

# Make: Make:

**Stilecht:**  
3D-gedrucktes  
Ampelgehäuse  
für CO<sub>2</sub>-Warner



## Messgeräte fürs Maker-Labor

- ▶ Ab 10 Euro
- ▶ Kaufberatung
- ▶ Praxis-Know-how
- ▶ Tipps für Gebrauchtschnäppchen



## Anleitungen

- ▶ NFC-Tags in Projekten nutzen
- ▶ Öltank überwachen mit LoRaWAN
- ▶ Python für Mikrocontroller

## Grundlagen

- ▶ 3D-Druckteile richtig kleben
- ▶ Filter- und Lüftungstechnik
- ▶ E-Bike mit Brennstoffzelle

## Projekte mit Licht gestalten

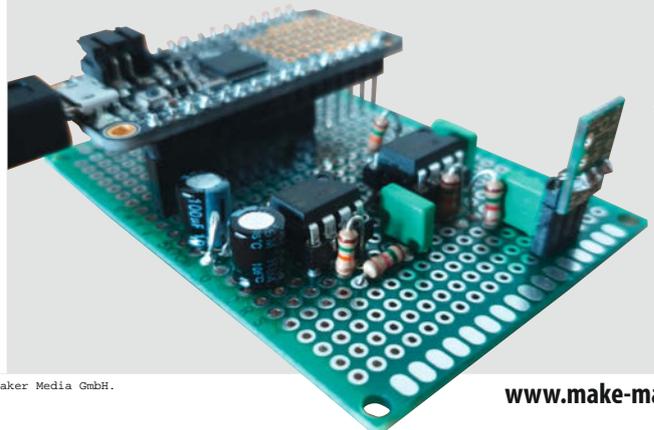
- ▶ Schilder mit Neonflex-LED-Streifen
- ▶ Gewitter in der Schneekugel
- ▶ IoT-Hack für IKEA-LED-Kerzen



## Fledermaus- scanner



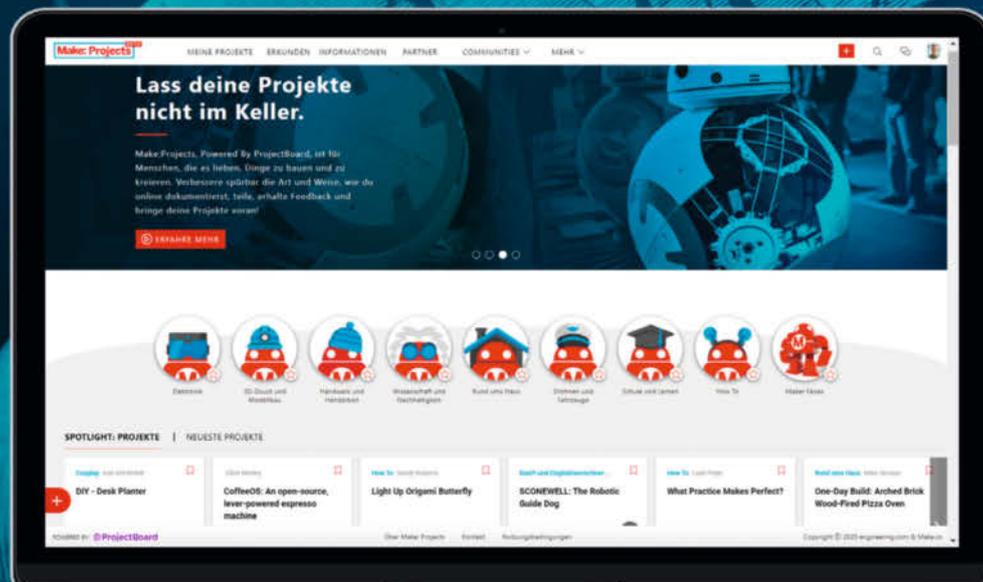
- ▶ Rufe mathematisch analysieren
- ▶ Arten am Spektrum erkennen
- ▶ Visualisieren mit Processing



6/20  
CH CHF 18.00  
AT, Benelux,  
IT, ES € 11,90  
€ 10,90



# Make: Projects



## Werde Teil einer weltweiten Maker-Community – online!

Zeige auf der neuen, deutschsprachigen Online-Plattform allen, woran du gerade arbeitest. Teile deine Projektidee, dokumentiere deinen Arbeitsfortschritt und profitiere dabei von dem Feedback anderer Maker. Finde Inspiration für neue Projekte aus vielfältigen Kategorien. Erweitere deine Fähigkeiten durch Schritt-für-Schritt-Anleitungen anderer Maker oder gestalte gemeinsam in Projektteams etwas völlig Neues – egal, wo auf der Welt ihr euch befindet.

**STARTE JETZT DEIN PROJEKT!**

[www.makeprojects.com/de](http://www.makeprojects.com/de)

## Glaubensfragen

Als Technik-Magazin sind wir immer mal wieder mit esoterischen Ideen in Berührung gekommen. Und sogar auf unseren Maker Faires schilderten uns Besucher mitunter, dass sie sich nach eigenem Bekunden durch HAARP-Anlagen (High Frequency Active Auroral Research Program) und andere Strahlungsquellen gedankenmanipuliert fühlen – und dagegen nur levitiertes Wasser und Mineralsteine hülften. Von diesen abstrusen Ideen inspiriert, entwarf ich Ende 2015 aus Spaß ein Cover für eine neue imaginäre Zeitschrift *Fake:*, die sich ganz dem Thema Verschwörungstheorien und Esoterik widmete (siehe Bild). Das Cover hing lange Zeit in meinem Büro und war immer wieder für einen Lacher bei Kollegen gut – ebenso die bald fast zwangsläufig auftauchenden Nachahmer-Cover wie *Bake:* (Backofen aus Öltönen bauen) und *Lake:* (Angeln mit dem 3D-Drucker). Nach diversen Umzügen im Verlag war es dann irgendwann weg.

Sie ahnen es schon: Dank der impertinenten Querdenk(er)anstöße auf allen Kanälen erinnerte ich mich daran und fand es kürzlich auf meinem PC wieder. Was soll ich sagen? Was vor fünf Jahren als harmlose Parodie gedacht war, dürfte nun vermutlich auf enorm fruchtbaren Boden fallen und womöglich viele Käufer finden. Die Redaktion würde aktuelle Interviews mit Jana aus Kassel und Xavier Naidoo bringen, Kochrezepte von Attila Hildmann veröffentlichen, Anleitungen für Alu-Hüte und Sägevorlagen für den „Hildegard Orgonakkumulator“ (bitte selber googlen, das glauben Sie mir sonst nicht!) abdrucken. Nicht zu vergessen eine Retro-Ecke mit Wunderwaffen aus dem Zweiten Weltkrieg. Die *Fake:* würde den Zeitgeist treffen und im Kiosk vermutlich neben den Lifestyle-Magazine liegen. Wenn Sie jetzt denken: „Der spinnt wohl“, liegen sie voll richtig. Nicht dass wir jemals solch einen Schund verlegen würden, aber es scheint mir relativ einfach zu sein, Themen für diese spezielle Zielgruppe zu erfinden.

Wer nichts weiß, muss alles glauben. Und offenbar sind bei vielen die Wissenslücken aktuell besonders groß. Genau hier kommt nun mein Appell an Sie als Maker: Verbreiten Sie Ihr Wissen über das, was gegen die Pandemie hilft, beispielsweise CO<sub>2</sub>-Ampeln (voriges Heft) und Grundlagen über Filter und Lüfter (dieses Heft). Und haben Sie etwas Nachsicht mit all den Menschen in Ihrem Umfeld, die plötzlich seltsam werden. Halten Sie einfach freundlich mit Ihrem Wissen dagegen. Das wird schon wieder.

*Daniel Bachfeld*  
Daniel Bachfeld



**Sagen Sie uns Ihre Meinung!**

[mail@make-magazin.de](mailto:mail@make-magazin.de)



## Messen im Maker-Labor

Wer misst, misst Mist – wenn er nicht das richtige Instrument hat. Unser Rundumschlag in Sachen Messgeräte stellt nicht nur die essentiellen Hilfsmittel für jeden Elektroniker vor, er bewahrt Sie auch vor Fehlkäufen und beleuchtet ausführlich den Gebrauchtmittelmarkt: Nicht immer muss es ein Schnäppchen aus Fernost sein.

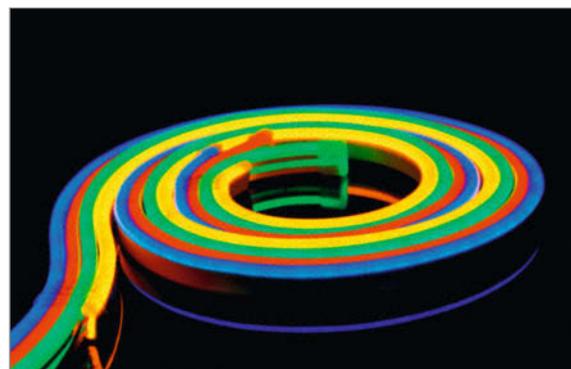
**10** Messgeräte für Maker

# Inhalt

## Mit Licht gestalten

Ein paar Lockdown-sichere Geschenkideen zum Fest: Wie wäre es mit einem wabernden Lichtsturm in der Schneekugel, einem selbst entworfenen Leuchtobjekt mit innovativen Neonflex-LED-Streifen oder einer romantischen IoT-Laterne mit IKEA-LED-Kerzen?

- 42 Gewitterkugel
- 46 Retro-Schilder mit Neonflex
- 52 Romantischer Kerzenschein im Smart Home



- 3 Editorial
- 6 Leserforum
- 10 Messgeräte für Maker
- 22 3D-gedruckte Ampelgehäuse
- 28 Report: Filter- und Lüftungstechnik
- 36 Werkstattberichte: Termine und Fablab-News, Comic
- 38 Was uns inspiriert: Dystopische Neonreklame, Ferrofluid-Display, 3D-Weihnachtsstern
- 42 Gewitterkugel
- 46 Retro-Neonschilder mit Neonflex
- 52 Romantischer Kerzenschein im Smart Home
- 58 Wettbewerb: Makerspace-Upgrade
- 59 In eigener Sache: Make Education
- 60 Interaktive Klimakasse mit ESP8266
- 66 LoRaWAN-Sensor für den Heizöltank
- 72 Fledermaus-Scanner

## Drahtlos-Lösungen

Der Ofen ist aus? Das kann mit unserer Funk-Füllstandsüberwachung für Öltanks nicht passieren, die dank LoRaWAN-Technik auch weit entfernte Behälter überwacht. Eher im drahtlosen Nahbereich dagegen arbeitet unsere NFC-Klimakasse, ein tolles Schul-Projekt.

- 60 Interaktive Klimakasse mit ESP8266
- 66 LoRaWAN-Sensor für den Heizöltank



## Filter und Filamente

Wenn das von SARS-CoV2 diktierte Lüften wegen unwirtlicher Außentemperaturen schwer fällt, hilft ein Virenfilter, den man durchaus auch selbst bauen kann. Außerdem zeigen wir, wie man 3D-Druckteile richtig klebt – das ist bei großen Objekten oft unvermeidbar.

- 22 3D-gedruckte Ampelgehäuse
- 28 Filter- und Lüftungstechnik
- 114 3D-Drucke clever Kleben



- 78 Community-Projekte: ESP32-Cam im Dummy-Gehäuse, Animoji-Maske, PICAXE-CO<sub>2</sub>-Ampel
- 84 E-Bike mit Brennstoffzellenantrieb
- 90 Python auf Hardware
- 98 Print your own Adventure
- 104 Die Spielhalle im Holzkoffer
- 110 Tipps & Tricks: Fehlersuchbürste
- 112 Reingeschaut: Cisco IP-Phone
- 114 3D-Drucke clever kleben
- 120 Sprecher-unabhängige Spracherkennung, Teil 2
- 126 Computer als Datasette
- 132 Kurzvorstellungen: BBC micro V2, PicoPlanet, LyraT, MakeHaus Tiles, LilygoT-Watch, 3D-Großraumdrucker, RasPi 400
- 136 Bücher: Ideenwerkstatt Band 2, MicroPython, 3D-Animation, Praxisbuch Holz, 52 Kästen
- 138 Impressum / Nachgefragt

Themen von der Titelseite sind rot gesetzt.

## Fledermaus-Scanner

Was nächtens durch die Dunkelheit flattert, ist nur selten gefiedert: Fledermäuse schwirren auch in der Stadt umher – allerdings meist unbemerkt. Dem Sonar-Sinn der Räuber kommen Sie mit unserem Fledermaus-Scanner auf die Spur, der sogar verschiedene Arten bestimmen kann.

- 72 Fledermaus-Scanner



# Leserforum

## Alles nur Glauben

Editorial: Empathie im Neuland,  
Make 5/20, S. 3

Da musste ich schon sehr schmunzeln – als Gitarrist bin ich auch immer wieder über dieses Vokabular gestolpert. Was ich unter anderem aus den Diskussionen zwischen der *Strat*-Fraktion und den *Les-Paul*-Enthusiasten gelernt habe: Ganz viel ist einfach nur Glauben! Es gibt eine wunderschöne Anekdote über Chet Atkins, den Großmeister des Instruments: Als ihm ein Zuhörer sagte, seine Gitarre klänge großartig, stellte er diese beiseite und fragte: „Und? Wie klingt sie nun?“ Schöner kann man es nicht sagen ...

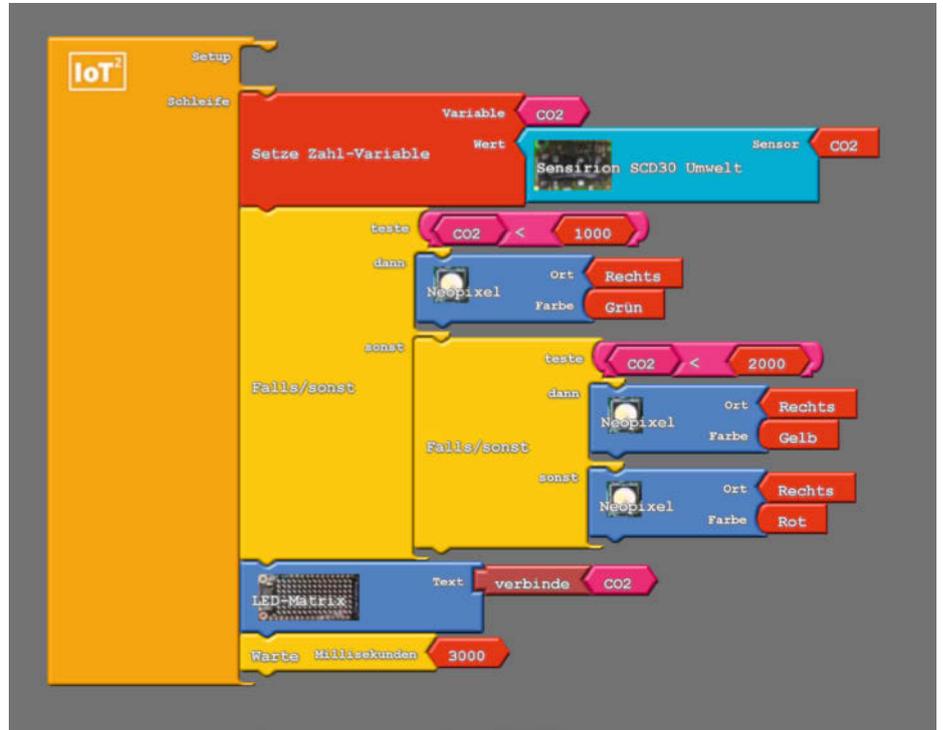
Norbert Schaefer

## Preis falsch und nix verfügbar

Der CO<sub>2</sub>-Warner für die Schule,  
Make 5/20, S. 10

Was hab ich mich gefreut! CO<sub>2</sub>-Ampel mit Sohnemann für die Schule bauen. Spaß und Wissen für 40 Euro, super. Ja und nun?

Nix ist verfügbar. Und wenn es doch mal einen Ersatz irgendwo gibt, dann kostet die Einzelkomponente schon 40 Euro und mehr. So ist das Mist! Bei alten Ausgaben kann das vorkommen, klar. Aber bei einer aktuellen Ausgabe versteh ich das nicht. So ist die



In dieser korrigierten Fassung des Block-Codes für die CO<sub>2</sub>-Ampel sitzen Rot und Gelb an den richtigen Stellen.

Make leider keine Mitmachzeitschrift, sondern nur eine „Hey, schaut mal, wie toll wir sind und was wir alles bauen können“-Zeitschrift.

Frank Böhme

Leider ist der im Artikel beschriebene CO<sub>2</sub>-Sensor SCD30 mit Grove-Anschluss erst wieder im kommenden Frühjahr erhältlich – das war zum Redaktionsschluss noch nicht absehbar. Die Variante des Sensors zum Selberlöten gibt es (mit unterschiedlicher Verfügbarkeit) bei mehreren Elektronikhändlern, die wir in den Bezugsquellen zum Artikel gelistet haben.

Als einfachste und günstigste Ampel lässt sich, wie im Artikel beschrieben, dank des integrierten Umweltsensors BME680 bereits mit dem IoT Octopus alleine der eCO<sub>2</sub>-Wert berechnen und über den Neopixel anzeigen – auf diese Version bezieht die Aussage „ab 40 Euro“. Da der IoT Octopus immer nur chargenweise erhältlich ist, empfehlen wir, die Erinnerungsfunktion des Tindie-Shops zu aktivieren. Andere Varianten der CO<sub>2</sub>-Ampel lassen sich ansonsten, wie ebenfalls im Artikel beschrieben, mit vielen weiteren ESP8266-basierten Boards bauen.

## Farben vertauscht?

Im Programm-Bild „Zwei geschachtelte Fallunterscheidungen – und fertig ist die Ampel“

## Kontakt zur Redaktion

Leserbriefe bitte an:

[mail@make-magazin.de](mailto:mail@make-magazin.de)

Wir behalten uns vor, Zuschriften unter Umständen ohne weitere Nachfrage zu veröffentlichen; wenn Sie wenn Sie das nicht möchten, weisen Sie uns bitte in Ihrer Mail darauf hin.

Sie haben auch die Möglichkeit, in unseren Foren online über Themen und Artikel zu diskutieren:

[www.make-magazin/forum](http://www.make-magazin/forum)

 [www.facebook.com/MakeMagazinDE](http://www.facebook.com/MakeMagazinDE)

 [www.twitter.com/MakeMagazinDE](http://www.twitter.com/MakeMagazinDE)

 [instagram.com/MakeMagazinDE](https://www.instagram.com/MakeMagazinDE)

 [pinterest.com/MakeMagazinDE](https://www.pinterest.com/MakeMagazinDE)

 [youtube.com/MakeMagazinDE](https://www.youtube.com/MakeMagazinDE)

## Korrekturen

Manchmal unterläuft uns ein Fehler, der dringend korrigiert gehört. Solche Informationen drucken wir weiterhin auf den Leserbriefseiten im Heft, aber seit Ausgabe 1/17 finden Sie alle Ergänzungen und Berichtigungen zu einzelnen Heft-Artikeln auch zusätzlich über den Link in der Kurzinfo am Anfang des jeweiligen Artikels.

scheint sich ein Fehler eingeschlichen zu haben. Die Farben Rot und Gelb sind wohl vertauscht?

Ralf Suckow

*Vielen Dank für den Hinweis. Das ist in der Tat genau falsch herum. Das korrekte Bild ist hier auf der Seite zu sehen und auch bei den Links zum Artikel unter „Ergänzungen und Berichtigungen“.*

## Lebensgefährlich

Reflow-Löten mit dem Bügeleisen, Make 5/20, S. 116

Ich bin es leid, mich über unprofessionelle und lebensgefährliche Projekte im Make-Magazin zu ärgern. Das mag von Euch und einen Teil Ihrer Leser anders gesehen werden, aber für mich ist jetzt nach dem Artikel zum Reflow-Löten Schluss.

Was falsch gemacht wurde, sieht man sehr deutlich und ich erspare mir Details. Der Hinweis „Die vorgestellte Schaltung arbeitet mit lebensgefährlicher Netzspannung und sollte nur von damit vertrauten Personen in Betrieb genommen werden.“ ist in diesem Zusammenhang nur noch lächerlich. Wer mit Strom vertraut ist, wird das Teil in dieser Form nie in Betrieb nehmen (dürfen).

Da für Euch wohl bedruckte Seiten wichtiger sind, als das, was darauf gedruckt wurde, habe ich meines Abo bereits beim Leserservice gekündigt. Meine Hoffnung, dass Make mal das Niveau von ELRAD erreichen wird, hat sich als Wunschtraum erwiesen.

Dimitrios Bogiatzoules

*Das von Ihnen kritisierte Bügeleisen ist unserer Auffassung nach kein ganz besonders gefährlicher Beitrag in Deutschlands gefährlichstem DIY-Magazin, sondern bewegt sich im Rahmen der üblichen Verstöße gegen empfundene VDI-Richtlinien, nach denen alle Geräte über 50 Volt am besten in Beton eingegossen werden müssten.*

## Zu viel Raum für Jammerlappen

Editorial: Ende der Sklaverei, Make 4/20, S. 3 und Leserforum, Make 5/20, S. 6

Ich finde es etwas befremdlich, dass sie bei Ihren Leserzuschriften den Jammerlappen so

viel Raum geben. Ich zähle ganze sechs Beiträge, die mehr oder weniger polemisierend Ihrem Unmut Ausdruck geben. Haben Sie nichts Besseres zu tun, als sich auf AfD/Pegida-Ebene herabzulassen?

Johannes Hass

*Da wir in Leserbriefe nicht redigierend eingreifen (sie höchstens aus Platzgründen kürzen), stellen die in jedem Heft abgedruckten Zuschriften nur die Meinung der jeweiligen Leserinnen und Leser dar, nicht die Meinung der Redaktion. Uns erreichen zum Editorial sehr viel mehr Zuschriften als die sechs abgedruckten, die wir ausgewählt haben, weil die Leser ihre Kritik aus unterschiedlichen Ansatzpunkten heraus entwickeln. Natürlich hätten wir diesen Stimmen auch gerne Mails entgegengestellt, die unsere Haltung unterstützen, wie das Editorial sie formuliert – allerdings hatte uns bis zum Redaktionsschluss des vorigen Heftes nichts in dieser Richtung per Mail erreicht. Das hat sich inzwischen glücklicherweise geändert, wie in den folgenden Zuschriften nachzulesen.*

## Danke für das Thema

Da in der Make 5/20 doch relativ viele negative Kommentare zu dem Editorial zu lesen waren, wollte ich einen Gegenpol bilden. Für mich ist es wichtig, dass diese Begriffe ersetzt werden. Vielen Dank für das Editorial, und vielen Dank, dass diese Themen angesprochen werden!

Max Nuding

## Wissenschaft statt Ideologie

Wow, beim Lesen des letzten Leserforums war ich schon baff, aus welchen dunkeln Ecken so mancher Schreiberling hervorgekommen sein muss, um sich wahlweise über „Indoktrinaton“, „Bildersturm“ oder „Abschaffung der Sprache“ zu beklagen – nur, weil sich manche Menschen Gedanken darüber machen, ob es wirklich passend ist, technische Bauteile mit „Master“ und „Slave“ zu bezeichnen.

Abgesehen davon, dass man ja auch einfach empathisch mit den Nachfahren der früheren Sklaven sein könnte, die sich und ihre Geschichte durch die Verniedlichung des Begriffs „Sklave“ als Funktionsbezeichnung z.B. einer IDE-Festplatte verletzt fühlen könnten, gibt es aber auch gute wissenschaftliche

Gründe, für Menschen, denen das Leid anderer egal ist:

Die möglichst genaue Beschreibung einer Funktion ist generell Grundlage jeder Forschung, denn nur dann wissen auch andere, worum es geht, was wiederum Voraussetzung für Weiterentwicklungen ist. Manche Beschreibung ändert sich mit der Zeit, weil man sie konkretisiert. Wir sagen ja auch nicht mehr „Blitzfeuerregen“ zur Elektrizität oder „Laufstern“ zu Planeten, auch deswegen, weil die ursprünglichen Beschreibungen nicht genau genug oder irreführend waren.

Wenn man nun meint, dass ohne „Master“ und „Slave“ keine akkurate Beschreibung von technischen Komponenten mehr möglich sei, muss man ja quasi dankbar sein, dass es die Sklaverei gegeben hat – sonst wäre ja niemand in der Lage gewesen, JK-FlipFlops oder die IDE-Slave-Festplatte zu erfinden! Wie ungenau die Beschreibung Master-Slave ist, sieht man schnell am Beispiel der Festplatte: Dort hat die Master-Festplatte der Slave-Platte gar nichts zu sagen. Hinzu kommt, dass mit einem einfachen Jumper ein Master zum Slave wurde und umgekehrt. Akkurater wäre hier von primärer und sekundärer Platte zu sprechen, denn das sind sie aus Sicht des Computers, der auf sie zugreift. Und eben weil „Master/Slave“ so divers und ungenau verwendet wird, kann es keinen einzelnen Ersatzbegriff geben, sondern man muss von Fall zu Fall schauen, welche Alternative besser und genauer passt – ob nun zentral/peripher, primär/sekundär oder wie im Heizungsbereich Steuerung/Regelung. Letzteres zeigt übrigens sehr gut, dass Funktionsverteilungen in technischen Komponenten oftmals auf Arbeitsteilung basieren, wo am Ende beide voneinander abhängig sind, und eben nicht auf einer völligen Einseitigkeit, wie sie in der Sklaverei der Fall war.

In seiner kleinen Garage kann jeder basteln und sagen, was er will. Wer aber anderen aufdrücken will, Dinge nicht in Frage zu stellen, muss dann auch mit Widerspruch leben, wenn er seine Ideologie an erste Stelle setzt. Denn dafür ist in der Wissenschaft kein Platz. Wenn es nicht immer wieder Menschen gegeben hätte, die Dinge und Begriffe neu denken, die sich andere nicht vorstellen können, wäre die Erde immer noch eine Scheibe, ohne Relativitätstheorie, aber dafür voller Phlogiston. Zum Glück sind wir da heute weiter – naja, die meisten von uns jedenfalls ...

Dr. Frederik Holst

## Allerbestes Heft

Make-Sonderheft 2020 „Loslegen mit Holz“

Zu dieser Ausgabe muss ich einfach meinen Kommentar abgeben: Super! Das bisher aus meiner subjektiven Sicht allerbeste Heft!!!

Ich bin begeistert und habe jeden einzelnen Artikel verschlungen. Dieses Heft bleibt definitiv in meinem Archiv.

Herzlichen Dank dafür.

Udo Schleucher

## Guter Leitfaden

Ich bin Schreinermeister, habe ca. 35 Jahre im Handwerk gearbeitet und bin seit ca. 10 Jahren als Werklehrer an einer Kölner Förderschule tätig.

Meine Anmerkungen zu den Artikeln im Sonderheft:

Erstmal finde ich, dass das Sonderheft ein guter Leitfaden für den „Holzlaien“ ist.

Besonders gut hat mir der Artikel „Umgang mit Kreissägen“ gefallen, in dem auch die verschiedenen Arten der Kreissägeblätter erläutert wurden. Das habe ich bisher so noch nicht für den „Holzlaien“ gelesen.

Der Artikel zur Stepcraft CNC-Fräse hat mich an meine Erfahrungen mit der von uns an der Schule verwendeten Fräse erinnert.

Die Fräse (Stepcraft D-840) selbst habe wir als fertig montierte Fräse erhalten und die läuft bisher problemlos. Zusätzlich habe wir

die Umhausung zu dieser Fräse als Bausatz bestellt (zwingend notwendig, wenn die Fräse im Lehrbetrieb genutzt wird). Mit der Montage der Umhausung hatten wir allerdings einige Probleme. Ohne meine handwerkliche Erfahrung hätte der Zusammenbau so nicht funktioniert.

Ergänzend zu den erwähnten Softwarelösungen setzen wir an der Schule das CAD-CAM Programm *Galaad* ein, das kostet zwar ein paar Euro (z.Zt. 360 Euro für die Schulversion), hat für uns aber entscheidende Vorteile: ein Programm von der Zeichnung über die Simulation bis zur CNC-Steuerung. Und ... die Schüler\*innen können das Programm kostenfrei herunterladen und damit herumexperimentieren und erst an der Maschine benötigen wir die lizenzierte Version. Insgesamt meinen Glückwunsch zum gelungenen Sonderheft.

Michael Eckhardt

## Und es geht doch!

Einstieg ins CNC-Fräsen, Make-Sonderheft „Loslegen mit Holz“, S. 102

Auf Seite 103 des Make-Sonderhefts schreiben Sie zu Bild 2 zum Thema Einlegearbeiten: „... – mit klassischen Holzbearbeitungsmaschinen geht so etwas nicht.“ Geht doch, siehe Bild! Das ist die Rückseite eines Holzkoffers, den ich vor 35 Jahren gebaut habe. Das verwendete „Tool“ haben Sie gar nicht erwähnt.

Ich habe die Intarsien mit der Laubsäge, Blatt 0, ausgesägt und auf Sperrholz aufgeklebt. Der ganze Koffer wurde dann noch mit feinem Glasgewebe überzogen, um ihn unempfindlicher zu machen.

Ansonsten finde ich das Sonderheft sehr interessant. Gerade der erste Teil zeigt, dass nicht alles aus dem 3D-Drucker kommen muss. Der Artikel über die „Handwerkzeuge für Holz“ gefällt mir, bei der Beschreibung des Einhandhobels wird klar, dass einiges an Erfahrung bei der Holzbearbeitung nötig ist. Nebenbei habe noch so manche Ergänzung für meine Werkstatt gefunden!

Heiko Fibranz

*Es freut uns sehr, dass unser Holz-Heft Sie inspiriert und vielen Dank für das schöne Bild! Uns ist klar, dass man solche Intarsien schon immer mit der Hand umsetzen konnte, was über Jahrhunderte die gängige Praxis war. Deshalb ist in der Bildunterschrift auch ausdrücklich von Holzbearbeitungsmaschinen die Rede.*

## Falscher Vorname

Mehr zum Thema, Make-Sonderheft „Loslegen mit Holz“, S.130

*Wir haben in der Vorstellung des Podcast „Hör auf dein Holz“ die Podcasterin Hannah Winkler versehentlich als Laura Winkler vorgestellt. Das tut uns sehr leid und dafür möchte sich die Make-Redaktion herzlich entschuldigen.*

## Kondensator gesucht

Power aus dem Nabendynamo, Make 4/20, S. 58

In der Make 4/20 beschreiben Sie die Nutzung des Nabendynamos als USB-Ladestation. Dafür ist laut Materialliste ein unpolarisierter Kondensator 330µF oder alternativ zwei Elkos mit 660µF nötig. Ich habe nun lange erfolglos nach beiden Varianten gesucht und wurde leider nicht fündig (Conrad, Reichelt, Amazon). Könnten Sie mir bitte eine konkrete Kaufempfehlung (Marke, Typ) zukommen lassen, damit ich das Projekt wie beschrieben umsetzen kann? Oder kann ich einfach Kondensatoren mit 640µF oder 680µF verwenden? Ich kann leider nicht einschätzen, wie sich das auf die Gesamtschaltung auswirkt.

Martin Bialke

*Da hat der Autor in der Tat eine seltsame Größe gewählt, die es so nicht gibt. Sie können 680µF nehmen, das ändert die Funktion nicht.*



Bild: Heiko Fibranz

Diese Einlegearbeit von unserem Leser Heiko Fibranz ist mit der Laubsäge entstanden – es muss nicht immer eine CNC-Fräse sein ...

Der digitale Treffpunkt für Security-Experten

23. - 25.  
FEBRUAR 2021

**AUSZUG AUS DEM PROGRAMM:**

Virtuelle Vorabendbespaßung  
mit Comedy-Hacker Tobias Schrödel

Der Emotet-Selbsttest

Maßnahmen gegen Innen- und andere Täter

Cyberversicherungen

Podiumsdiskussion: Hackback

Experten-FAQ zum Thema Ransomware, APTs und Co.

heise show spezial: IT-Forensik - Fakten und Fiktion

**WIR STARTEN DURCH –  
MIT SICHERHEIT**

 Heise Medien

**sec-it.heise.de**

Bisherige Partner



# Messgeräte für Maker

Wenn der Familienvorstand noch keinen Beschluss über die Verwendung des Weihnachtsgeldes getroffen hat, liefert vielleicht unser Messgeräte-Überblick das fehlende Glied in Ihrer Argumentationskette: Im Rundgang durch das Make-Labor stellen wir sinnvolle bis unverzichtbare Mess- und Prüfgeräte für den Maker-Arbeitsplatz vor.

von Carsten Meyer



Spätestens, wenn der geneigte Elektronik-Bastler das Stadium „Malen nach Zahlen“ (also das Zusammenstöpseln vorgefertigter Baugruppen gemäß Anleitung) verlassen hat und sich eigenen Kreationen widmen möchte, stellt sich die Frage nach den benötigten Messinstrumenten – und natürlich nach den dafür aufzubringenden finanziellen Mitteln. Dank reichhaltiger Angebote treibt das Hobby heute keinen Maker mehr in den Ruin, auch wenn es manchmal lohnt, etwas mehr Geld anzulegen.

Eine Grundausstattung umfasst mindestens Multimeter und einstellbares Netzteil – dieses Paket wird Ihre Finanzen um weniger als 100 Euro zurückwerfen, ohne dass Sie dabei auf relevante Funktionen verzichten müssen. Wer auf längere Sicht plant, wird ihm wichtige Leistungsmerkmale womöglich aber erst bei teureren Geräten finden. „Wer billig kauft, kauft zweimal“ postulierte schon die Oma, und etliche Pleiten bei überstürzt gekauften Schnäppchen untermauern diese These: Ein Messgerät hat in jeder Situation ordentlich zu funktionieren, sonst wird es seinem Namen nicht gerecht. An einem guten Instrument sollten Sie mindestens 20 Jahre lang Freude haben, weil es eben nicht nach Maßstäben der Konsumelektronik gefertigt ist, ein (zu) billiges wird Sie mit wackeligen Knöpfen, unzuverlässigen Schaltern oder einer haarsträubenden Bedienbarkeit täglich aufs Neue ärgern.

Das gilt insbesondere für Oszilloskope, um deren Anschaffung kein Maker mittelfristig herumkommt: Recht schnell hat man es mit dem Überprüfen von Impulsfolgen oder Wechselspannungen mit höheren Frequenzen zu tun, und da hilft das Multimeter einfach nicht weiter. Einmal angeschafft, werden Sie es nie mehr missen wollen – und deshalb lohnt es hier wohl am wenigsten, am falschen Ende zu sparen.

Trotz des unüberschaubaren Angebots an billigen Messgeräten, die vornehmlich chinesische Händler bei ebay, Amazon und Aliexpress feilbieten, lohnt bei größeren Anschaffungen immer ein Blick auf den Gebrauchtmarkt: Den Second-Hand-Geräten haben wir deshalb den zweiten Teil des Artikels gewidmet, der auch Ausblicke auf weitere mögliche Anschaffungen bietet.

### Multimeter

Ein digitales Multimeter (DMM) findet sich heute selbst bei Heimwerkern, die ansonsten wenig mit Elektronik zu tun haben – auch die haben mal eine Sicherung auf Durchgang oder die Spannung an einem Steckernetzteil zu überprüfen. Die früher üblichen Zeigerinstrumente sind längst digitalen Pendanten gewichen: Eine fehlerträchtige Umrechnung der Skalenteilung entfällt, und zudem erleichtert eine Bereichsautomatik den Messvorgang.

### Kurzinfo

- » Messgeräte-Grundausstattung: Auswahl und Preisspannen
- » Leitfaden: Neu oder gebraucht kaufen?
- » Messgeräte für Spezialisten

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xcnm](http://make-magazin.de/xcnm)

Der Einsteiger erhält brauchbare Digitalmultimeter ab 15 Euro – Wunder an Ausstattung, Auflösung und Geschwindigkeit darf man hier allerdings noch nicht erwarten, auch wenn die Genauigkeit für Maker-Aufgaben in der Regel ausreichend ist. Um Betriebsspannungen, Widerstandswerte oder den Stromverbrauch zu kontrollieren, genügen 3,5 Stellen (Anzeige bis 1999) Auflösung und eine Genauigkeit von 0,5% völlig. Es sind eher die Kleinigkeiten, die an Billiggeräten nerven: Wenn zum Beispiel der eingebaute Durchgangsprüfer nicht sofort anschlägt, sondern erst nach einer Sekunde Bedenkzeit, oder wenn das Gerät im unbenutzten Zustand nicht selbsttätig abschaltet und dann übers Wochenende die Batterie leer saugt. Oft mangelt es den Billigheimern auch an brauchbaren Wechselstrom-Messbereichen.

In der Mittelklasse zwischen 40 und 120 Euro findet man nicht nur höhere Auflösungen (4,5 stellig, Anzeige bis 19999) und Genauigkeiten (oft besser als 0,1%), sondern auch einen gut ausgebauten Wechselstrom-Bereich und Zusatzfunktionen wie Temperatur- und Frequenzmessung. Geräte, die den Zusatz „TRMS“ oder „True RMS“ tragen, messen sogar nicht-sinusförmige Wechselspannungen genau, indem sie den echten Effektivwert ermitteln und nicht etwa den (einfacher zu messenden) Scheitelwert (Amplitudenspitze) herunterskalieren. Das ist wichtig, um zum Beispiel die Ausgangsspannung eines Phasenanschnitt-Dimmers oder den Effektivwert eines impulsförmigen Stromes bestimmen zu können, wie er zum Beispiel am Eingang eines Gleichrichters auftritt.

Während man sich bei preiswerten Geräten bei Wechselspannungen auf niedrige Frequenzen unter 400Hz beschränken muss, weil sie darüber hinaus massiv an Genauigkeit verlieren, sind teurere Instrumente mit ihrer sorgfältigen Kompensation der Eingangsspannungsteiler oft bis 20kHz oder sogar 100kHz einsetzbar; sie eignen sich somit auch, um zum Beispiel die Ausgangsleistung eines Audio-Verstärkers oder die Spannungen und Ströme am Übertrager eines Schaltnetzteils zu bestimmen. Wenn bei Ihnen solche Messungen anfallen, sollten Sie unbedingt das

Datenblatt des in Frage kommenden Instruments konsultieren; Geräte, die Wechselspannungen und -ströme über 1kHz noch zuverlässig messen, sind kaum unter 100 Euro zu bekommen und häufiger bei den Tischmultimetern (siehe Kasten) angesiedelt.

### SMD-Messspinzette

Da auch einsteigende Maker zunehmend mit SMD-Krümeln konfrontiert werden, ist eine SMD-Messspinzette eine sinnvolle Ergänzung zum Multimeter. Die macht sich spätestens dann bezahlt, wenn ein Missgeschick die Entropie einer gut sortierten SMD-Kondensatorsammlung auf dem Tisch verteilt hat – SMD-Cs haben nämlich keinen Aufdruck ihres Wertes. Das trifft auch für SMD-Widerstände unterhalb der Bauform 0603 zu.



Bild: PeakTech

Das PeakTech 3340 für rund 40 Euro liefert mehr Auflösung (Anzeige bis 3999) und umfangreichere Messbereiche als die ganz einfachen DMMs.

# Handheld oder Benchttop?

Die größeren Benchttop-Digitalmultimeter werden in der Regel mit Netzspannung betrieben und haben wie bei mir einen festen Platz in der Werkstatt. Unbestreitbarer Vorteil: Man muss sie deshalb nicht erst suchen und auf der Werkbank einen Platz dafür schaffen. Mein Löt-Arbeitsplatz ist üblicherweise nach dem Vulkan-Prinzip kraterartig freigeschaufelt, ein lose herumliegendes Multimeter würde hier erheblich stören. Außerdem sind sie – je nach Preisklasse – auch schneller und genauer als Handheld-Geräte, vor allem in den Wechselspannungsbereichen bei höheren Frequenzen.

Brauchbare Neugeräte in der Benchttop-Klasse gibt es ab 120 Euro. Das PeakTech

4090 für rund 180 Euro zum Beispiel bietet 4,5 Stellen Auflösung, AC-Bereiche, die bis 30kHz spezifiziert sind und eine USB-Schnittstelle zur Abfrage und Aufzeichnung der Messwerte am PC. Solche Funktionen werden oft überbewertet, in 99 Prozent aller Messaufgaben setzt man das Tischmultimeter „ad hoc“ ein. Eher halte ich eine duale Anzeige für sinnvoll: Damit kann man sich zum Beispiel auf der Hauptanzeige den Gleichspannungswert und auf der



Bild: PeakTech

Zweitanzeige die überlagerte Wechselspannung (zum Beispiel die Brummspannung an einem Netzteil-Siebelko) gleichzeitig anzeigen lassen.



Bild: Advance Devices

**SMD-Messpinzette ST5:** Nicht nur zum Sortieren von unbeschrifteten Bauteilen ein wertvolles Hilfsmittel.

Messpinzetten gibt es nicht nur mit Kabelanschluss für das Multimeter, sondern auch als praktische Stand-Alone-Tools (ab 20 Euro). Ganz luxuriöse Modelle (zum Beispiel die Smart Tweezers ST5 von Advance Devices) können sogar Kondensator-Serienwiderstände (ESR), Induktivitäten oder die Durchlassspannung von Dioden bestimmen und arbeiten mit einem Lilon-Akku statt mit Knopfzellen; hierfür muss man allerdings 150 bis 250 Euro anlegen. Vorteile gegenüber den Messpinzetten mit Kabelanschluss: Die Anzeige liegt immer im Sichtfeld des Anwenders, und die Kabelkapazität verfälscht nicht das Messergebnis bei kleinen (< 5nF) Kondensatoren.

