelemente funktionieren, klingt für mich interessanter, als die Antwort schon vorher zu kennen.

Der einzige Nachteil meines Ansatzes ist, dass man praktische Projekte realisieren muss, um den vollen Nutzen daraus zu ziehen. Glücklicherweise haben die Bauelementlieferanten Bausätze für dieses Buch entwickelt, sodass du alles, was du brauchst, aus einer Hand und zu einem relativ bescheidenen Preis erhalten kannst.

Neu in der dritten Ausgabe

Die erste und zweite Ausgabe des englischsprachigen Originals, *Make: Electronics*, haben sich in Hunderttausenden von Exemplaren verkauft, und es gibt neben der deutschen mehrere anderssprachige Ausgaben. Dieser Erfolg hat mich überrascht und erfreut, aber mein Buch wird sich nur dann weiterhin gut verkaufen, wenn es die Bedürfnisse der Leser befriedigt. Mit diesem Ziel vor Augen habe ich mich an die dritte Ausgabe gemacht.

Ein großer Teil des Textes wurde umgeschrieben.

Die meisten Schaltpläne und Zeichnungen wurden aktualisiert. Breadboard-Layouts zeigen jetzt deutlichere Bilder der Bauelemente.

Vorschläge für Werkzeuge wurden aktualisiert, teilweise als Reaktion auf das Feedback von Lesern.

In vielen Fällen wurden klarere Fotos verwendet.

Einige Experimente wurden nach dem Feedback von Lesern überarbeitet.

Mehrere Projekte wurden neu gestaltet, um mit weniger Bauelementen in Schaltungen auszukommen, die meiner Meinung nach jetzt leichter zu verstehen sind.

Die letzten drei Hauptabschnitte, die den Arduino einführen, sind überarbeitet worden, und ich habe einen Überblick über andere Typen von Mikrocontrollern hinzugefügt.

Ich habe für dieses Buch mit einem führenden Anbieter von Bausätzen zusammengearbeitet, um die Anzahl der für die Experimente benötigten Bauelemente zu verringern und die Palette der Bauelemente zu vereinfachen, sodass du sie zu geringeren Kosten durchführen kannst.¹

Eine Folge dieser Verbesserungen ist, dass die Bausätze für die zweite Ausgabe nicht genau die Bauelemente enthalten, die du für diese dritte Ausgabe des Buches benötigst. Ich werde wiederholt darauf hinweisen, weil ich nicht möchte, dass die Leser enttäuscht sind, wenn sie einen alten Bausatz kaufen und dann feststellen müssen, dass er nicht ganz zum neuen Text passt. Achte also bitte sorgfältig auf die Wörter »Dritte Ausgabe«, wenn du einen Bausatz kaufst.

Der Zweck dieses Buches

Jeder benutzt elektronische Geräte, aber viele Menschen sind sich nicht darüber im Klaren, was in den Geräten vor sich geht.

Vielleicht denkst du, dass man das nicht wissen muss. Du kannst Auto fahren, ohne die Funktionsweise eines Verbrennungsmotors zu kennen. Warum also solltest du etwas über Elektrizität und Elektronik lernen?

Ich denke, dafür gibt es drei Gründe:

- Wenn man lernt, wie Technik funktioniert, kann man die Welt um sich herum besser kontrollieren, anstatt von ihr kontrolliert zu werden. Stößt man auf Probleme, kann

man sie lösen, anstatt sich von ihnen frustrieren zu lassen.

- Es kann Spaß machen, etwas über Elektronik zu lernen, sofern man in der richtigen Weise vorgeht. Außerdem ist es erschwinglich.
- Elektronikkenntnisse können deinen Wert als Arbeitnehmer steigern oder dir vielleicht sogar ganz neue Karrieremöglichkeiten eröffnen.

Dinge durcheinanderbringen

Ein wichtiger Aspekt beim Lernen durch Entdecken ist, dass du von vornherein darauf gefasst sein sollst, Fehler zu machen. Vielleicht funktioniert eine Schaltung einfach nicht oder du brennst einige Bauelemente durch.

Ich betrachte dies als einen positiven Aspekt, denn es ist ein offenes Geheimnis, dass man aus Fehlern lernt. Deshalb möchte ich, dass du Dinge durchbrennst und durcheinanderbringst, um das Verhalten und die Grenzen der Teile, mit denen du zu tun hast, mit eigenen Augen zu sehen. Die sehr geringen Spannungen, die in den Experimenten dieses Buches verwendet werden, können zwar empfindliche Bauelemente beschädigen, stellen aber für dich keine Gefahr dar.

Habe keine Angst davor, Fehler zu machen. Transistoren und LEDs sind preiswert und leicht zu ersetzen.

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 Lötkolben.

Ich glaube nicht, dass die Konzepte schwer zu verstehen sind. Wenn du dich eingehender mit Elektronik befassen und deine eigenen Schaltungen entwerfen willst, kann dies natürlich zu einer Herausforderung werden. Aber 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, um mit 10 zu multiplizieren und zu dividieren.

Wie dieses Buch aufgebaut ist

Die meisten Informationen werden in Form von Tutorials präsentiert, die nur wenige Abschnitte umfassen und eher zum späteren Nachschlagen gedacht sind.

Die Konzepte und Themen habe ich in einer kumulativen Reihenfolge eingeführt. Du kannst das Buch nach Belieben durchblättern, aber die Experimente in den späteren Kapiteln setzen Kenntnisse voraus, die du in den früheren Kapiteln erworben hast. Daher schlage ich vor, dass du die Experimente in der numerischen Reihenfolge ausführst und dabei möglichst wenige überspringst.

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 schlecht für dich, wenn du nicht sorgfältig und methodisch vorgehst.

Ich weiß, wie frustrierend es sein kann, wenn die Bauelemente einfach so daliegen und nichts tun, doch wenn du eine Schaltung gebaut hast, die nicht funktioniert, ist es kontraproduktiv, sich darüber zu ärgern. Der einzige Weg, das Problem zu finden, besteht darin, jedes Detail systematisch zu untersuchen.

Alle Experimente wurden auf dem Prüfstand getestet, sodass ich weiß, dass die Schaltungen gut sind. Wenn bei dir etwas nicht funktioniert, kommen vor allem folgende Probleme infrage:

- Du hast einen Verdrahtungsfehler gemacht. Jeder macht Fehler bei der Verdrahtung; ich selbst habe gerade heute einen gemacht. Deine Chancen, den Fehler zu entdecken, steigen, wenn du dich eine halbe Stunde von deinem Arbeitsplatz entfernst und etwas anderes tust, bevor du zurückkehrst, um dir den Fehler erneut anzusehen.
- Du hast vielleicht ein Bauelement überlastet, beispielsweise einen Transistor oder einen Chip, sodass er nicht mehr funktioniert. Versuche, einige Ersatzteile parat zu haben, nur für den Fall.
- Möglicherweise besteht zwischen einem Bauelement und dem Breadboard eine schlechte Verbindung. Versuche, an losen Bauelementen herumzuwackeln, Spannungen zu messen und, falls nötig, wichtige

Bauelemente an eine etwas andere Stelle auf der Platine zu verschieben.

Ausführlichere Ratschläge zur Fehlersuche findest du später in diesem Buch. Ich erwähne das Thema hier, weil ich dir einen Rat geben muss, was du tun kannst, wenn du eine Schaltung nicht zum Laufen bringst: Im Gegensatz zu den meisten Autoren unterhalte ich eine E-Mail-Adresse, über die du mich direkt kontaktieren kannst. Ich bitte dich nur darum, einige Richtlinien zu beachten.

Eine Frage stellen

Auch mein Zeitbudget ist nicht unerschöpflich, aber ich versuche, alle Anfragen zu beantworten.² Bitte habe etwas Geduld. Manchmal kann ich noch am selben Tag antworten, aber manchmal kann es auch eine Woche dauern, bis du etwas von mir hörst.

Wenn du mich kontaktierst, bitte ich dich, ...