## Bauteiltester

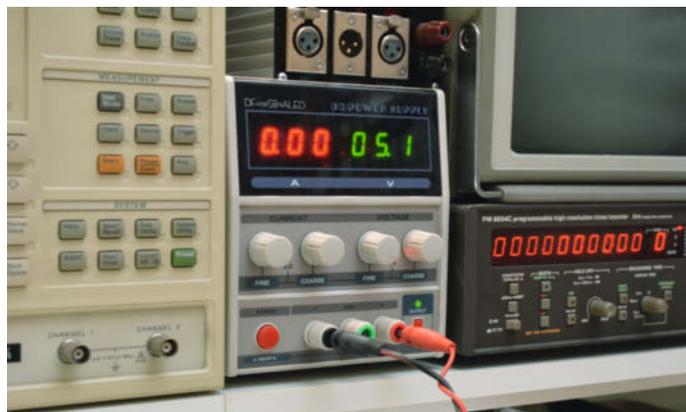
Ich hätte nicht gedacht, dass mir ein kleines Kästchen für weniger als 20 Euro so oft hilft:

Tut es der gerade ausgelötete Transistor vielleicht doch noch? Bedeutet der Scheibenkondensator-Aufdruck „100“ nun 10 oder 100pF? Welche Pinbelegung könnte der MOSFET aus der Wühlkiste haben? Solche Fragen beantwortet der Bauteiltester T7 aus dem China-Shop. Er ist mit einem kleinen Farbdisplay ausgestattet, das Messwerte und Pinbelegung übersichtlich anzeigt; es gibt noch eine billigere Variante, die mit einem einfarbigen Display geliefert wird.

Die Bedienung beschränkt sich auf zwei Schritte: Bauteil in der Textool-Fassung festklemmen (oder mit den mitgelieferten kurzen Prüfkabeln anschließen) und den Startknopf drücken. Bei passiven Bauteilen zeigt es den Wert mit brauchbarer Genauigkeit (2%) an, bei Dioden und Z-Dioden die Durchlassspannung und bei bipolaren Transistoren die Stromverstärkung (hfe), die Basis-Schwellenspannung



**Bauteiltester T7:** Das akkubetriebene Gerät identifiziert die Pinbelegung diskreter Bauteile und liefert sogar überschlägige Kenndaten von Transistoren.



Durchaus brauchbare längsgeregelte Labornetzteile (hier 30V/3A) erhält man schon für weniger als 70 Euro.

und, falls messbar, auch den Reststrom (etwa bei uralten Germanium-Transistoren). Bei MOSFETs ermittelt es sogar Gate-Kapazität, Gate-Schwellenspannung und On-Widerstand, so dass man den Transistor mit etwas Sachkenntnis grob einschätzen kann.

Durch den eingebauten Spannungswandler werden Z-Dioden bis 24V zuverlässig erkannt. Das zigaretenschachtelgroße Gerät bietet einen eingebauten Akku, der über die Micro-USB-Buchse geladen wird. So etwas brauchen Sie auch, die bei manchen Multimetern eingebaute Bauteil-Testfunktion werden Sie dann schnell vergessen.

### Labornetzteil

Für rund 40 Euro erhält man bei diversen Versendern ein namenloses Gerät mit 15V und 3A, das vielleicht nicht vollauf den geltenden VDE-Normen genügt, wohl aber den grundsätzlichen Ansprüchen an eine stabile Stromversorgung für Bastelzwecke und sogar Digitalanzeigen für Spannung und Strom bietet. Legen Sie noch 25 Euro drauf, und es gibt 30V bei 5A, also satte 150W Leistung. Das reicht auch zum Test großer Schrittmotor-Steuerungen, und mit zwei dieser Brummer versorgen Sie sogar den Musteraufbau Ihres Endstufen-Boliden.

Die preiswerten Kandidaten der 50W-Klasse arbeiten durchweg mit einem konventionellen Netztrafo und Längsregelung. Das muss nichts Schlechtes sein: Längsregelte Netzteile erzeugen keine hochfrequenten Störungen (wichtig, wenn Sie zum Beispiel alte Radios restaurieren), regeln schnell aus und sind bei sorgfältiger Auslegung brumm- und rauscharm. Bei hohen Ausgangsleistungen findet man immer öfter Netzteile mit Schaltregler: Die sind zwar leichter und verbrauchen wenig Verlustleistung, kommen aber bei stark schwankender Stromaufnahme nur deutlich langsamer hinterher. Ein Kompromiss sind Netzteile mit Hybridregler (Schaltnetzteil zur Vorregelung mit nachgeschaltetem Längsreg-

ler), wegen des höheren Aufwands sind sie natürlich teurer.

Bei Geräten mit größerem Spannungsbereich (>15V) ist eine separate Grob- und Feineinstellung der Ausgangsspannung wünschenswert; ohnehin würde ich bei Netzteilen immer eine Bedienung mit echten Drehknöpfen bevorzugen und vielleicht noch einen Dreh-Encoder zulassen. Ich besitze ein (inzwischen staubfangendes) Labornetzteil, bei dem die Spannung über ein Tastenfeld eingegeben werden muss: Ein falscher Tastendruck, und schon entflucht dem angeschlossenen Arduino der magische Qualm, ohne den er es bekanntlich nicht mehr tut.

Wenn Sie vorhaben, sowohl digital als auch analog tätig zu werden, könnte ein Mehrfach-Netzteil die platzsparende Lösung sein: Operationsverstärker-Schaltungen verlangen oft symmetrische Betriebsspannungen von ±12 bis ±15V bei moderatem Strombedarf, 1A ist hier auf jeden Fall ausreichend. Mit einem Dreifach-Netzteil, das zum Beispiel 0..10V/3A für den Digitalteil und 2 × 0..20V/1A für den Analogteil liefert, sind Sie dann gut gerüstet.

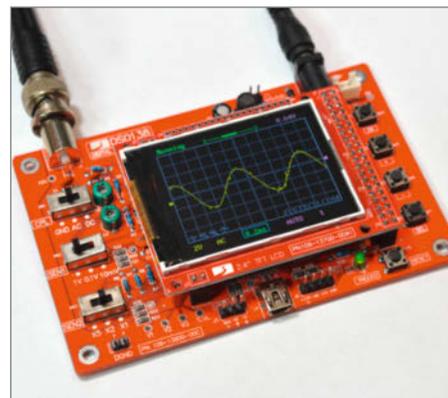
### Oszilloskop

Nach Multimeter und Labornetzteil folgt das Oszilloskop in der Rangfolge der Wichtigkeit: Seine Aufgabe ist es, elektrische Vorgänge über die Zeit sichtbar zu machen. Früher benutzte man dafür eine Kathodenstrahlröhre (sozusagen ein Vektor-Display) mit variabler Ablenkfrequenz und analogen Eingangsverstärkern (dazu später). Die heute üblichen DSOs (für „Digital Storage Oszilloscope“) wandeln die Eingangsspiegel über einen Analog-Digital-Wandler (ADC) in digitale Werte, die dann in mehr oder weniger schneller Abfolge nacheinander in einem Pufferspeicher landen. Dessen Inhalt stellt der eingebaute Prozessor schließlich als Linienschrieb respektive Verlaufsglyphen auf dem Display dar. Kennzeichnend für die Leistungsfähigkeit eines DSOs sind: Die Anzahl der Eingangskana-



Bild: Ridem/KKmoon

Darf es etwas mehr sein? Das Ridem RD6006 liefert bis zu 60V bei 6A, es arbeitet nach dem Schaltregler-Prinzip. Einen Bausatz gibt es ab 165 Euro.



Mini-Oszilloskope – hier das bekannte DSO138 – bieten für Messungen an Digitalschaltungen keine ausreichende Bandbreite.

näle, die Bandbreite des Eingangsverstärkers, die maximale Abtastfrequenz, die Größe des Wellenform-Pufferspeichers, die Auflösung des A/D-Wandlers und nicht zuletzt die Wiederholrate.

Da laut Shannon-Theorem die Abtastfrequenz mehr als doppelt so hoch sein muss wie der höchste im Signal vorkommende Frequenzanteil, sollte ein Oszilloskop mit 50MHz Bandbreite auch wenigstens mit

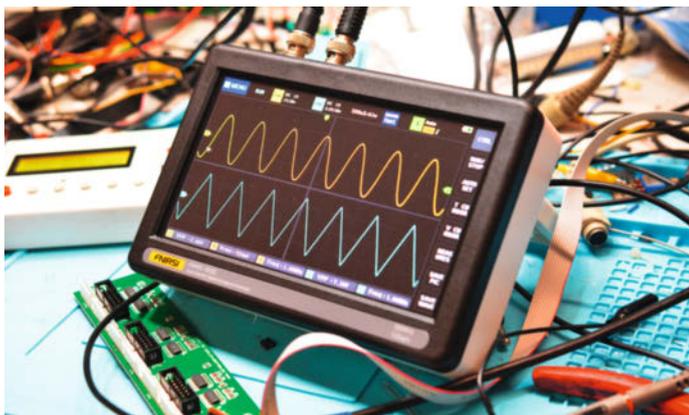


Bild: Pokit Innovations

Drahtlos-Multimeter und -Oszi im Prüfstift: Eine Smartphone-App stellt die Messdaten des Pokit dar.



Für unterwegs sehr praktisch und für gelegentliche Messungen am Labor-tisch ausreichend: Handheld-Oszilloskop DMS02D72 von Joy-IT.



Das Touchscreen-Oszilloskop FNIRSI-1013D (es heißt wirklich so!) bietet für 130 Euro gute 100MHz Bandbreite.

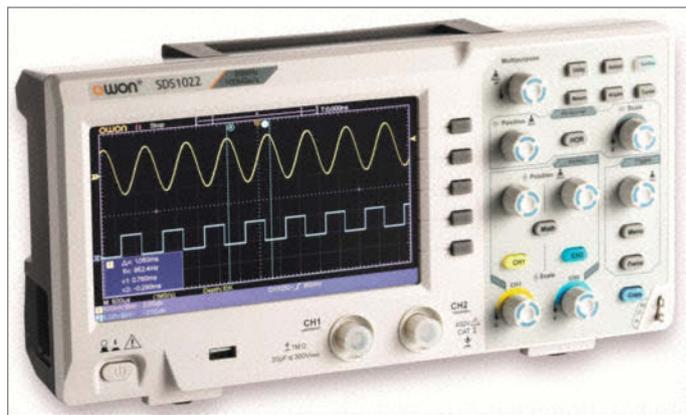


Bild: Owon/Pollin

Mindestausstattung: Für das Owon SDS1022 mit 20MHz Bandbreite verlangt Pollin rund 175 Euro – ein Kampfpreis.

100MHz abtasten können - und zwar auf allen Kanälen gleichzeitig. Preiswerte Geräte reduzieren bei mehrkanaligem Betrieb die Abtastrate merklich. Ein großer Pufferspeicher ist hilfreich, wenn man sich in einen Teil der aufgenommenen Wellenform „hineinzoomen“ will, um sie nach einer bestimmten Begebenheit abzusuchen – diesen Luxus bieten inzwischen schon preiswerte DSOs.

Oft unterschätzt wird die Wiederholrate – sie ist ein Maß dafür, wie oft der für die Darstellung relevante Teil des Pufferspeichers ausgelesen und verarbeitet wird. Während des Auslesens entsteht nämlich eine Totzeit, in der die Oszilloskop-Elektronik kein Signal aufzeichnet. Fällt nun beispielsweise die ge-

suchte „Singularität“ einer Impulsfolge genau in die Totzeit, wird sie auch nicht dargestellt. Gute Geräte erreichen 50.000 und mehr Wellenformen pro Sekunde, einfache und ältere schaffen vielleicht nur 100 oder 1000.

Die Auflösung der eingangsseitigen A/D-Wandler beträgt üblicherweise 8 Bit, wenige Geräte bieten 10 oder 12 Bit. Von der höheren Auflösung profitieren nur Geräte mit großem Bildschirm, ansonsten halte ich 8 Bit für ausreichend. Wichtiger sind eher Zusatzfunktionen wie das Dekodieren von seriellen Bussen; mit zwei Eingangskanälen und separatem Trigger-Eingang kann man schon sehr schön I<sup>2</sup>C-, I<sup>2</sup>S-, CAN- und SPI-Daten darstellen. Diese Zusatzfunktionen können

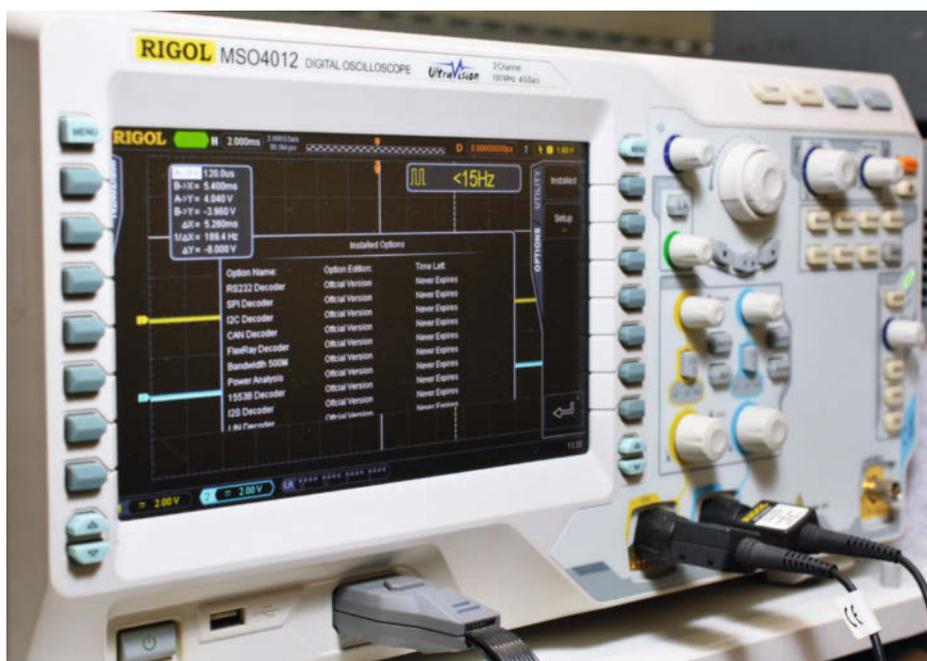
kostenpflichtige Optionen sein, gerade bei den Markenherstellern eine gern genutzte After-Sales-Geldquelle.

Der Einsteiger mag versucht sein, eines der billigen Mini-Oszilloskope in Betracht zu ziehen, wie sie bei ebay & Co. die Messgeräte-Rubriken überfluten. Zwar erfüllen solche Geräte ihren grundsätzlichen Zweck, sie sind aber nur einkanalig und haben eine begrenzte Bandbreite, die selten über 200kHz hinausgeht. Messungen an Digital-schaltungen sind damit kaum ernsthaft möglich; selbst ein zahmer Arduino liefert Impulse im Mikrosekunden-Bereich an seine Peripherie, was eine Bandbreite von 10MHz oder mehr verlangt.

## Drahtlos-Oszi

Dann vielleicht doch etwas warten: Derzeit sammelt das australische Startup Pokit Innovations noch Vorbestellungen für ein Gerät, das Multimeter, Datenlogger und Oszilloskop in einer Art Prüfspitze vereint. Das Gerät hat selbst keinerlei Anzeigeelemente, zur Darstellung der Messwerte und Oszillogramme dienen Smartphone- und Smartwatch-App. Die Oszilloskop-Funktion zeichnet mit 1 MSamples/s auf, was theoretisch für eine Bandbreite von 500kHz reicht – für Messungen an digitalen Schaltungen ist das immer noch zu knapp.

Das Multimeter bietet die üblichen AC/DC-Spannungsmessbereiche bis 600V im Autoranging-Betrieb, DC-Strommessungen bis 10A, Kapazitätsmessungen und zusätzlich eine Dioden- und Durchgangsprüfung. Alles schön und gut, aber wie lange wird die App vom Hersteller gepflegt? Ein Problem, das im Prinzip alle Messinstrumente betrifft, die irgendeine Treiber- oder App-Unterstützung benötigen und nicht „stand alone“ nutzbar sind – darunter fallen natürlich auch reine USB-Oszilloskope und Logikanalysatoren (siehe unten).



Viele DSOs und MSOs lassen sich auf höhere Bandbreite oder erweiterte Dekodierfunktionen per Freischaltcode nachrüsten, dessen Algorithmus abseits der Legalität auch schon einmal in kreative Kreise sickert – wie bei diesem Rigol, das nun statt 100 statt 500MHz Bandbreite aufweist.

Der größte Nachteil der Mini-Handhelds aber ist ihre umständliche Bedienung: Gerade bei einem Oszilloskop, bei dem für jede Messung mehrere Einstellungen nötig sind (Eingangsempfindlichkeit, Zeitbasis/Abtastrate und Triggerschwelle), nervt eine Bedienung mit verschachtelt belegten Tastern und Menüs. Das ist selbst bei einfachen Benchtop-Geräten anders – hier gibt es für jede relevante Funktion einen dedizierten Drehknopf oder Schalter.

Immerhin eine brauchbare Bandbreite liefern die Handheld-Oszilloskope, die eher für den Service-Einsatz gedacht sind. Zwar nehmen sie im Werkzeugkoffer wenig Platz weg, den Nachteil der mäßigen Ergonomie kann man aber auch hier nicht wegdiskutieren, und preiswerter als Benchtops sind sie auch nicht unbedingt. Ein typischer Vertreter dieser Klasse ist zum Beispiel das DMSO2D72 von Joy-IT: Im Unterschied zu den Billigst-Angeboten liegt die Bandbreite hier bei durchaus respektablem 70MHz (Abtastrate 250 MSamples/s einkanalig, 125 MSamples/s zweikanalig), für Messungen an Maker-typischen Schaltungen ist das völlig ausreichend. Eine zusätzliche Messfunktion ermittelt Spitzenwerte sowie die Frequenz des Eingangssignals. Auf die fortgeschrittenen Trigger-Modi, Signalanalyse- und Zoom-Funktionen von Benchtop-DSOs muss man indes verzichten. Neben seiner Funktion als Oszilloskop ist das Gerät auch gleichzeitig noch Digitalmultimeter und Funktionsgenerator - das Richtige also für den Maker mit wenig Platz und 220 Euro in der Geldbörse.

Einen 7-Zoll-Bildschirm bietet das mit rund 130 Euro sehr preiswerte FNIRSI-1013D: Die Touchscreen-Bedienung ist durchdacht, es bietet diverse Cursor- und Messfunktionen, und mit 100MHz Bandbreite und 1 GSamples/s erreicht es durchaus schon Benchtop-Leistungen. Zu loben ist die schnelle Bereitschaft nach dem Einschalten (nur 7 Sekunden) und der eingebaute Akku, der potentialfreie Messungen ermöglicht. Im Lieferumfang sind sogar zwei ordentliche Tastköpfe enthalten – ein echter Geheimtipp also.

Ansonsten sollten Ihre Kriterien bei der Anschaffung eines Maker-gerechten Oszilloskops sein: Bandbreite 20 bis 40MHz bei 100MSamples/s oder besser, zwei Kanäle oder mehr, eventuell Datendekodierungsfunktionen und natürlich eine übersichtliche Bedienung. Dafür müssen Sie heute kaum mehr als 250 Euro anlegen.

Wenn Sie etwas tiefer in die Tasche greifen wollen und viel mit digitalen Schaltungen zu tun haben, sollten Sie ein Oszilloskop mit eingebautem Logikanalysator in Betracht ziehen, dann kommen Sie auch gut mit zwei Analog-Kanälen aus. Ein solches Gerät heißt dann „Mixed Signal Oszilloskop“ (MSO), es kann zwei (oder vier) analoge und bis zu 16 digitale Signale gleichzeitig darstellen – so



Der LogicPort-LA mit USB-Anschluss vor einem Gerät aus dem Holozän der Logikanalyse.

können Sie zum Beispiel untersuchen, ob es ein D/A-Wandler an einem Digital-Audio-Bus richtig tut.

### Logik-Analysator

Vielleicht wundern Sie sich, dass der Logik-analysator in unserer Zusammenstellung schon recht früh genannt wird: Sollte Ihr Oszilloskop keine Funktionen zur digitalen Signalanalyse bieten, dürfte dies die nächste Anschaffung sein. Wenn auf dem SPI- oder I<sup>2</sup>C-Bus ein paar Bits klemmen, das externe RAM am Mikrocontroller verrückt spielt oder man schlicht ein unbekanntes Peripherie-Protokoll untersuchen möchte, reicht auch ein Mehrkanal-Oszilloskop nicht mehr zur Fehlersuche. Dann schlägt die Stunde des Logik-Analysators.

Die früher verwendeten riesigen Messklötze für zehntausende Euro sind inzwischen handlichen Geräten zum Betrieb an PC oder Laptop gewichen. Ein typisches Beispiel ist der bewährte „LogicPort“ von Intronix, der 34 Eingangskanäle bei 500 MSamples/s bietet und rund 400 Euro kostet. Ein recht frisches und vielversprechendes Design kommt vom FPGA-Spezialisten Digilent: Der etwa 200 Euro teure „Digital Discovery“ ist nicht viel größer als eine Maus und wird über USB vom Rechner gesteuert. Die 24 High-Speed-Eingänge tasten die Eingangsspiegel mit bis zu 800 MSamples/s ab, was für den Hausgebrauch auf lange Zeit ausreichen sollte.

Die Software analysiert die seriellen Protokolle CAN, I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S (Digital Audio), SPI und UART. Alle Eingänge arbeiten mit Logikpegeln zwischen 1,2 und 3,3V, sie sind aber auch 5V-tolerant. Eine Besonderheit des Gerätes ist der eingebaute Pattern-Generator, mit dem sich beliebige digitale Testsignale auf 16 Kanälen erzeugen lassen – parallel zum LA-Betrieb. Zu loben ist die Software-Unterstützung und die hervorragende Dokumentation mit vielen Beispiel-Anwendungen – gerade hier mangelt es bei vielen fernöstlichen Angeboten im Low-Cost-Bereich, von denen Sie dann besser die Finger lassen.



Bild: Digilent Inc.

Digilent Digital Discovery: Kleiner Logik-Analysator zum Betrieb an Laptop oder PC.

Wer mit weniger Logik-Leitungen auskommt und vornehmlich serielle Protokolle analysieren will, dürfte auch mit dem Bus Pirate gut bedient sein: Das beliebte Open-Source-Projekt kann sogar als Programmiergerät für Flash-basierte Controller und Speicher dienen. Rund 35 Euro müssen Sie für die nackte Platine anlegen.

### Trenntrafo

Wer ohne Trenntrafo an geöffneten netzbetriebenen Geräten etwas messen will, ist schlicht lebensmüde, denn die alte Elektriker-Regel, „eine Hand in der Hosentasche“ lässt sich am Werkstisch kaum umsetzen. So sind Oszilloskope in der Regel mit dem Schutzleiter verbunden, und ein unbedacht angeklebtes Massekabel führt nicht nur zu knallendem Funkenflug, sondern auch zu einer stabilen Unwilligkeit in den Kristallen der beteiligten Halbleiter. Wenn Sie also vorhaben, irgendetwas Netzbetriebenes zu erfinden oder zu reparieren, besorgen Sie sich einen Trenntrafo – das ist ein Befehl!

Mit einer Leistung von 300VA sind Sie gut bedient, so lange Sie keine dicken PA-Endstufen reparieren wollen. Ein regelbares Gerät – man erkennt es am überdimensionalen Drehknopf – ist dabei ein angenehmer Luxus, besonders, wenn es mit Messinstrumenten für die eingestellte Spannung und den entnommenen Strom ausgerüstet ist: Damit lassen

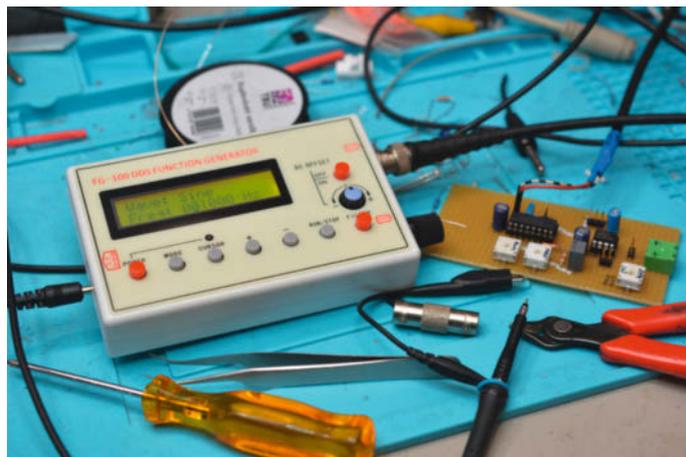
Der Bus Pirate ist sozusagen ein Minimal-Logikanalysator, der auf serielle Protokolle spezialisiert ist.



Bild: Wikipedia



**Gebrauchter Regel-Trenntransformator aus ehemaligen NVA-Beständen: Machen Sie sich beim Online-Kauf auf heftige Versandkosten gefasst.**



**Kleiner DDS-Funktionsgenerator: Für rund 25 Euro erhält man eine stabile Ausgangsfrequenz mit wählbaren Wellenformen.**

sich auch für 117V ausgelegte US-Geräte prüfen, man kann das Verhalten der angeschlossenen Schaltung bei Über- oder Unterspannung simulieren und erkennt sofort Defekte, die sich durch eine erhöhte Stromaufnahme bemerkbar machen (zum Beispiel eine durchgebrannte Audio-Endstufe). Regel-Trenntrafos sind wegen ihrer massiven Transformatoren leider eine relativ kostspielige Angelegenheit, Neugeräte gibt es kaum unter 600 Euro.

### Funktionsgenerator

Kommen wir langsam zu den „nice to have“-Geräten, die heute nicht mehr unbedingt an erster Stelle der Maker-Wunschliste stehen und eher Audio-Bastlern und restauratorisch tätigen Makern dienlich sind. Der Funktionsgenerator gehört dazu: Er liefert bei Messungen an Verstärkerschaltungen oder Lautsprechern das sinus- oder dreieckförmige Eingangssignal, kann aber auch Rechteckimpulse zum Test digitaler Designs erzeugen.

Die „Basics“ liefern bereits kleine Kästchen, die der Chinese für rund 25 Euro bei ebay offeriert: Sie arbeiten nach dem DDS-Prinzip, erzeugen das Ausgangssignal also über eine digitale Synthese mit nachfolgendem D/A-Wandler. Im Unterschied zu analogen Generatoren ist das Ausgangssignal quarzstabil und sehr konstant in der Amplitude, lässt sich aber nicht stufenlos durchstimmen (was aber nur an fehlenden Bedienelementen liegt, DDS ist dazu durchaus in der Lage). Der abgebildete kleine Generator liefert Sinus-, Dreieck-, Sägezahn- und Rechteckschwingungen bis 500kHz, sogar ein Gleichspannungs-Offset lässt sich einstellen. Der Klirrfaktor liegt bei 0,5% und damit leider deutlich über dem anderer DDS-Funktionsgeneratoren.

Abstriche muss man auch hier bei der Bedienung machen – die Einstellung der Parameter über Menüs ist nicht jedermanns Sache. Wer rund 90 Euro anlegen kann, erhält etwa mit dem FY6900 ein Tischgerät nach dem gleichen Prinzip mit deutlich komfortablerer Bedienung und zwei separaten Ausgangskanälen, dessen Frequenzbereich sogar bis 60MHz reicht.

### LCR-Meter

Auch ein Messgerät, das die Werte von Induktivitäten und Kondensatoren genau bestimmen kann, ist bei der Reparatur von Konsumelektronik oder für den HF-affinen Bastler hilfreich. Während viele Multimeter zwar (in begrenzten Bereichen) Kapazitäten bestimmen können, kommt man damit bei Spulen oder besonders kleinen oder großen Kondensatoren nicht weiter. Auch die Bestimmung des Serienwiderstands von Elkos (ESR, wichtig beim Einsatz in Schaltnetzteilen) ist dem LCR-Meter vorbehalten.

Gute LCR-Meter sind relativ teuer, bei Handheld-Geräten sind 80 bis 200 Euro fällig, Tischgeräte mit erweiterten Messmöglichkeiten

(zum Beispiel Messung einer Spule mit Gleichstrom-Vorbelastung) und Vierleiter-Anschluss (zur Bestimmung sehr niederohmiger Widerstände) erreichen schnell vierstellige Beträge. Wenn Sie nicht gerade dem Amateurfunk, der Metrologie oder High-End-HiFi verhaftet sind, tut es vielleicht auch schon der oben vorgestellte Bauteile-Tester.

### Gebrauchtmarkt

Muss es aber unbedingt ein Neugerät sein, oder tut es vielleicht auch ein ausgemustertes Schnäppchen? Wer sich einmal in den einschlägigen Rubriken der Online-Auktionen umschaut, wundert sich vielleicht über das Preisgefüge: Manche Gebrauchtgeräte liegen, obwohl schon viele Jahre alt, preislich mit Neugeräten von No-Name-Herstellern gleichauf, andere will anscheinend selbst zum Mindestgebot niemand haben.

Hier gilt schlicht: Je universeller ein Laborinstrument verwendet werden kann und je länger seine Technik etabliert bleibt, desto höhere Preise erzielt es auch. Krasses Beispiel: Das Mobile Test Set Agilent E8285A, vor wenigen Jahren noch in der Größenordnung einer rustikalen Eigentumswohnung bepreist, ist heute quasi wertlos - wer will denn auch noch lahme Edge-Handys prüfen? Ein schlichtes Dreifach-Labornetzteil aus der gleichen Ära erreicht in Auktionen dagegen oft die Hälfte des (stattlichen) Neupreises.

Bei manchen Geräteklassen lohnt der Gebrauchtkauf eher nicht, selbst (oder gerade!) bei knappem Budget. Multimeter sind so ein Grenzfall: Neue Handheld-DMMs sind fast schon zu billig, als das man sich das Risiko eines Gebrauchtkaufs antun sollte; gleiches gilt auch für Einsteiger-Labornetzgeräte. Bei den als Neugeräte sehr teuren Regel-Trenntransformatoren sieht die Sache wieder anders aus: Die robusten und wenig fehleranfälligen



Bild: Kkmoon

**Viel Funktion für wenig Geld: Für 90 Euro erhält man beim FY6900 von Kkmoon zwei separate Ausgangskanäle und bis zu 60MHz Ausgangsfrequenz.**

Geräte gehör(t)en zur Pflichtausstattung in allen Fernsehwerkstätten, und die werden in letzter Zeit ja öfter mal aufgelöst.

### Nur Geduld!

Da alte Messgeräte renommierter Hersteller unvermittelt hohe Verkaufspreise erzielen können, ist für echte Schnäppchen etwas Geduld gefragt. Möglicherweise wird sogar dieser Beitrag dafür sorgen, dass die Nachfrage wieder kurzzeitig steigt: Viele Käufer wissen die Qualität von Herstellern wie HP/Agilent, Tektronix, Keithley, Rohde & Schwarz, LeCroy, Fluke/Philips oder Brüel & Kjær einfach zu schätzen. Geräte dieser Art unterscheiden sich von Konsumgütern grundlegend in der Qualität der verwendeten Bauteile, eine Nutzungsdauer von 30 Jahren und mehr ist eher die Regel als die Ausnahme. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist die Verfügbarkeit von Service-Unterlagen, und oft gibt es sogar noch spezielle Ersatzteile für Jahrzehnte alte Instrumente.

Trotzdem ist der Gebrauchtkauf mit einem gewissen Risiko verbunden: Ein thermisch belasteter Netzteil-Elko kann spontan versagen,

ein Bereichswahlschalter oxidiert oder die Eingangsstufe Opfer einer Überspannung geworden sein. Der Anfänger ist gut beraten, entweder bei einem gut beleumundeten Händler zu kaufen, auch wenn es dort etwas teurer ist, oder im sozialen Umfeld jemanden mit guter Erfahrung zu wissen.

Kleiner Tipp: Wenn Sie bei ebay ein bestimmtes Gerät suchen, werden Ihnen nur die Ergebnisse von Verkäufern angezeigt, die auch explizit nach Deutschland versenden. Mehr verlockende Angebote (bei Messgeräten meist aus dem Westen der USA) zeigt eine Suche über picclick.com: Wenn Sie dann handelseinig sind, der Verkäufer aber partout nicht ins Ausland versenden will, schalten Sie einfach einen Versanddienstleister wie shipito.com ein. Echte Schnäppchen lassen sich bisweilen bei Industrie- und Insolvenz-Versteigerungen „schießen“. Nachteil: Die Beschreibung ist oft unvollständig, das Auktionshaus kann keine Fragen zum technischen Zustand beantworten und oft muss man das Ersteigerungsgut auch höchstselbst abholen.

Im folgenden Kapitel werde ich Ihnen einige meiner Gebrauchtgeräte samt persönlicher Erfahrungen vorstellen. Mit einigen wird nicht



Dieses einstige Weihnachtsgeschenk im Gegenwart eines Mofas funktioniert nach 45 Jahren immer noch einwandfrei. Wer Glück hat, bekommt es heutzutage auf dem Flohmarkt für 10 bis 20 Euro.

## Zeitgeschichte

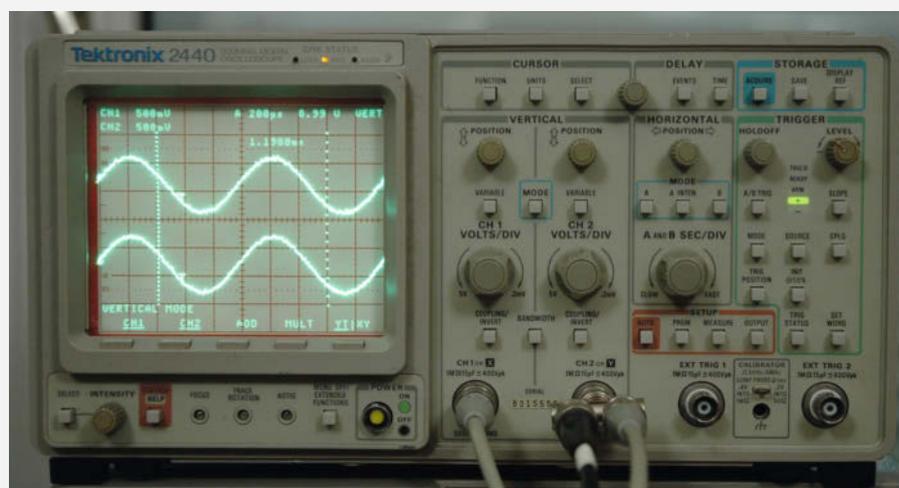
Ein Digital-Scope gebraucht kaufen? Jein. Abzurufen ist von alten Digital-Oszilloskopen aus den frühen 1990er Jahren – die einstigen Spitzengeräte werden heute von jedem Einsteiger-DSO in den Schatten gestellt. „Mittelneue“ DSOs mit einfarbiger Darstellung wie die 54000er-Serie von HP/Agilent sind nur dann interessant, wenn das Angebot wirklich unschlagbar ist, also nicht an den häßlichen Neupreis eines in Bandbreite und Sampling-Rate vergleichbaren China-DSOs aus aktueller Fertigung heranreicht. Bei den dreistelligen TDS-Serien von Tektronix (vor allem 5xx/7xx) sind leckende SMD-Elkos eine tickende Zeitbombe – eine aufwendige Restaurierung droht.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Technik der alten DSOs: Mangels superschneller ADCs (Analog-Digital-Wandler) wurde das Signal jedes Kanals nach dem Eingangsverstärker in einem CCD-Chip analog (!) zwischengespeichert – der konnte mit einigen hundert Megahertz Takt beschrieben, aber beliebig langsam ausgelesen werden, so dass man mit einem (für heutige Verhältnisse) gemüthlichen ADC auskam. Die Speichertiefe beschränkte sich auf die Länge der CCD-Kette

(1000 bis 2000 Werte), und es entstanden durch den Auslesevorgang vergleichsweise lange Totzeiten. Die FISO (Fast In, Slow Out) genannte Technik war nur bis Anfang der 2000er Jahre salonfähig (zuletzt beispielsweise in der TDS1000-Serie von Tektronix) und gilt heute als obsolet.

Neuzeitliche DSOs bedienen sich eines anderen Tricks, um Abtastraten oberhalb von 100 MSamples/s zu erzielen: Man

schaltet mehrere (manchmal 4 oder 8) mäßig schnelle und damit halbwegs preiswerte ADCs parallel, die zeitlich versetzt mit der Wandlung beginnen und ihre Daten dann in der gleichen Reihenfolge abliefern. Somit wird auch klar, warum Low-Cost-DSOs die Sampling-Rate stark verringern müssen, wenn mehr als ein Kanal gleichzeitig arbeitet: Die vorhandene Anzahl von ADCs wird einfach auf die aktiven Kanäle verteilt.



Anno 1990: Das Tektronix 2440 arbeitete noch mit CCD-Technik.



**Millivoltmeter-Doppelpack für Messungen an Stereo-Verstärkern: Die beiden 50 Jahre alten UVNs von Rohde & Schwarz stellen von der Handhabung und Ablesbarkeit her jedes digitale Gerät in den Schatten.**

jeder Maker etwas anfangen können, sie sollen auch eher als Ansporn und Richtungsweiser für die zukünftige Karriere erhalten – vielleicht erinnern Sie sich ja zu gegebener Zeit an diese Zeilen. Bei mir war stets eine bestimmte Aufgabenstellung der Anlass, eines dieser Instrumente anzuschaffen, aber nun ist es umgekehrt: Es wird erfunden, was der Messgerätepark hergibt.

### Agilent 34401A

Mein Benchtop-Multimeter ist ein älteres Agilent/Keysight 34401A, das über viele Jahre unverändert gebaut und erst in jüngerer Zeit vom Nachfolger 34461A abgelöst wurde. Seine VFD-Anzeige ist selbstleuchtend und perfekt ablesbar, es bietet eine Auflösung von 6,5 Stellen, es ist schnell und hat verschiedene Zusatzfunktionen (Frequenzmessung, Diodenprüfung, mathematische Berechnungen).

Weil es sich quasi zum Industriestandard entwickelte, sind Gebrauchtgeräte kaum unter 400 Euro zu bekommen. Meines wurde recht billig als defekt verkauft, weil ein Relais am Spannungsteiler unzuverlässig war; so etwas lässt sich leicht ersetzen. Auf der letzten Maker Faire hatte ich am Stand der PTB Gelegenheit, seine Genauigkeit zu überprüfen – es war nach 15 Jahren Gebrauch in allen Bereichen noch besser, als es das Datenblatt versprach.

### Rohde & Schwarz NGT 20

Ein einstellbares Netzteil mit Strombegrenzung war dereinst das allererste, was sich ein angehender Elektroniker selbst zusammenbauen musste; Elaborate dieser Art zeugen auf jedem Flohmarkt von der Bastelwut früherer Maker-Generationen. Der Selbstbau war zwar äußerst lehrreich, aber angesichts dampfender Selengleichrichter und überforderter

Siebelkos sowohl olfaktorisch als auch sicherheitstechnisch bedenklich; so etwas kauft man besser nicht. Heute gibt es für unfassbar wenig Geld fertige Labornetzteile mit Digitalanzeige (siehe oben) – dafür hätte ich in früherer Jugend sogar mein Bonanza-Rad hergegeben.

Echte Gebrauchtgeräte-Schnäppchen sind bei Labornetzteilen eher selten: Ein Netzgerät braucht jeder, und Klassiker wie das für die Ewigkeit gebaute Rohde & Schwarz NGT 20 werden eher vererbt als verkauft. Wer auf Digitalanzeigen, Serviceunterlagen oder das Markenhersteller-Image verzichten kann, findet auf ebay allerdings reichlich No-Name-Labornetzteile der vorletzten China-Generation.

Mein altes NGT 20 ist ein Dreifach-Netzteil mit 0..6V/5A und zweimal 0..20V/1A – ideal für die gleichzeitige Versorgung von Digital- und Analog-Elektronik. Die Anzeige erfolgt altersgemäß über Zeigerinstrumente, was beim Beobachten der Stromaufnahme einer Schaltung aber durchaus von Vorteil ist: Am Zeigerausschlag lässt sich der Trend eines Messwerts viel schneller erfassen als auf einer nervösen Digitalanzeige.

### Rohde & Schwarz UVN

Das klassische Millivoltmeter ist ein Zeigerinstrument, das ausschließlich Wechselspannungen messen kann - wobei der Name etwas irreführend ist, denn es kann ebenso auch die bei -zig Volt liegende Ausgangsspannung eines dicken Audio-Verstärkers bestimmen. Die Skala hat neben der linearen auch immer eine dB-Teilung, womit der Einsatzzweck schnell deutlich wird: Wer sich ernsthaft mit (analogen) Audio-Verstärkerschaltungen beschäftigen will, braucht so einen Apparat.

Bei Design oder Reparatur von Audio-Schaltungen kommt es weniger auf die letzten zwei Nachkomma-Stellen an, sondern eher

auf eine schnelle Beobachtung von Trends, und da ist ein Zeigerinstrument (wie bereits erwähnt) immer noch unschlagbar. Ein Millivoltmeter kauft der sparsame Maker als Gebrauchtgerät, zumal das Angebot an Neugeräten sehr überschaubar ist – kaum ein Hersteller möchte heute noch die filigrane Mechanik eines präzisen Drehspul-Messwerks fertigen.