- Fotos des nicht funktionierenden Projekts beizufügen. Ich muss alle Details sehen können, beispielsweise die Farben der Ringe auf Widerständen.
- mir das Projekt, an dem du gearbeitet hast, mitzuteilen und den Titel des Buches anzugeben, in dem es veröffentlicht wurde. Denke daran, dass ich mehrere Bücher über Elektronik geschrieben habe, sodass ich wissen muss, auf welches Buch du dich beziehst.
- das Problem genau zu beschreiben! Erläutere mir das Problem so, als ob du beim Arzt ein körperliches Symptom schildern und um eine Diagnose bitten würdest.

Schicke deine Nachricht an:

make.electronics@gmail.com

und schreibe HELP in die Betreffzeile.

Einen Fehler melden

Wenn ich ein Buch schreibe, habe ich noch mehr Möglichkeiten, Fehler zu machen, als wenn du eine Schaltung aufbaust. Natürlich tue ich alles, was ich kann, um Fehler zu minimieren. Aber wenn du einen Fehler findest, melde ihn bitte. Du kannst dazu meine persönliche E-Mail-Adresse verwenden oder die - natürlich englischsprachige - »Errata«-Seite von O'Reilly and Associates (USA) benutzen, die das Original dieses Buchs vertreiben. Wenn du mir schreibst, hat das den Vorteil, dass ich dir persönlich antworten und das Problem gegebenenfalls besprechen kann. Der Vorteil des O'Reilly-Systems ist, dass du die Berichte anderer Leute lesen und sehen kannst, ob du auf etwas gestoßen bist, das bereits gelöst wurde. Und nachdem du einen Bericht an die O'Reilly-Website geschickt hast, können andere Leute ihn lesen. Die O'Reilly-Site (USA) findest du hier:

www.oreilly.com/catalog/errata.sp?isbn=9781680456875

Schließlich kannst du dich (auch in deutscher Sprache) an den dpunkt.verlag wenden, der diese Übersetzung herausgibt:

hallo@dpunkt.de

Die deutschsprachige Webseite zum Buch heißt:

<https://dpunkt.de/produkt/make-elektronik-2/>

Updates erhalten

Auch wenn du keine Probleme oder Anfragen hast, möchte ich dich bitten, deine E-Mail-Adresse bei mir zu registrieren. Ich werde sie für die folgenden Zwecke heranziehen:

- Ich werde dich benachrichtigen, wenn in diesem Buch oder im Nachfolger *Make: More Electronics* Fehler gefunden wurden und ich Workarounds bereitstelle.
- Ich werde dich über alle Fehler oder Probleme im Zusammenhang mit Bausätzen von Bauelementen informieren, die in Verbindung mit diesem Buch oder mit *Make: More Electronics* verkauft werden.
- Ich werde dich benachrichtigen, wenn es eine völlig neue Ausgabe dieses Buches oder meiner anderen Bücher gibt. Diese Benachrichtigungen werden nur in Abständen von ein oder zwei Jahren erfolgen.

Deine E-Mail-Adresse werde ich nicht für andere Zwecke verwenden und sie weder verkaufen noch an Dritte weitergeben. (Ich wüsste auch gar nicht, wie man E-Mail-Adressen verkauft oder wer sie kaufen könnte.)

Wenn du deine E-Mail-Adresse registrierst, schicke ich dir ein unveröffentlichtes Elektronikprojekt mit Konstruktionsplänen als zweiseitiges PDF (in englischer Sprache). Es wird unterhaltsam sein, es wird einzigartig sein und es wird relativ einfach sein. Du wirst es auf keine andere Art und Weise bekommen können.

Der Grund, warum ich dich zur Teilnahme auffordere: Wenn meine Arbeit einen Fehler enthält und ich keine Möglichkeit habe, dich darauf hinzuweisen, so wirst du dich wahrscheinlich ärgern, wenn du ihn später selbst entdeckst. Das wäre schlecht für meinen Ruf, also möchte ich vermeiden, dass du dich beschwerst.

Sende mir einfach eine leere E-Mail (oder füge einige Kommentare hinzu, wenn du möchtest) an:

make.electronics@gmail.com

Schreibe bitte REGISTER in die Betreffzeile.