Viele (vor allem gewerbliche) Anbieter bei ebay & Co. wissen inzwischen um die Vorzüge eines analogen Millivoltmeters und rufen Mondpreise dafür auf. An einem guten Instrument ist (bis auf alternde Elkos) eigentlich kein Vergang, selbst 50 Jahre alte Geräte wie meine UVNs erfüllen perfekt ihren Zweck. 50 bis 100 Euro sollten Sie dafür einkalkulieren, denn es darf auch ein Gerät von Grundig, Leader oder Heathkit sein. Bei Herstellern aus der zweiten Reihe muss man allerdings schon mal mit oxidierten Schaltern rechnen.

### Tektronix 2246

Die Frage, ob es ein Digitaloszilloskop oder ein analoges mit Kathodenstrahlröhre werden soll, stellt sich eigentlich nur, wenn man auch Gebrauchtgeräte in Betracht zieht: Analoge Oszilloskope sind auf dem Markt praktisch ausgestorben. Allerdings nicht etwa, weil die digitalen rundherum besser sind, sondern eher aus Kostengründen: Hochwertige Kathodenstrahlröhren sind aufwendig zu fertigen und dementsprechend teuer. Wenn man sich einmal das filigrane Innenleben einer 30 oder 40 Jahre alten Röhre vom Hersteller Tektronix (damals der unangefochtene Marktführer bei Oszilloskopen) ansieht, kommt es einem nicht mehr so abwegig vor, dass ein solches Bauteil den Gegenwert eines guten Gebrauchtwagens darstellte – zumindest bei den schnellen Oszilloskopen mit 300MHz und mehr Bandbreite.

Ausrangierte Analog-Oszilloskope findet man auf Online-Flohmärkten für wenig bis sehr wenig Geld, nur einstige Spitzengeräte erzielen noch dreistellige Preise. Für den Verkäufer eigentlich schade, denn die Vorteile eines analogen Geräts sind unbestritten: Es ist nach dem Einschalten (fast) sofort einsatzbereit, man findet sich dank dedizierter Knöpfe und Schalter auch ohne Anleitung schnell zurecht und muss sich nicht erst durch verschachtelte Menüs hangeln – ideal für „mal eben schnell etwas messen“.

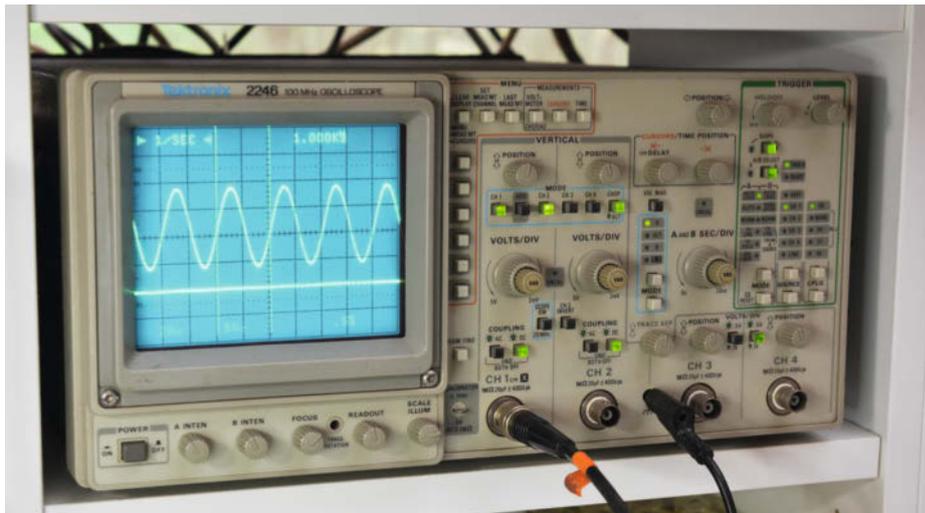
Auf meinem Labortisch steht für genau diese Zwecke immer noch ein altes Tektronix 2246: Es kann mit seinen vier Kanälen und 100MHz Bandbreite heute genauso viel wie 1987, als es in bestens ausgestatteten Messlabors der Industrie seinen Dienst antrat. Besonders hilfreich sind die Cursor-Funktionen, mit denen man Zyklenlängen oder Spannungspegel an einer bestimmten Stelle des Signals auslesen kann.

Einsteigern empfehle ich gern ein Analog-Oszilloskop; zwei Kanäle und eine Bandbreite von wenigstens 20MHz sollte es aber schon aufweisen. Geradezu unverwundlich und vorbildlich einfach zu bedienen sind zum Beispiel die Serien 312 bis 512 und 203 bis 207 von Hameg (heute bei Rohde & Schwarz eingegliedert): 50 Euro lassen sich kaum besser anlegen. Wer vornehmlich mit Mikrocontrollern und ihrer Peripherie zu tun hat, sollte vielleicht auf etwas mehr Bandbreite achten, damit impulsförmige Signale noch authentisch dargestellt werden; mit 40MHz ist der Arduino-Bastler schon sehr gut bedient.

Die älteren Geräte sind meist mit „diskreten“ Bauteilen aufgebaut, Ersatzteile sind auch heute noch zu beschaffen (Ausnahme: Bildröhre). Beim Kauf eines Gebrauchten sollten Sie trotzdem von Angeboten Abstand nehmen, bei denen der Verkäufer Unkenntnis über die Funktion vorgaukelt: Zur Reparatur eines Oszilloskops benötigt man ein Oszilloskop.

**Philips PM6654C**

Natürlich gibt es Geräte, die bei mir nur noch selten zum Einsatz kommen - beispielsweise



Mein Analog-Oszilloskop kommt immer zum Einsatz, wenn es „mal eben“ etwas zu messen gilt. Nach dem Einschalten ist es in sechs Sekunden arbeitsfähig.

der Frequenzzähler: Früher unverzichtbar, um etwa die Frequenz des eigenwilligen Funktionsgenerators genau einzustellen, ist das Gerät heutzutage angesichts quartzgenauer Taktgeber allerorten eigentlich obsolet. Und doch habe ich ihn neulich benötigt, um die

Ausgangsimpulsbreiten einer RC-Servosteuerung genau abzugleichen: Besser ausgestattete Geräte wie der Philips PM6654C können neben Frequenzen bis in den Gigahertz-Bereich auch Impulszeiten, Tast- und Frequenzverhältnisse messen. Das trifft auf die billigen

**Für LEGO®-Freunde & Bastler**



A. Ehle  
**LEGO®-Modelle beleuchten**  
 Belebe deine LEGO-Konstruktionen mit Licht und Lichteffekten  
 2020, 356 Seiten  
 € 32,90 (D)  
 ISBN 978-3-86490-687-9



D. Benedettelli  
**Die LEGO®-Boost-Werkstatt**  
 Eigene Roboter erfinden und programmieren  
 2020, 272 Seiten  
 € 26,90 (D)  
 ISBN 978-3-86490-644-2



D. Fox · T. Püttmann  
**Bauen, erleben, begreifen: fischertechnik®-Roboter mit Arduino**  
 Modelle, Steuerung, Programmierung  
 2020, 456 Seiten  
 € 32,90 (D)  
 ISBN 978-3-86490-426-4



C. Ruge · H. Krasemann · H. Krasemann · M. Friedrichs  
**Eigene LEGO®-Modelle programmieren**  
 Mit Bauanleitungen für neue Modelle. Für Powered Up, BOOST und Control+  
 2020, 212 Seiten  
 € 26,90 (D)  
 ISBN 978-3-86490-799-9



Mein Impulsgenerator enthält eine modifizierte c't-Lab-FPGA-Platine. In das Gehäuse passte noch ein Konstantspannungs-Netzteil (rechts).



Funktionsgenerator HP 3325B: Heutige Geräte sind viel kleiner, aber nicht unbedingt besser.

Einplatinen-Angebote aus Fernost leider nicht zu – wenn Ihr Oszilloskop bereits über seine Messfunktion Frequenzen bestimmen kann, brauchen Sie so etwas nicht.

### c't-Lab-FPGA-Pulsgenerator

Tatsächlich mal etwas Selbstgebautes! Mein Pulsgenerator erzeugt Rechteckimpulse mit in weiten Bereichen genau einstellbaren Frequenz- und Tastverhältnissen (von Nanosekunden bis Minuten) zum Test digitaler Schaltungen. Er basiert auf der c't-Lab-FPGA-Platine (verlagstreue Leser werden sich erinnern) und einer angepassten Firmware. Die erzeugten Impulse sind so „scharf“, dass man in Verbindung mit einem halbwegs schnellen Oszilloskop ohne weiteres die Reflexionen auf einem unterminierten 20cm langen

Flachbandkabel messen kann. Beim Entwurf schneller Übertragungsstrecken (Logik-Draht-Logik) hat sich das Gerät oft bewährt.

Impulsgeneratoren gibt es natürlich auch gebraucht zu kaufen; beliebt sind hier zum Beispiel die Serien 8130A (ein ziemlicher Klops) oder 8013B von HP, die gleich zwei Ausgangskanäle bieten und gestaffelte Impulsfolgen liefern können. Bei ganz kleinen Ansprüchen (100 mal langsamer, Pi-mal-Daumen-Einstellung) genügt natürlich auch ein Platinchen mit dem NE555 für 2 Euro vom Chinamann.

### HP 3325B

Angesichts der Leistungsfähigkeit preiswerter Neugeräte lohnt ein Gebraucht-Kauf bei Funktionsgeneratoren eigentlich nicht mehr, es sei

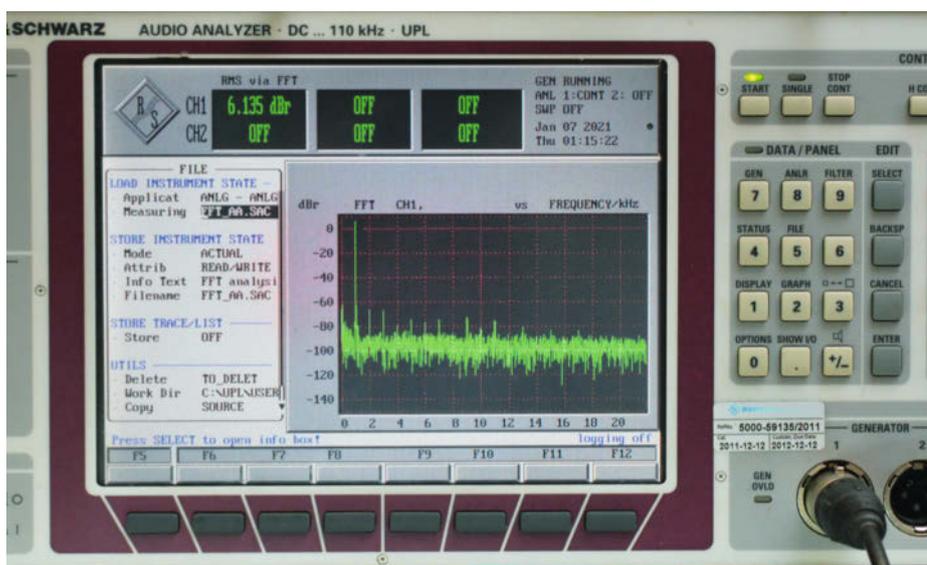
denn, Sie legen auf extrem geringe Klirrfaktoren, Sweep-Funktionen oder fortgeschrittene Modulationsmöglichkeiten Wert. Abzuraten ist von den schon dereinst billigen Funktionsgeneratoren, die auf den ICs XR2206 oder ICL8038 basieren und oft als Bausatz angeboten wurden – die sind weder besonders frequenzkonstant noch klirrfarm.

Mein Funktionsgenerator HP 3325B war bei einer Industrie-Auktion übriggeblieben, im Nachverkauf fiel der Hammer bei 80 Euro – so viel war im Prinzip schon der eingebaute hochstabile Quarzofen allein wert. Das Gerät arbeitet mit einer aufwendigen Frequenzsynthese, das Ausgangssignal (bis 20 MHz) überzeugt deshalb mit hoher spektraler Reinheit (im Unterschied zu den jitterbehafteten DDS-Generatoren) und geringem Klirrfaktor (0,03%), es lässt sich µHz-genau einstellen. Mit den Sweep-Funktionen kann man Frequenzgänge von breitbandigen Verstärkern aufnehmen, und die vielfältigen Modulationsmöglichkeiten lassen sogar den Betrieb als Messsender bis in den Kurzwellenbereich zu.

### Rohde & Schwarz UPL

Es gibt Messinstrumente, die wegen Uerschwinglichkeit Jahre auf meiner Wunschliste verbrachten und von Projekt zu Projekt in der Dringlichkeit immer höher rückten: Der Audio-Analyzer ist so ein Fall. Das mir vor zwei Jahren zugefallene Gerät, ein Rohde & Schwarz UPL, war bei ebay in der falschen Rubrik als „mobile phone tester“ einsortiert (so etwas will niemand haben), ich konnte es deshalb ausgesprochen preiswert (naja – knapp 900 Euro) ergattern.

Ein Audio-Analyzer ermittelt nicht nur automatisch Klirrfaktoren, Frequenzgänge und Rauschabstände, er kann über seine FFT-Analyse auch Störquellen (etwa Pfeiffe-



Die frisch anmutende Benutzeroberfläche des Audio-Analyzers UPL lässt kaum ahnen, dass innen ein 486er-Mainboard mit DOS 6.2 werkelt.

räusche aus dem Schaltnetzteil) genau identifizieren oder die Oberwellen eines Musikinstruments zerlegen. Die Kenndaten des 25 Jahre alten Instruments (Eigen-Klirrfaktor um 0,0003 Prozent, Dynamik 110dB) lassen den Ingenieur auch heute noch ehrfürchtig niederknien. Ein Träumchen für alle dem Analogen verhafteten Audio-Bastler!

### HP 8643A

Aus der Rubrik „immer mal wieder hervorgekramt“ möchte ich noch meinen HF-Generator erwähnen, der sich stets dann bewährt, wenn der nähere Bekanntenkreis ein liebgewonnenes altes Radio zur Reparatur anschleppt; insofern dürfte ein Messsender auch für ähnlich ambitionierte Repair-Cafes interessant sein. In meiner durch allerlei Störquellen verseuchten Werkstatt ist kaum ein brauchbarer Rundfunkempfang möglich, ein künstlich erzeugtes Radio-Signal mit definiertem Pegel und einwandfreier Modulation ist daher zum Abgleich unabdingbar. Weil er zudem digitale Modulationsarten beherrscht, benutzte ich ihn auch zum Abgleich von ISM-Fernsteuerempfängern.

Der 8643A von Hewlett-Packard ist ein HF-Generator auf Steroiden und für meine bescheidenen Zwecke eigentlich komplett überdimensioniert; schon der kleinere HP 8656A (manchmal für 200 Euro zu haben) wäre mehr als geeignet. Immerhin ließen sich damit UHF-Empfänger prüfen oder GSM-Signale selbst erzeugen, denn sein Frequenzbereich geht nahtlos von 250kHz bis über 1GHz. Könnte man ja mal machen!

### Rohde & Schwarz FSEA 30

Die Anschaffung eines Spektrum-Analysators war eigentlich nicht geplant; ich brauchte ihn aber schließlich doch, um die Störstrahlung selbst hergestellter Produkte mit einer Nahfeldsonde überschlüssig zu beurteilen, damit sie guten Gewissens ihre (ziemlich kostspielige) EMV-Prüfung in einem amtlichen Prüflabor bestehen. Spektrum-Analysatoren sind vor allem bei Funkamateuren beliebt, die zum Beispiel eigene Sendeanlagen, Transceiver und dergleichen entwerfen, reparieren oder abgleichen.

Für den digital denkenden Maker grenzt das schon an Esoterik, denn HF ist unlogisch. Der Frequenzbereich des FSEA reicht von 20Hz bis 3,5GHz, man kann damit also auch die HF-Ausstrahlungen eines ESP8266 mitverfolgen, den Gewinn einer selbstgebauten WLAN-Antenne beurteilen oder die Kanalbelegung eines beliebigen Funkbandes überprüfen.

Der noch mit INMOS-Transputern (wer erinnert sich?) auswertende FSEA wird gemeinhin wegen seines hochempfindlichen, rauscharmen Frontends (Eingangsstufen) in den höchsten Tönen gelobt – da kommt so manches Neugerät nicht mit. Die für FSEAs und FSEBs aufgerufenen Preise lassen demzufolge

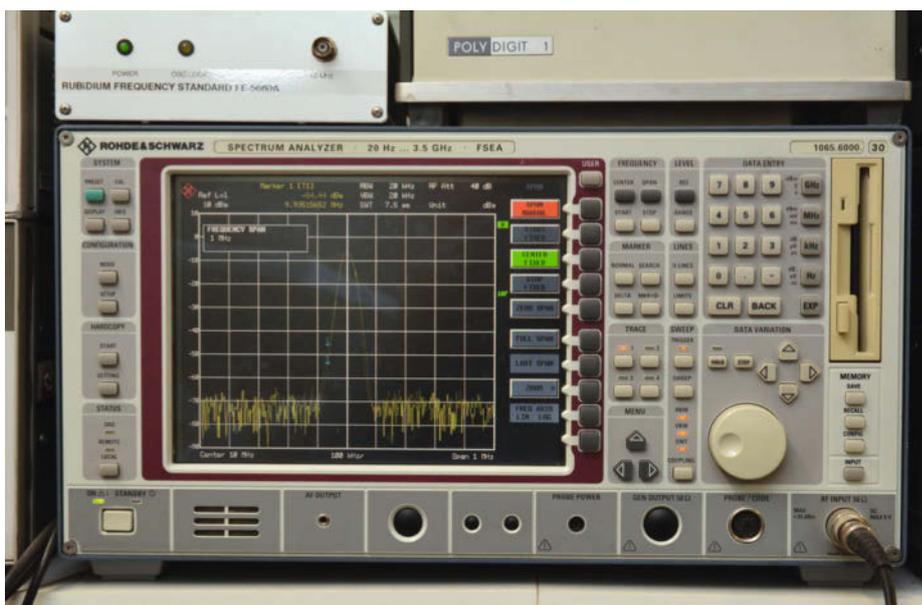


Mächtiger Klotz: Der HF-Signalgenerator HP 8643A fühlte sich in den besten Messlabors zu Hause.

auch eher an eine Wertanlage denken, denn Gebrauchtgeräte wurden in den letzten Jahren eher teurer als billiger. Vielleicht sollte ich ihn schon deshalb noch etwas behalten.

Ein Spektrum-Analysator (mit höherer unterer Grenzfrequenz, meist ab 10MHz) ist übrigens auch in vielen GSM-Prüfgeräten (z.B. Rohde & Schwarz CMU 200, Agilent 8922) enthalten; solche Geräte sind bisweilen recht preiswert erhältlich. Hier sollten Sie aber unbedingt auf die verbauten Optionen schauen, ohne Spektrum-Analysator-Funktion sind sie nur wenig brauchbar.

Schlussendlich noch ein Rat: Lassen Sie es ruhig angehen – für den Start in eine erfolgreiche Maker-Karriere ist nur ein Bruchteil der vorgestellten Geräte vonnöten, und über die Jahre wird sich Ihr Bestand ganz automatisch den wachsenden Erfordernissen anpassen. Die hier vorgetragene Liste an Labor-Equipment orientiert sich am Bedarf, der sich mir persönlich im Laufe der Zeit eröffnete; auch wenn die Rangfolge sicher typisch ist, sehen Sie es mir nach, wenn Ihre Prioritäten vielleicht etwas anders liegen. —cm

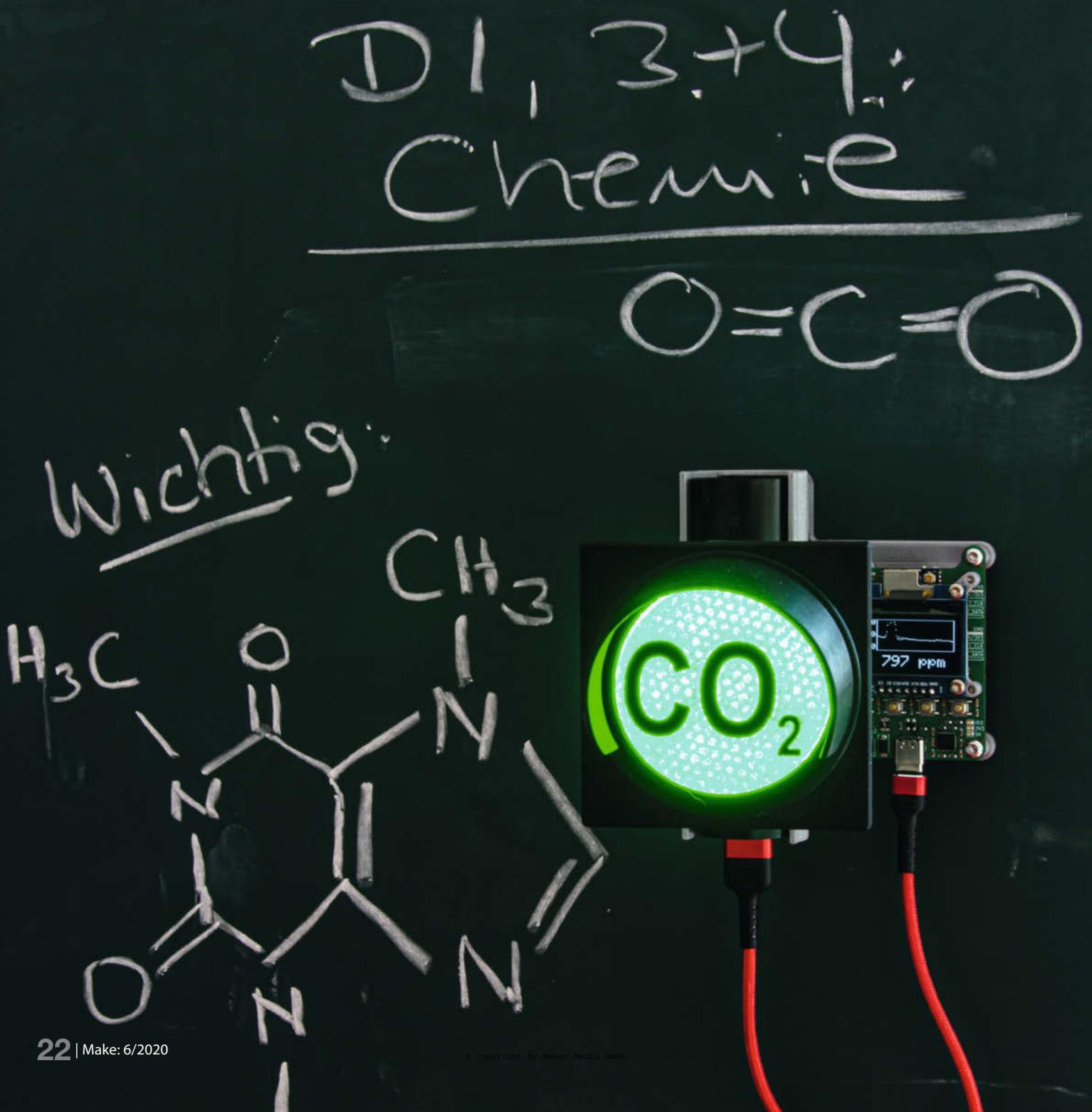


Für Spezialisten: Der FSEA von Rohde & Schwarz analysiert Frequenzspektren bis weit in den GHz-Bereich.

# 3D-gedruckte Ampelgehäuse

Lichtzeichenanlagen, vulgo Ampeln, sind aktuell wegen Corona- und CO<sub>2</sub>-Ampeln ein heißes Thema. Zwar signalisieren viele Projekte die richtigen Farben, für eine echte Ampel muss aber ein standesgemäßes Gehäuse her. Hier ist es!

von Joachim Haas



**A**mpeln, Ampeln, überall Ampeln! Eigentlich waren Uhren immer **das** Maker-Projekt der Wahl, weil deren Nutzen unbestreitbar ist und sie jeder kritischen Frage vom Typus „...und wofür ist der/die/das gut?“ standhalten.

In letzter Zeit scheint sich das etwas zu verändern. Zu den Lärmampeln aus Heft 4/15, Ampeln für Zutritt oder einfach als Spielzeug beim Fahrrad-, Roller- und Kettcarfahren tauchen in Zeiten der Corona-Pandemie neue Ampelarten auf. Neben der „Bin in einem Meeting“-Anzeige fürs Homeoffice gibt es insbesondere von den CO<sub>2</sub>-Ampeln zur Anzeige der Raumluftgüte eine große Auswahl.

Viele dieser Ampeln und Busy-Lights haben eines gemeinsam: Meist fehlt ihnen eine ausreichend große Anzeige mit Signalwirkung, die auch über Entfernungen und in größeren Räumen noch gut funktioniert.

An dieser Stelle wollen wir mit der nachfolgenden Bauanleitung ansetzen. Wir stellen ein modulares Set von Ampelbauteilen vor, das sich vielseitig einsetzen lässt. Zugriff auf einen 3D Drucker sollte man haben, um hier zu starten. Alles weitere kann man sich je nach Anforderungen und eigenem Können zurechtlegen. Passend zum Artikel veröffentlichen wir im Github-Repository der Make alle Druckdateien als STL für die verschiedenen Gehäusetypen, LED-Halter und Befestigungen (siehe Link in der Kurzinfor).

Die Ampeln sind mit RGB-LEDs ausgestattet, so dass man auch mit nur einem einzelnen Element alle gewünschten Farben darstellen kann. Die CO<sub>2</sub>-Sensoren aus der Make 05/20, die von Guido Burger verkauften Bausätze, die CO<sub>2</sub>-Ampeln von Watterott und das im Aufmacher dieses Artikels abgebildete Modell von Tobias Müller unterstützen alle den direkten Anschluss weiterer WS2812B-LEDs an die Sensorplatinen. Außerdem zeigen wir an einem Beispiel, wie sich die Ampel als MQTT-Client via WLAN im Netzwerk betreiben lässt, etwa um den Status des Sonoff-Leistungsmessrelais an meiner Espressomaschine zu signalisieren.

## Gehäusebausatz

Ein einzelnes Ampellicht besteht aus: Ampelgehäuse **1**, Frontblende **2**, Ampelglas **3**, Schirm **4**, LED-Halter (**5** oder **6**), der gleichzeitig der hintere Deckel ist. Außerdem werden noch zehn M3-10mm Schrauben und eine passende Befestigung **7** benötigt.

Der Make-Ampelbausatz ist sehr modular aufgebaut und lässt sich auf dem 3D-Drucker nahezu ohne Stützmaterial **8** ausdrucken. Nur das Ampelgehäuse braucht an seinen vier Ecken für die ersten 5mm etwas Unterstützung, aber die Kontaktflächen liegen innen und sind nach dem Zusammenbauen nicht mehr zu sehen.

## Kurzinfor

- » Übersicht modularer Ampelbausatz
- » Drucken der Elemente und Montage
- » Anbindung an Sensor und MQTT

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
ab 4 Stunden



**Kosten:**  
ab 10 Euro



**3D-Druck:**  
Teile aus PLA drucken



**Löten:**  
einfache Lötarbeiten

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xsp4](https://make-magazin.de/xsp4)

### Material

- » LED-Streifen WS2812B, 60 LEDs pro Meter
- » Kabel
- » Topf-Magnete, Durchmesser 16mm, Höhe 4,5mm, Senkbohrung
- » Alufolie
- » Klebstoff
- » Powerbank, Anker Power Core 5000

### Mehr zum Thema

- » Guido Burger, Dr. Richard Fix und Klaus-Uwe Gollmer, Der CO<sub>2</sub>-Warner für die Schule, Make 5/20, S. 10
- » Heinz Behling, Smarthome-Firmware für ESP-Module, Make 4/20, S. 34
- » Jens Braband, Dirk Peter, Arduino-Lärmampel, Make 4/15, S. 88
- » Make Special Node- RED 2020

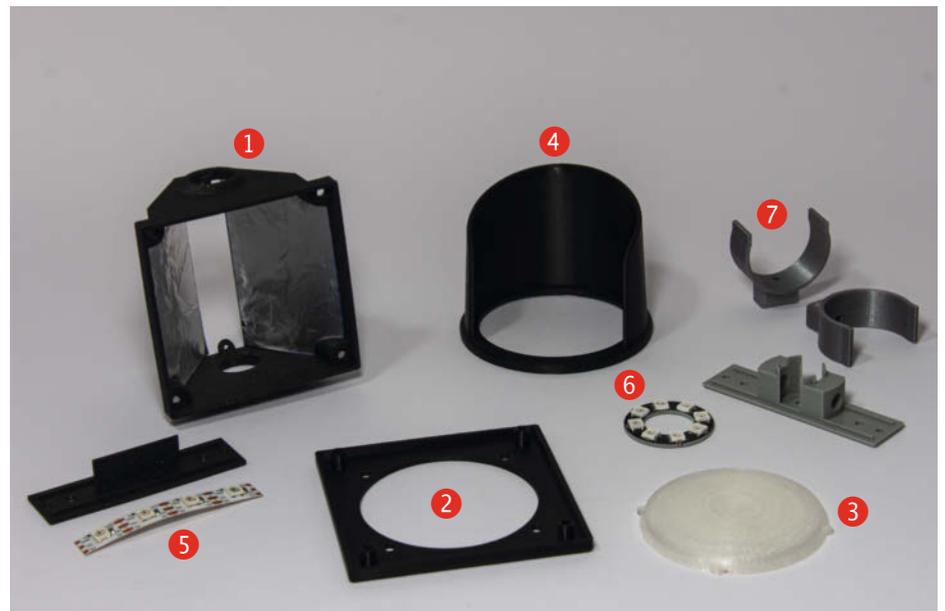
Frontblende und Schirm sind in allen Varianten gleich, bei den restlichen Bauteilen gibt es ein paar Wahlmöglichkeiten. Wer noch nicht sicher ist, wie viele Ampeln es am Ende werden sollen, fängt mit einem Einzelgehäuse mit großen Bohrungen an und kann später weitere Module ergänzen. Verschlusskappen und Verbindungselemente zum Zusammenschrauben gibt's ebenfalls im Github-Repo.

Weitere Gehäusevarianten haben zur Kabeldurchführung nur eine 5mm-Bohrung an

der Unterseite oder kommen ganz ohne Löcher an Ober- und Unterseite daher.

Alle drei Varianten gibt es als Einzel-, Doppel- und Dreifachgehäuse **9**. Das Dreifachgehäuse ist mit 24cm Breite ganz knapp an der Grenze dessen, was sich auf der Mehrzahl der handelsüblichen 3D-Drucker ausdrucken lässt.

Wer es gern noch größer hätte, zum Beispiel als Formel-1-Startampel mit fünf Lichtern, der muss geeignet stückeln. Da die Ampelgehäuse quadratisch sind, lassen sie





sich sowohl horizontal als auch vertikal aneinanderreihen.

### Ampelglas

Eigentlich ist auch das Ampelglas ein ausdruckbares Bauteil. Wer sich die Anschaffung von transparentem oder transluzentem Filament sparen möchte, kann stattdessen auf Butterbrotpapier oder nicht zu dickes Druckerpapier als Diffusor ausweichen. Unschlagbar bei der Papiervariante: die Möglichkeit zum Bedrucken mit Symbolen oder Schrift.

Wer die Gläser 3D drucken möchte <sup>10</sup>, sollte wegen des Infills einen Blick in die Einstellungsmöglichkeiten im Slicer seiner Wahl werfen. Natürlich lassen sich die Ampelgläser mit den Standard-Karos füllen, aber Wabenmuster oder zirkuläres Infill geben dem Ganzen den letzten Schliff. Was Motive oder Multi-Material-Varianten angeht, sind der Fantasie keine Grenzen gesetzt.

Neben neuen Ideen zum generellen Verwendungszweck sind wir auch an Leserfotos der schönsten und ungewöhnlichsten Ampelgläser interessiert! Das abgebildete CO<sub>2</sub>-Am-

pelglas ist eine Einlegearbeit, die Zeichen gehen nicht durch bis auf die Rückseite.

### Beleuchtung

Der hintere Deckel der Ampel trägt die Leuchtdioden. Abhängig vom eigenen Können oder vom Bauteilvorrat der Maker-Werkstatt gibt es auch hier verschiedene Varianten <sup>11</sup>. Am günstigsten kommt man mit einem 4er-Abschnitt eines handelsüblichen WS2812B-LED-Streifens mit 60 LEDs pro Meter zum Ziel. Der LED-Streifen wird so auf den Steg geklebt, dass zwei LEDs nach rechts, zwei nach links leuchten.

Da die Biegung des Streifens um 180° früher oder später dazu führt, dass sich das Klebeband ablöst, empfiehlt es sich, auf der +5V-Leitung und auf der Masseleitung an beiden Enden ein Stückchen Draht anzulöten <sup>12</sup>, um den Steg herum auf die andere Seite zu biegen und auf den Pads festzulöten.

Sicherheitshalber: Die Datenleitung wird **nicht** mit so einem Draht gebrückt. Auf den Anschluss D<sub>IN</sub> kommt ein Stück Litze, das an den Microcontroller oder die Sensorplatine angeschlossen wird. Sollen mehrere Ampel-

lichter hintereinandergeschaltet werden, muss auch an D<sub>OUT</sub> ein Draht angelötet werden, der zum nächsten Ampelgehäuse und dort zu D<sub>IN</sub> führt. +5V und Masse/GND sind ebenfalls mit einer Anschlussleitung zu versehen <sup>13</sup>.

Wem das zu viel Fummelei ist, der kann auf einen kleinen LED-Ring mit 8 LEDs ausweichen. Auch dafür gibt es einen passenden hinteren Deckel im Github-Repo.

Die Kür ist eine passende Platine. Tobias Müller hat sie entworfen und einen entsprechenden Rückdeckel designt <sup>14</sup>. Anders als beim LED-Ring lassen sich diese acht LEDs von der Rückseite aus montieren, ohne die Ampel von vorne öffnen zu müssen. Nähere Informationen dazu finden sich in seinem Repository (siehe Link).

Zur Verbesserung der Lichtausbeute kleidet man die Innenseite des Ampelgehäuses mit Folie als Reflektor aus <sup>15</sup>. Dazu können handelsübliche Alu-Folie und Bastelkleber verwendet werden. Wer nicht lange schnippeln und anprobieren möchte, findet in den 3D Druckdateien eine Schablone, die genau auf eine Seitenfläche im Ampelgehäuse passt.

### Befestigung

An die hinteren Deckel der Ampelgehäuse können verschiedene Befestigungsmöglichkeiten geschraubt werden. Am einfachsten geht's mit einem oder zwei Topfmagneten mit M3-Innengewinde. Damit hält die Ampel sehr gut an vielen Schultafeln <sup>16</sup>. Außerdem gibt es Clips zum Aufstecken auf Rohre mit 20mm Durchmesser. Das können zum Beispiel die Installationsrohre aus Kunststoff sein, die es im Baumarkt zu günstigen Meterpreisen gibt.

Um eine kompakte mobile CO<sub>2</sub>-Ampel zu bauen, gibt es ebenfalls eine Lösung. Ein Halter

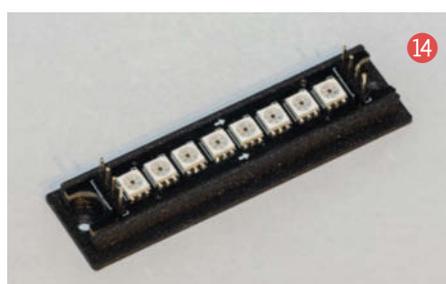
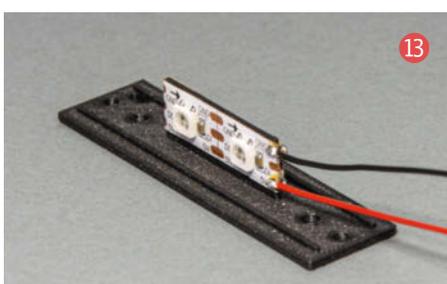
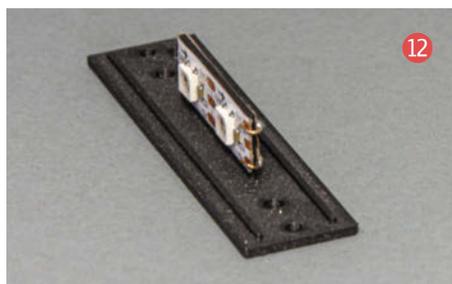
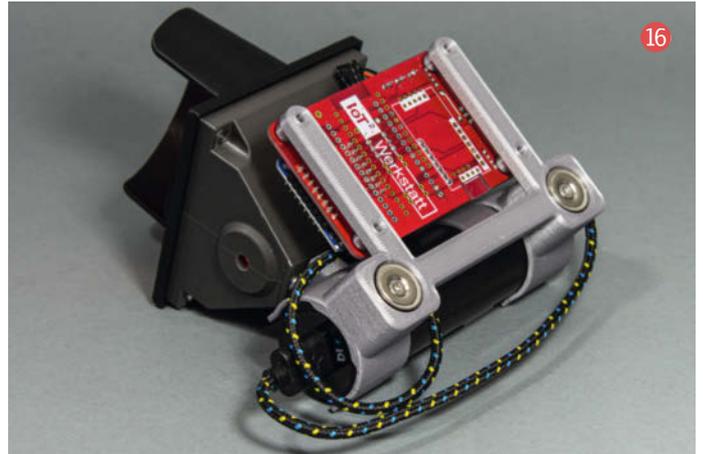


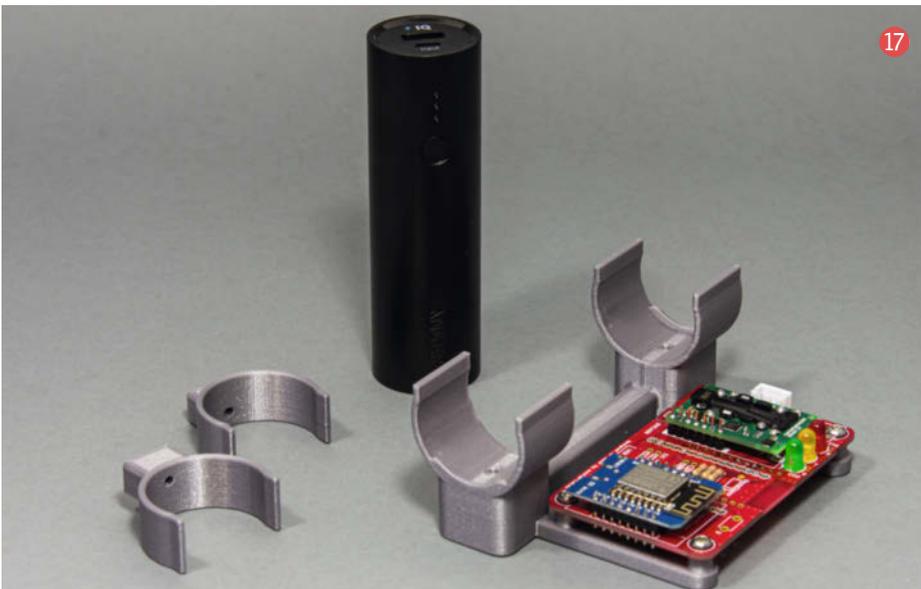
Bild: (C) Tobias Mueller, www.twam.info



15



16



17

der praktischerweise zusammen mit Masse und der Versorgungsspannung 5V auf drei Lötspots oberhalb des CO<sub>2</sub>-Sensors herausgeführt wird. Dort lassen sich entweder direkt die Drähte, Pinheader oder Steckverbinder im Rastermaß 2,54mm anlöten. Damit der 5V-Pin funktioniert, muss noch der Einbauplatz für die Verpolungsschutzdiode überbrückt werden **18**.

Der Code für NodeMCU oder Wemos wird um eine Library (FastLED) und ein paar Zeilen zur Initialisierung und Ansteuerung der LEDs ergänzt. Die angegebenen Grenzwerte für gelb (1000ppm) und rot (1400ppm) sind Gegenstand laufender Diskussionen und wurden für den Quellcode zunächst unverändert übernommen. Er steht im Github-Repository zum Artikel zum Download bereit.

mit eingelassenen Magneten verfügt über die notwendigen Schraublöcher für die Make-CO<sub>2</sub>-Ampelplatine, zwei Clips für eine runde Powerbank sowie zwei Clips für das Ampelgehäuse, die auch auf die Powerbank passen **17**.

Für alle, deren Tafel nicht magnetisch ist, gibt es ersatzweise einen Powerbank-Halter mit einem großen Haken, mit dem die Ampel über den Tafelrand gehängt werden kann. Um den 3D-Druck zu erleichtern und die Verwendungsmöglichkeiten zu erhöhen, ist der Haken zweiteilig und oben mit einem Gelenk bzw. einer Schraubverbindung ausgestattet.

Die eingesetzte Powerbank wird vom Hersteller mit 5Ah angegeben, damit misst und leuchtet die CO<sub>2</sub>-Ampel gut 24h am Stück. Einen Schul- oder Bürotag schafft man damit locker und man darf sogar mal das Aufladen vergessen – zumindest, wenn man ans Ausschalten denkt.