Ich muss die E-Mails manuell bearbeiten, denn manchmal wollen die Leute eine persönliche Antwort, auch wenn sie sich nur anmelden. Erwarte keinen sofortigen automatischen Anmeldeprozess! Wenn ich in Urlaub fahre, kann es sein, dass du dein »spezielles Bonusprojekt« erst in einigen Wochen erhältst. Aber du wirst es schließlich bekommen. Verzögerungen sind die unvermeidliche Folge davon, dass ich die Dinge selbst in die Hand nehme.

Die Öffentlichkeit

Wenn du frustriert bist, möchtest du dich vielleicht beschweren, und eine Möglichkeit, sich zu beschweren, sind Leserrezensionen, insbesondere auf den Seiten von Amazon. Wenn du das vorhast, kontaktiere mich bitte zuerst, um zu sehen, ob ich mich um deine Beschwerde kümmern kann. Sei dir der Macht bewusst, die du als Leser hast, und gehe bitte fair mit ihr um. Eine einzige negative Bewertung kann eine größere Wirkung haben, als dir vielleicht bewusst ist. Sie kann zweifellos ein halbes Dutzend positiver

Bewertungen aufheben. In einigen Fällen haben sich Leute über Kleinigkeiten geärgert, zum Beispiel darüber, dass sie keine Quelle für ein Bauelement finden konnten. Ich hätte ihnen gerne geholfen, wenn sie mich darum gebeten hätten.

Der Online-Verkauf ist meine Haupteinnahmequelle, und meine Viereinhalb-Sterne-Bewertung ist wichtig. Wenn dir die Art und Weise, wie ich dieses Buch geschrieben habe, einfach nicht gefällt, solltest du das natürlich sagen.

Wie geht es weiter?

Nachdem du dich durch dieses Buch gearbeitet hast, kennst du viele der grundlegenden Prinzipien der Elektronik. Wenn du mehr wissen willst, ist mein Buch *Make: More Electronics* (bislang nicht in deutscher Sprache erschienen) sicher der perfekte nächste Schritt. 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.

Du kannst gerne auch die Nachschlagewerke kaufen, die ich geschrieben habe: *The Encyclopedia of Electronic Components* umfasst drei Bände, von denen zwei in Zusammenarbeit mit einem sehr klugen Forscher namens Fredrik Jansson entstanden sind. Die Bauelemente sind nach Kategorie aufgelistet. Wenn du also ein Bauelement nachschlägst und es nicht genau das ist, was du suchst,

könnte schon das nächste Bauelement - von dem du vielleicht noch nie gehört hast - die Antwort auf dein Problem sein.

Und für den Fall, dass du jemanden kennst, der jünger ist und nur eine kurze Aufmerksamkeitsspanne hat, habe ich ein viel kürzeres Buch mit dem Titel *Easy Electronics* geschrieben, das meiner Meinung nach die einfachstmögliche Einführung in die grundlegenden Ideen ist. Zu diesem Buch ist ein Bausatz erhältlich, und die Projekte sind so einfach, dass man nicht einmal Werkzeug braucht, um sie zusammenzubauen. Stell dir das vor: ein praktisches Buch, für das man kein Werkzeug braucht!

Wenn du dich für die Herstellung von Dingen interessierst, muss ich mein Buch *Werkzeuge für Maker und Bastler* erwähnen, das ein Leitfaden für die Verwendung von Handwerkzeugen ist und dem gleichen praktischen Ansatz folgt wie *Make: Elektronik*. Ich beschreibe zunächst, wie du eine Handsäge verwendest, und zeige schließlich, wie du kleine Gehäuse aus Kunststoff bauen kannst - was genau das Richtige für deine Elektronikprojekte sein könnte.

- Charles Platt

Die Grundlagen

Dieser Abschnitt 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.

In den [Experimenten 2](#) und [3](#) misst du mit einem Messgerät Strom und Spannung und in [Experiment 4](#) berechnest du die elektrische Leistung. Nebenbei kannst du eine LED verglühen lassen, eine Sicherung durchbrennen und ein grundlegendes Gesetz der Elektronik ableiten. [Experiment 5](#) ist als unterhaltsamer Versuch gedacht, mit Alltagsgegenständen auf einer Tischplatte Strom zu erzeugen.