### Sensoranschluss

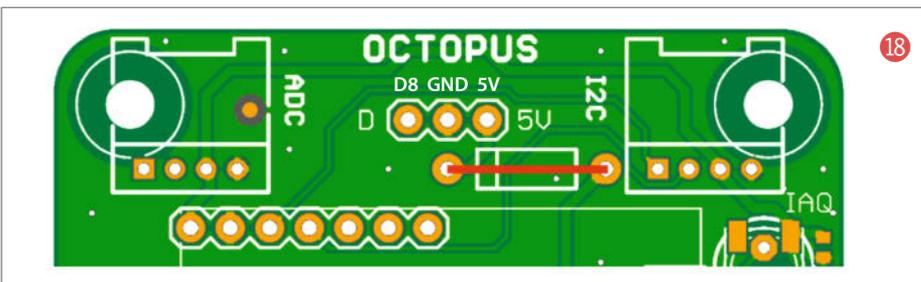
Die Verbindung der Make- bzw. Octopus-CO<sub>2</sub>-Ampel mit den LEDs im Ampelgehäuse ist schnell gemacht. Wir verwenden den Pin D8,

### MQTT mit Tasmota

Soll die Ampel nicht direkt mit einem Sensor verbunden werden, bietet sich die Einbindung via WLAN an. Verwendet man dafür die Tasmota-Firmware für einen Wemos D1 Mini oder NodeMCU, dann kann man die Ampel entweder über das enthaltene Web-Interface steuern oder über MQTT in der Heimautomatisierung verfügbar machen. Über diesen Weg lassen sich dann alle möglichen Informationen in Ampelfarben umrechnen und anzeigen. Aktuelle Versionen der Tasmota Firmware sind im Git von Theo Arends erhältlich (siehe Link).

Als Gerätetyp wird *18 Generic* ausgewählt, der Eintrag findet sich am unteren Ende der Geräteliste **19**. Nach einem Neustart kann dann festgelegt werden, an welchem Pin die Ampel-LEDs angeschlossen sind. Im Beispiel wird D2 verwendet. Bei der Definition der MQTT-Einstellungen gehört in das Feld *Host* die Adresse des MQTT-Brokers **20**.

Die nachfolgenden Angaben Port, Client, Benutzer und Passwort sind vorausgefüllt und nur im Bedarfsfall zu ändern. In die Felder *topic* und *full topic* ist der Pfad einzutragen, auf dem das Modul auf Kommandos hören soll. Wie



18

### Generic Modul 19

## wemos-7855 Ampel

**Geräte-Einstellungen**

**Gerätetyp** (Sonoff Basic)  
 18 Generic

D3 **GPIO0** Button 1    00 None

TX **GPIO1** serieller Ausgang [serial out]    00 None

D4 **GPIO2**    00 None

RX **GPIO3** serieller Eingang [serial in]    00 None

D2 **GPIO4**    07 WS2812

D1 **GPIO5**    00 None

D6 **GPIO12** Relay 1    00 None

D7 **GPIO13** LED 1i    00 None

D5 **GPIO14** Sensor    00 None

D8 **GPIO15**    00 None

D0 **GPIO16**    00 None

Speichern

### Generic Modul 20

## wemos-7855 Ampel

**MQTT-Einstellungen**

**Host** ()  
 192.168.101.2

**Port** (1883)  
 1883

**client** (DVES\_1D7EAF)  
 DVES\_%06X

**Benutzer** (DVES\_USER)  
 DVES\_USER

**Passwort**  
 .....

**topic** = %topic% (sonoff)  
 7855

**full topic** (%prefix%/%topic%/)  
 wlan/tasmota/wemos/%topic%/

Speichern

```

▼ 192.168.101.2
► infrastructure (113 topics, 471 messages)
► zigbee2mqtt (8 topics, 32 messages)
▼ wlan
▼ tasmota
► nodemcu (7 topics, 7 messages)
▼ wemos
▼ 7855
LWT = online
▼ cmnd
Led1 = #ff0000
Led2 = #ff0000
Led3 = #ff0000
Led4 = #ff0000
Led5 = 000000
Led6 = 000000
Led7 = 000000
Led8 = 000000
Led9 = 000000
Led10 = 000000
Led11 = 000000
Led12 = 000000
► 8008 (2 topics, 2 messages)
► 0761 (3 topics, 3 messages)
    
```

viele Ebenen, immer getrennt durch einen Schrägstrich, das *full topic* am Ende umfasst, hängt ein wenig vom Ordnungssystem und der Anzahl der weiteren MQTT-Teilnehmer ab. Hätte in *full topic* nur *Ampel/* gestanden, käme man am Ende auch zum Ziel, hätte aber bei weiteren Devices eine nicht unterteilte Liste auf oberster Ebene.

Im abgebildeten Beispiel 21 kann über das Topic *wlan/tasmota/wemos/7855/cmnd/Led1* mit der Payload *#ff0000* die erste LED in der Ampel eingeschaltet werden. Die LEDs 2-12 im Beispiel verteilen sich insgesamt auf drei Ampellichter.

Besonders komfortabel lässt sich die Ampel aus Node-RED heraus ansprechen 22. In einem *Change Node* 23 wird als Payload die RGB-Farbe – hier Rot als *#ff0000* eingetragen und bei einem eingehenden Event parallel an alle vier Ampel-LEDs unseres Beispiels verteilt. Das Event, im Beispiel zeitgesteuert erzeugt, kann sowohl aus einem Sensorwert aber auch aus Skype oder der Streamer-Software OBS geliefert werden. So lässt sich schnell klar machen, ob das Homeoffice oder der Gaming-PC gerade „on air“ sind. —dab

### change Node bearbeiten 23

Löschen    Abbrechen    **Fertig**

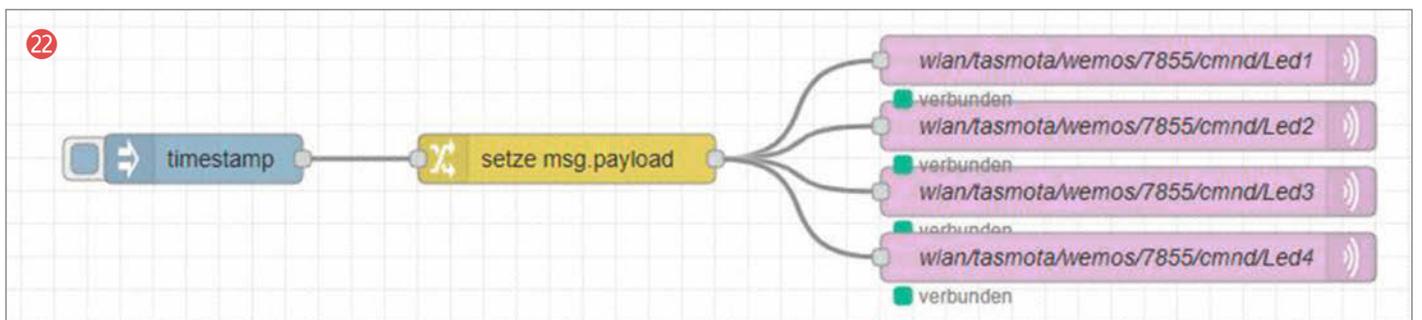
**Properties**

Name:

**Regeln**

Festlegen    ▼ msg. payload

bis    ▼ a\_z #ff0000



## BÜCHER / ZEITSCHRIFTEN



**Der Verlag für kreative Köpfe!**  
Informatik und Elektronik können komplex, theoretisch und anstrengend sein. Es geht aber auch einfach, anschaulich und leicht nachvollziehbar – wenn man die Dinge in die eigenen Hände nimmt und zum »Maker« wird. Mit Büchern vom dpunkt.verlag.

[www.dpunkt.de](http://www.dpunkt.de)

## ELEKTRONIK / ZUBEHÖR



Mein Gehäuse des Monats!

<https://bloess.berlin/...>



... /aktuell



**Was Maker schon alles geschaffen haben!**

Die Antwort und viele Beispiele finden Leser in unseren Zeitschriften „Space – das Weltraum Magazin“, „Wissen 2020“ und dem „Urknall“ vieler Computer- und Make-Enthusiasten – dem „Retro Gamer“.

[www.emedia.de](http://www.emedia.de)



**Code Mercenaries**  
Hard- und Software GmbH

USB-Controller für: Joystick, Tastatur, Maus, Drehgeber, universeller I/O

Module, Beschleunigungs-/Drehratensensoren, Interface für I2C, SPI im Dongle-Format, I/O und 12 Bit ADC am USB

Komponenten für intelligentes Licht: DMX, IEC62386  
Ständig Angebote im Webstore:  
[www.codemercs.com/shop](http://www.codemercs.com/shop)

## LED-LÖSUNGEN



**LED-Studien.de** ist der Spezialist für hochwertige LED-Streifen und Controller.

NEONFLEX, COB-LED, TUNABLE WHITE, RGBW sowie DMX und PIXEL-LÖSUNGEN – auch für große Projekte / komplette Raumbeleuchtungen für Privat und Gewerbe. Wir finden die beste Lösung für Sie!

[www.led-studien.de](http://www.led-studien.de) | [shop.led-studien.de](http://shop.led-studien.de)

## STELLENANGEBOT

**BE-BOTS Maker gesucht!**

Für den Aufbau sowie für die Erprobung und Weiterentwicklung unserer Roboter für Vertical Farming suchen wir in Berlin ab sofort einen Allrounder mit Spaß am Schrauben und einem analytischen Blick. Kannst du z.B. einen 3D-Drucker von 0 auf 100 bringen?

Bewerb dich unter: [job@be-bots.com](mailto:job@be-bots.com)

**+ Nano-Axe-Board mit PICAXE-08M2**

**Make Picaxe Special**  
[shop.heise.de/make-picaxe](http://shop.heise.de/make-picaxe)  
24,95 € >

**Exklusiv im heise shop!**

# Back to BASIC

**heise shop**  
[shop.heise.de/make-picaxe](http://shop.heise.de/make-picaxe) >

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 €. Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

# Antiviren-Programme

Viele Personen über längere Zeit in einem Raum? Einfacher kann man es dem Virus nicht machen, sich auszubreiten. Doch in Schulen findet zurzeit genau das statt. Es gibt aber einige Mittel, die Corona in solchen Situationen aufhalten sollen. Wir zeigen, welche.

von Heinz Behling



**S**olange es keinen zugelassenen Impfstoff in ausreichender Menge gegen den Covid-19-Erreger gibt, gilt es, sich vor dem Virus zu schützen. Doch leider breitet sich das Teil ausgerechnet über unser wichtigstes Lebensmittel aus, auf das niemand von uns verzichten kann: Atemluft.

Die Wartezeit bis zum Tag X müssen wir daher durch Maßnahmen überbrücken, die es dem Krankheitserreger unmöglich oder zumindest so schwer wie möglich machen, von einer Person zu einer anderen zu gelangen. Kontaktverzicht wie Arbeiten im Homeoffice, Besuchs- und Reiseverzicht und ähnliches sind ratsam. Möchte man aber, wie es zur Zeit (Stand Mitte November 2020) der politische Willen ist, den Schulbetrieb im Präsenzunterricht aufrechterhalten, muss man buchstäblich in den Klassenräumen für reine Luft sorgen. Andernfalls würde diese täglich stattfindende Massenveranstaltung mit ihren 10 Millionen Teilnehmern zum Super-spreader-Event erster Klasse.

## Problem Aerosol

Der SARS-CoV-2-Virus hat einen Durchmesser von etwa 100 nm. Die Ausbreitung über die Luft geschieht aber meist nicht durch einzelne, sondern durch in größerer Anzahl an Flüssigkeitströpfchen angelagerte Viren. Tröpfchen, die beispielsweise beim Niesen entstehen, können über zehn Meter weit fliegen. Niesen in den Ellenbogen, Abstand und vor allem Masken verringern Geschwindigkeit und Ausbreitungsradius solcher großer Tröpfchen, die relativ schnell zu Boden sinken.

Problematisch sind Tröpfchen mit einem Durchmesser bis zu 10 Mikrometern, wie sie bereits beim normalen Ausatmen entstehen. Ähnlich wie die gleich großen Feinstaub-Teilchen **1** sind sie durch ihr kleines Gewicht und die im Verhältnis dazu große Oberfläche in der Lage, über längere Zeit in der Luft zu schweben.

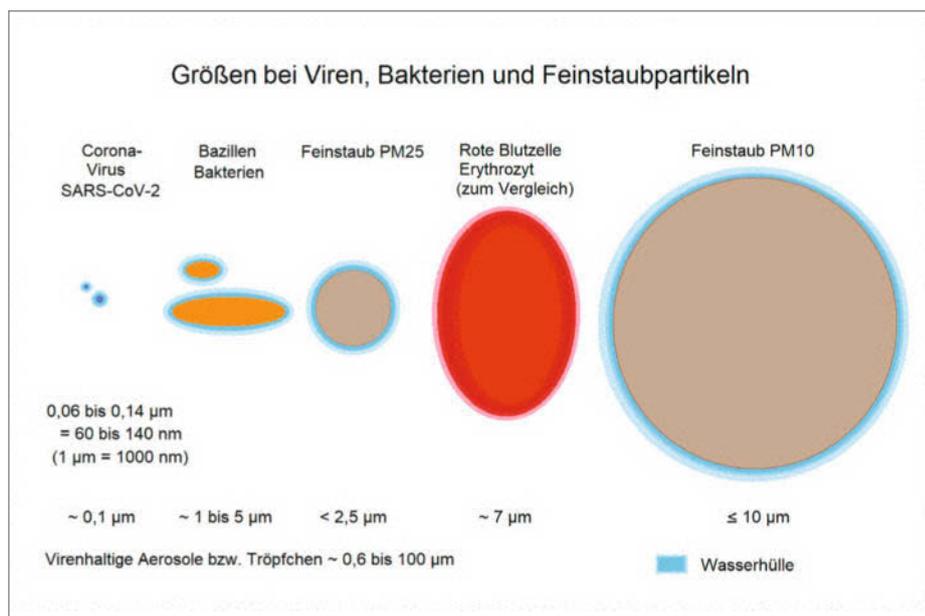
Solch ein Gemisch aus flüssigen (oder auch festen) Teilchen in Luft heißen Aerosole. Durch die geringe Teilchengröße sind sie unsichtbar, können aber leicht eingeatmet werden. Stammt die ausgeatmete Luft von einer infizierten Person, haften an diesen Partikeln Viren (auch, wenn derjenige keinerlei Symptome zeigt). Infizierte sind daher quasi von einer virentragenden Aerosolwolke umgeben. Im Freien reicht bei einem Abstand von weniger als 1,5 bis 2m die Virenkonzentration aus, um andere beim Einatmen anzustecken. Darüber hinaus soll nach geltender Expertenmeinung durch die Luftbewegung die Konzentration dafür zu gering sein.

In geschlossenen Räumen allerdings sieht die Sache anders aus: Findet hier kein Luftaustausch statt, reichern sich die Partikel an und breiten sich allmählich im Raum aus. Selbst

## Kurzinfo

- » Virus-Ausbreitung durch Aerosole
- » Lüftungskonzepte zur Verringerung der Virenkonzentration
- » Kommerzielle und Selbstbau-Filter
- » Alternativen: UV-Bestrahlung und Desinfektionsnebel

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xug9](https://www.make-magazin.de/xug9)



- 1** Viren sind im Vergleich zu den Aerosol-bildenden Partikeln wie Feinstaub winzig.



- 2** Der Testraum der Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt mit an der Decke montierter Filteranlage

Bild: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

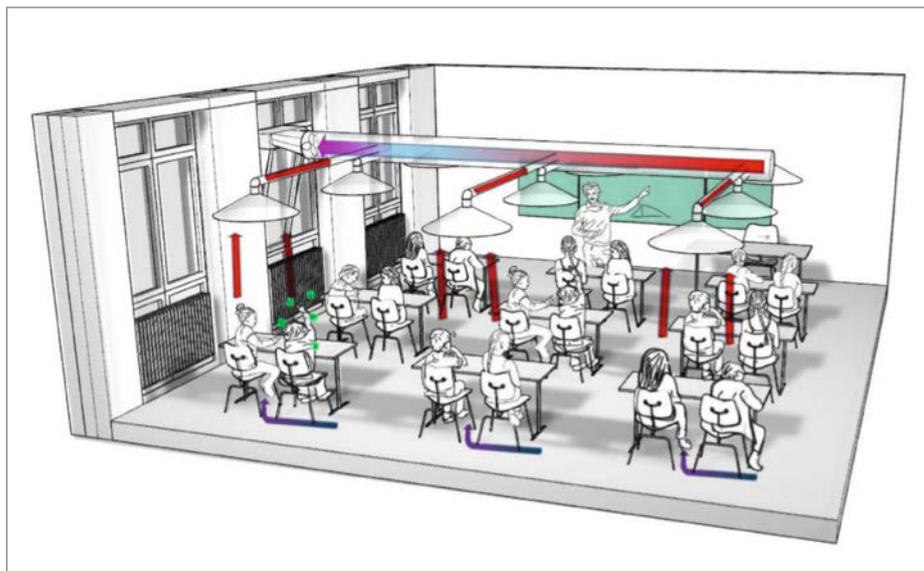


Bild: Max-Planck-Institut für Chemie

**3 Das Lowcost-Abzugssystem vom Max-Planck-Institut für Chemie**

bei Einhaltung des Mindestabstands oder durch Trennscheiben lässt sich hier kein sicherer Schutz mehr erreichen. Es werden andere Methoden benötigt, die die Aerosol-Konzentration verringern sollen.

**Für und wider Luftaustausch**

Die einfachste Methode soll das regelmäßige Lüften der Räume durch Öffnen der Fenster sein. Dabei muss man sich einmal verdeutlichen, was sich dabei abspielt. In der zur Zeit herrschenden kalten Jahreszeit kommt es durch den Temperaturunterschied zwischen Innen- und Außenluft unmittelbar nach Fensteröffnen zu einem Luftaustausch: Durch den oberen Teil des Fensters strömt warme Luft nach außen, unten strömt kalte Außenluft herein.

Dadurch wird also gerade dort, wo sich Personen aufhalten, für reine Luft gesorgt.

Nach kurzer Zeit jedoch (einige Minuten) wird der Temperaturunterschied immer geringer und damit auch die treibende Kraft des Luftaustausches. Ein ständig geöffnetes Fenster ist daher nicht besser, sondern kann die Situation sogar verschlimmern. Die Regel, in Schulen alle 20 Minuten kurz zu lüften, hat daher durchaus einen Sinn. Im Winter jedoch ist das unangenehm. Vor allem diejenigen, die in Fensternähe sitzen, werden das bestätigen.

Wenn Lüften keine praktikable Lösung ist, kommt man schnell auf technische Hilfsmittel, in erster Linie auf Raumluft-Filter, die die Raumluft umwälzen und dabei immer wieder durch einen Filter leiten, der die Aerosol-Partikel aufhalten soll. Der Leiter des Instituts für Strömungsmechanik und Aerodyna-

mik an der Universität der Bundeswehr München, Dr. Christian Kähler, hält solche Geräte für durchaus geeignet, wenn sie einige Kriterien erfüllen.

In einem Spiegel-Interview (erreichbar über Kurzinfo-Link) nennt er beispielsweise die Filterklasse: „Viren bekommen Sie nur mit einem sogenannten Hepa-Filter (High Efficiency Particulate Air/Arrestance) der Klasse H 13 oder H 14 aus der Luft. Denn nur diese Filter sind in der Lage, auch kleinste Partikel im Submikrometer-Bereich verlässlich abzuscheiden, die etwa beim Sprechen entstehen.“ Außerdem sollten die Filter nach der europäischen Norm EN 1822-1 geprüft sein, die nicht nur die Filterklasseneinstufungen entsprechend den Abscheidegraden bei verschiedenen Partikelgrößen, sondern auch die Prüfverfahren festlegt.

Desweiteren fordert er, dass solche Geräte die Luft im Raum mindestens 6mal pro Stunde filtern. Das hieße, dass für einen durchschnittlichen Klassenraum mit 60m<sup>2</sup> Fläche und 3m Höhe (180m<sup>3</sup>) über 1000m<sup>3</sup> pro Stunde durch das Gerät strömen müssen. Dabei sollten die Geräte aber leise sein, Kähler spricht von weniger als 52dB bei maximaler Leistung.

Auch das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR) hat sich mit der Raumluft-Filterung beschäftigt. In einem NDR-Bericht sagten die Göttinger Strömungsforscher: „Beim offenen Fenster strömt die Luft seitlich herein, verwirbelt und kommt mit weiteren Personen in Kontakt. Filtersysteme würden dagegen verhindern, dass sich virenbelastete Aerosole unkontrolliert ausbreiten.“ In ihrem Test untersuchten sie allerdings eine fest installierte Anlage mit Absaugung unter der Zimmerdecke und bodennahe Rückführung **2**.

Die stellvertretende Leiterin des niedersächsischen Krisenstabs Claudia Schröder sieht das anders. Sie hält richtiges Stoßlüften in Räumen mit Fenstern für die beste Lösung.

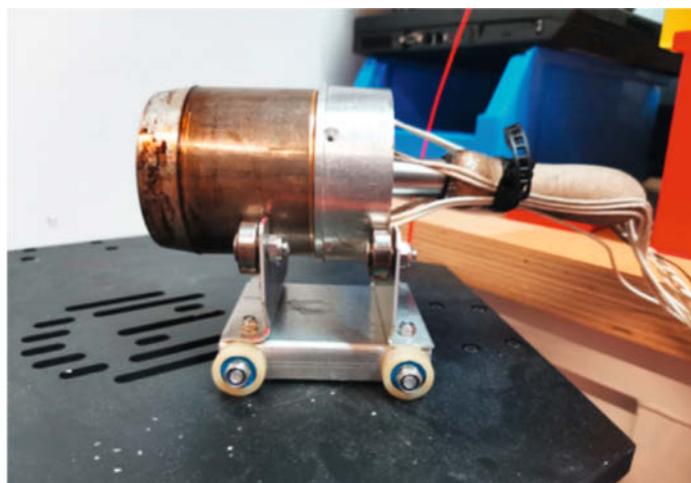


Bild: Max-Planck-Institut für Chemie

**4 Ein Kunststoff-Schweißgerät ist sehr hilfreich beim Herstellen der Verbindungsboxen.**



Bild: Max-Planck-Institut für Chemie

**5 Die Verbindungsboxen sind die kompliziertesten Teile der Anlage und brauchen ein Schweißgerät zur Herstellung.**

Nur wo das nicht möglich wäre, sei eine Lösung mit Luftfiltern denkbar. „Sie sind aber dem eigentlichen Lüften über das Fenster immer unterlegen.“ Der SPD-Gesundheitsexperte Karl Lauterbach sagt hingegen: „Im Winter wird es nicht mehr möglich sein, auf die Lüftungsmenge zu kommen, die nötig ist, um den Schulbetrieb sicher zu machen. Bei null Grad Außentemperatur können kaum jede halbe Stunde für zehn Minuten die Fenster aufgerissen werden. Die Filter könnten eine Lösung sein.“

Es herrscht also Uneinigkeit, was den Schutz durch Filter angeht. Die aktuellen Infektionszahlen lassen aber vermuten, dass die Lüftungsstrategie allein nicht ausreichen könnte. Filter können da zumindest unterstützend wirken. Deshalb sollte man sie als (zusätzlichen) Schutz nicht von vorn herein ausschließen. Kommerziell vertriebene und sogar Selbstbau-Geräte sind inzwischen im Einsatz.

### Lüftungsprojekt des Max-Planck-Instituts

Einen etwas anderen Ansatz verfolgt ein Projekt von Thomas Klimach und Frank Helleis am Max-Planck-Institut für Chemie. Sie bauten

eine Lowcost-Abluftanlage für Klassenräume: Das Ganze beruht auf der Annahme, dass ausgehend von den Schülern und deren Körperwärme sich die sie umgebende Luft und damit die Viren-belasteten Partikel nach oben bewegen. Über jedem Schülertisch befindet sich eine trichterförmige Abzugshaube, die mittels selbstgefertigter Rohre aus Kunststoffolie mit einem zentralen Rohr verbunden sind. In diesem Rohr befindet sich ein Ventilator, der die Luft ansaugt und auf der anderen Seite über eine ansonsten abgedichtete Fensteröffnung nach außen leitet **3**.

Wichtig ist, für eine tieferliegende Öffnung zum Nachströmen der Luft zu sorgen. Das kann eine offene Tür oder wie im Mainzer Beispiel eine gekippte Unterlichtöffnung sein.

Bei den Versuchen mit solch einer Anlage und Messungen der Partikel- und CO<sub>2</sub>-Konzentrationen ergaben sich laut einer vorläufigen Dokumentation vom 10. November dieses Jahres ermutigende Ergebnisse. Zitat: „Die Ergebnisse der hier präsentierten vorläufigen Messungen legen nahe, dass die vorgeschlagene Anlage das durch infektiöses Aerosol bedingte Ansteckungsrisiko deutlich senken kann (unter günstigsten Bedingungen um 90%) und motivieren uns, ein massentaugli-

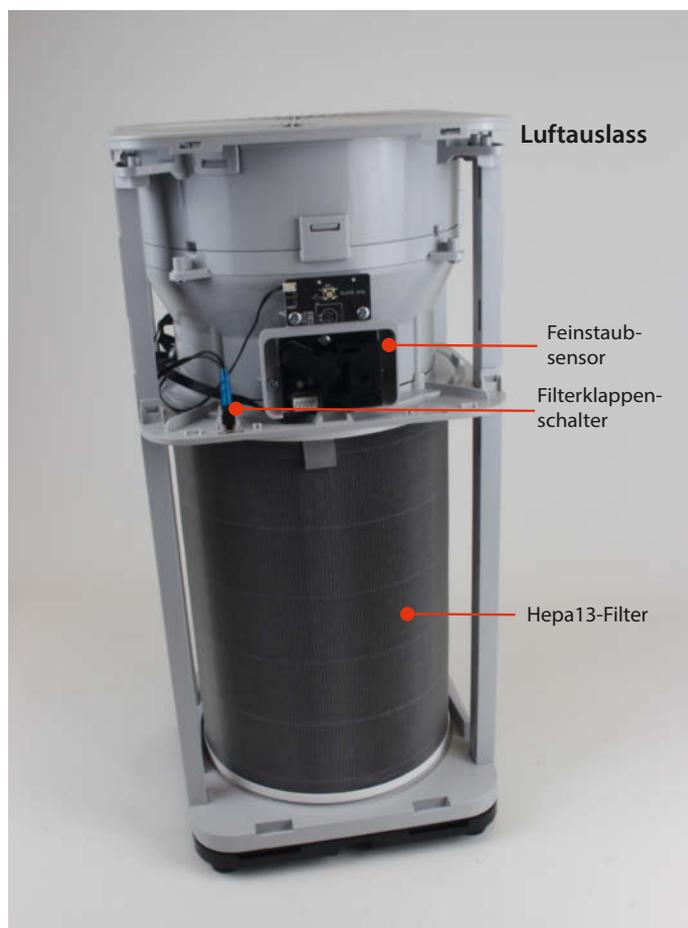


Bild: Max-Planck-Institut für Chemie

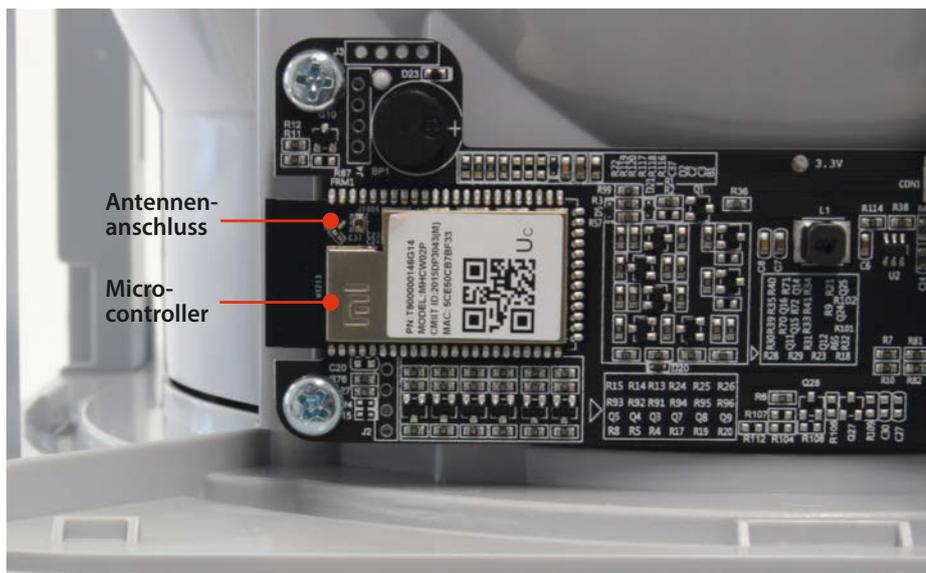
**6** Die Abluft wird über ein Kippfenster nach außen geführt.



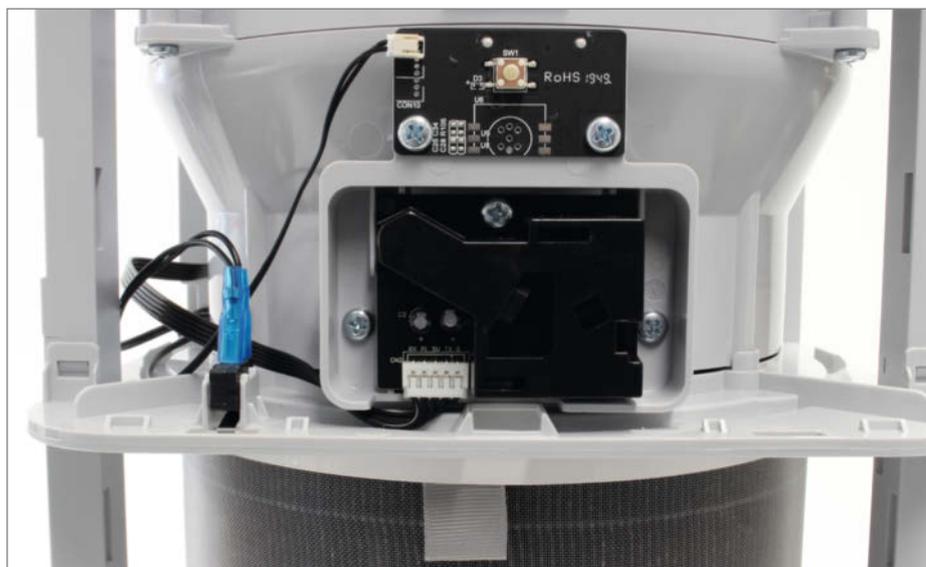
**7** Das Innenleben des Luftfilters Xiaomi Air Purifier 2H



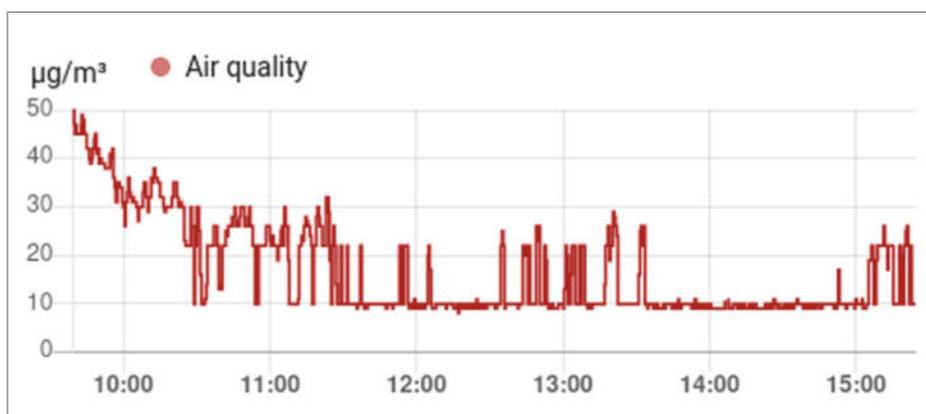
**8** Der Sensor überwacht die Partikellast der Raumluft.



9 Der Controller erinnert an einen ESP32, die genaue Typenbezeichnung fehlt jedoch.



10 Der Feinstaubsensor misst die Partikelbelastung der Luft mit Infrarot-Licht.



11 Innerhalb kurzer Zeit sank die Partikelbelastung auf knapp unter 10 Mikrogramm/m³. Die Anstiege dazwischen entstanden beim Lüften.

ches System zu entwickeln.“ Die Autoren warnen aber auch: „Abschließend möchten wir betonen, dass unsere Anlage nicht das konsequente Einhalten von Sicherheitsmaßnahmen wie das Tragen von Masken ersetzt. Sie kann sie viel mehr ergänzen, um so das Risiko einer Infektion mit dem Corona-Virus während des Unterrichts zu verringern.“

Besonderen Wert wurde auf den kostengünstigen Aufbau der Anlage gelegt. Eine solche Anlage wird zur Zeit an der Grundschule Mainz-Marienborn mit 11 Räumen betrieben. So soll der Materialaufwand lediglich 200 Euro pro Raum betragen. Das liegt vor allen am extremen Leichtbau: Die Rohre und Abzugshauben werden beispielsweise aus Kunststoffolie gefertigt und wiegen nur wenig. Das erfordert dann keine aufwändigen Befestigungen an der Zimmerdecke. Auch beim Thema Brandschutz soll die Anlage wegen der geringen Materialmengen unproblematisch sein. Pro Raum wurden etwa 30 Arbeitsstunden benötigt. Dazu wird ein Kunststoff-Schweißgerät **4** empfohlen.

Die gesamte Schule wurde mit Unterstützung durch Eltern und Lehrer an einem Wochenende ausgerüstet, wobei allerdings die Verbindungsboxen **5** bereits zuvor in Heimarbeit gefertigt wurden.

Die durch die meist unterhalb der Fenster angebrachten Heizkörper verursachten Konvektionsströmungen sollen die Anlage nicht stören. Allerdings haben die Autoren das in ihrer Veröffentlichung nur durch Simulationen belegt. Danach bleiben diese Wärmeumwälzungen auf den unmittelbaren Fensterbereich beschränkt, verhindern also nicht den Aufstieg der Partikel-belasteten Luft über den Schülern.

Bislang liegen 2700 Anfragen von Schulleitern und -trägern, Privatpersonen und Firmen beim Institut vor. Eine konkrete Bauanleitung ist jedoch nicht geplant. Mit den veröffentlichten Informationen sollte der Nachbau aber bei etwas handwerklichem Geschick unproblematisch sein. Die Abzugshauben über den Tischen werden aus einfacher Kunststoffolie per Schere kreisförmig geschnitten und mit einem Drahring trichterförmig verstärkt zusammengeklebt.

Die Rohre, die von den Hauben zum zentralen Sammelrohr führen, sind aus mit Kunststoffgittern verstärkter Folie hergestellt. Lediglich die Verbindungsstücke zwischen den Rohren sind etwas aufwändiger. Sie sind aus stabileren, aber biegsamen Kunststoffplatten gefertigt. Die Abzweiganschlüsse aus zurechtgeschnittenem PVC-Rohr werden mittels eines Schweißgeräts für Kunststoff befestigt.

Der Fensteranschluss erfolgt über den oberen Spalt eines offenen Kippfensters **6**. Die seitlichen Öffnungen werden mit Folie abgedichtet, sodass die Luft nicht wieder von außen zurück in den Raum gelangen kann.

Betonbohrungen oder Mauerdurchbrüche sind daher nicht erforderlich.

## Kommerzielle Luftfilter

Ein weiterer Weg, die Luft von den virentragenden Aerosol-Partikel zu befreien, sind Luftfilter. Diese saugen die Raumluft meist in Bodennähe an, leiten sie durch Feinstaubfilter und lassen sie dann in der Regel nach oben wieder ausströmen. Der Filtereinsatz sollte dazu mindestens die Filterklasse H13 haben. Solche auch als Feinstaub-, Schwebstoff- oder Hepafilter bezeichneten Einsätze filtern 99,95% (99,995% bei H14) der Partikel in der Größenordnung 0,1 bis 0,3 Mikrometer aus der Luft. In der Praxis heißt das: Von 10 000 Partikeln kommen lediglich 5 durch. Bei der Filterklasse H14 wären es sogar nur 5 von 100 000 Teilchen.

Diese Geräte wälzen die Luft lediglich um, sorgen also nicht für eine Frischluftzufuhr. Daher sind sie nicht in der Lage, den CO<sub>2</sub>-Gehalt zu reduzieren. Wie schon erwähnt, wird empfohlen, die Luft eines Klassenraumes etwa 6mal pro Stunde umzuwälzen. Bei durchschnittlichen Klassenräumen mit etwa 180 bis 200 m<sup>3</sup> Inhalt sind das etwa 1000 bis 1200 m<sup>3</sup>/h. Das geht nur mit leistungsfähigen Gebläsen, die leider auch laut und damit störend sind.

Besser ist es, mehrere kleine Geräte im Raum zu verteilen, die insgesamt dieselbe Luftmenge umwälzen, dabei aber leiser sind. Außerdem kann man damit eine gleichmäßigere Verteilung der Luftströmung im Raum erreichen.

Ein solches Gerät haben wir in der Redaktion ausprobiert. Der Filter vom Typ *Xiaomi Airpurifier 2H*, der trotz des günstigen Preises (99 Euro) ein durchaus brauchbares Innenleben hat **7**.

Der Filter verspricht eine Abscheiderate von 99,97% (Partikelgröße > 0,3 Mikrometer), was etwas besser als Filterklasse H13 **8** wäre. Er soll 6 bis 12 Monate halten (Ersatz um 40 Euro). Die Umwälzleistung gibt der Hersteller mit 260 m<sup>3</sup>/h an. Pro Schulklasse würden also vier solche Geräte benötigt. Da der Preis bei etwa 100 Euro liegt, ist der Aufwand pro Klassenraum durchaus vertretbar.

Im Inneren werkelt ein Controller mit WLAN-Funktion, sodass der Filter über eine Smartphone-App (oder auch über Smart-home-Systeme) ferngesteuert werden kann. Kleines Detail am Rande: Auf dem Controller sitzt sogar ein Anschluss für eine externe Antenne **9**, er ist also auch für schlechte Empfangsbedingungen anpassbar.

Der Lüfter im Gerät ist bei voller Drehzahl (2000 Umdrehungen/min) zwar auch deutlich hörbar, lässt sich aber herunterregeln. Das kann in drei Stufen (volle Drehzahl, Automatik oder ruhig) durch eine Taste am Gerät geschehen.

The screenshot shows the website 'LUFTFILTERBAU GmbH' with a search bar containing 'HS-Mikro SF, EN 1822 Kl. H14'. Below the search bar, a list of products is displayed, including various filter models like 'HS-Mikro SF, Klasse H14, Tiefe 78 mm, Filtrerrahmen: MDF' and 'HS-Mikro SF, Klasse H14, Tiefe 150 mm, Filtrerrahmen: MDF'. The website also features a navigation menu with 'Kategorien', 'Schwebstofffilter', and 'HS-Mikro SF, Klasse E11 - H14'.

**12** Viele Firmen wie zum Beispiel *Luftfilterbau.kaufen* bieten Teile (auch) zum Selbstbau an.

Feiner geht es mit einer Handy-App. Dort gibt dann auch der eingebaute Feinstaubsensor **10** den PM2.5-Wert der Luft an, also den Gehalt an Partikeln von bis zu 2,5 Mikrometern Größe. Das entspricht der Größe der auszufilternden Viren-Aerosol-Teilchen und ist daher ein guter Indikator für die Wirksamkeit des Filters.

Make kann hier keinen wissenschaftlich exakten Test über die Leistung des Filters liefern, denn dazu wären recht aufwändige Testanlagen notwendig. Die Filter zeigten frisch ausgepackt eine recht hohe Partikelbelastung der Raumluft an (Kontrollleuchte gelb, also > 100 Mikrogramm/m<sup>3</sup>). Doch nach einiger Zeit verbesserte sich die Anzeige auf grün. Genauer zeigte sich das etwas später, als einer der Filter an einem Homeassistant-Server lief, der den Partikelgehalt als Diagramm anzeigen konnte **11**.

Die kurzzeitigen Anstiege zwischendurch wurden übrigens durch Lüften verursacht und hatten ihre Ursache wahrscheinlich in den Bauarbeiten vor dem Haus, bei denen viel gebohrt und geschliffen wurde. Bei geschlossenem Fenster in der Nacht blieb der Wert nahezu konstant um 10. Der Filter scheint daher ein wirksames Mittel gegen Aerosole zu sein. Er könnte in Klassenräumen durchaus dazu beitragen, die Aerosolkonzentration und damit das Ansteckungsrisiko zu verringern.

## Selbstbau-Projekt für kleine Räume

Ursprünglich wollten wir an dieser Stelle eine Anleitung zum Bau eines Klassenraumgeeigneten Luftfilters bringen. Alle Teile dafür, wie etwa den passenden normgerech-



**13** Kompakt und leise ist der Rohrfilter von Wolfgang Kasper.

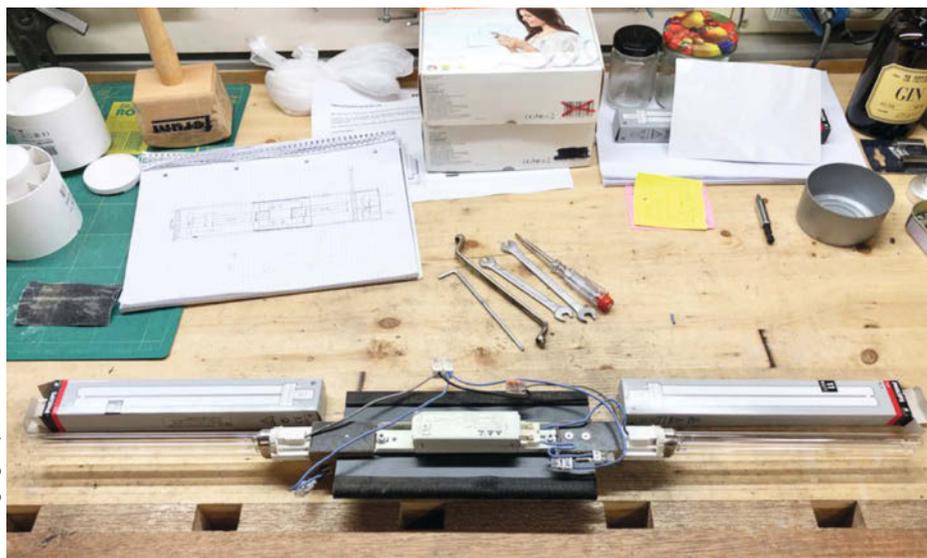


Bild: Wolfgang Kasper

**14** Zwei UV-Leuchtröhren mit Vorschaltgerät sitzen in der Corona Bazooka.

ten Hepa14-Filter nebst Haltern und Vorfiltern sind erhältlich **12**.

Da die Nachfrage inzwischen aber enorm ist, muss mit längeren Lieferzeiten gerechnet werden. Auch unsere Filterteile erreichten uns nicht vor Redaktionsschluss, obwohl bereits vor sieben Wochen bei einem inländischen Lieferanten bestellt. Aber nicht nur aus diesem Grund verzichten wir auf die Bauanleitung. Ein solcher Filter wäre mit Vor- und Hauptfilter, Gebläse, Regelung und den Holzteilen fürs Gehäuse schlicht zu teuer geworden: Unter 400 Euro ist das kaum machbar.

Da sind kommerzielle Geräte preiswerter, machen keinerlei Arbeiten an Netzstrom-Lei-

tungen notwendig und sind meist auch noch leiser und komfortabler. So kann beispielsweise das zuvor beschriebene Modell per Smartphone, aber auch per Smarthome-Server (Homeassistant) zentral gesteuert werden. Das kann in Schulen große Vorteile bringen, denn über solch einen Server (auf Raspberry-Pi-Basis) lassen sich auch mehrere Filter gemeinsam steuern. So müsste dann der Schul-Hausmeister nicht jeden Morgen durch die Klassen stürmen, um die Filter einzuschalten oder am Nachmittag wieder stillzulegen. Er könnte das mit einem einzigen Mausclick erledigen. Näheres dazu bringen wir in einer der nächsten Make-Ausgaben.

## Corona Bazooka

Ein interessantes Selbstbau-Projekt stammt von Wolfgang Kasper aus Rheinau: In ein HT-Rohr aus dem Baumarkt baute er Rohrlüfter, Filter und eine UV-C-Bestrahlung ein **13**.

Auch UV-Licht mit Wellenlängen zwischen 280 und 100nm (UV-C) wirkt desinfizierend auf Viren. Problem dabei: Dieses Licht ist nicht sehr bekömmlich für unsere Haut. Sonnenbrandähnliche Schäden wären bei einer Bestrahlung die Folge. Da bei diesem Filter die Lampen jedoch in einem UV-undurchlässigen Rohr sitzen **14** und nichts nach außen dringen kann, besteht keine Gefahr.

Ein Rohrlüfter, der relativ leise arbeitet, wälzt die Luft um (bis 100m<sup>3</sup>/h) **15**, an einem Rohrende wird sie angesaugt, am anderen strömt sie wieder aus. Dazwischen liegen noch Aktivkohle-Filtermatten, demnächst soll auch ein Hepafilter Verwendung finden.

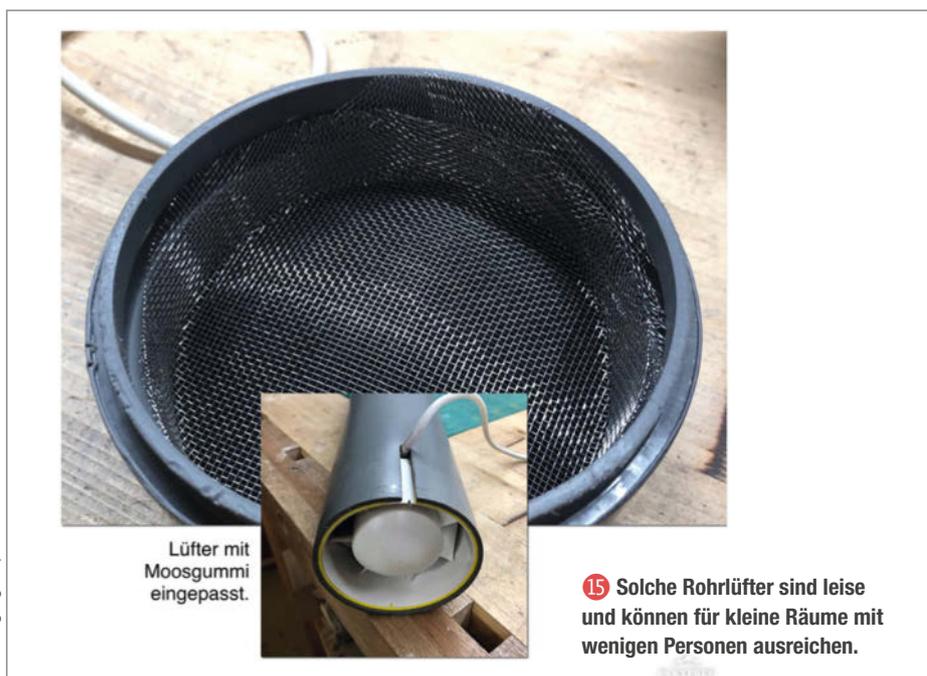
Da die Förderleistung des Lüfters relativ gering ist, arbeitet dieser auch *Corona Bazooka* genannte Filter leise, ist aber auch nur für kleine Raumvolumen geeignet. Das Projekt wird im Internet beschrieben (siehe Kurzinfo-Link).

## Desinfektions-Nebel

In letzter Zeit kam eine weitere Virenbekämpfungsmethode auf: Vernebelung von Desinfektionsmitteln. Die Desinfektionsmittel enthalten zum Beispiel Wasserstoffperoxid. Mittels eines elektrischen Zerstäubers wird daraus ein Nebel produziert, der auch in die letzten Winkel eines Raumes eindringen soll. Solche Geräte und Chemikalien liefert zum Beispiel die Firma BPS aus Niederding mit seinem Produkt *Amoair*. Es wurde auch bereits bei einem der bekanntesten Berliner Theater, dem *Berliner Ensemble* eingesetzt, um den Zuschauerraum außerhalb der Vorstellungen von Viren zu befreien. Allerdings hat sich die in solche Verfahren gesetzte Hoffnung der Kulturbetriebe, dadurch von einem erneuten Lockdown verschont zu werden, nicht erfüllt.

An der Jacobs University Bremen wird zur Zeit erforscht, ob aus pflanzlichen Abfällen gewonnene Fruchtsäuren ebenfalls als Nebel gegen Viren eingesetzt werden können.

Bleibt zu hoffen, dass wir mit allem, was uns zur Verfügung steht, die Zeit bis zur Zulassung eines Impfstoffes überbrücken können. Das wichtigste Antiviren-Mittel sei hier aber auch nicht verschwiegen, der menschliche Verstand. Man muss nicht immer erst auf Vorschriften seitens der Politik warten, um etwas gegen die Covid-19-Epidemie zu unternehmen. Vielleicht hilft es, sich nochmals die Bilder aus Italien, Spanien oder New York vom Frühjahr anzuschauen. Bleiben Sie gesund! —hgb



Lüfter mit Moosgummi eingepasst.

**15** Solche Rohrlüfter sind leise und können für kleine Räume mit wenigen Personen ausreichen.

Bild: Wolfgang Kasper

# TECHNIKUNTERRICHT MACHT ENDLICH SPASS!



Spannende  
Unterrichts-  
materialien  
GRATIS

## Make: *Education*

Mit **Make Education** erhalten Sie jeden Monat kostenlose Bauberichte und Schritt-für-Schritt-Anleitungen für einen praxisorientierten Unterricht:



Für alle weiterführenden  
Schulen



Digital zum Downloaden



Fächerübergreifend



Monatlicher Newsletter

Jetzt kostenlos downloaden: [make-magazin.de/education](https://make-magazin.de/education)

© Copyright by Maker Media GmbH.

## Drei neue Labs von Jugend Hackt

Seit Oktober gibt es das Lab Cottbus, das vom Fablab Cottbus betreut wird, das Lab Heilbronn an der Hochschule Heilbronn und das Lab Heidelberg im Makerspace des Deutsch-Amerikanischen Instituts (DAI). Dort werden künftig über die jährlichen Hackathons hinaus regelmäßige Events für Jugendliche angeboten.

[jugendhackt.org](http://jugendhackt.org)

## Maker-Termine

**Remote Chaos Experience (rC3)**  
27.–30. Dezember 2020  
online  
[events.ccc.de](http://events.ccc.de)

**Pi and More 12¼**  
23. Januar 2021  
online  
[piandmore.de](http://piandmore.de)

**Abschluss „Coding da Vinci“ Niedersachsen**  
29. Januar 2021  
Kulturzentrum Pavillon,  
Hannover  
[codingdavinci.de](http://codingdavinci.de)

Diese und weitere Termine stehen auch laufend aktualisiert in unserem Kalender auf der Webseite unter: [www.heise.de/make/kalender](http://www.heise.de/make/kalender)

## Veranstalten Sie selbst?

Tragen Sie Ihren Termin in unseren Kalender ein oder schicken Sie uns eine E-Mail an:

[mail@make-magazin.de](mailto:mail@make-magazin.de)



Bild: Carl Münzel

## Neuer Makerspace in Wittlich

### Eröffnet und vorläufig gleich wieder geschlossen

Am 29. Oktober öffnete – zumindest kurzfristig – in der Altstadt von Wittlich der neue Makerspace. Zur Begrüßung kamen neben Bürgermeister Joachim Rodenkirch einige Gäste aus der Lokalpolitik, denn an dem Projekt sind zahlreiche Einrichtungen der Stadt beteiligt. Für den Makerspace haben sich die Stadtbücherei, das Haus der Jugend und die Volkshochschule mit der Stadtverwaltung, dem Mehrgenerationenhaus und der Caritas zusammengetan. Sie wollen damit einen Ort des Lernens, der Kreativität und der Umsetzung von Ideen schaffen. Finanziert wird der Space über das Förderprogramm „Vor Ort für alle“ der Bundeskulturbeauftragten und des Landwirtschaftsministeriums, das Bibliotheken im ländlichen Raum unterstützt.

Zur Ausstattung in der Neustraße 6-12 gehören eine CNC-Fräse und 3D-Drucker für die Produktion

von Gegenständen und eine Siebdruckpresse, um Textilien individuell zu bedrucken. Geplant sind außerdem Kurse wie das Programmieren kleiner Roboter mit Grundschulkindern. Schließlich können im Makerspace Wittlich auch Filme gedreht und bearbeitet werden. Zur Eröffnung gab es daher gleich einen Imagefilm über den Makerspace von einer Studentin zu sehen. Am 31. Oktober war der Space noch einmal am Tag der Offenen Tür für Interessierte geöffnet – dafür kam sogar Iron Man in seiner selbstgebauten Rüstung vorbei und begeisterte insbesondere die kleinen Besucher. Aufgrund der aktuellen Corona-Bestimmungen wird der offizielle Betrieb allerdings erst später starten. —hch

► [makerspace.wittlich.de](http://makerspace.wittlich.de)

## Neues Fablab in Gmund

### Am Tegernsee wird jetzt im Oberlab gewerkelt

Bereits seit einem Jahr fährt der Bus „Hubertus“ als Vorbote des Oberlabs durch das Münchner Oberland. Nach langer Planung ist es nun endlich soweit: Ab November gibt es in der Tölzer Straße 3a in Gmund am Tegernsee eine feste Mitmachwerkstatt. Auf eine Eröffnungsfeier wird derzeit verzichtet – sie soll später aber nachgeholt werden. Das Oberlab verfügt über sechs Fachbereiche: 3D-Druck, Holz, Elektronik, Software, eine Schneidwerkstatt mit Lasercutter und Plottern sowie einem Labor für biologische und chemische Experimente. Im Bereich Textilien sind derzeit nur Workshops geplant.

Bis zum Jahresende stehen etwa Termine zu 3D-Druck-Konstruktion mit OpenSCAD und selbstgenähten Geldbörsen auf dem Programm. Jeden Dienstag wird das Oberlab am „Tüftel Tuesday“ außerdem für Nicht-Mitglieder geöffnet (die Teilnahme ist aktuell



Bild: Fablab Oberland e.V.

nur mit Anmeldung möglich). Durch eine Förderung der Bildungsstiftung der Stadtwerke München (SWM) wird übrigens auch Hubertus im kommenden Jahr weiter fahren und Schulen, Bildungseinrichtungen und Veranstaltungen besuchen. —hch

► [oberlab.de/oberlab.html](http://oberlab.de/oberlab.html)

# MakerBuzz on Tour

## Mobiler Makerbus aus Luxemburg

Durch Luxemburg, das Saarland und große Teile von Rheinland-Pfalz fährt künftig der MakerBuzz – ein mobiler Makerbus des luxemburgischen Vereins *make it*. Auf acht Quadratmetern bringt der umgebaute Lieferwagen einen 3D Drucker, Lötstation, Video- und Coding-Computer, ein Laser-Graviergerät und einen Standbohrer mit. Damit will der Verein zu Kinder- und Jugendgruppen fahren und Workshops anbieten, sowie bei Großveranstaltungen Gelegenheit zum Selbermachen bieten. Mitte September wurde er in Luxemburg erstmals vorgestellt.

„Wie der Name es schon sagt, wollen wir einerseits das 'Makertum', also das Werkeln und Probieren, das Erfinden und das kreative Neugestalten fördern“, so Eric Krier, Projektkoordinator vom MakerBuzz, „andererseits wollen wir einen 'Buzz' generieren, also die Leute anregen, ihr Interesse an Wissenschaft und an Teamarbeit weiter zu tragen“. Derzeit bietet das Team sechs anpassbare Workshops vom Basteln mit LEDs bis zu Grundlagen der Programmierung an und arbeitet an weiteren Projekten für Veranstaltungen wie Maker



Bild: Makerbuzz / make.it

Faires und ein Kulturfestival an der deutsch-luxemburgischen Grenze im Sommer 2021. —hch

► [makeit.lu/?page\\_id=1019](http://makeit.lu/?page_id=1019)

## Make Your School startet Netzwerkhubs

Die Initiative *Make Your School* organisiert Hackdays an Schulen und vernetzt nun auch regionale Gruppen. Zu Beginn sind Netzwerke in Ostwürttemberg, in der Nordheide, in Thüringen, im Großraum Braunschweig und in Sachsen dabei. 2021 soll das Netzwerk weiter wachsen.

[makeyourschool.de](http://makeyourschool.de)

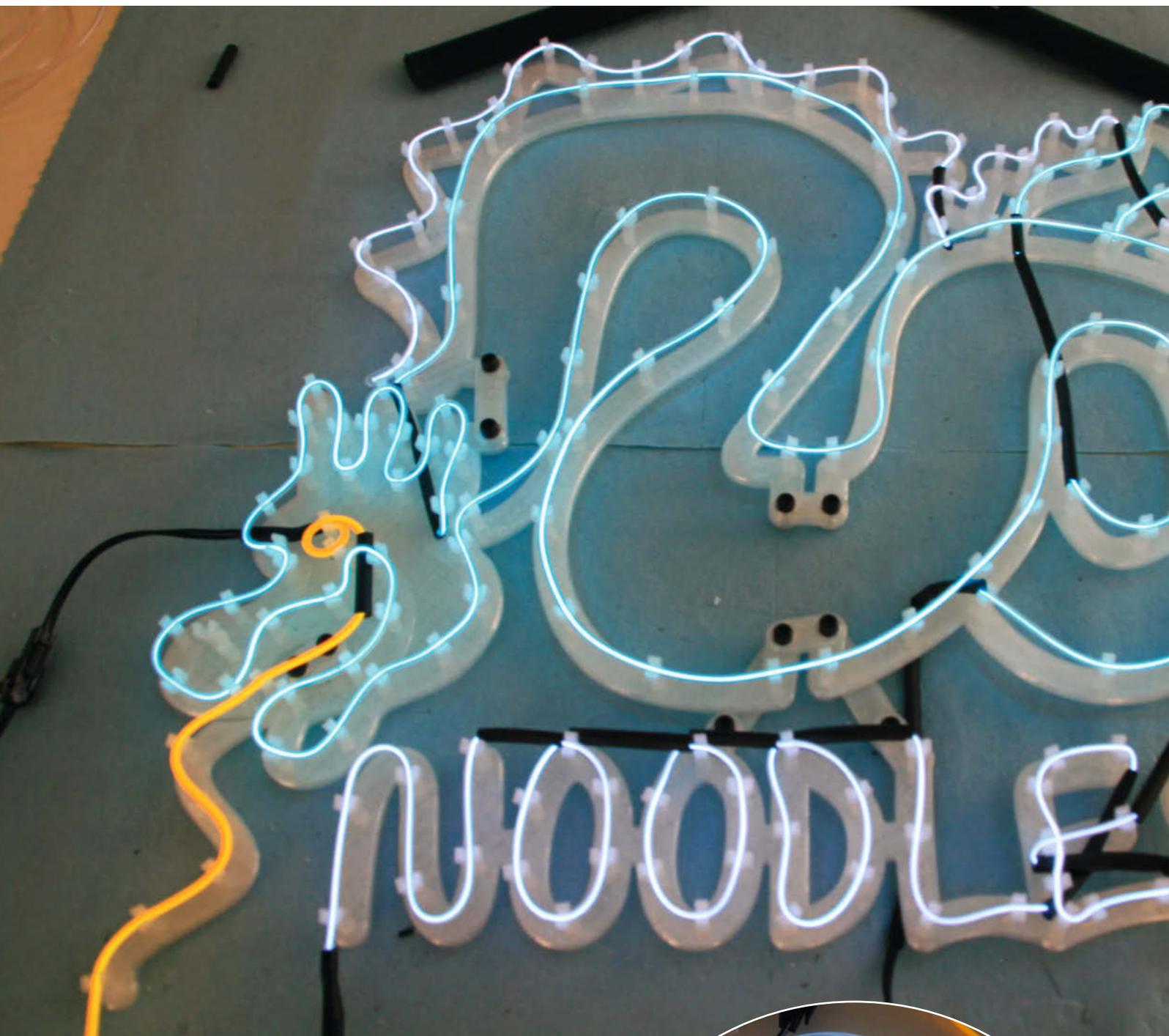
40

Piep. Piep. Brrrrrrrrrr

# Kolophonium

von und mit @beetlebum





# Was uns inspiriert





## Dystopische Neonreklame

Seit Sarah Petkus klein war, wollte sie in der Cyberpunk-Welt aus ihren Lieblingsfilmen leben. Jetzt, wo die Realität zunehmend dystopischer wird, hat sie den ikonischen Neon-Drachen des Nudelshops aus *Blade Runner* in unsere Welt geholt. Normalerweise werden Neonschilder aufwendig von Spezialisten aus Glas geformt, doch mit EL-Wire kann man einen ähnlichen Effekt erzeugen. Dazu braucht man nur die passende 3D-gedruckte Halterung für die Leuchtschrift.

Ihr Drachen-Design hat Petkus zunächst als Vektorgrafik entworfen. Diese hat sie dann in Fusion importiert, den Pfad in jede Richtung um 5mm erweitert und die Enden geschlossen. Das EL-Wire wird von kleinen 3D-gedruckten Haken gehalten. Zur Befestigung dieser Haken hat sie an die passenden Stellen Löcher ins Modell eingefügt. Nach dem 3D-Drucken hat Petkus das EL-Wire durch die C-förmigen Haken geführt und die Bereiche zwischen den Buchstaben mit schwarzem Schrumpfschlauch abgedeckt. Geschrumpft hat sie diese allerdings nicht, da sie mit der Hitze das EL-Wire beschädigen würde. Bisher hängt die Leuchtreklame an einer Batterie, doch in Zukunft will Petkus einen Mikrocontroller anbauen. Auf ihrem Blog hat sie das Projekt nachbausicher dokumentiert. — *rehu*

► <http://roboticarts.zoness.com/2019/06/08/faux-neon-building-a-fixture-for-el-wire/>

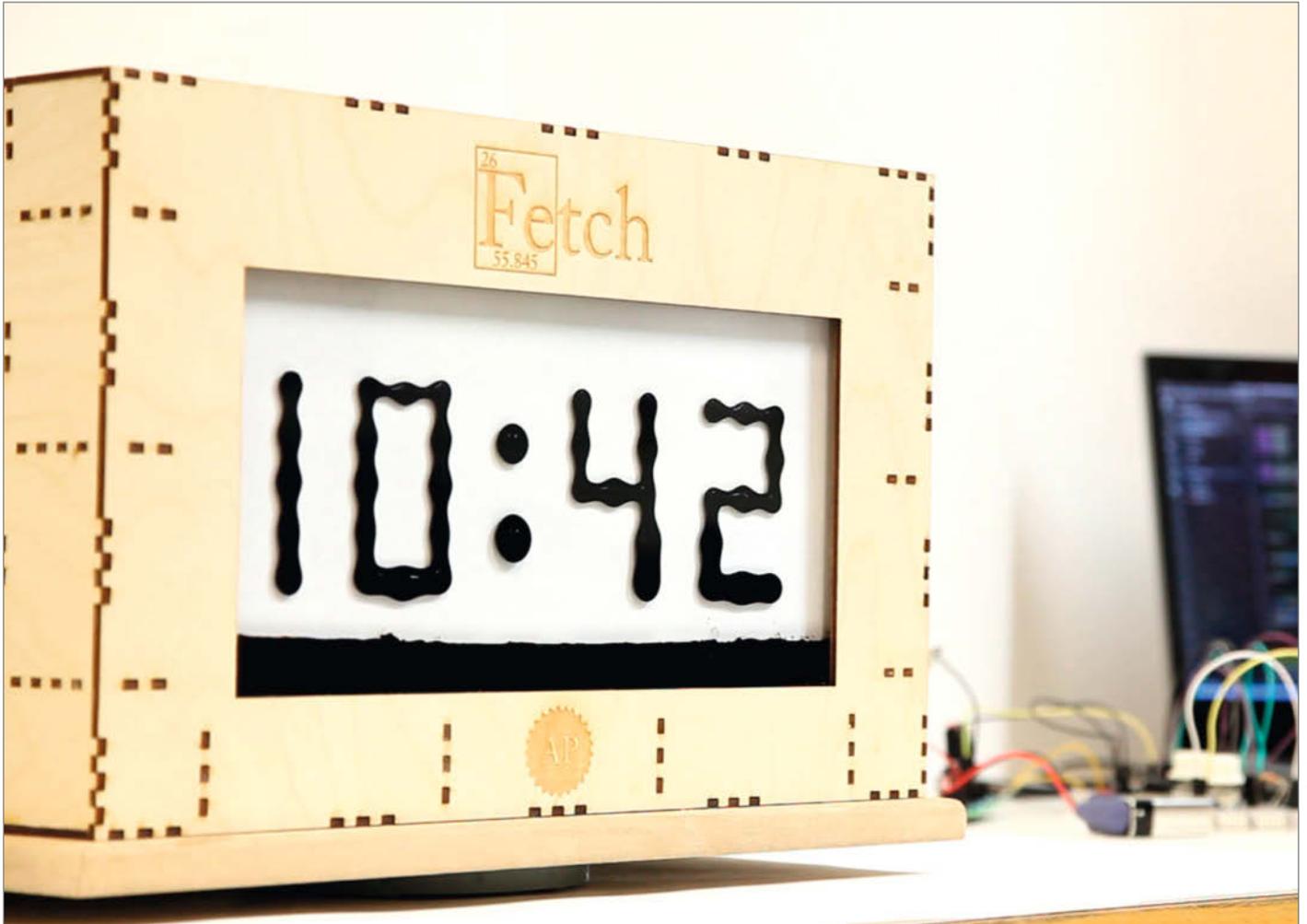


Bilder: Sarah Petkus

### Was inspiriert Dich?

Wir freuen uns über Vorschläge an:

[mail@make-magazin.de](mailto:mail@make-magazin.de)



Bilder: Applied Procrastination

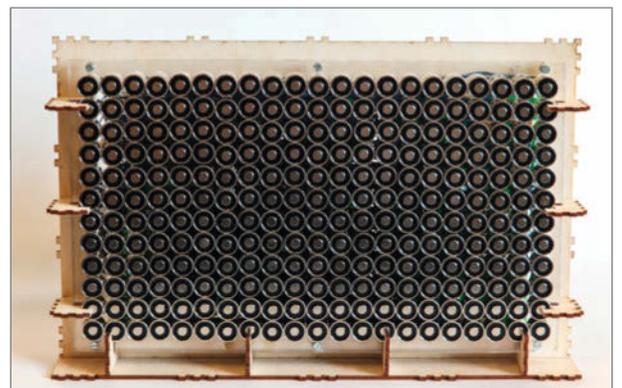
## Ferrofluid-Display mit Elektromagneten

Einen besonders organischen Look hat das „Fetch“-Display, das auf in einem Medium schwebenden Ferrofluid-Blasen basiert: Die wabernde, magnetische Flüssigkeit kämpft ständig mit der Schwerkraft und den angelegten Magnetfeldern. Die zur Darstellung der Zeichen nötige Menge wird aus einem Ferrofluid-Sumpf am Gefäßboden entnommen und über rückseitig angebrachte Elektromagnete Schritt für Schritt an die richtige Stelle weitergereicht.

Die studentische Maker-Gruppe aus Oslo mit dem bezeichnenden Namen „Applied Procrastination“ verbrachte ganze zwei Jahre mit Grundlagenforschung und etlichen Versuchsaufbauten, denn das Projekt warf viele Fragen auf: In welchem Medium bewegt sich das Ferrofluid leicht, ohne sich zu zersetzen? (Abgestandenes Salzwasser.) Welches Material eignet sich als Gefäß, damit kein Ferrofluid haften bleibt? (Glas oder Acryl mit hydrophober Beschichtung.) Alle Informationen zur im Projekt verwendeten PlatformIO-IDE, Schaltpläne und Konstruktionszeichnungen hat die Gruppe auf Github veröffentlicht.

—cm

► <https://github.com/appliedprocrastination/FerroFetchFirmware>





## Weihnachtsstern aus dem 3D-Drucker

Wenn Weihnachten vor der Tür steht, hängt Christian Masche beleuchtete Sterne auf. Besonders die geometrische Konstruktion der *Herrnhuter Sterne* fasziniert ihn schon seit langer Zeit. Also hat er die leuchtenden Sterne mit der CAD-WebApp Tinkercad als Modell für den 3D-Druck nachgebaut.

Die klassischen Sterne bestehen aus 26 Zacken, die von 18 Pyramiden mit quadratischer und acht Tetraeder mit dreieckiger Grundfläche gebildet werden. Für den 3D-Druck hat Masche die Zacken der Pyramide ohne Boden modelliert und zur Befestigung eine Basiskonstruktion entworfen, auf der die Stern-Zacken stramm sitzen. Die Zacken hat er fest auf die Basis geklebt. Für die Beleuchtung hat er eine der viereckigen Pyramiden nur aufgesteckt und zwei 1mm-Bohrungen für die Stromzuführung und die Aufhängung am Faden in die zugehörige Basis gebohrt. Im Herzen des Sterns leuchtet eine Goobay LED-Kompaktlampe. —rehu

► <https://heise.de/-4965492>



Bilder: Christian Masche

# Gewitterkugel

Zu Weihnachten Schneekugeln basteln? Papperlapapp, das ist doch altmodisch. Wir bauen Sturmkugeln! Dieser wirbelnde Sturm für den Schreibtisch bringt eine magnetische Strudelfunktion und LED-Blitze mit.

von John Thurmond (Übersetzung: Niq Oltman)



**G**ewitter können etwas ganz Wunderbares sein: Was gibt es schöneres, als drinnen im Warmen zu sitzen, während es draußen blitzt und donnert und die Sturmböen den Regen umherpeitschen? Manchmal würde man dieses wohlige Gefühl am liebsten einfangen und auf den Schreibtisch stellen...

## Turbulenzen sichtbar machen

In sogenannten rheoskopischen Flüssigkeiten kann man Strömungen und Turbulenzen sichtbar machen. Üblicherweise enthalten diese Flüssigkeiten Glimmer – ein Mineral, das aus kleinen glänzenden Plättchen besteht, die sich leicht in Flüssigkeiten umher bewegen können. Die Glimmer-Plättchen reflektieren einfallendes Licht und verwandeln Turbulenzen so in ein faszinierendes Schauspiel.

Man findet große rotierende Gefäße, die mit einer rheoskopischen Flüssigkeit gefüllt sind, zum Beispiel in wissenschaftlichen Museen: Mit ihnen kann man atmosphärische Strömungen an der Oberfläche von Planeten demonstrieren. Bei den Videos zu diesem Artikel (Link in der Kurzinfor) findet man ein Video des Exponats *Atmospheric Movement* im *Glasgow Science Centre*, das mich zu diesem Projekt inspiriert hat (sowie mein Proof-of-Concept-Video, das den Wirbeleffekt in einem hintergrundbeleuchteten Kalliroskop zeigt).

So eine rheoskopische Flüssigkeit herzustellen, ist ganz einfach. Glimmer erhält man unkompliziert und günstig, da er als Zutat für Seifen, Badekugeln und Make-Up verwendet wird. Ich hatte bei der Recherche die Idee, dass man die rheoskopische Flüssigkeit zu-

## Kurzinfor

- » Rheoskopische Flüssigkeit erschaffen
- » Magnetischen Strudel einbauen
- » Dramatische Beleuchtung von unten

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
maximal ein Wochenende



**Kosten:**  
50 bis 60 Euro



**Programmieren:**  
mit CircuitPython, siehe auch Seite 90

### Werkzeug

- » Sekundenkleber
- » Seitenschneider
- » Abisolierzange
- » Lötkolben und Zinn optional

### Mehr zum Thema

- » Alex Wulff, Tragbarer Blitzwarner, *Make* 1/20, S. 24

### Material

- » **Circuit Playground Bluefruit** Mikrocontroller-Board von Adafruit
- » **Lüfter** 40mm × 40mm × 10mm
- » **DIY Snow Globe Kit** von Adafruit, 108mm Durchmesser; alternativ ähnlicher Schneekugel-Bausatz anderer Hersteller mit transparentem oder transluzentem Boden mit mindestens 50mm Durchmesser
- » **Mikro-USB-Kabel**
- » **Bunter Glitzer**, am besten Kosmetikglitzer oder solcher zur Seifenherstellung oder für Badekugeln
- » **2 Neodym-Magnete** rund, 3mm × 1mm oder andere kleine und sehr starke Magnete
- » **Schrauben** M2.5 oder M3, aus Kupfer oder Plastik
- » **Magnetrührstäbchen** (Rührfisch), 15mm, rund; andere Größen oder Formen sollten ähnlich gut oder sogar besser funktionieren

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xev3](https://make-magazin.de/xev3)

sätzlich von hinten beleuchten könnte. Normalerweise verlässt man sich nur auf das Umgebungslicht, das dann vom Glimmer reflektiert wird. Beim Anblick der Turbulen-

zen musste ich dann auch an Gewitter denken – und schon kam mir die Idee, dass es im Glas ja zusätzlich auch ein bisschen blitzen könnte!

# Das Gewitter im Glas herstellen

## Magnetrührer vorbereiten

Zuerst nimmt man zwei kleine Magneten und hält sie aneinander. Da gleiche Pole sich abstoßen und ungleiche sich anziehen, kann man so erkennen, wo bei den Magneten die Gegenpole liegen. Diese markiert man mit einem Stift ①.

Jetzt die Magneten diagonal an den Rand der Lüfternabe kleben ② – natürlich auf die rotierende Seite (nicht auf die Rückseite mit dem Hersteller-Etikett).

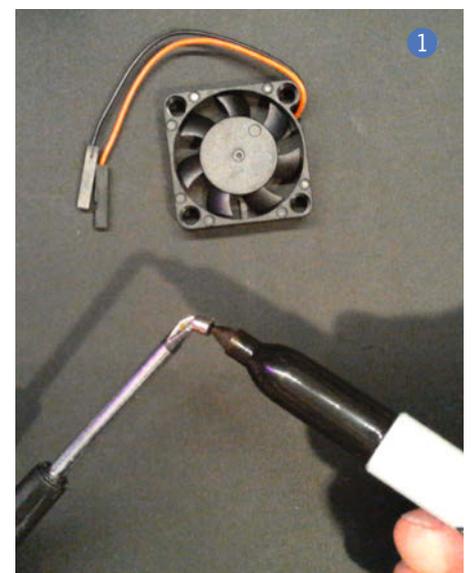
## Bluefruit-Board anschließen

Hier kann man einfach die USB-Betriebsspannung (5V) nehmen, um den Lüfter zu versorgen. Eventuell vorhandene Steckverbinder vom Lüfterkabel abschneiden und die Enden der Zuleitungen abisolieren. Dann die schwarze Leitung mit GND verbinden und die rote mit VOUT (das sind 5V, wenn das Board per USB mit

Strom versorgt wird). Die Leitungen kann man festlöten oder den freiliegenden Draht eng um die Ösen wickeln, sodass eine gute elektrische Verbindung entsteht ③.

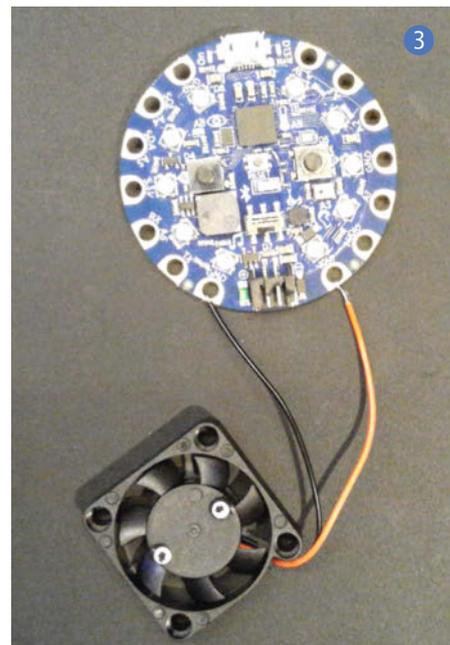
## Magnetrührer zusammenbauen

Den Lüfter mit eisenfreien, nicht magnetisierbaren M2.5- oder M3-Schrauben (etwa aus Kunststoff) und Abstandshaltern auf dem Bluefruit-Board fixieren. Bei einem 40mm-Lüfter liegen dessen Befestigungslöcher praktischerweise exakt über zwei der Bohrlöcher auf dem Board. Eventuell muss man mit der Länge (bzw. Höhe) der Schrauben experimentieren, damit eine Lücke zwischen dem Lüfter und dem Boden der Glaskugel verbleibt. Diese ist nötig, damit der Lüfter samt Magneten frei rotieren kann. Mit etwas Glück reicht dafür





2



3

auch schon die normale Höhe der Schraubenköpfe 4.

### Schneekugel vorbereiten

Die Schneekugel mit Wasser füllen und das Magnetrührstäbchen einsetzen (das ist die kleine weiße Kapsel in Abbildung 5). Falls die Schneekugel zum Umkippen neigt, kann man sie in eine kleine Schüssel stellen oder sich ein helfendes Paar Hände suchen.

Es passiert sehr schnell, dass man zu viel Glimmer in die Schneekugel gibt – dann entsteht zwar ein schöner Wirbeleffekt, aber die Flüssigkeit lässt kein Licht mehr durchscheinen. Am besten feuchtet man zum Dosieren ein Ende eines Zahnstochers an, taucht ihn in den Glimmer und dann in die Schnee-

kugel. Das wiederholt man, bis man die perfekte Menge gefunden hat 6.

Jetzt den Plastikdeckel auf die Schneekugel setzen. Damit keine Luftblasen im Glas bleiben, kann man die Schneekugel ein wenig zu voll gießen und leicht kippen, während man vorsichtig den Deckel aufsetzt.

Für den beiliegenden, aufschraubbaren Sockel der Adafruit-Schneekugel ist wahrscheinlich nicht genug Platz. (Ich habe den Sockel gar nicht erst verbaut.) Den Deckel kann man beispielsweise auch festkleben, falls man befürchtet, dass sonst Flüssigkeit ausläuft.

### Neuen Sockel bauen (optional)

Die Gewitterkugel funktioniert auch ohne Sockel einwandfrei. Meiner Kugel wollte ich einen Mars-Look verpassen. Dazu habe ich einen Sockel auf Basis des *Block Island*-Felsens entworfen, der vom *Opportunity*-Rover auf dem Mars kartografiert wurde. Diesen habe ich dann 3D-gedruckt. Der Link zur Datei ist in der Kurzinfor, zu sehen ist dieser Sockel auf dem Aufmacherbild zu diesem Artikel.

### Bluefruit-Board programmieren

Bei Adafruit gibt es eine hervorragende englische Anleitung, die erklärt, wie man eine Bluetooth-Schneekugel zum Laufen bekommt (Link in der Kurzinfor). Danach muss man ebenfalls über den Link nur noch meinen Code für den Gewitterglobus herunterladen – das ist im Wesentlichen der Demo-Code von Adafruit, mit nur leichten Änderungen. Wie man ein Board wie das

Bluefruit mit CircuitPython programmiert, steht auch auf Seite 90 in diesem Heft.

Im „gewittrigen“ Teil des Codes werden die LEDs auf dem Bluefruit-Board so angesteuert, dass der Eindruck von Blitzen entsteht. Dabei kommen Zufallswerte zum Einsatz, damit die Blitzsequenzen sich nicht wiederholen 7.

### Loggewittern!

Magnetrührer haben normalerweise eine Drehzahlregelung, mit der man den Rührer langsam anlaufen lassen kann. Die haben wir hier nicht, daher muss man etwas aufpassen, dass der Rührer auch richtig rührt.

Wenn man die Schneekugel von unten betrachtet, sollte man das Rührstäbchen sehen können. Dann schwenkt man die Kugel ein wenig, bis das Rührstäbchen ungefähr in der Mitte zum Liegen kommt, und stellt dann die Kugel auf den Sockel (oder den nackten Unterbau aus Board und Lüfter). Jetzt schließt man das Bluefruit-Board an einen USB-Port an, damit der Rührer startet. Sollte das Rührstäbchen zur Seite wegfliegen oder nur herumklappen, muss man es gegebenenfalls neu zentrieren oder den Abstand zwischen Lüfter und Glasboden leicht anpassen.

### Weitere Aussichten

Es gibt jede Menge Möglichkeiten, mit dem Gewitterglobus zu experimentieren und ihn an eigene Ideen anzupassen. Vielleicht bekommt man eine bessere Blitz-Animation oder interessantere LED-Lichteffekte hin? Kann man den Globus ans Ende eines Stocks montieren, um daraus ein echt auffälliges



4



Zauber Kostüm zu machen? Wasserdichte Leuchten in die Kugel legen? Den Globus mit einem Blitzdetektor kombinieren (siehe Make 1/20) oder die Blitze mit Echtzeit-Blitzmeldungen (etwa von lightningmaps.org/apps) steuern?

Mir ist aufgefallen, dass der Glimmer sich nach einiger Zeit an den Wänden der Kugel absetzt. Das kann man natürlich einfach durch gelegentliches Schütteln beheben, aber vielleicht erreicht man mit einem anderen Rührstäbchen ausreichend starke Turbulenzen, um das Absetzen zu verhindern? Vielleicht kann man sich selbst die ideale Form im 3D-Drucker fertigen und mit Magneten bestücken?

Leider kann man die Rührer-Drehzahl nicht direkt mit dem Bluefruit-Board regeln, da die meisten Lüfter eine zu hohe Stromaufnahme für die Ausgänge des Boards haben. Man kann aber eine kleine Schaltung mit einem Transistor bauen und darüber die Drehzahl regeln.

### 7 Blitzsimulation

```

01 def lightning(config):
02     start_time = time.monotonic()
03     last_update = start_time
04     while time.monotonic() - start_time < config['duration']:
05         if time.monotonic() - last_update > config['speed']:
06             for _ in range(random.randint(1,8)):
07                 pixels.fill(0)
08                 pixels.fill(config['color'])
09                 time.sleep(0.02+(.001*random.randint(1,70)))
10                 pixels.fill(0)
11                 time.sleep(.01)
12                 #pixels.fill(0)
13                 time.sleep(5+random.randint(1,5))
14                 last_update = time.monotonic()
    
```

Dann könnte man dem Globus auch einen Drehzahl-Einstellknopf verpassen oder den Rührer langsam anlaufen lassen.

Uns interessiert natürlich immer, was Sie aus rheoskopischen Flüssigkeiten und Blitz-

effekten erschaffen – wir freuen uns deshalb über eine Mail an mail@make-magazin.de. Oder Sie veröffentlichen Ihre Kugelstürme etwa auf Twitter und erwähnen den Autor dieses Textes: @grajohnt. —pek



## CNC-Maschinen für Maker & Modellbauer.

Alles in einem System – Fräsen, lasern, 3D-drucken, schneiden. Als **Bausatz** oder **Fertigsystem** erhältlich!