Diese Experimente werden einige wichtige Konzepte verdeutlichen. Selbst wenn du schon über Grundwissen auf dem Gebiet der Elektronik verfügst, solltest du diese Experimente ausprobieren, bevor du dich an die anderen Teile des Buches heranwagst.

Was du für Kapitel 1 brauchst

Jedes Kapitel in diesem Buch beginnt mit Bildern und Beschreibungen der benötigten Werkzeuge, Geräte, Bauelemente und Materialien. Wenn du unsicher bist, was du genau kaufen sollst, findest du weitere Einzelheiten in [Anhang A](#) ab [Seite 319](#). Willst du wissen, wo du Bauelemente und Materialien online oder im stationären Einzelhandel bekommst, findest du eine Liste von Bezugsquellen in [Anhang B](#) ab [Seite 331](#).

Das Multimeter

Ein *Handmultimeter* ist das wichtigste Instrument, wenn du dich mit Elektronik befasst. Es sagt dir, was in einer Schaltung passiert, genau wie ein MRT-Gerät dem Arzt sagt, was im menschlichen Körper vor sich geht.

Das »Multi« in »Multimeter« bedeutet, dass es mehrere Messfunktionen bietet, wobei Spannung, Strom und elektrischer Widerstand die wichtigsten sind. Wenn der Elektroniker beiläufig von »Messgerät« spricht, meint er mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Multimeter. Anfangs mag es kompliziert oder einschüchternd wirken, aber in Wirklichkeit ist es einfacher als ein modernes Telefon und nicht schwieriger zu bedienen als eine Kamera.

Das Messgerät, das du brauchst, heißt eigentlich *Digitalmultimeter*, da es eine digitale Anzeige besitzt. Manchmal wirst du es auch mit einem *Analogmultimeter* zu tun bekommen, das eine Nadel über eine Skala bewegt. Allerdings ist es nicht so einfach in der Anwendung, und ich empfehle es auch nicht.

Abbildung 1-1 zeigt eines der kleinsten und einfachsten Messgeräte, die ich finden konnte. Wenn du möglichst wenig Geld ausgeben möchtest, kommst du für alle Experimente von 1 bis 30 mit einem derartigen Gerät aus und kannst meine übrigen Ausführungen zu Messgeräten überspringen. Willst du hingegen wissen, welche Vorteile es bringt, etwas mehr zu investieren, dann lies weiter.

Bereichsumschaltung

Ein teureres Messgerät beschert dir vor allem eine *automatische Bereichswahl*. Zur Erklärung: Stell dir vor, du möchtest die Temperatur messen. Falls du ein Backofenthermometer nimmst, kannst du froh sein, wenn es in einem Bereich von 90 bis 250 °C auf 5 Kelvin genau misst. Aber wenn du deine Körpertemperatur misst, sollte die Genauigkeit besser bei 0,1 Kelvin in einem engen Bereich von 35 bis 41 °C liegen.

Ähnlich verhält es sich, wenn man die Spannung oder andere elektrische Werte misst. Manchmal ist man an niedrigen Werten und hoher Genauigkeit interessiert, ein anderes Mal will man hohe Werte messen und nimmt dafür eine geringere Genauigkeit in Kauf.

Bei einem Messgerät mit *manueller Bereichswahl* musst du mit einem Drehschalter vor der Messung einen Bereich auswählen. Um zum Beispiel die Spannung einer 1,5-Volt-AA-Batterie zu prüfen, stellst du den Messbereich auf 2 Volt und das Messgerät zeigt dann die tatsächliche Spannung mit guter Genauigkeit an.

Ein Messgerät mit *automatischer Bereichswahl* tastet die Spannung ab und wählt eigenständig den passenden Bereich. Das ist zwar komfortabel, und Messgeräte mit

automatischer Bereichswahl werden immer erschwinglicher – doch ich persönlich mag sie nicht wirklich. Das Messgerät braucht jedes Mal einige Sekunden, um sich für einen Messbereich zu entscheiden. Ich bin aber ungeduldig und ziehe deshalb manuelle Messgeräte vor. Und da du den Bereich nicht selbst ausgewählt hast, weißt du auch nicht sofort, was die Zahlen in der Anzeige bedeuten. Angenommen, du siehst **1,48**. Sind das nun Volt oder Millivolt? In der Anzeige erscheint zwar ein kleines V oder mV, doch wenn du nicht genau darauf achtest, schleichen sich Fehler ein.

- Ich schlage dir vor, ein Messgerät mit manueller Bereichswahl zu verwenden. So gibt es weniger Möglichkeiten, Fehler zu machen, es kostet weniger als ein vergleichbares Messgerät mit automatischer Bereichswahl und es ist weniger frustrierend, wenn du genauso ungeduldig bist wie ich.

Woran erkennst du, ob ein Bild auf einer Website ein Messgerät mit automatischer oder manueller Bereichswahl zeigt? Bei einem automatischen Gerät geht dies normalerweise aus der Produktbeschreibung hervor – doch wenn du im Zweifel bist, sieh dir den Wahlschalter an. Ein Gerät mit automatischer Bereichswahl kommt ohne die vielen Zahlen für die Messbereiche aus und könnte wie in [Abbildung 1-2](#) aussehen. Ein Messgerät mit manueller Bereichswahl entspricht eher dem in [Abbildung 1-3](#).

Meine weiteren Ausführungen zu Messgeräten beziehen sich hauptsächlich auf solche mit manueller Bereichswahl.

Der Preis

Ratschläge zu geben, welches Messgerät du kaufen sollst, wäre so, als würde man jemanden beim Kauf eines Autos beraten. Das Verhältnis zwischen dem Preis des billigsten Autos und dem Preis des exotischsten Modells kann etwa 1:100 betragen, und dasselbe gilt für Messgeräte. Außerdem können sich die Preise im Laufe der Zeit ändern.

Wenn ich auf diese Fragen eingehe, nehme ich das Messgerät in [Abbildung 1-1](#) als *Basismodell* an. Was gewinnst du, wenn du ein teureres Messgerät kaufst?



Abbildung 1-1. Ein einfaches digitales Multimeter. Die Linien auf dem untergelegten Papier haben einen Abstand von 1 Zoll (2,54 cm).



Abbildung 1–2. Ein Messgerät mit automatischer Bereichswahl



Abbildung 1–3. Ein Messgerät mit manueller Bereichswahl

Eine Antwort könnte Langlebigkeit sein. Das konkrete Messgerät habe ich nicht über einen längeren Zeitraum verwendet, aber es ist davon auszugehen, dass die Kontakte des Wahlschalters auf der Vorderseite des Messgeräts mit

der Zeit verschleifen. Das mag für dich keine Rolle spielen, wenn du noch nicht weißt, ob du langfristig an Elektronik interessiert sein wirst.

Für mehr Geld kannst du auch mehr Funktionen bekommen, doch lässt sich das hier nicht so einfach erörtern, weil die Funktionen eine gewisse Terminologie voraussetzen. Bisher habe ich nämlich noch nichts über Spannung und Stromstärke gesagt, geschweige denn über Transistortests. Deshalb zeige ich dir nur die Symbole und Abkürzungen, die du wahrscheinlich am Wahlschalter an der Vorderseite eines Messgeräts sehen wirst, und weise darauf hin, welche wichtig sind. Ihre genaue Bedeutung lernst du im Laufe des Buches kennen.

In [Abbildung 1-4](#) sind die rot dargestellten Elemente unerlässlich. Die schwarz angegebenen Funktionen sind zwar nützlich, aber für die Experimente in diesem Buch nicht unbedingt erforderlich.

Die Hersteller von Messgeräten entwickeln zwar ständig neue Funktionen, die zwar beeindruckend klingen, oft aber nicht sehr nützlich sind. So nennen die folgenden Punkte einige Beispiele für Funktionen, die du nicht wirklich brauchst:

- *NCV* steht für »No Contact Voltage«, d. h. berührungsloses Testen. Wenn du das Messgerät in die Nähe einer Steckdose oder eines Kabels in deiner Wohnung bringst, sagt dir das Messgerät, ob Spannung vorhanden ist. Für *Make: Elektronik* ist das nicht relevant.
- *Temperaturmessung*. Das Messgerät kann zwar feststellen, ob ein Bauteil überhitzt ist, doch für unsere