**STEP-CRAFT GmbH & Co. KG**  
 An der Beile 2  
 58708 Menden  
 info@stepcraft-systems.com  
 www.stepcraft-systems.com

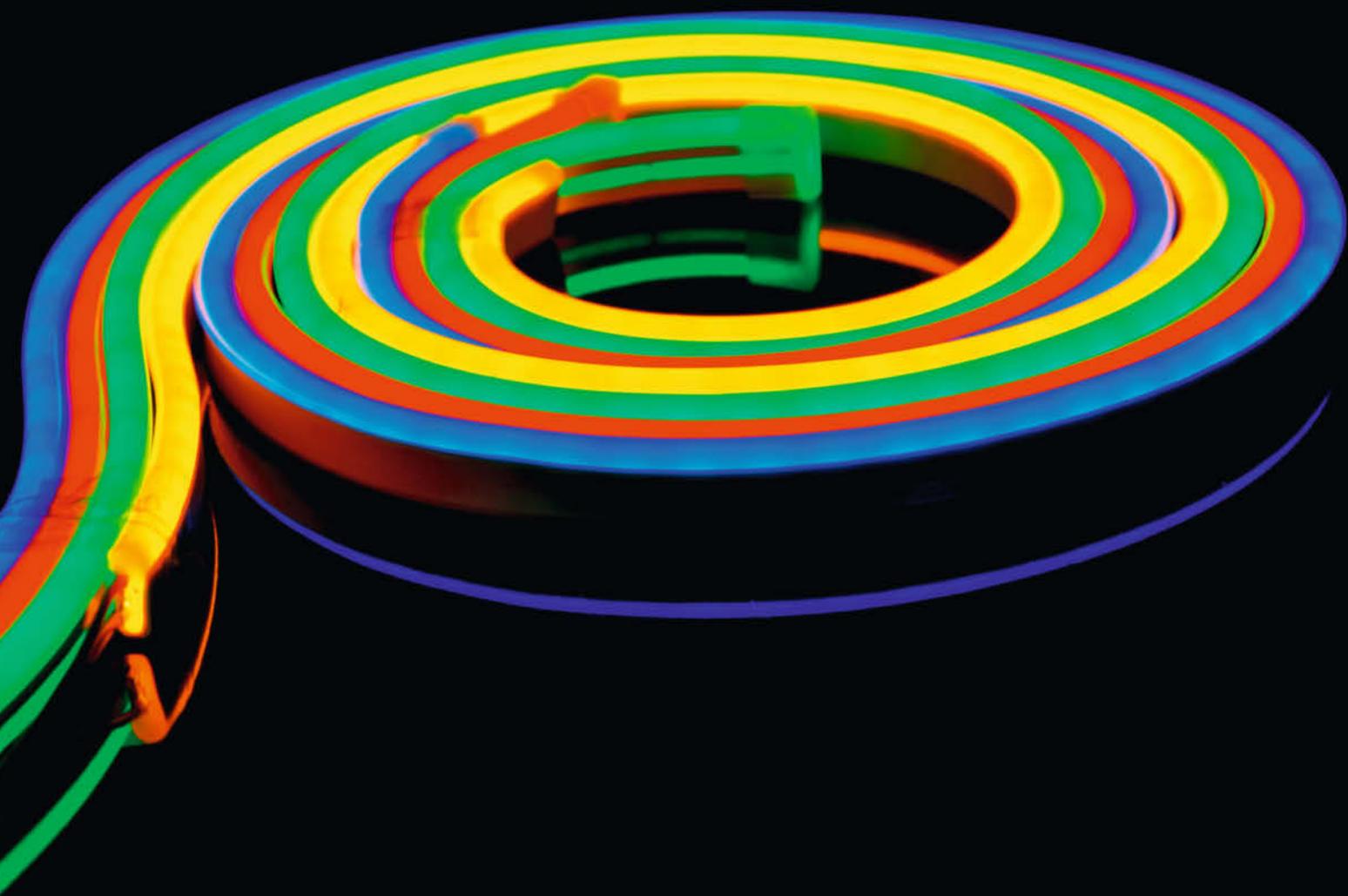


3 Jahre Garantie

# Retro-Neonschilder mit Neonflex

Neon-Lichter faszinieren durch ihren Retro-Charme und sind ein beliebter Dekoartikel in Wohnzimmern oder Kneipen und ein Hingucker in der Außenwerbung. Mit flexiblen LED-Streifen im farbigen Silikonmantel können Sie mit einfacher Elektronik ähnliche Effekte erreichen.

von Florian Schäffer



Echte Neonröhren sehen ziemlich schick aus – Glasröhren passend in Form zu bringen, mit Gas zu füllen und dann auch noch Hochspannung anzuschließen, ist allerdings ziemlich umständlich. Wie praktisch, dass es seit einiger Zeit eine gute Alternative gibt, die bisher wenig Beachtung fand. Das soll sich nun ändern. Wir zeigen Ihnen, wie Sie – gänzlich ohne Gefahr – Schilder und dekorative Bilder ganz einfach selber bauen, die aus der Ferne täuschend echt wie Neon-Werbetafeln aussehen. Im Gegensatz zu EL-Schnüren (siehe Make 4/15, S. 20) wird keine Hochspannung benötigt und die Neonstreifen leuchten um ein Vielfaches heller. Kleine Schaltungen sorgen für individuelle Lichteffekte, ohne dass Sie gleich einen Mikrocontroller programmieren müssen.

## Technik der Neon-Schläuche

Bestimmt kennen Sie schon die flexiblen Leiterbahnstreifen mit dutzenden SMD-LEDs vom Typ 5050 oder WS2812, die weiß oder individuell farbig leuchten können und oft als *Neopixel* bezeichnet werden. Die hier verwendeten Neonstreifen nutzen meistens den 5050-Nachfolgetyp 2835 auf dem bereits bekannten dünnen Leiterbahnstreifen. Die Ziffern stehen dabei für die Abmessungen der LEDs, die 2835er sind also 2,8mm × 3,5mm groß. Der Trick ist, dass das LED-Band in einem komplett geschlossenen Schlauch (ca. 12mm × 6mm) aus Silikon steckt, sodass die Streifen auch draußen eingesetzt werden können. Drei Seiten der Streifen sind lichtdicht weiß und eine schmale Seite ist für den Lichtaustritt transparent oder eingefärbt.

Im Angebot sind meist kühles und warmes Weiß, Rot, Blau, Eisblau, Grün, Gelb/Orange und Rosa. Die LEDs selbst leuchten entweder näherungsweise in der jeweiligen Farbe oder einfach Weiß, den Rest der Einfärbung trägt das Silikon bei. Um welche Ausführung es sich handelt, steht normalerweise leider nicht dabei. Das Licht tritt relativ homogen aus und die Schläuche sind extrem biegsam, so dass Biegungen von fast 180 Grad möglich sind. Je nachdem, wie der LED-Streifen im Silikon eingebettet ist, lässt sich das Band in unterschiedliche Richtungen knicken. Die Streifen werden auch als *Neonflex* oder unter dem Markennamen *QolorFLEX NuNeon* angeboten. Dichtet man noch die äußeren Schnittkanten mit Silikon ab, sollten die Streifen witterungsbeständig sein und die Schutzart IP67 (spritzwassergeschützt) erfüllen. Erfahrungen zur Witterungsbeständigkeit fehlen uns allerdings bisher – teilen Sie uns gerne Ihre mit.

Wie üblich sind die LED-Streifen aus sich wiederholenden Segmenten aufgebaut. Die Bänder besitzen auf der Rückseite schwarze Linien, die die Schnittkanten der Segmente kennzeichnen. Dort kann auch die Span-

## Kurzinfo

- » Neonschilder und -objekte gestalten
- » Wetterfeste LED-Schläuche einsetzen
- » Lichteffekte mit TTL-Technik steuern

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
mehrere Stunden



**Kosten:**  
ab 10 Euro



**Löten:**  
Grundkenntnisse im Bestücken von Lochrasterplatinen

### Material

- » Neon-LED-Streifen
- » Lochrasterplatine, sowie je nach Beschaltung:
- » Transistor BD175
- » NE555
- » CMOS-ICs
- » Widerstände
- » Kondensatoren
- » Netzteil, 9 bis 12V, ca. 2A
- » Acrylglas- oder Holzplatte
- » Sekundenkleber
- » Rundstab
- » Drahtgitter
- » Dekoartikel
- » Kabelbinder
- » Nitroverdünnung

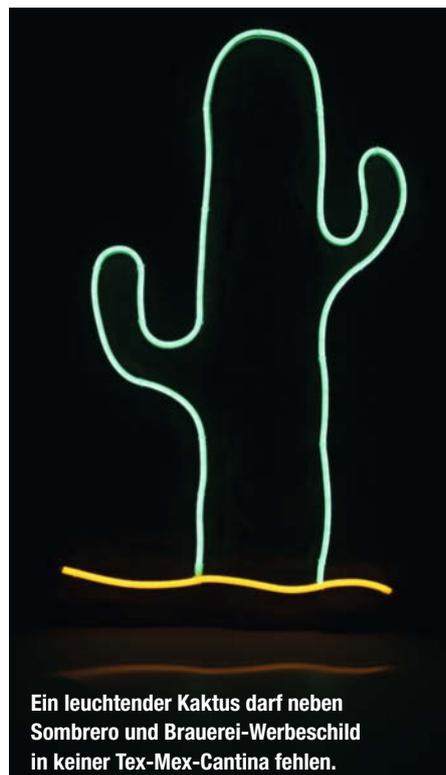
### Mehr zum Thema

- » Carsten Meyer, Kleine Helfer mit drei Beinen, c't Hacks 2/2014, S. 32
- » Oliver Krebs, Mit Nullen und Einsen rechnen, Make 6/2016, S. 132
- » Florian Schäffer, LED-Nixies, Make 4/2018, S. 20

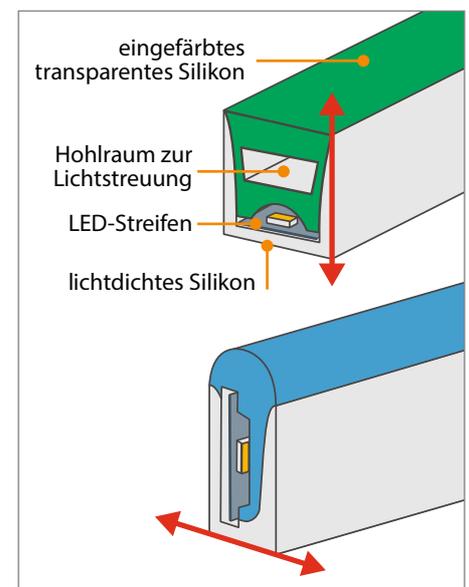
Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xk8n](https://www.make-magazin.de/xk8n)

### Werkzeug

- » große Schere oder Seitenschneider
- » Lötkolben mit Zubehör
- » ggf. Lasercutter oder Laubsäge



Ein leuchtender Kaktus darf neben Sombbrero und Brauerei-Werbeschild in keiner Tex-Mex-Cantina fehlen.



Es gibt diverse Aufbaumöglichkeiten für die Silikon-schläuche, wodurch die Biegerichtung (Rot) und die Abstrahlcharakteristik beeinflusst werden. Die gängigen Angebote nutzen die im blauen Schlauch zu sehende Anordnung, die sich für die hier gezeigten Neonschilder eignet.

## Welche Farbe wählen?

Blau ist bei vielen Schilderbauern beliebt, denn die Farbe kommt unter Pflanzen und Mineralien selten vor und fällt daher schnell auf. Autohersteller VW warb mit dem Slogan „Blau macht glücklich“ sogar eine Zeitlang für seine neue, blaue Instrumentenbeleuchtung. Vielleicht ist Ihnen aber schon aufgefallen, dass Sie blaue Schriftzeichen nachts nicht richtig lesen können: Egal wie groß die Buchstaben sind, sie erscheinen stets unscharf. Das liegt am Aufbau des Auges: Für blaues, also kurzwelliges Licht sind die S-Zapfen zuständig und von denen gibt es auf der Netzhaut gerade einmal 12 Prozent – was den deutlich höheren Anteil blauen Lichts im Freien ausgleicht. Die Zäpfchen liegen zwar im Bereich des schärfsten Sehens, funktionieren aber nur bei Helligkeit und in der Dämmerung. Nachts

liefern vor allem die Stäbchen ein Bild und die sind sozusagen farbenblind. Blau eignet sich also nur bedingt für Schriftzeichen.

Während wir die Neonstreifen ausprobiert haben, trat ein weiterer Effekt auf, für den wir bisher noch keine Erklärung haben: Das farbige Silikon eines gelben Streifens blich schon nach wenigen Wochen Dauerbetrieb erheblich aus, obwohl es im Zimmer nur indirekt UV-Strahlung ausgesetzt war. Aus dem ursprünglich kräftigen Gelb wurde mit der Zeit Blassgelb. Für einen Langzeittest mit anderen Farben fehlte bisher die Zeit, aber nach einigen Tagen zeigte sich auch bei Blau bereits eine Verfärbung – sollte sich das Phänomen bestätigen, wäre das ein enttäuschender Qualitätsmangel.

nungsversorgung angelötet werden. Dazu kürzt man den Streifen einfach mit einem großen Seitenschneider, einer Schere oder am besten einem Kabelschneider auf die gewünschte Länge. Die meisten 2835-Streifen enthalten auf einem 25mm langen Segment drei LEDs und einen Vorwiderstand. Damit eignen sie sich nur für kreative Formen, bei denen es nicht auf eine genaue Länge ankommt, wie beispielsweise der gezeigte Kakus oder ein Pfeil.

Für Schriftzeichen und ähnliches sind Bänder notwendig, die in kürzeren Abständen abgeschnitten werden können. Derartige Streifen mit nur 10mm langen Segmenten finden Sie in den üblichen Shops selten. Eine Bezugsmöglichkeit sind Musterbestellungen auf der chinesischen Handelsplattform Alibaba.com. Wird beim Kürzen dieser Stripes durch eine LED oder ein Segment geschnitten, ist das übrigens nicht weiter schlimm, denn die anderen LED leuchten trotzdem –



LED-Streifen mit einem Segment (25mm) aus drei LEDs und einem Vorwiderstand.

## Chip-On-Board-LEDs (COB)

Eine neue Variante von LED-Streifen sind die COB-LED-Streifen. Dabei wird der Leuchtstoff (Luminophor), der bei LEDs das weiße Licht erzeugt, nicht direkt auf die einzelnen LED-Chips aufgetragen, sondern es wird eine Fläche aus LED-Chips als Gesamtheit überzogen. Bei LED-Flutlichtstrahlern und LED-Filamentlampen ist dieses Verfahren schon seit längerem im

Einsatz, da die Chips enger beieinander montiert werden können, was zu einer erheblich höheren Lichtausbeute pro Quadratmeter führt. Bei LED-Streifen hat das Verfahren den Vorteil, dass die einzelnen LEDs kaum noch zu erkennen sind und eine homogene Lichtverteilung auch ohne zusätzliche Streuung, durch beispielsweise einen Silikonschlauch, möglich ist.



Ein Pfeil erregt Aufmerksamkeit, lenkt den Blick und besteht nur aus einem Alustab.

im Gegensatz zu Streifen mit 25mm-Segmenten.

Die Nennspannung liegt üblicherweise bei 12 Volt, kann aber auch nur 8 Volt betragen, was zu einer deutlich reduzierten Leuchtkraft und Wärmeentwicklung führt. Eine niedrige Spannung verlängert außerdem die Lebensdauer der LEDs, weshalb wir raten, eher 9 bis 10 statt 12 Volt zu nutzen. Stromaufnahme und Lichtstrom (Lumen) hängen maßgeblich von der genauen Bauform der verbauten LEDs ab, was sich bei den meisten Angeboten in der Regel nicht vorab in Erfahrung bringen lässt. Beworben werden die Streifen mit 25mm-Segmenten mit 12 W/m. Faktisch lassen sich nur 6 Watt messen, was bedeutet, dass pro Meter 500mA und pro LED gerade einmal 4mA Strom fließen – sicher ein Vorteil zu Gunsten der Wärmeentwicklung und Haltbarkeit, aber zu Lasten der Helligkeit. Bei den Streifen mit 10mm-Segmenten können Sie zwischen 8 und 11 Watt pro Meter wählen.

Bei langen Lichtstreifen mit mehreren Metern macht sich der Spannungsabfall auf den dünnen Leiterbahnen bemerkbar, so dass die letzten LEDs schwächer leuchten. Speisen Sie dann zusätzlich vom Ende und gegebenenfalls auch zwischendrin Spannung ein. Es gibt sogar spezielle Silikonschläuche, in denen die Spannungsversorgung über zwei separat eingezogene, dickere Drähte erfolgt – diese sind aber eher exotisch und für die hier gezeigten Projekte nicht erforderlich.

## Einfache Formen beleuchten

Aus einem Aluminium-Rundstab (ø 4mm, etwa 1,50 Euro/Meter) lassen sich schnell ein-

fache Symbole biegen, auf denen der LED-Streifen aufgeklebt werden kann: Pfeile, Herzen, Blitze, Kreuze und so weiter. Wenn Sie sich das freihändige Biegen nicht zutrauen, können Sie zuerst eine Grafikvorlage am PC erstellen und diese über die Poster-Funktion in den Druckeinstellungen auf mehrere Blätter verteilt extra groß ausdrucken. Für diese Symbole eignen sich die einfachen Neonstreifen, die nur alle 2,5cm abgeschnitten werden können. Sie müssen lediglich darauf achten, dass die Länge vom Stab ein Vielfaches davon beträgt.

Nachdem Sie den Stab in die gewünschte Form gebogen haben, löten Sie die zwei Leitungen für die Stromversorgung an einem Ende des LED-Streifens an. In der Regel können Sie die Anschlüsse einfach an der abgeschnittenen Seite anlöten. Das Silikon schmilzt bei den üblichen Löttemperaturen nicht. Allerdings sind die Löt pads auf dem LED-Streifen sehr dünn und empfindlich: Zu langes Erhitzen lässt die Pads wegschmelzen.

Mit Sekundenkleber lässt sich das Silikon gut festkleben. Vorher entfernen Sie noch Fettrückstände mit Nitroverdünnung vom Metall und der Unterseite des Silikonschlauchs. Jetzt können Sie den Schlauch etappenweise von einem Ende aus auf den Rundstab kleben. Achten Sie dabei auf Ihre Finger, damit diese nicht verkleben. Abschließend dichten Sie die beiden Enden mit handelsüblichen Silikon aus dem Sanitärbereich ab. Es gibt auch spezielle Abdeckkappen, die aber nicht besser geeignet sind. Benutzen Sie schwarzes Silikon, wenn Sie einen Lichtaustritt an den Enden unterbinden wollen – abhängig vom Motiv kann das besser aussehen. Soll das Neon-Symbol frei im Raum hängen, können Sie auf die andere Seite des Stabes einen weiteren Neonstreifen kleben, so dass Ihr Objekt nach beiden Seiten hin leuchtet.

### Bilder mit Hintergrund gestalten

Mehrteilige und umfangreichere Formen lassen sich gut auf einem Drahtgittergeflecht befestigen. Leichte Armierungsmatten (2m x 1m, etwa 4 Euro) für Estrich aus verzinktem Draht und einer Rastergröße um die 50mm können Sie mit einer guten Kneifzange auf die gewünschte Größe zuschneiden. Das Gitter ist formstabil und wenn Sie es beispielsweise mit Sackleinen oder Schilfrohgewebe bespannen, bildet es einen dekorativen Hintergrund.

Die Neonbänder befestigen Sie mit transparenten Kabelbindern. Wenn sich die Köpfe der Kabelbinder auf der Rückseite befinden, sind die Bindungen bei eingeschalteter Beleuchtung kaum zu sehen. Ziehen Sie die Kabelbinder nicht zu stark fest, weil sich sonst die hochkant stehenden Silikonschläuche



Die Klebestellen (es wurden verschiedene Kleber erprobt) sehen unsauber aus, sind aber schon aus kurzer Distanz und bei eingeschalteter Beleuchtung nicht mehr zu sehen.

flach legen. Neben der Segmentlänge müssen Sie beim Motivdesign noch auf die Abmessungen des Drahtgeflechts achten.

### Lichteffekte für den Wow-Effekt

Bisher kennen unsere Leuchtobjekte nur die Zustände an und aus – jetzt geht es daran, sie effektiv in Szene zu setzen. Dank der

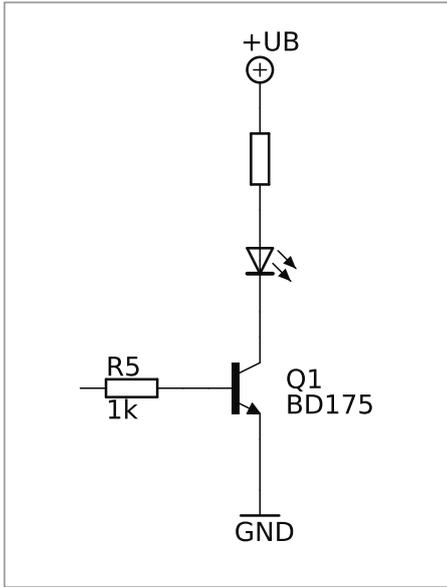
Betriebsspannung von 8 bis 12 Volt ist die Ansteuerung relativ problemlos. Sie benötigen nur einen (Leistungs-)Transistor, wenn die Spannung von einem Mikrocontroller oder einer anderen Schaltung gesteuert werden soll. Mit dem BD175 können Sie bis zu 3 Ampere bzw. 30 Watt schalten, was für die meisten Anwendungsfälle ausreichen wird. Die einfache Schaltung mit Transistor zeigt, wie Sie die LED-Kette über den Basiswider-



**Schnell und einfach:** Mehr als etwas Jutestoff, eine Armierungsmatte und eine Handvoll Kabelbinder benötigen Sie nicht für ein leuchtendes Wandbild.



**Etwas mehr als 20 Kabelbinder** haben wir für den im Sand stehenden Kaktus verwendet. Das Bild verbraucht etwa 10 Watt bei 12 Volt, was Stromkosten von rund 24 Euro im Jahr bedeutet.



Die einfache Beschaltung des Transistors in Emitterschaltung eignet sich für alle Steuerungsaufgaben.

stand ansteuern können. Je nach Länge des Neonschlauchs und bei steigender Stromaufnahme sollte der Widerstand neu berechnet und kleiner dimensioniert werden, aber so genau kommt es in der Praxis nicht darauf an.

Für die meisten Anwendungen ist die Ansteuerung über einen Mikrocontroller, wie mit Kanonen auf Spatzen zu schießen. Oft genügen einfache Lauflichtschaltungen, die mit ein paar Standardbauteilen billig und ein-

fach zu realisieren sind. Mit dem Timer-IC NE555 und ein paar weiteren Teilen lassen sich diverse Blinkgebernvarianten bauen, die weniger als einen Euro kosten. Unsere NE555-Schaltung erzeugt einen Takt am Ausgang, den Sie durch Verstellen des Trimmwiderstands variieren können. Verändern Sie den Wert für C1 oder R1, wenn Sie andere Frequenzbereiche benötigen. Der NE555 kann dankenswerterweise in einem weiten Spannungsbereich betrieben werden, so dass die Spannung, die für die LED-Streifen benötigt wird, auch direkt die Schaltung versorgen kann. Die Diode als Verpolungsschutz ist ratsam, da der NE555 bei falscher Polung von VCC sofort zerstört wird.

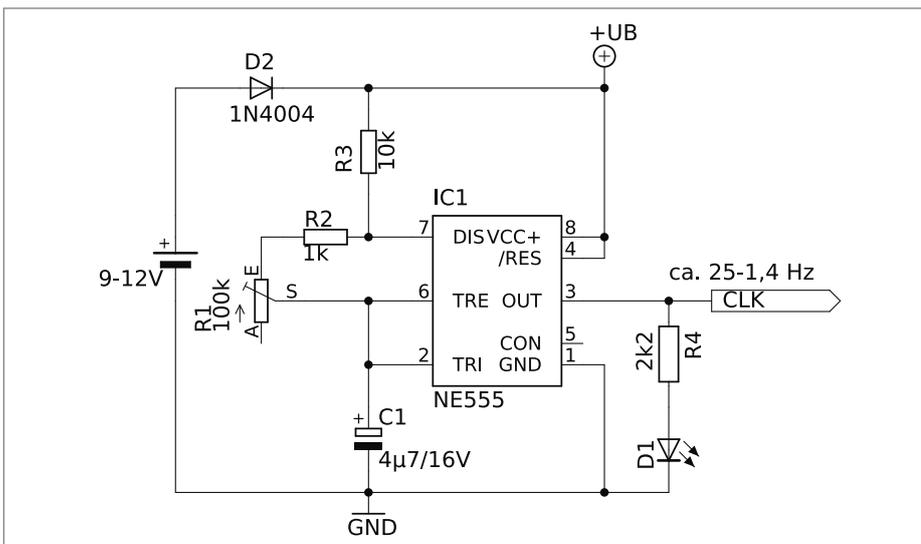
Aus der Logikfamilie der 4000er-CMOS-Reihe (ähnlich zu TTL: Transistor-Transistor-Logik) benutzen wir zwei ICs für Lichteffekte, die jeweils unter 50 Cent kosten. Mit dem 4017-Dekadenzähler erstellen Sie ein Lauflicht, bei dem nacheinander immer nur der nächste Ausgang auf High gesetzt wird, so dass der Effekt eines wandernden Lichtpunktes entsteht. So können Sie beispielsweise Sterne, Blubberblasen oder die Illusion eines sich drehenden Objekts erzeugen. Das Shift-Register 4015 eignet sich, um ein sich erweiterndes Band aus Lichtern aufzubauen. Wie früher bei Autobahnbaustellen üblich, leuchtet nacheinander immer eine weitere Lampe auf, bis am Ende alle leuchten und dann zusammen ausgeschaltet werden. Dieser Effekt setzt besonders Schriften oder Pfeile ins rechte Licht.

Auch wenn die CMOS-Reihe aus der Mode gekommen ist, bietet sie für uns einen praktischen Vorteil: Die Bausteine können mit Span-

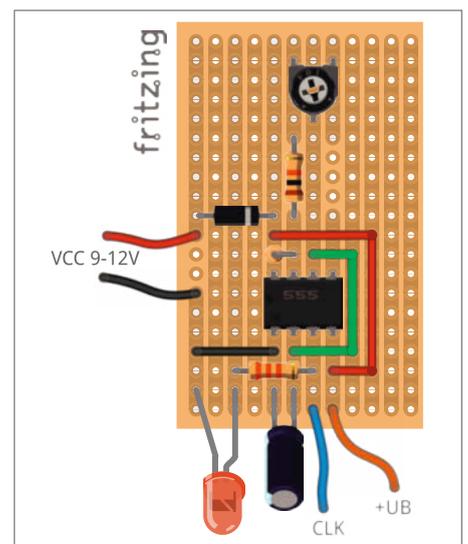
nungen bis 15 Volt betrieben werden, was hervorragend zum NE555 passt. So ist kein Spannungsregler notwendig, sondern ein stabilisiertes Schaltnetzteil mit 9 oder 12 Volt reicht für das ganze Neon-Projekt. Die preiswerten Steckernetzteile „Wandwarzen“ mit etwa 2A sind für kleine und mittlere Beleuchtungen ideal.

Die Stützkondensatoren von 100nF an den CMOS-ICs sind zwar bei diesen Anwendungen nicht zwingend erforderlich, gehören aber zum guten Elektroniker-Stil. Der Takt vom NE555 kommt jeweils an den Eingang CLK. An jeden benutzten Ausgang Q wird noch eine Treiberstufe angeschlossen, bestehend aus dem Transistor BD175 und Widerstand.

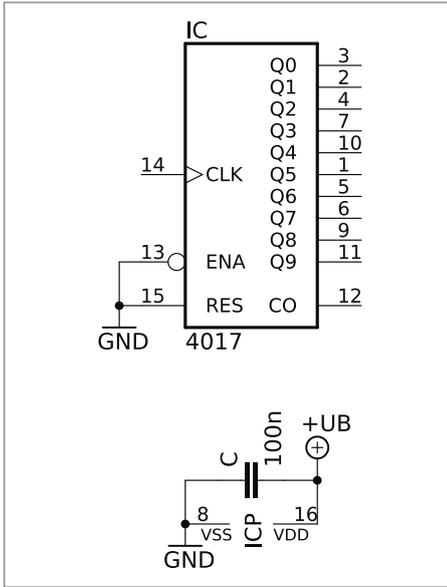
Möchten Sie weniger als zehn LED-Elemente am 4017 benutzen, wird Pin 15 (Reset) nicht mit GND verbunden, sondern mit dem ersten ungenutzten Ausgang. Der 4015 besitzt intern zwei Schieberegister, die in der gezeigten Schaltung verknüpft sind, so dass der Überlauf von QD aus ICA an dem Dateneingang bei ICB anliegt. Sie können die beiden Register auch unabhängig voneinander nutzen. Sollen weniger Ausgänge genutzt werden, verbinden Sie den ersten nicht genutzten Ausgang mit den (beiden) Reseteingängen (Pin 6 und 14). Um beispielsweise vier Leuchtelemente anzusteuern, belassen Sie den Überlauf von QD an D wie gezeigt, verbinden aber Pin 5 (QA von ICB) mit beiden Resetpins und nicht Pin 10. Sie können auch einzelne Ausgänge unbeschaltet lassen, beispielsweise die letzten zwei vor dem Anschluss an Reset: So entsteht der Effekt, dass alle LEDs zusammen länger leuchten, bevor sie wieder alle ausgeschaltet werden.



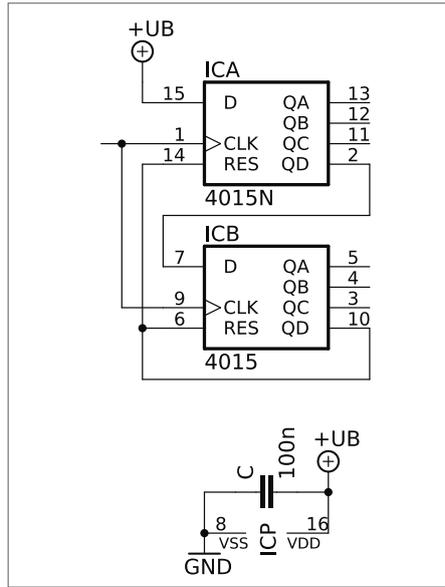
Der Timer NE555 hat schon fast 50 Jahre auf dem Buckel und gehört noch immer zu den weltweit meistverkauften Integrierten Schaltkreisen (IC). Die gezeigte Beschaltung mit Trimmwiderstand lässt die LED am Ausgang blinken.



Aufbaubeispiel für eine Lochrasterplatine. Beachten Sie die notwendigen Unterbrechungen ganz links, unter dem NE555, dem Widerstand mit 1kΩ und rechts daneben.



Laufflichtschaltung mit CMOS 4017 und bis zu zehn Ausgängen



Addierendes Licht mit CMOS 4015 und maximal sieben Ausgängen

Bei der Gestaltung müssen sie wie zuvor auf die Segmentlänge achten, sowie auf die Streifenbreite, meist 6 oder 12mm. Die biegsamen Streifen machen auch recht extreme Knicke mit, parallel verlaufende Streifen sehen aber gerade in Schriftzügen schnell unelegant aus. Machen Sie es im Zweifel wie beim Vorbild Neonröhre und setzen Sie einen Schnitt mehr und löten später ein Kabel dazwischen. Lassen Sie die Schutzfolie nach dem Lasern bis zum Schluss auf den Acrylplatten, damit keine Spuren vom Sekundenkleber auf die empfindliche Oberfläche kommen. Die Neonstreifen schneiden Sie dann passend für die einzelnen Striche der Buchstaben ab: Beginnen Sie immer an einer der rückseitigen Markierungslinien – etwas Verschnitt wird dabei anfallen. Von der Seite löten Sie die zwei Stromzuführungen auf die Pads. Am Anfang eines jeden LED-Abschnitts müssen Sie dafür noch ein Loch durch die Hintergrundplatte bohren, um die Anschlussleitungen auf die Rückseite durchzuführen.

Jetzt können Sie mit Sekundenkleber den Neonstreifen aufkleben. Im Internet gibt es zahlreiche Videos, die diese Arbeit zeigen. Über die Kurz-Links finden Sie ein paar Beispiele, die wir für Sie herausgesucht haben. Jetzt müssen Sie nur noch darauf achten, die LED-Anschlüsse an die passenden Pins Ihrer Schaltung zu löten, damit alle Elemente in der richtigen Reihenfolge aufleuchten und die Funkwellen auch tatsächlich funken. —hch

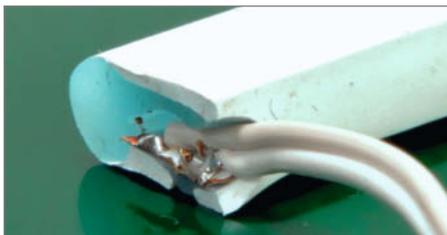
### Schild aus dem Lasercutter

Besitzen Sie einen Lasercutter, eine CNC- oder Oberfräse oder sind geschickt im Umgang mit der Laubsäge, dann können Sie Elemente wie einen Namenszug oder ein Bildelement mit den Neonstreifen optisch hervorheben. Dabei sind Sie auf die Breite der Streifen be-

schränkt, die Sie aber mit anderen Beleuchtungen einfach kombinieren können. Als Beispiel haben wir ein Motiv aus schwarzem Acryl ausgeschnitten und auf eine zweite, transparente Acrylplatte geklebt. Die bunten LED-Streifen kommen in die Aussparungen. Alternativ könnten auch passende Aussparungen in eine dicke Acrylglasplatte gelasert werden.



Unser Beispiel ist ein „Free WiFi“-Schild. Eine transparente Acrylglasplatte dient als Hintergrund. Aus einer schwarzen Platte wurden die Schrift und die angedeuteten Funkwellen ausgeschnitten.



Wenn Sie an der Unterseite eine kleine Öffnung schneiden, können die Anschlusskabel nach unten geführt werden. Die Seiten werden mit weißem Silikon abgedichtet.



Die blauen LED-Streifen haben wir hier mit einer zusätzlichen roten Hintergrundbeleuchtung für die flächige Schrift ergänzt.

# Romantischer Kerzenschein im Smart-Home

Ein verregneter Abend auf dem Sofa, gemütlich mit Kuscheldecke und Heißgetränk. Hach, jetzt wäre ein bisschen romantischer Kerzenschein schön. Mit diesem smarten Solar-Kerzen-Hack geht das auf Knopfdruck – ganz ohne Aufstehen.

von Benedikt Wenzel



Als Smart-Home-Enthusiast habe ich in der Vergangenheit in meiner selbstgebauten Steuerzentrale eine Reihe von „Szenen“ eingerichtet, mit denen ich – je nach Stimmung – Lichter, Audioplayer, Jalousien und Rollläden beliebig steuern kann. Für entspannte Abende entstand eine Szene, die meine Lichter dimmt und meine Lieblingsmusik abspielt. Wie schön wäre es doch, wenn dabei die ein oder andere Kerze angehen würde – vom Sofa aus, mit dem Smartphone auf Knopfdruck.

## Am Anfang war die LED-Kerze

Also hatte ich die Idee, die günstigen LED-Kerzen einer bekannten Möbelkette so zu modifizieren, dass ich sie fernsteuern kann. Einziges Problem dabei: Die Stromversorgung. Eine Steuerung über WLAN kam nicht in Frage, denn die allseits beliebten ESP8266-Mikrocontroller benötigen mit ihren gut und gerne 100mA viel mehr Strom, als ein kompakter Akku auf die Dauer liefern könnte. Deep-Sleep-Modi fielen ebenfalls früh raus, da man die Kerzen dann nicht hätte per Smartphone einschalten können, wenn das WLAN-Modul gerade im Stromsparmodus ist.

Also habe ich das Projekt „Smarte Kerze“ gedanklich wieder ad acta gelegt, bis ich während der Corona-Zeit über einen alten Online-Artikel der Make gestolpert bin. Dort wurde erklärt, wie die Autoren es geschafft hatten, das ZigBee-Modul einer IKEA-Trådfri-Lampe auszubauen, um es in einer eigenen, einfachen LED-Schaltung wiederzuverwenden. Mein Interesse war geweckt.

## Stromversorgung

Im Gegensatz zu WiFi-Modulen benötigen ZigBee-Module deutlich weniger Strom. Also kaufte ich mir für acht Euro die günstigste Trådfri-Birne, baute das enthaltene ZigBee-Modul aus und testete eigene Schaltungen. Damit war es möglich – bei ausgeschalteter LED – weniger als 20mA zu verbrauchen.

Grundsätzlich könnte man dieses Modul sicher noch deutlich stromsparender betreiben. Allerdings ist es dafür vorgesehen, in einer Lampe verbaut zu werden, die durchgehend an Netzspannung angeschlossen ist.

Die Lampen verwenden das sogenannte ZigBee Light Link (ZLL) Profil, das das Modul als Router innerhalb eines ZigBee-Mesh-Netzwerks betreibt. Vielleicht gibt es in Zukunft Möglichkeiten, die günstigen ZigBee-Module – ähnlich der Arduino-Familie – selbst zu programmieren. Dann könnte ich passendere, stromsparendere Software verwenden.

Nachdem ich nun eine Schaltung entwickelt hatte, um die LED-Kerze fernzusteuern, machte ich mich daran, den unvermeidlichen Akkuwechsel so lang wie möglich hinauszö-

## Kurzinfo

- » Akku in LED-Kerze einbauen
- » Zigbee-Modul aus Ikea-Lampe ausbauen
- » Smarte Kerze zu Solarlaterne erweitern

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
7 Stunden



**Kosten:**  
80 Euro



**Löten:**  
auf Lochrasterplatine löten



**Software:**  
eingestellte Smart-Home-Software vorausgesetzt

### Material

- » LED-Kerze „IKEA GODAFTON 14cm“
- » Li-Po-Laderegler TP04056
- » Linearer Spannungswandler MCP1700
- » Kondensator 1 × 100uF, 1 × 100nF
- » LiPo Akku einzellig, 3,7V, ca. 3000mAh
- » N-Channel MOSFET z.B. IRLB8721PB)
- » Widerstände 1 × 10 kOhm, 1 × 100 Ohm
- » Trådfri-Leuchtmittel z.B. E27 806lm
- » Laterne z.B. „IKEA BORRBY“
- » Diode
- » Rundkopfklemmen
- » 6 Solarzellen 5V, 90 × 30mm
- » Kabellitze zum Verbinden
- » Lochrasterplatine

### Mehr zum Thema

- » Daniel Bachfeld, Funk für Maker, Make: IoT Special, S. 36
- » Markus Ulsaß, Das steckt in Ikea Trådfri, Online-Artikel vom 31.01.2017
- » Markus Ulsaß, Trådfri: ESP8266-Lampen-Gateway, Online-Artikel vom 01.02.2017

↓ Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/x4j7](https://make-magazin.de/x4j7)

### Werkzeug

- » Montageklebeband
- » Lötkolben und Lötzinn
- » Plastikspachtel oder Plektrum
- » Spiritus
- » Schleifpapier
- » Epoxy-Kleber
- » Cutter
- » Sekundenkleber oder Heißkleber

## ZigBee

Gerade für Smart-Home-Enthusiasten, die zur Miete wohnen und daher keine aufwändige Verkabelung im Bereich der Hausautomation vornehmen können, bieten sich drahtlose Standards an. Mit ihnen kann man nachträglich Sensoren, Lichter, Schalter oder andere Aktoren miteinander verknüpfen. Spezialisierte Protokolle wie Z-Wave und ZigBee haben eine eigene Infrastruktur und benötigen daher immer einen Koordinator. Dieser ist meist in Form eines Hubs, wie zum Beispiel Philips Hue, IKEA Trådfri Gateway oder einem speziellen USB-ZigBee-Dongle mit entsprechender Software vorhanden.

ZigBee-WLAN-Geräte kommunizieren im selben Frequenzband (2,4Ghz) und haben daher eine ähnliche Reichweite. Im Unterschied zu WLAN erzeugen ZigBee-Geräte jedoch ein sogenanntes

Mesh-Netzwerk. Dabei dient jedes Gerät an Netzspannung, wie beispielsweise LED-Leuchten, als Router. Sie leiten die Kommunikation weiter und erhöhen so die Reichweite um ein Vielfaches. Ein weiterer Vorteil ist der geringere Energiebedarf von ZigBee-Geräten im Vergleich zum WLAN-Pendant. So benötigt das Modul in diesem Artikel weniger als 20mAh, um ständig empfangsbereit zu sein.

Durch das aktuelle Angebot von ZigBee-Geräten von Unternehmen wie Xiaomi oder IKEA fiel der Durchschnittspreis für ZigBee-Module signifikant. Jetzt fehlt nur noch der Aufbau einer Programmierinfrastruktur für die Module, die vergleichbar mit dem ESP8266/Arduino-Umfeld wäre. Erste Entwicklungen in diese Richtung kann man auf GitHub verfolgen.

## Projekt

gern. Die 800mAh der vorgesehenen AA-Akkus würden im Smart-Home nur knapp zwei Tage halten.

### Ein Projekt – drei Ergebnisse

So entstand schließlich ein Projekt in drei Ausbaustufen. Charmant ist dabei, dass – obwohl

die einzelnen Stufen aufeinander aufbauen – mit jedem der drei Abschnitte ein fertiges, alleinstehendes Produkt entsteht.

Im ersten Schritt habe ich der LED-Kerze einen stärkeren Akku verpasst und als praktische Zusatzfunktion eine USB-Ladebuchse eingebaut. Danach habe ich mich um die Verbindung der LED-Kerze mit dem Smart Home

durch den Einbau des ZigBee-Moduls gekümmert. Als Krönung habe ich eine Laterne des schwedischen Möbelhauses zur Solar-Ladestation für die LED-Kerze umgebaut, so dass ich das manuelle Akkuladen künftig komplett los bin. So kann man selbst entscheiden, ob man die Laterne nur nachhaltiger oder auch zur smarten Version umbauen möchte.

## Teil 1: LED-Kerze mit Li-Po Akku ausrüsten

Zunächst musste ich die Bodenplatte von der Kerze lösen. Das ging am einfachsten, wenn ich ein wenig Reinigungsbenzin oder Spiritus in die Ritze laufen ließ, um etwaigen Kleber aufzulösen. Danach konnte ich den Boden ringsherum mit Geduld und einem Plastikspachtel langsam aufhebeln ①. Wichtig: Keinen Schraubendreher verwenden! Wer sich hier Zeit nimmt, erspart sich hässliche Bruchspuren am Außenmantel der Kerze.

Nachdem ich den Boden der Kerze abgenommen hatte, entfernte ich die Zuleitung des Batteriefaches an der Steuerplatine mithilfe meines Lötkolbens.

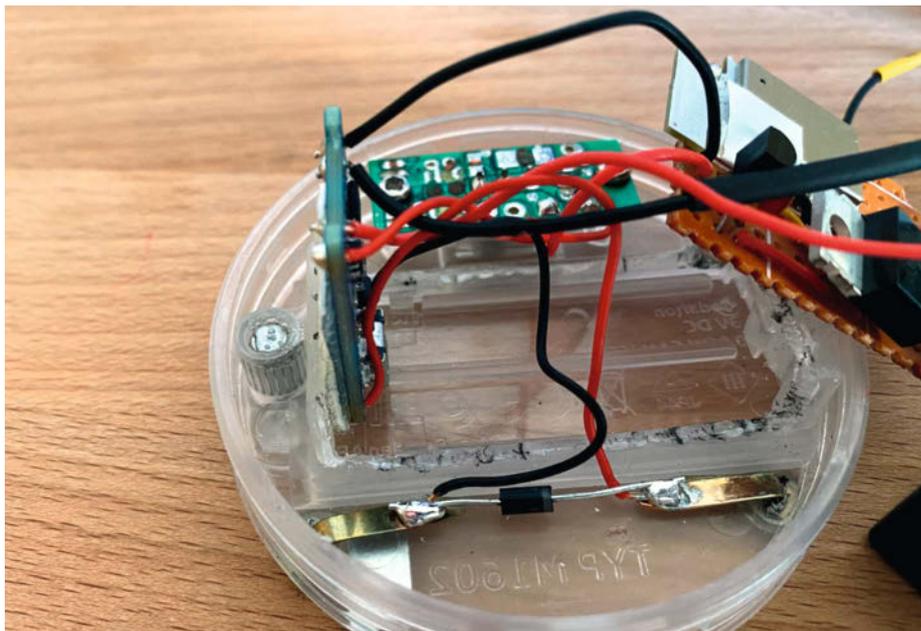
Da ich das Batteriefach für die zwei AAA-Batterien nicht mehr benötigte, konnte ich es vorsichtig vom Rest der Bodenplatte entfernen. Am besten eignet sich dafür eine kleine Trennscheibe. Die Kanten lassen sich mit etwas Schmirgelpapier entgraten. Die metallenen Anschlussstellen schnitt ich ebenfalls heraus. Dabei unbedingt die Stirnseiten des Batteriefachs stehen lassen. Dort konnte ich später meinen Laderegler gut ankleben. Das Batteriefach muss so herausgeschnitten werden, dass der wasserdichte Deckel weiterhin aufgeschraubt werden kann ②.

### Akku einbauen

Nun verband ich den Li-Po Akku mit dem TP4056 Ladereglermodul. Wie man den richtigen Akku für dieses Projekt auswählt, steht in der Infobox. Den Ausgang des Moduls schloss ich an den Eingang des linearen Spannungsreglers MCP1700 an. Außerdem verband ich die Massenpins. Der Spannungsregler MCP1700 zeichnet sich durch einen sehr geringen Ruhestrom aus, was für eine lange Akkulaufzeit sorgt.

Das Ladereglermodul klebte ich nun mit Montageklebeband oder starken Epoxy-Kleber an die Stirnseite des entfernten Batteriefachs. Und zwar so, dass man nach dem Öffnen des Batteriefachdeckels den Mikro-USB-Anschluss mit einem Ladegerät verbinden kann, um den Akku per Netzspannung aufzuladen ③.

Nun konnte ich mich entscheiden, ob mein Projekt eine Fernsteuerungsmöglichkeit über



② Batteriefach ausschneiden



③ Trådfri zerlegen

# ALLNET MAKER & MINT WELT



1 Boden der Kerze entfernen

ZigBee enthalten soll oder ob ich lediglich die Kerze um einen größeren Akku und eventuell eine Solarladestation erweitern möchte. Im Falle der Steuerung per ZigBee geht es nun mit Teil 2 des Projektes weiter.

Ohne ZigBee-Steuerung hätte ich nun den Ausgang des Spannungsreglers sowie dessen Masse mit dem Platz der originalen Steuerplatine der Kerze verbinden können. An dieser Stelle hatte ich zu Beginn die Anschlüsse des alten Batteriefachs entfernt. Die Kerze könnte nun wie gewohnt – jedoch mit deutlich längerer Laufzeit – verwendet werden. Außerdem habe ich die Möglichkeit geschaffen, die Kerze einfach per Mikro-USB-Ladegerät zu laden. Wer die ZigBee-Steuerung nicht benötigt, kann trotzdem mit dem Bau der Solarladestation in Teil 3 fortfahren und Teil 2 überspringen – und im Zweifel später noch nachrüsten.

## Lipo-Akkus

Lithium-Polymer-Akkumulatoren eignen sich auf Grund Ihrer kompakten Bauweise, der vergleichsweise hohen Kapazität und Ihrer Nennspannung von 3,7V pro Zelle gut für dieses Projekt. Grundsätzlich kann jeder einzellige Li-Po-Akku mit dem TP4056 Laderegler eingesetzt werden. Da in der LED-Kerze leider wenig Platz ist, sind die Akku-Packs mit rechteckiger Grundfläche vorzuziehen. Diese sind mit einer Kapazität von bis zu 3500mAh verfügbar. Ich habe einen zylindrischen Akku des Typs 18650

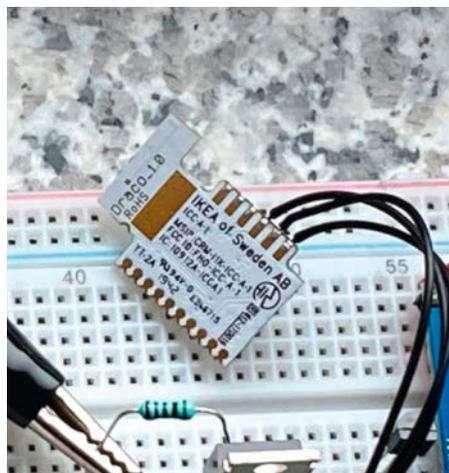
verwendet. Das kann ich im Nachhinein nicht empfehlen, da er sich nur mit viel Mühe in der Kerze unterbringen lässt.

Bitte unbedingt Vorsicht beim Umgang mit den Li-Po-Akkus walten lassen! Diese können bei falscher Handhabung (Tiefentladung, Kurzschluss, etc.) Feuer fangen und somit Sach- und Personenschaden verursachen. Auch sollte man vermeintlich günstige Akkus aus unseriösen Quellen vermeiden.

## Teil 2: LED-Kerze per ZigBee-Modul an Smart-Home anbinden

Als erstes benötigte ich ein Trädfri ZigBee-Modul zum Ansteuern von LED-Lampen. Dazu besorgte ich mir vom schwedischen Möbelhaus ein günstiges LED-Leuchtmittel. Ich verwendete das Produkt „E27 806 lm“, das mit 8 Euro aktuell die günstigste Option ist.

Von der Birne schnitt ich mit einem Cuttermesser oder einer kleinen Trennscheibe den Plastikkopf ab. Danach gelangte ich – durch Lösen der nun sichtbaren Schrauben und etwas Hebeln – mit einem kleinen Schraubenzieher an die Steuerplatine. Das weiße Trädfri-Modul steckt senkrecht auf der Trägerplatine und schaut oben durch das LED-Modul 4. Mit einem Lötkolben konnte ich es leicht von der Trägerplatine lösen. Dabei vorsichtig vorgehen, damit das Modul nicht beschädigt wird.

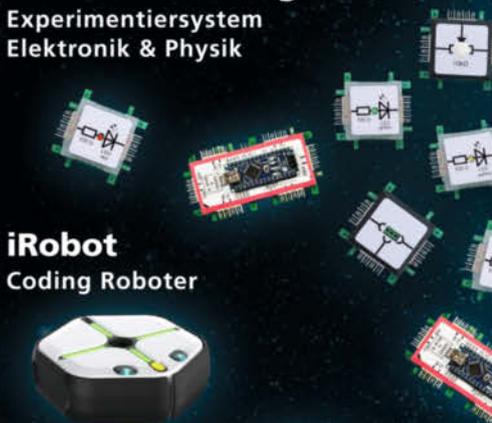


4 Trädfri-Modul anschließen

• **Snapmaker**  
3-in-1 3D Drucker,  
Fräser & Laser



• **Brick'R'knowledge**  
Experimentiersystem  
Elektronik & Physik



• **iRobot**  
Coding Roboter



• **RoboBlox**  
MINT Roboter



• **MatataLab**  
Coding ab  
4 Jahren

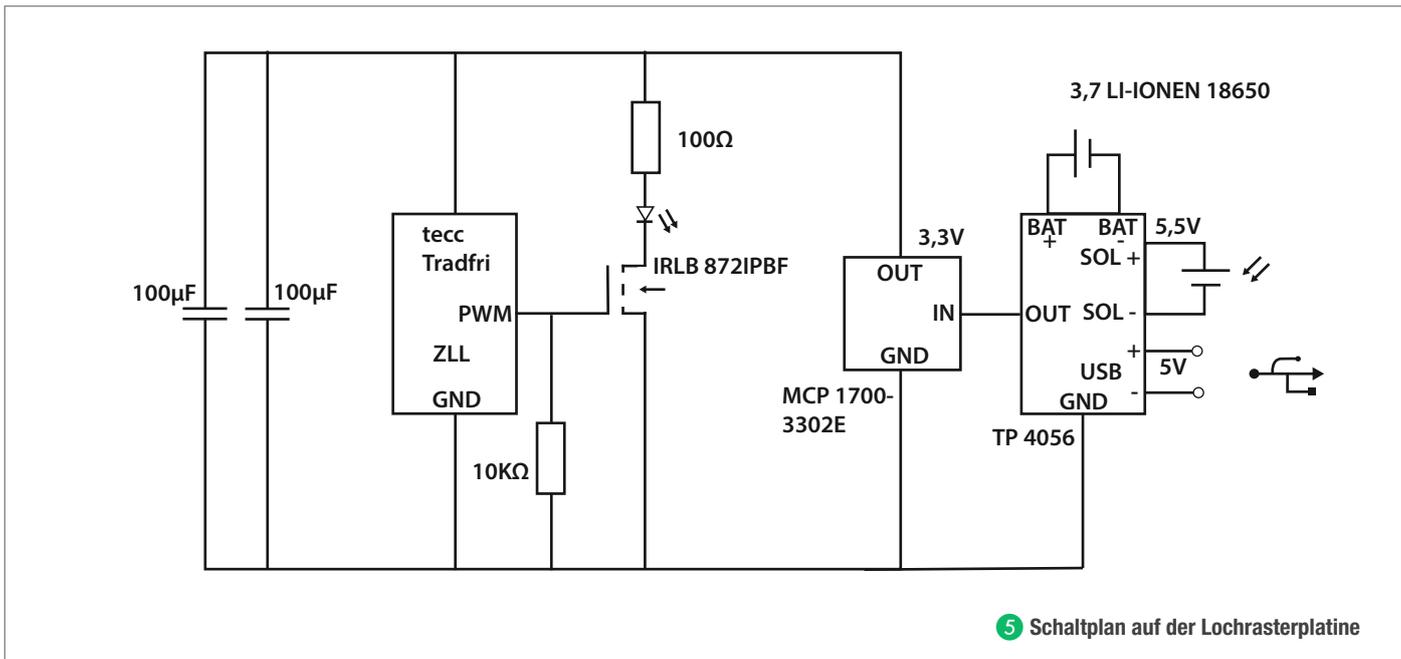


• **3Doodler**  
MINT 3D Stift



• **Arduino**





### Löten

Nun lötete ich das Trådfri-Modul zusammen mit dem linearen Spannungswandler, dem MOSFET für das Ansteuern der LED und den anderen Bauteilen möglichst kompakt auf eine Lochrasterplatine **5** **6**. Die Kondensatoren dienen dabei zum Glätten etwaiger Spannungsspitzen. Die Pinbelegung des Trådfri-Moduls ist dabei wie folgt: Angeschlossen werden nur die drei unteren Pins auf der Seite des kleinen „Fähnchens“ der Platine. Von unten nach oben sind die Pins: Vcc, GND, Ausgang (PWM).

### Kerzenflackern

Das Trådfri-Modul gibt über den Ausgangspin ein pulsdauermoduliertes Signal (PWM) aus,

das ich über die Smart-Home-Zentrale steuern kann. Damit wird die LED später gedimmt. Auch der in der Kerze vorhandene Chip erzeugt ein unregelmäßiges PWM-Signal, um das Flackern einer Kerze zu simulieren. Würden wir nun das bereits modulierte Signal an den Eingang des Kerzenchips legen, würden sich das PWM-Signal des Dimmers mit dem PWM-Signal der Kerze überlagern. Außerdem besitzt der eingebaute Chip der Kerze eine automatische Abschaltlogik. Ich habe daher beschlossen, auf das eingebaute Flackern der Kerze zu verzichten – zugunsten der vollständigen Kontrolle über das Smart-Home.

Das Flackern der Kerzen kann ich später über die Dimmfunktion direkt in der Smart-Home-Zentrale steuern. Daher habe

ich sämtliche Bauteile der Steuerplatine der Kerze entfernt und nur den Schalter zwischen den Laderegler und dem Spannungsregler geschaltet. So kann ich die ganze Kerze inklusive des ZigBee-Moduls ausschalten, sollte ich sie längere Zeit nicht verwenden. Die Anschlussdrähte der LED entfernte ich anschließend von der originalen Steuerplatine und schaltete sie, gemäß Schaltplan, mit einem Vorwiderstand zwischen Spannungsregler und MOSFET.

### Ins Smart Home einbinden

Im letzten Schritt musste ich die Kerze an die vorhandene Smart-Home-Zentrale anlernen. Das Modul ist selbstverständlich mit den original Trådfri-Steuermodulen und dem Trådfri Hub kompatibel. Mit dem Hub könnte die Kerze auch mit Alexa per Sprachbefehl ein- und ausgeschaltet werden. Außerdem sollte eine Ansteuerung über ein Philips Hue-Hub möglich sein.

Ich verwendete die Open Source Software Home Assistant, zusammen mit dem ConBee-Stick, um die Kerze per ZigBee anzusteuern. Der ConBee-Stick ist ein ZigBee-USB-Gateway. Mehr Informationen zu Protokollen wie ZigBee und Z-Wave gibt es in der Infobox „ZigBee“.

Zum Anlernen in meinem Smart-Home schaltete ich, wie in der Originalanleitung der ursprünglichen Trådfri-Leuchte beschrieben, innerhalb von fünf Sekunden die Kerze sechs Mal an und aus. Danach sollte das Modul zurückgesetzt sein. Die Kerze wurde zur Bestätigung kurz heller und dunkler. Nun führte ich das Pairing nach Anleitung meines Smart-Home-Steuergeräts durch.



**6** Schaltung auf der Lochrasterplatine

## Teil 3: Eine Solarladestation für die Kerze

Im letzten Teil meines Projektes baute ich mir eine smarte Solarlaterne, die sich im Garten genauso gut macht wie im Wohnzimmer. Dafür wollte ich den Solarzellen-Anschluss des TP4056-Ladereglers verwenden.

Um die Kerze später einfach mit der Ladestation verbinden zu können, fügte ich Bodenkontakte hinzu. Über diese ist die Kerze später – durch einfaches Hineinstellen – mit den Solarmodulen der Laterne verbunden. Dafür bohrte ich zwei Löcher durch zwei der drei kleinen Plastikfüßchen des Kerzenbodens.

Als Kontakt verwendete ich zwei Rundkopfklemmen, die normalerweise für Warensendungen verwendet werden. Diese schob ich durch die Bohrlöcher am Boden und befestigte sie mit Sekundenkleber oder Heißkleber. Als Verpolungsschutz verwendete ich eine Diode.

Die Klammern verband ich mit dem Eingang für Solarzellen auf dem TP4056-Modul. Damit war die Kerze fertig. Weiter ging es mit der Laterne.

### Solarlaterne

Um herauszufinden, wie viele Solarzellen ich benötige, gibt es im Internet mehrere brauchbare Rechner. Diese geben an, welche maximale Solarenergieausbeute pro Quadratmeter Solarzellen abhängig vom Wohnort und Neigungswinkel möglich ist. Bei mir sind es 0°, da die Zellen flach auf die Laterne geklebt werden. Da ich günstige, polykristalline Zellen einsetzen möchte, gehe ich insgesamt von einem Wirkungsgrad von 20 Prozent aus. Die Kerze inklusive ZigBee-Modul benötigt etwas 450mAh pro Tag, wenn sie etwa vier Stunde lang brennt.

Daher verwendete ich sechs 90 × 30mm polykristalline Solarzellen mit einer Nennspannung von 5V in Parallelschaltung. Damit erzeugt man einen Ladestrom von ca. 250mA – an einem sonnigen Frühlingstag gemessen. Das sollte reichen. In Zeiten mit wenigen oder keinen Sonnenstunden (November bis Dezember) kann ich die Kerze jederzeit per Mikro-USB-Ladegerät laden. Ein Akku mit 3200mAh hält ganz ohne Sonne etwa eine Woche durch. Sollte dann immer noch nicht genügend Sonne in Sicht sein, kommt die Kerze einfach per Mikro-USB an die Steckdose.

Die Solarzellen schaltete ich in Reihe und befestigte sie auf dem Dach der Laterne **7**. Dabei war es wichtig, die Kontakte auf der Rückseite durch einen Klecks Heißkleber zu isolieren. Ansonsten würde es auf der Metalllaterne oder im Regen zu Kurzschlüssen kommen. Zur Montage der Zellen verwendete ich Montageklebeband aus dem Baumarkt.

Die Anschlüsse der Solarzellen führte ich in die Laterne. Als Kontakt verwendete ich einfache Unterlegscheiben. Diese werden im Abstand der Rundkopfklemmen im Kerzenboden auf den Laternenboden geklebt. Dabei musste ich auf die richtige Polung achten und darauf, dass die Kontakte nach unten zum Metallboden der Laterne isoliert sind.

TP4056-Module haben eine LED, die beim Ladevorgang rot leuchtet. Damit kann ich auch ohne Strommessgerät überprüfen, ob alle Verbindungen korrekt angeschlossen sind und die Kerze lädt.

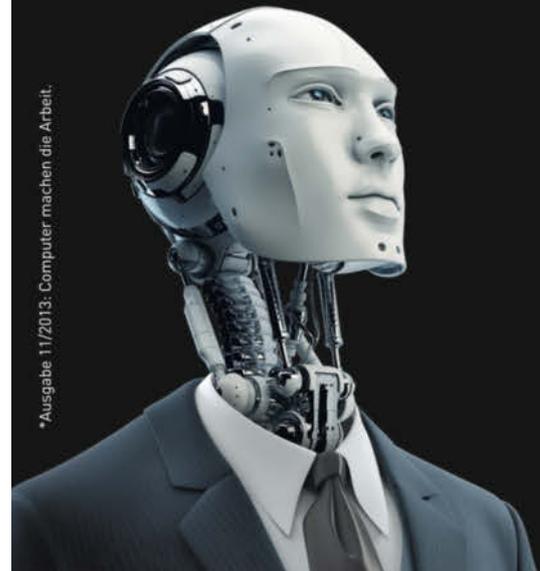
Jetzt kann ich meine Kerzen mit meinem Smartphone steuern – und dem entspannten Abend auf dem Sofa steht nichts mehr im Weg. —rehu



**7** Solarzellen in Reihe schalten

**Technology Review**  
Das Magazin für Innovation

Alle reden heute über die Zukunft der Arbeit – wir seit 2013.\*



\*Ausgabe 11/2013: Computer machen die Arbeit.

Testen Sie mit 35% Rabatt  
3 Ausgaben Technology Review.

Lesen, was wirklich zählt in Energie,  
Digitalisierung, Mobilität, Biotech.



+ Ihr  
Geschenk:



Smartwatch

Jetzt bestellen:  
[trvorteil.de/testen](http://trvorteil.de/testen)

+49 541/80 009 120

leserservice@heise.de

# Wettbewerb: Zeit für ein Makerspace-Upgrade!

Chaos in der Werkstatt? Baut euch doch einfach selbst die Lösung – vom Filamentrollenhalter über Acrylglasbiegemaschinen bis zum Cocktailroboter. Dokumentiert den Projektaufbau auf unserer Plattform *Make Projects* und gewinnt tolle Preise für euren Makerspace, euer FabLab, eure offene Werkstatt oder euren Hackerspace!

von Rebecca Husemann

**M**it den Jahren sammelt sich schon einiges an Elektroschrott, dauerhaften Übergangslösungen und halbgenutzten Einbauten in jedem innig geliebten Makerspace an. Seit der kaputte Getränkeautomat quer im Flur steht, kann niemand mehr auf die Toilette („Den reparier ich noch!“), für den Lasercutter „Marke Eigenbau“ fehlt noch eine Abluft-Lösung und es steht mal wieder ein Mitglied im Regen vor verschlossener Tür, weil noch niemand einen digitalen Türöffner implementiert hat. Das muss doch nicht sein.



## Zeigt uns eure Makerspace-Hacks

Die beste Lösung? Die kennt ihr selber. Also ran ans Werkzeug: Zeigt uns eure besten Makerspace-Hacks und Helferlein, vom misanthropischen Saugroboter über elabourierte Schlüsselsysteme bis zur praktischen Aufbewahrung für Kleinstelektronik. Und wenn ihr dieses Jahr schon nicht auf einem selbstfahrenden Sofa quietschend über den *Congress* schippern könnt – bereichert uns auf *Make Projects* mit einer Bauanleitung dafür. Viele coole Projekte habt ihr sicher schon im Laufe der Zeit umgesetzt; die warten nur darauf, endlich mal dokumentiert zu werden.

## Die Challenge

Erschafft Helferlein oder Projekte, die euren Space verbessern! Den Ideen sind dabei keine Grenzen gesetzt. Meldet euch gemeinsam als Team für euren Makerspace auf *Make Projects* an – das gilt natürlich auch für offene Werkstätten, FabLabs, Hackerspaces und Co. Erstellt ein Projekt bei *Make Projects* und dokumentiert dort in Bild und Text, wie ihr alles gebaut habt. Je detaillierter die Schritt-für-Schritt-Anleitung, desto besser.

Ladet anschließend noch ein kurzes Video hoch, in dem ihr das fertige Ergebnis kurz vorstellt. Dank unseres Projekttools könnt ihr auch

gemeinsam an der Ideenskizzierung weiterarbeiten, selbst wenn ihr nicht am gleichen Ort seid (Hallo Corona).

Die besten drei Projekte werden von unserer Jury gekürt. Wir achten dabei besonders darauf, wie originell (besser gesagt: „awesome“) euer Projekt ist, wie gut man es mit eurer Dokumentation nachbauen kann und wie das Preis-Leistungs-Verhältnis aussieht.

## Gewinne? Gibt's natürlich auch:

Wir prämiieren die drei besten Projekte mit je einem praktischen Präsentkorb voller Equipment, das jeder Space gebrauchen kann: Darin findet ihr eine 14-teilige Werkzeugtasche für Elektronikprojekte von *Knipex*, ein Set mit dem *Pro Tech Toolkit* und der magnetischen Projektmatte von *iFixit* und Filamentsets mit fünf Rollen PETG in unterschiedlichen Farben vom Filamenthersteller *3dk.berlin*. Aber noch viel wichtiger: Die tollsten Projekte (und natürlich auch der entsprechende Makerspace) werden hier im *Make-Magazin* vorgestellt.

Die Einreichfrist endet am 31. Januar 2021. Wir freuen uns auf eure Projekte!

Mehr Infos und die Anmeldung findet ihr unter: [makeprojects.com/de/makerspace-challenge](https://makeprojects.com/de/makerspace-challenge)  
—rehu

## Kurzinfo

- » Ein cooles Projekt bauen, das euren Space verbessert
- » Euer Projekt auf *Make Projects* dokumentieren
- » Praktische Werkzeuge und Materialien gewinnen

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xafh](https://make-magazin.de/xafh)



# Kostenlose Artikel für Lehrer

Unter dem Motto „Leichter lehren mit verständlichen Projekten“ hat Make unter [www.make-magazin.de/education](http://www.make-magazin.de/education) ein neues Angebot gestartet, das sich an Lehrerinnen und Lehrer von MINT-Fächern richtet. Auf unserer neuen Web-Seite „Make Education“ stellen wir jeden Monat 6 kostenlose Artikel als PDF zum Download bereit. Die PDFs sind ausgewählte Artikel aus früheren Make-Ausgaben und enthalten Projekte, die sich thematisch gut in den MINT-Unterricht oder in Projekten oder Projektwochen einbinden lassen.

Los geht es unter anderem mit Artikeln zum Bau eines Spektroskops aus Haushaltsmitteln, einer elektronischen Orgel, Stromerzeugung mit Piezo- und Peltierelementen, einem Holographie-Mikroskop aus 3D-Druckteilen und einem Pi sowie Magnetismus-Experimenten mit Ferrofluiden. Im Unterschied zu herkömmlichen MINT-Unterrichtsmaterialien bieten viele Artikel der Make Inhalte mit aktuellen Techniken und Alltagsbezügen der Schülerinnen und Schüler wie Smartphone, Internet, Social Media, IoT, WLAN, 3D-Druck, Sound, Licht, Gaming, E-Mobilität, Robotik, KI usw.

Die Vorteile des projektbezogenen Lernens liegen in der Wirkung des aktiven Handelns für einen besseren Lernprozess. Learning by doing, Learning from experience fördert das Verstehen des Themas, statt nur Wissen darüber anzusammeln. Der Lernprozess wird als positive Erfahrung erlebt. Je erfolgreicher und zufriedener die Schüler, desto besser und leichter für die Lehrerinnen und Lehrer.



Um die PDFs kostenlos herunterladen zu können, ist eine einmalige Registrierung erforderlich. Ein monatlicher Newsletter informiert Sie über neu hinzugekommene Artikel und in welchen Fächern und Altersgruppen sie passen. Darüber hinaus sucht Make engagierte Lehrerinnen und Lehrer, die Lust haben, Maker-Projekte in den Unterricht zu bringen und der Redaktion dabei helfen, weitere Make-Artikel aufzubereiten und daraus Unterrichtsmaterialien zu erstellen, die wir im

Rahmen von Make Education kostenlos zur Verfügung stellen. Bei Interesse: **Mail an [info@make-magazin.de](mailto:info@make-magazin.de)** —dab

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x3ge](http://make-magazin.de/x3ge)

<p>Elektronik verstehen und gleichzeitig ein Last-Minute-Weihnachtsgeschenk basteln. Klasse: ab 9 Fächer: Physik <b>Jetzt downloaden</b></p>	<p>Mit Pappstern verbessert man den Handy-Sound. Wir haben verglichen, was besser klingt. Klasse: ab 8 Fächer: Physik, Musik <b>Jetzt downloaden</b></p>	<p>Mit Haushaltsmitteln bauen wir einen einfachen Feuchtigkeitssensor. Klasse: ab 8 Fächer: Physik, Chemie, Bio <b>Jetzt downloaden</b></p>	<p>Mit Reißnägeln und Bauteilen für ein paar Cent bauen wir eine kleine elektronische Orgel. Klasse: ab 9 Fächer: Physik, Musik <b>Jetzt downloaden</b></p>	<p>Selbst gefaltet versteht man die Aerodynamik der Papierflieger und wie man sie verbessert. Klasse: ab 8 Fächer: Physik <b>Jetzt downloaden</b></p>	<p>Malen statt löten: Mit leitfähige Tinte zeichnet man Schaltungen und erklärt Stromfluss. Klasse: ab 7 Fächer: Physik, Chemie <b>Jetzt downloaden</b></p>
--	--	---	---	---	---

# Preiserhöhung

Neue Preise ab Make 1/2021: Ab Ausgabe 1/2021 erhöht sich der Preis für die einzelne Make-Ausgabe in Deutschland von 10,90 Euro auf 12,90 Euro. Das Print-Abonnement kostet dann 77,00 Euro. Unser Digital-Abo (PDF zum Runterladen, mobiles Lesen mit iOS/Android & Kindle Fire, überall online

Lesen auf [heise.de/magazine](http://heise.de/magazine)) beläuft sich ebenfalls auf 77,00 Euro. Das Plus-Abo enthält für 83,30 Euro 7 Make-Ausgaben im Jahr, Zugriff auf das Artikelarchiv sowie das Digital-Abo. Weitere Infos wie die Preise für Studenten finden Sie im Impressum der Make 1/2021. —dab

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x3ge](http://make-magazin.de/x3ge)

# Interaktive Klimakasse mit ESP8266

Der eigene, jährliche CO<sub>2</sub>-Fußabdruck lässt sich auf spielerische Weise mit der Klimakasse abschätzen. Das anschauliche und interaktive Medium eignet sich besonders für den Unterricht und öffentliche Infostände.

von David Traum



**D**rei Flugreisen, viel exotisches Obst und Strom aus dem konventionellen Kraftwerk – das macht schon mal 13,5 Tonnen CO<sub>2</sub>-Verbrauch pro Jahr. Mit der Klimakasse bekommen Interessierte in wenigen Minuten ein Gefühl dafür, wie hoch ihr CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist und wie viel die Bereiche Konsum, Mobilität, Ernährung und Energie dazu beitragen. Ich habe sie für die Greenpeace-Gruppe Wuppertal entwickelt, wo sie künftig bei Infoständen zum Einsatz kommen wird.

Zur Kasse gehören eine Reihe an 3D-gedruckten Modellen mit eingebautem NFC-Tag-Sticker, welche verschiedene Lebensbereiche und Konsumgewohnheiten repräsentieren. Ein Windrad steht für den Gebrauch von Ökostrom, während ein Kraftwerk für konventionelle Energie steht. Wer sich eine zweiwöchige Kreuzfahrt gegönnt hat, scannt das Kreuzfahrtschiff und hohe Ausgaben für Unterhaltungselektronik symbolisiert ein großes Handy. Jeder Teilnehmer wählt die auf ihn zutreffenden Modelle und zieht sie über den verbauten NFC-Scanner. Die gescannten Eingaben werden vom Mikrocontroller, einem ESP8266, erkannt und jeweils auf dem Bildschirm mit ihrem „Preis“, also dem jeweiligen jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß, aufgelistet, ähnlich wie auf einem Kassensbon. Ein Piezo-Buzzer sorgt noch für die passenden Geräusche.

Das Ergebnis soll an den Infoständen der Ausgangspunkt für Diskussionen und Tipps zur Senkung des eigenen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes sein. Über die Klimakrise hinaus ließe sich das Projekt zu einer Spielzeugkasse umgestalten. Ein ähnliches Projekt ist auch der Kinder-Lautsprecher TONUINO aus Make 5/18, der zu selbst gestalteten RFID-Karten die passenden Lieder abspielt.

## Bau des Gehäuses

Das Gehäuse der Kasse besteht aus zwei Teilen: Dem unteren Teil, in dem sich der Mikrocontroller und der Scanner befinden, und dem oberen Teil, welcher das Display hält. Die beiden Teile sind über ein Scharnier verbunden. Der untere Teil ist wie eine Kiste aufgebaut, während der obere Teil nur aus einer Holzplatte mit dem eingelassenen Display besteht. Die Abmessungen ergaben sich aus der Displaygröße, zu der ich noch etwas Platz für das Scharnier gerechnet habe. Außerdem wird die Kasse durch ihre Größe zum Blickfang auf Infoständen – prinzipiell würde die Elektronik auch in eine kleinere Box passen.

Zuerst habe ich für den unteren Teil die folgende Stücke aus dem dünnen Sperrholz ausgesägt, das als Verschnitt schon auf dem Weg auf den Sperrmüll war. Von allen Abmessungen werden zwei Teile benötigt.

- Bodenplatte und Deckel: 22cm × 20cm
- Seitenwände: 20cm × 6cm
- Vorder- und Rückwand: 22cm × 6cm

## Kurzinfo

- » Interaktives Projekt für Öffentlichkeitsarbeit
- » NFC-Tags in 3D-Modelle eindrucken
- » Nextion-Touchdisplay gestalten

### Checkliste



#### Zeitaufwand:

5 bis 6 Stunden aktiv,  
ca. 40 Stunden 3D-Druck



#### Kosten:

ca. 200 Euro

### Mehr zum Thema

- » Florian Schäffer, Intelligenter Grafik-Touchscreen, Make 5/18, S. 70
- » Philip Jenke, Kinderkasse, Make 2/17, S. 72
- » Rebecca Husemann, Slicer Shootout, Make 4/20, S. 90

↓ Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xvbw](http://make-magazin.de/xvbw)

### Material

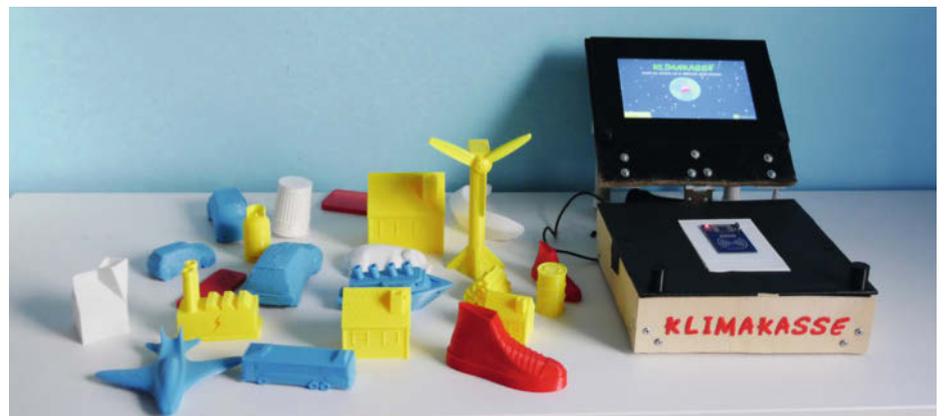
- » Arduino Board mit SPI und serieller Schnittstelle (z.B. ESP8266 NodeMCU)
- » Nextion-Touchscreen, 7", mit Gehäuse
- » MFRC522 RFID-Reader
- » 30x NFC-Sticker (z.B. NTag216)
- » Piezo-Buzzer
- » USB-Mikro-Kabel und Netzteil oder Powerbank
- » USB-Seriell-Wandler TTL (oder Arduino Uno und 2. USB-Netzteil)
- » Jumperkabel
- » Breadboard mit mindestens 20 Reihen
- » 2x 12cm PVC-Rohr (20mm Durchmesser), ggf. 3D-gedruckt
- » 18x 3mm Gehäuseschrauben mit Muttern
- » dünnes Sperrholz (z.B. 70cm × 30cm)
- » Holz, mind. 10mm dick, (22cm × 20cm)
- » ein Scharnier
- » möglichst verschiedenfarbige 3D-Druck-Filamente

### Werkzeug

- » Stichsäge
- » Heißklebepistole
- » Optional: Nietenzange mit 3mm Nieten, ansonsten 3mm Schrauben (je 16 Stück)

Die Vorder- und Rückwand sind zuerst identisch; in eine der Platten müssen dann zwei Löcher mit je 10mm Durchmesser gebohrt werden. Eins davon sollte unten links in der Ecke sein und das andere in der oberen rechten Ecke, jeweils mit 10mm Abstand vom Rand. Durch diese Löcher werden später das USB-Kabel und die Kabel des Displays in das Gehäuse geführt.

Die Bodenplatte habe ich anschließend durch Eckwinkel mit den Wänden verbunden. Die Winkel sind im Baumarkt erhältlich, alternativ gibt es auch zahlreiche, frei zugängliche 3D-Vorlagen im Internet, die gedruckt werden können. Am einfachsten ist es, die Winkel durch Niete mit den Brettern zu verbinden, aber es können auch Gehäuseschrauben verwendet werden. Diese

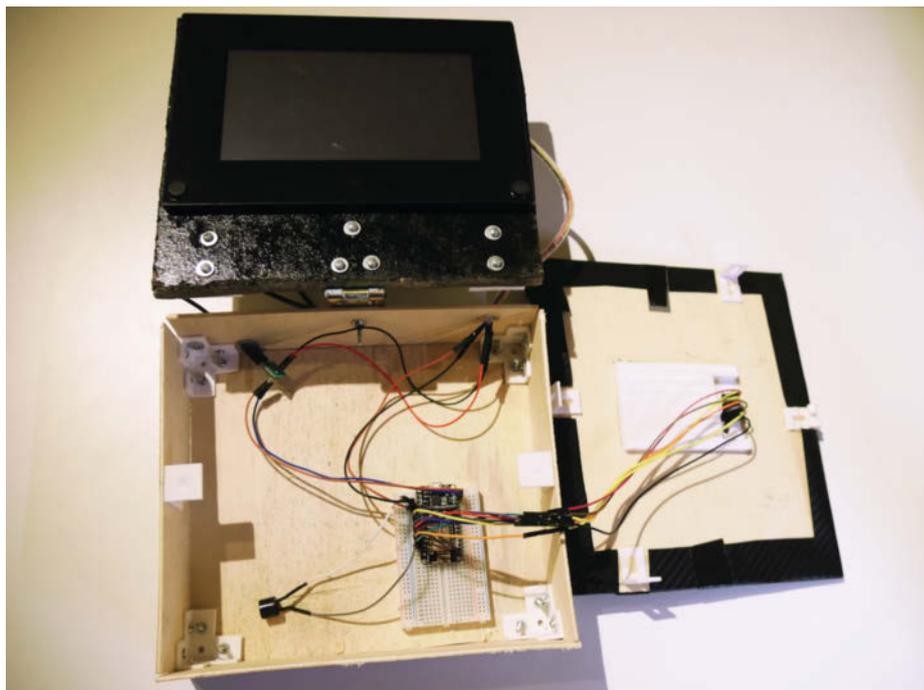


Die Klimakasse mit den verschiedenen 3D-Modellen

## RFID und NFC

RFID steht für Radio-Frequency IDentification – ein Sender-Empfänger-System, das über Radiowellen kommuniziert. Neben einem Lesegerät werden aktive oder passive Tags eingesetzt. Während aktive Tags eine eigene Spannungsversorgung haben, werden die Daten passiver Tags nur ausgelesen, wenn sie vom Lesegerät drahtlos mit Spannung versorgt werden.

Die Kopplungsmethode NFC („Near Field Communication“, deutsch „Nahfeldkommunikation“) basiert auf der RFID-Technologie und ermöglicht prinzipiell den Datenaustausch in beide Richtungen zwischen zwei Geräten. In diesem Projekt lesen wir allerdings nur die Infos der passiven NFC-Tags NTag216 mit dem RFID-Lesegerät MFRC522 aus.



Der ESP wird später auf einem Breadboard im Inneren der Kasse befestigt.

müssen eventuell gekürzt werden, falls der Platz nicht reicht.

Auf dem Deckel habe ich den MFRC522 RFID-Reader mittig platziert und die Position der Pinleiste aufgezeichnet, um hier einen 3mm breiten Schlitz zu sägen. Ist dies geschehen, kann man die Deckelplatte noch hübscher gestalten und sie schwarz lackieren oder mit einer Folie bekleben. Damit sie stabil aufliegt, habe ich an den oberen Rändern der Wände weitere Winkel angebracht, die nach innen zeigen und den Deckel stützen. Der untere Teil des Gehäuses ist nun so gut wie fertig.

Als nächstes habe ich eine Holzplatte ausgesägt, die als Halterung für das Nextion Display dient. Die Platte sollte die gleichen

Abmessungen wie die Grundfläche der Kasse haben (hier: 22cm×20cm). Da die Platte viel Fingerdrücken auf das Touchdisplay aushalten muss, habe ich dickeres Holz (10mm dick) gewählt. Wer ein Display ohne Gehäuse nutzt, kann dieses später über die Löcher an den Ecken direkt auf der Holzplatte festschrauben. Für ein Display mit Gehäuse sollte ein Ausschnitt in die Holzplatte gesägt werden, damit das Display passend eingelassen werden kann. Die Verwendung eines Displays mit Gehäuse hat vor allem optische Vorteile, bietet aber auch weniger Angriffspunkte für neugierige Hände. Das Display habe ich an der oberen Kante der Platte platziert, da ich unten

Raum für die Befestigung der Stützen und des Scharniers benötigte.

Sowohl die Stützen als auch das Scharnier habe ich auf der Rückseite der Displayplatte befestigt. Die Halterung für die Stützen liegt als 3D-Modell vor und kann nachgedruckt werden. Man benötigt zwei Stück, die rechts und links außen auf der Rückseite der Display-Platte mit jeweils zwei 3mm Schrauben befestigt werden. Als Stützen selbst nutze ich zwei 12cm lange Rohre. Am einfachsten lassen sich Stücke aus einem PVC-Rohr aussägen, allerdings könnten die Rohre auch 3D-gedruckt werden. Sie werden beim Aufstellen der Kasse in die Halterungen gesteckt.



Hinten stützen zwei PVC-Rohre das Display ab.



Auf der Unterseite ist der eingedruckte NFC-Tag-Aufkleber sichtbar.

Schließlich habe ich den oberen Teil über ein Scharnier mit dem unteren Teil verbunden. So kann die Kasse später zusammengeklappt und platzsparend transportiert werden. Das Scharnier ist auf der Rückseite der Displayhalterung und auf der Außenseite der Rückwand des unteren Gehäuses mit einigen 3mm-Schrauben befestigt.

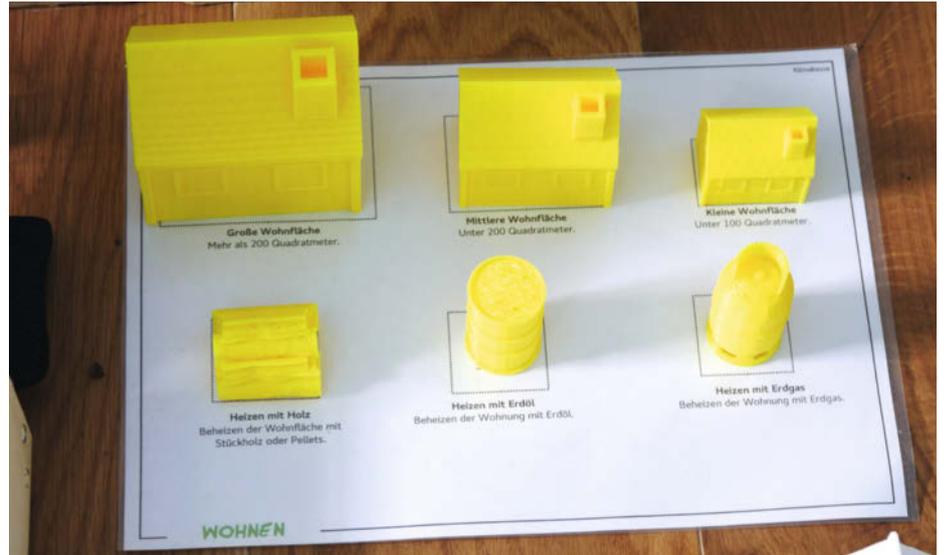
### Druck der Modelle

Für die 3D-gedruckten Modelle habe ich im Internet Vorlagen unter der Creative Commons gesucht, zum Beispiel auf der 3D-Druck-Plattform Thingiverse (Liste siehe Link in der Kurzinfo). Die Schwierigkeit bestand darin, die NFC-Tags richtig in die Modelle zu integrieren. Nötig sind Modelle mit einer flachen Grundfläche, die mindestens so groß ist wie ein Aufkleber. Da ich die Objekte in vier Kategorien unterteilt habe, bot sich die Verwendung von vier verschiedenen Filamentfarben an. Ich habe weiß, rot, blau und gelb genommen.

Die Modelle müssen mit einer Slicer-Software auf den 3D-Druck vorbereitet werden, ich nutze dafür Cura (weitere Programme haben wir in Make 4/20 ab Seite 90 vorgestellt). Weil es hier nicht auf erhöhte Stabilität ankommt, habe ich sowenig Infill wie möglich (10-20%) gewählt und so viel Material gespart. Als Filament ist PLA völlig ausreichend. Je nach Detailreichtum des Modells beträgt die Layerhöhe 0,2 bis 0,3mm.

Um den NFC-Aufkleber in das Modell einzusetzen, habe ich nur die ersten ein bis zwei Layer gedruckt und den Druck daraufhin pausiert. Nun kann man den Aufkleber möglichst mittig auf die gedruckten Layer kleben und den Druck anschließend fortsetzen. Mehr als zwei Layer sollte man nicht abwarten, da sonst die Reichweite des RFID-Lesegeräts stark abnimmt. Wenn der Drucker beim folgenden Layer auf dem Aufkleber nicht ganz korrekt druckt, beeinflusst das meiner Erfahrung nach das Aussehen des fertigen Modells nicht.

Die Höhe und Breite der gedruckten Modelle liegt zwischen 10 und 15 Zentimetern.



Manche Modelle habe ich verschiedenen Größen gedruckt.

Einige der Motive habe ich in verschiedenen Größen gedruckt: Je nach Wohnfläche wird etwa ein kleines, mittleres oder großes Haus genommen. Die notwendige Skalierung habe ich ebenfalls in Cura vorgenommen. Im Einsatz werden die Modelle später auf den passenden, als PDF vorliegenden Unterlagen ausgestellt.

Auf die Vorderseite des Kassengehäuses habe ich zusätzlich einen 3D gedruckten Schriftzug *Klimakasse* geklebt. Dazu öffnet man den Schriftzug als PNG-Bild in Cura. Dort kann eingestellt werden, wie dick die Schriftzeichen sein sollen. Ich habe ihn mit 1mm Dicke gedruckt und anschließend mit Flüssigkleber aufgeklebt.

### Das Display-Interface

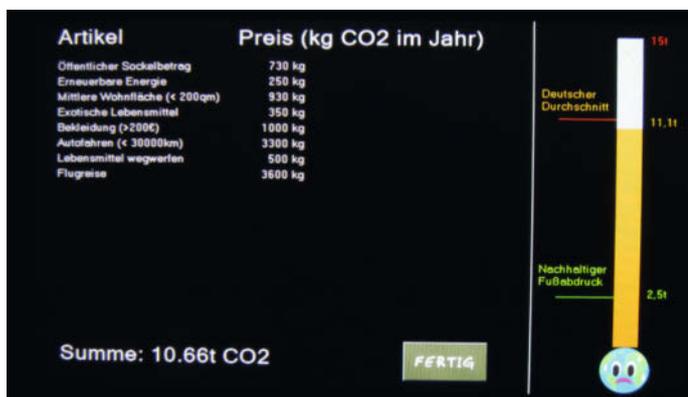
Für die Gestaltung des Interfaces für das Nextion Display gibt es die Software *Nextion Studio*, die nur für Windows verfügbar ist und in der Make 5/18 (ab S. 70) vorgestellt wurde. Dort können Knöpfe und andere GUI-Elemente in einer grafischen Oberfläche positioniert werden. Es gibt außerdem eine sehr minimalisti-

sche Skriptsprache, mit der man kleine Berechnungen und Animationen umsetzen kann.

Damit habe ich drei Darstellungen entworfen. Auf der Startseite sieht man die Erde mit einem roten Pfeil als Startbutton und die Überschrift *Klimakasse*. Auf der zweiten Seite werden die gescannten Objekte gelistet und mit einer Skala visualisiert. Über den *Fertig*-Button geht es zum dritten Bildschirm mit dem Gesamtergebnis und dem QR-Code. Mit dem *Fertig*-Button geht es zurück zum Start.

Für die Auflistung der gescannten Objekte habe ich eine Liste von 16 Textfeldern mit transparentem Hintergrund erstellt. Die ID, die jedes Element der Oberfläche haben muss, ist in den Textfeldern aufsteigend nummeriert. Über die ID kann der Mikrocontroller die Felder gezielt ansprechen. Bei der Verwendung der Buttons ist wichtig, dass die Option *Send ID* im Skriptfenster aktiviert ist, da das Display die ID sonst nicht an den Mikrocontroller sendet, wenn der Knopf gedrückt wurde.

Anschließend muss die Oberfläche über die serielle Schnittstelle auf das Display geladen werden. Wer keinen USB-Seriell-Wandler



Die Liste der gescannten Objekte



Unter dem Gesamtergebnis verweist ein QR-Code auf weitere Informationen.

## Ermitteln und Ausgeben der UIDs der NFC-Tags

```

01 #include <SPI.h>
02 #include <MFRC522.h>
03
04 #define BUZZER D2
05 #define SS_PIN D4
06 #define RST_PIN D3
07 MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);
08
09 void setup() {
10   Serial.begin(9600);
11   mfrc522.PCD_Init(); // Die API für den RFID-Reader wird
   initialisiert
12   mfrc522.PCD_SetAntennaGain(0x07<<4); //Setzt die Empfindlichkeit auf
   das Maximum
13 }
14
15 void loop() {
16   if (mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() && mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
   {
17     Serial.print("Chip gefunden: ");
18     for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
19     {
20       Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
21     }
22     Serial.println();
23   }
24 }

```

zur Hand hat, kann dafür auch einen Arduino benutzen. Dazu muss man den Reset-Pin des Arduinos mit einem Ground-Pin verbinden und das Display an die seriellen Pins des Arduinos stecken. Anschließend kann der Arduino per USB an den Rechner angeschlossen werden und dient als Brücke zwischen USB und Display. Die Spannungsversorgung des Displays darf dabei nicht direkt an den 5-Volt-Pin des Arduinos angeschlossen werden, da das Display mehr Strom benötigt, als der Arduino bereitstellt. Stattdessen braucht man einen zweiten USB-Anschluss. Das Nextion-Display wird dafür extra mit einem kleinen Board mit USB-Mikro-Stecker geliefert, das man mit Jumper-Kabeln an das Display anschließen kann.

Schließlich muss im Nextion Studio unter dem Menüpunkt *Upload* die Baudrate des Displays gewählt werden. Diese beträgt standardmäßig 9600 Baud, kann aber sowohl auf dem Display umgestellt, als auch beim Upload automatisch ermittelt werden. Wenn der Upload gestartet wurde und alles richtig funktioniert, wechselt das Display in den Upload-Modus und zeigt den Fortschritt an. Ist der Upload abgeschlossen, erscheint die Startseite des Interfaces.

### Programmierung des Microcontrollers

Für die Programmierung des ESP8266 habe ich die kostenlose Arduino-IDE genutzt. Die Software für die Kasse muss folgende Aufgaben erfüllen:

- Zuordnung der eindeutigen Seriennummern (UIDs) der NFC-Tags zu den entsprechenden Modellen und CO<sub>2</sub>-Werten
- Speichern der gescannten Objekte und Berechnung des Gesamtwertes
- Ansteuerung des Displays und Verarbeitung von Eingaben

Um die UIDs der NFC-Tags zu ermitteln, nutze ich ein einfaches Programm, das die UID eines gescannten Chips über die serielle Schnittstelle ausgibt (siehe Codebeispiel). Die UIDs habe ich mit dem zugehörigen Modell in einer Textdatei notiert. Im eigentlichen Kassenprogramm nutze ich dann ein Array, in dem die jeweiligen Texte, Schlüssel, die UIDs und der CO<sub>2</sub>-Wert pro Modell als `ScanObject` gespeichert sind.

In der `loop()`-Routine des Kassenprogramms wird durchgehend überprüft, ob sich ein NFC-Chip in der Reichweite des Sensors befindet. Ist dies der Fall, liest die Kasse die UID des Chips und vergleicht sie mit dem Array der `ScanObjects`. Ist ein Objekt mit der passenden ID gespeichert, überprüft der Mikrocontroller, ob es sich schon in der Liste der gescannten Objekte befindet. Wenn dies nicht der Fall ist, wird es der Liste hinzugefügt und die Liste an das Display gesendet.

Für die Kommunikation mit dem MFRC522-RFID-Reader verwende ich die MFRC522-Bibliothek vom GitHub-User *miguelbalboa*. Diese kann über den Bibliotheksverwalter in der Arduino IDE installiert werden (eine Anleitung dazu finden Sie über den Link in der Kurzinfor). Für die Ansteuerung des Displays gibt es ebenfalls eine Arduino-Bibliothek, die ich aber nicht nutze, da die nötigen Befehle

auf der Nextion-Website gut dokumentiert sind. Möchte man zum Beispiel den Wert des Zahlenfeldes `meineZahl` auf 5 setzen, sendet man einfach den String `meineZahl.val=5` über die serielle Schnittstelle an das Display. Wenn auf dem Display eine Aktion ausgeführt wurde, zum Beispiel ein Knopfdruck, sendet es die ID der Aktion und ihren Typ zurück an den Mikrocontroller.

### Fußabdruck berechnen

Als Datengrundlage habe ich den Fußabdruck-Rechner des Umweltbundesamtes, den Klimarechner des WWF, eine Studie des Deutschen Bundestages sowie Informationen von Greenpeace und der Seite `strom-report.de` genutzt. Aus den angegebenen, sehr unterschiedlichen Werten habe ich einheitliche Werte berechnet, wobei einige Angaben nicht in CO<sub>2</sub>/Jahr angegeben waren, sondern zum Beispiel in GHA (Globale Hektar).

Für eine genaue Abschätzung bräuchte man noch mehr Informationen und zum Beispiel genauere Angaben zum Stromverbrauch des Haushalts und den Konsumausgaben. Dies könnte man zum Teil erreichen, indem man weitere Abstufungen einführt, wie bereits bei den Autos: Ein großes, ein mittleres und ein kleines für verschiedene Werte. Wer seinen Fußabdruck auf die Tonne genau wissen möchte, sollte sich mehr Zeit nehmen und einen ausführlichen Rechner benutzen – die Kasse bietet lediglich eine grobe Schätzung. Dennoch gibt sie einen guten Überblick darüber, wieviel die einzelnen Lebensbereiche jeweils zum Fußabdruck beitragen.

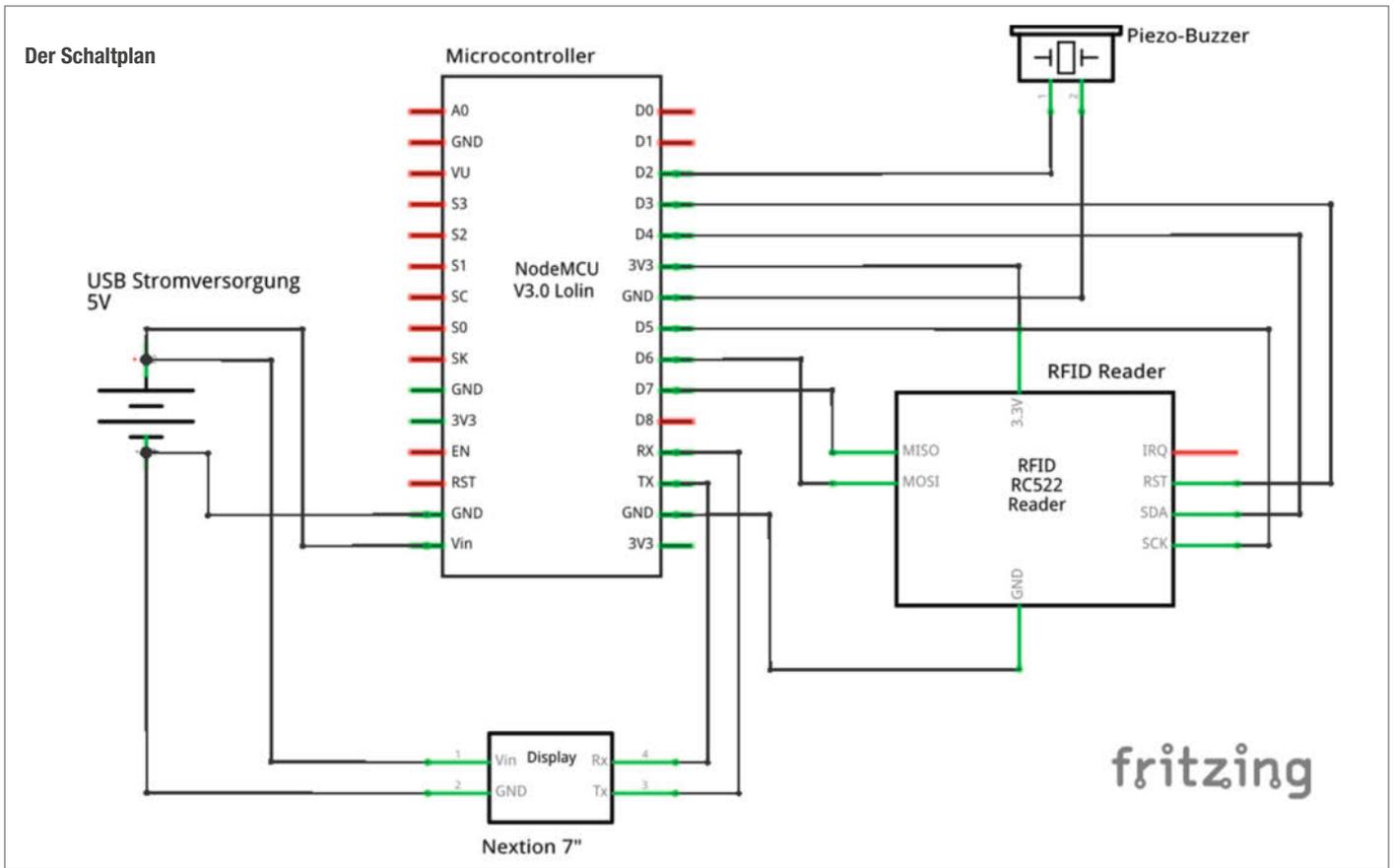
### Fertigstellung & Einsatz

Am Schluss muss die Kasse natürlich zusammengesetzt werden. Zuerst habe ich den MFRC522-Reader montiert. Dabei werden an alle Pins Female-auf-Female-Jumperkabel gesteckt. Diese habe ich von oben durch den Schlitz in der Deckelplatte nach innen geführt. Anschließend kann der RFID-Reader mit Doppelklebeband oder einem kleinen Heißklebepunkt auf der Oberseite der Deckelplatte fixiert werden.

Nun werden die Jumperkabel an den Mikrocontroller angeschlossen. Wer ein Mikrocontroller-Board mit Buchsen als Anschluss nutzt (z.B. den Arduino Uno), kann die Kabel direkt anstecken. Da das NodeMCU-Board Pinleisten als Anschlüsse besitzt, habe ich es auf ein Breadboard gesteckt. Die Pinbelegung für den Anschluss des RFID-Readers an den NodeMCU ist in der Tabelle Anschlüsse gelistet.

Für das typische Kassengeräusch nutze ich einen einfachen Piezo-Buzzer. Dieser ist wie folgt angeschlossen:

- + an D2
- an GND



Für die Spannungsversorgung ist ein Mikro-USB-Kabel fest installiert. Dieses habe ich durch das untere Loch auf der Rückseite des Gehäuses geführt und an das USB-Breakout-Board des Nextion-Displays angeschlossen. Es führt die Spannung und die Masseleitung des USB-Kabels als zwei separate Pinpaare heraus. An den ersten beiden Pins wird der Mikrocontroller angeschlossen (VIN und GND).

Zum Schluss ist noch das Display dran. Die Kabel für die serielle Verbindung (TX, RX) werden entgegengesetzt an die RX- und TX-Pins des Mikrocontrollers angeschlossen. Für

die Spannungsversorgung habe ich die Pins VIN und GND an das zweite Pinpaar des USB-Breakout-Boards angeschlossen. Die Kabel des Displays können durch das obere Loch auf der Rückseite des Gehäuses geführt werden.

Die Komponenten sollten im Gehäuse mit Heißkleber oder Klebeband fixiert werden, damit die Elektronik weder beim Transport noch durch Unachtsamkeit auseinanderfliegt. Nun ist das System einsatzbereit. Unterwegs kann die Kasse mit einer Powerbank oder einer mobilen Solaranlage betrieben werden. —hch

### Anschlüsse

RFID-Reader	ESP8266 NodeMCU
SDA	D4
SCK	D5
MOSI	D7
MISO	D6
RST	D3
GND	GND
3.3V	3.3V



## Ihr Erste-Hilfe-Set:

Auch komplett auf USB-Stick oder als Heft inkl. PDF mit 29% Rabatt erhältlich.

### Das Notfall-System für den Ernstfall

NEUE VERSION 2020/21

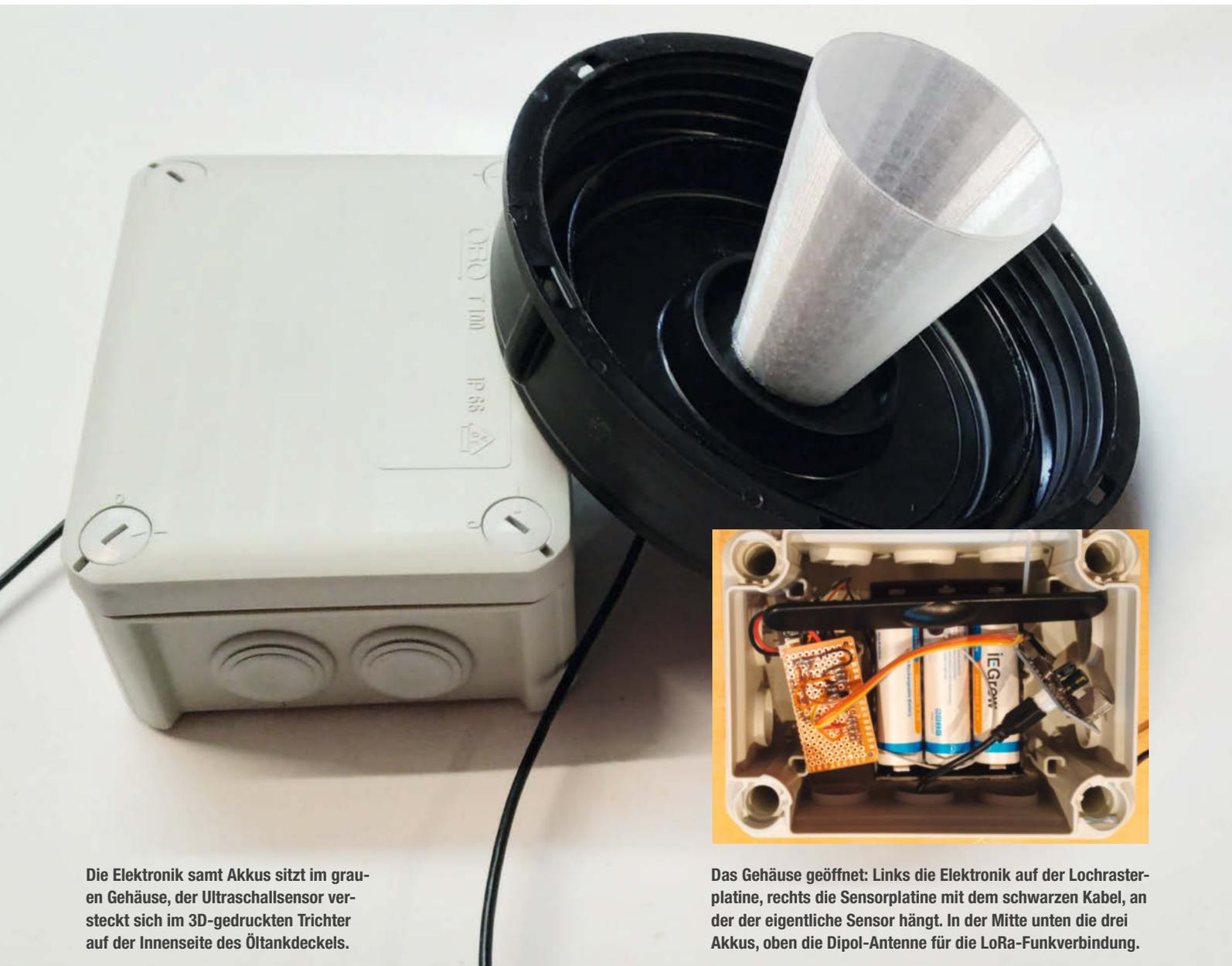


[shop.heise.de/desinfect2020](https://shop.heise.de/desinfect2020)

# LoRaWAN-Sensor für den Heizöltank

Um den Füllstand eines Behälters zu überwachen, der außerhalb der Reichweite des eigenen WLANs liegt, habe ich einen LoRa-Sensor konstruiert. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Minimierung des Energieverbrauchs, um den Sensor mit Akkus zu betreiben.

von Robert Kränzlein



Die Elektronik samt Akkus sitzt im grauen Gehäuse, der Ultraschallsensor versteckt sich im 3D-gedruckten Trichter auf der Innenseite des Öltankdeckels.

Das Gehäuse geöffnet: Links die Elektronik auf der Lochrasterplatine, rechts die Sensorplatine mit dem schwarzen Kabel, an der der eigentliche Sensor hängt. In der Mitte unten die drei Akkus, oben die Dipol-Antenne für die LoRa-Funkverbindung.

Jeder, der eine Ölzentralheizung hat, kennt wohl eine der folgenden Situationen und Fragen: Es ist Januar und plötzlich geht die Heizung aus, weil der Öltank leer ist. Oder der Ölpreis erreicht einen Tiefstand, aber wieviel Öl geht eigentlich rein in den Tank? Wieviel Öl brauche ich in der Woche bei eisiger Kälte, milden Temperaturen oder im Sommer nur für Warmwasser?

*Esooil* bewirbt seinen Heizöl-Peilstab und bei diversen Versandhändlern gibt es ähnliche Messgeräte. All diese Lösungen waren für mich nicht befriedigend, da sie mit einer Hersteller-App verknüpft sind oder vor Ort am Tank abgelesen werden müssen. Mit WLAN-Empfang sieht es im Heizungskeller schlecht aus und Steckdosen gibt es dort auch keine.

Nachdem ich mich mit LoRa-Funk beschäftigt hatte, war für mich klar, dies wäre die optimale Lösung, um einen batteriebetriebenen Sensor für den Heizöltank zu bauen. Als Basis benutze ich das *The Things Gateway*, wobei ich dieses nicht wirklich weiterempfehlen würde. Ein selbstgebautes Gateway ist günstiger, flexibler und stabiler, eine Bauanleitung stand in *Make 3/19*. Die grundlegende Funktion und Inbetriebnahme eines LoRa-Sensors wurde ebenfalls im Heft schon ausführlich beschrieben (*Make 4/18*). Im Netz auffindbare Lösungen waren entweder an eine Spannungsversorgung gebunden oder lagen preislich im Profi-Segment (wer sich dennoch dafür interessiert, findet Links über die URL in der Kurzinfor).

## Sensor und Board

Erste Versuche startete ich mit dem Standard-Distanzsensor HC-SR04 und einem Arduino MKR1300 – der Ultraschall-Entfernungssensor misst dabei einfach von der Oberseite des Tanks die Distanz bis zur Oberfläche des Öls darin. Leider verlangt der HC-SR04 nach 5V Versorgungsspannung. Dies hätte einen Level-Shifter und eine entsprechende Spannungsversorgung erfordert. Dann kam der MKR1310 auf den Markt und ich entdeckte den Sensor JSN-SR04T, der zwar ebenfalls für 5V ausgelegt ist, aber Nutzerberichten zufolge auch mit niedrigeren Spannungen auskommen sollte. Angeblich ist der Sensor auch noch wasserdicht, was der Anwendung in einem Tank voller Heizöldämpfe sicher auch nicht abträglich sein kann. Zwar ist wasserdicht nicht gleich gasdicht, aber bei meinem Sensor sind bisher keinerlei Korrosionserscheinungen feststellbar. Bei einem Siedepunkt von über 200° ist die Konzentration der Heizöldämpfe ohnehin so gering, dass sie nur als Geruch wahrnehmbar sind, aber nur eine minimale Wirkung als Lösemittel zu erwarten ist.

Der Sensor besteht aus einer kleinen Platine sowie dem eigentlichen Ultraschallsensor, der an einer zwei Meter langen Leitung nochmals abgesetzt ist, sodass man ihn auf Distanz

## Kurzinfor

- » LoRa-Funk für Sensoren außerhalb des WLAN
- » Öltank-Füllstandsmessung über Ultraschall
- » Abschaltung externer Stromfresser am Arduino

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
6 bis 8 Stunden



**Kosten:**  
ca. 90 Euro (ohne 3D-Druck-Teile)



**Maschinen:**  
3D-Drucker, Ständerbohrmaschine



**Löten:**  
einfache Lötarbeiten



**Programmieren:**  
Grundkenntnisse Arduino, LoRa-Netzwerk, MQTT, FHEM + Raspberry o. Ä.

### Material

- » Arduino MKR 1310
- » Dipol-Antenne
- » JSN-SR04T Ultraschallsensor
- » JFET 113
- » 3 Widerstände 22kOhm
- » Batteriehalter 3fach parallel
- » 3 Li-Ion-Akkus 18650 2600mAh
- » JST PH 2.0 Stecker mit Kabel
- » Lochrasterplatine
- » Stiftleiste männlich
- » IP65-AP-Gehäuse
- » PETG-Trichter aus dem 3D-Drucker

### Werkzeug

- » Computer mit Arduino-IDE
- » LötKolben
- » Abisolierzange
- » Schraubendreher
- » 3D-Drucker optional

### Mehr zum Thema

- » Florian Schäffer, LoRaWANOutdoor-Gateway, *Make 3/19*, S. 10
- » Tim Riemann, Daten übertragen mit LoRaWAN, *Make 4/18*, S. 46
- » Thomas Euler, Krabbelroboter sendet Telemetrie, *Make Sonderheft 2019 „Robotik“*, S. 112

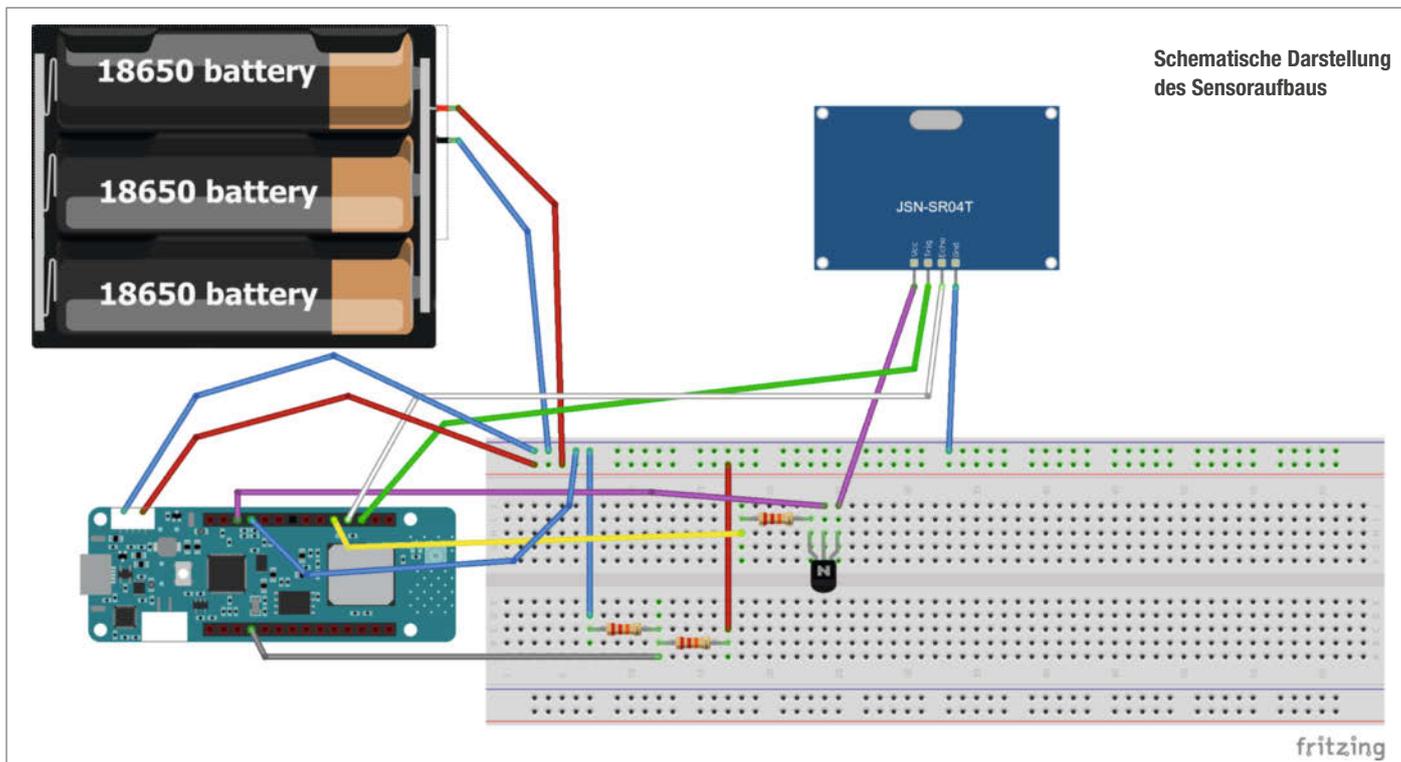
Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xfas](https://make-magazin.de/xfas)

### 1 Auszug aus *NewPing.ccp*

```
*_triggerOutput &= ~_triggerBit; // Set the trigger pin low, should
// already be low,
// but this will make sure it is.
delayMicroseconds(4); // Wait for pin to go low.
*_triggerOutput |= _triggerBit; // Set trigger pin high, this tells the
// sensor to send out a ping.
delayMicroseconds(20); // Wait long enough for the sensor to
// realize the trigger pin is high.
// Sensor specs ...
*_triggerOutput &= ~_triggerBit; // Set trigger pin back to low.

[...]

digitalWrite(_triggerPin, LOW); // Set the trigger pin low, should
// already be low, but this
// will make sure it is.
// Wait for pin to go low.
delayMicroseconds(4); // Set trigger pin high, this tells the
digitalWrite(_triggerPin, HIGH); // sensor to send out a ping.
delayMicroseconds(20); // Wait long enough for the sensor to
// realize the trigger pin is high.
// Sensor specs ...
digitalWrite(_triggerPin, LOW); // Set trigger pin back to low.
```



von der Platine anbringen kann. Der Sensor wird von der *NewPing*-Bibliothek unterstützt.

Bei niedrigen Spannungen wird leider die Messung unzuverlässig. Nach der Lektüre entsprechender Foreneinträge liegt dies daran, dass die 10ms Trigger-Signale dann nicht mehr zuverlässig erkannt werden. Korrigieren kann man dies durch eine direkte Änderung der *NewPing*-Bibliothek. Im Ordner `C:\Users\Benutzername\Documents\Arduino\libraries\NewPing\` liegt die Datei `NewPing.cpp`. Im Abschnitt `Standard and timer interrupt ping method support functions (not called directly)` findet man zwei Stellen, an denen der Trigger auf HIGH gesetzt ist und dann 10 Mikrosekunden gewartet wird. Beide Zeilen habe ich mit Hilfe eines Editors geändert, so dass das Triggersignal 20 statt 10 Mikrosekunden lang wird ①.

Der Sensor hat einen Bereich von 25cm als Totzone, in der Distanzen nicht gemessen werden können. Ein Heizöltank darf ohnehin nie bis zum Rand befüllt werden und der Sensor sitzt etwas erhöht im Schraubdeckel, so dass dies kein Problem darstellt. Die maximale angegebene Reichweite von 500cm konnte ich bei 3,3V Versorgungsspannung nicht erreichen. Aber 200–250cm sind messbar, was für alle haushaltsüblichen Heizöltanks ausreichend sein sollte.

### Winkeltrichter

Der Erfassungswinkel wird mit 50° angegeben. Zur Erfassung der glatten Oberfläche des Heizöls ist dies in Ordnung. Nur zu nahe am Rand

des Tankes sollte der Sensor nicht platziert werden. Wer es ganz genau nimmt, kann sich noch mit dem Winkel des Sensors beschäftigen. Auf den Abbildungen der diversen Anbieter im Netz sitzt der Ultraschallsensor gerade im Gehäuse. In der Praxis sitzen alle Sensoren, die ich erhalten habe, etwa 5° schräg, was auch in den Produktbewertungen immer wieder bemängelt wird. Der Messfehler durch diese Schrägstellung liegt bei rund 3 Prozent. Da dieser im eigenen System immer konstant ist, stelle ich allerdings den Sinn des Aufwands in Frage, den Sensor entsprechend senkrecht zu justieren.

Ich habe die Messergebnisse vom Sensor mehrmals mit einem Meterstab abgeglichen. Die Messgenauigkeit lag dabei bei einem Zentimeter. Die größte Ungenauigkeit bringt die Tatsache ins System, dass kein Tank exakt quadratisch oder zylindrisch ist, sondern immer leicht ballig. Die Schrägstellung des Sensors und die Dichte des Mediums (in Heizöldampf sollten sich Schallwellen anders ausbreiten als an normaler Luft) spielen demgegenüber offenbar eine untergeordnete Rolle.

Um den Erfassungswinkel zu fokussieren, habe ich einen Trichter aus PETG gedruckt. Der Teil an Ultraschallwellen, der vom Trichter auf den Sensor zurückgeworfen wird, erreicht diesen innerhalb der Laufzeit der Totzone und führt nicht zu Problemen mit der Messung. Der Trichter wurde mit mittelviskosem Sekundenkleber mit einem Tankdeckel verklebt. Der Sensor klemmt ohne Verklebung in der Boh-

rung des Trichters. Von der Rückseite aus wurde mittels Flüssiggummi abgedichtet.

### Energie sparen

Die größte Herausforderung bei diesem Projekt war der Stromverbrauch. Vielleicht ist diese Problematik der Grund, warum ich bisher keinen solchen Sensor mit Batteriebetrieb gefunden habe. Was nützt der sparsamste Mikrocontroller mit Tiefschlafmodus, wenn die Peripherie weiter ungebremst Strom verbraucht? Mit dem 08/15-Multimeter kommt man bei diesen kleinen Strömen nicht weiter. Um den Stromfressern auf die Spur zu kommen, habe ich den *CurrentRanger* von LowPowerLab benutzt, mit dem Ströme bis in den nA-Bereich messbar sind.

Im Schlafmodus lag der Ruhestrom meines gesamten Aufbaus bei 2,4–2,8mA, 20mA während der Messung, 39mA während des Sendens. Bei einer Zeit von wenigen Sekunden Aktivität zum Messen und Senden ist der Stromverbrauch dafür zu vernachlässigen, im Vergleich zu den ein oder zwei Stunden Tiefschlafphase dazwischen. Als Stromquelle nutze ich 18650 Li-Ion-Zellen 2600mAh, 3,7V. Grob überschlagen wären dann mit 3 Zellen parallel ein Betrieb über gut 100 Tage möglich. Dreimal im Jahr die Akkus im Heizkeller zu wechseln und zu laden – das ist nicht, was ich mir vom extrem niedrigen Stromverbrauch des MKR1310 erwartet hatte.

Stecke ich den Distanzsensor ab, braucht der Aufbau nur 0,2 mA mit Strommessung und 0,1 mA ohne Strommessung. Hauptstromfresser mit 90 Prozent ist somit der Ultraschall-

# Für Maker!

## Zubehör und Gadgets

shop.heise.de/gadgets



### Waveshare Game HAT für Raspberry Pi

Ein Muss für jeden Retro Gamer! Verwandeln Sie Ihren Raspberry Pi in kürzester Zeit in eine Handheld-Konsole. Mit Onboard-Speakern, 60 Frames/s, Auflösung von 480x320 und kompatibel mit allen gängigen Raspberrys.

shop.heise.de/game-hat

41,90 € >

BEST-SELLER



### ODROID-GO

Mit diesem Bausatz emulieren Sie nicht nur Spiele-Klassiker, sondern programmieren auch in der Arduino-Entwicklungsumgebung.

shop.heise.de/odroid

49,90 € >



### NVIDIA Jetson nano

Das Kraftpaket bietet mit 4 A57-Kernen und einem Grafikprozessor mit 128 Kernen ideale Voraussetzungen für die Programmierung neuronaler Netze, die ähnlich wie Gehirnzellen arbeiten. **Inklusive Netzteil!**

shop.heise.de/jetson

134,90 € >



### Raspberry Pi-Kameras

Aufsteckbare Kameras, optimiert für verschiedene Raspberry Pi-Modelle mit 5 Megapixel und verschiedenen Aufsätzen wie z. B. Weitwinkel für scharfe Bilder und Videoaufnahmen.

shop.heise.de/raspi-kameras

ab 18,50 € >



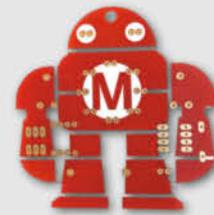
NEUER PREIS!

### ArduiTouch-Set

Setzen Sie den ESP8266 oder ESP32 jetzt ganz einfach im Bereich der Hausautomation, Metering, Überwachung, Steuerung und anderen typischen IoT-Applikationen ein!

shop.heise.de/arduitouch

~~69,90 €~~  
36,90 €



### Makey Lötbausatz

Hingucker und idealer Löt-Einstieg: das Maskottchen der Maker Faire kommt als konturfräste Platine mitsamt Leuchtdioden, die den Eindruck eines pulsierenden Herzens erwecken.

Jetzt neu mit Schalter!

shop.heise.de/makey-bausatz

ab 4,90 € >



NEUER PREIS!

### Komplettsatz Argon ONE Case mit Raspberry Pi 4

Das Argon One Case ist eines der ergonomischsten und ästhetischsten Gehäuse aus Aluminiumlegierung für den Raspberry Pi. Es lässt den Pi nicht nur cool aussehen, sondern kühlt auch perfekt und ist leicht zu montieren. Praktisch: alle Kabel werden auf der Rückseite gebündelt ausgeführt – kein Kabelsalat!

shop.heise.de/argon-set

~~117,60 €~~

99,90 € >



### Stockschirm protec'ted

Innen ist Außen und umgekehrt. Dieser etwas andere Regenschirm sorgt für interessierte Blicke auch bei grauem und nassem Wetter. Als Highlight kommt noch das stilvolle und dezente Design in Schwarz und Blau mit der mehr als passenden Aufschrift "Always protec'ted" daher.

shop.heise.de/ct-schirm

22,90 € >



### c't Tassen

c't-Leser und -Fans trinken nicht einfach nur Kaffee, sie setzen Statements. Und zwar mit drei hochwertigen Blickfängern, individuell designt für Ihr Lieblings-Heißgetränk: „Kein Backup, kein Mitleid“, „Deine Mudda programmiert in Basic“ oder „Admin wider Willen“. Perfekt für Büro und Frühstückstisch!

shop.heise.de/ct-tassen

ab 12,90 € >



NEU

### „No Signal“ Smartphone-Hülle

Passend für Smartphones aller Größen bis 23cm Länge blockt diese zusammenrollbare Hülle alle Signale von GPS, WLAN, 3G, LTE, 5G und Bluetooth, sowie jegliche Handy-Strahlung. Versilbertes Gewebe im Inneren der Tasche aus recycelter Fallschirmseide bildet nach dem Schließen einen faradayschen Käfig und blockiert so alles Signale.

shop.heise.de/no-signal-sleeve

29,90 € >

> Bestellen Sie ganz einfach online unter [shop.heise.de](http://shop.heise.de) oder per E-Mail: [service@shop.heise.de](mailto:service@shop.heise.de)

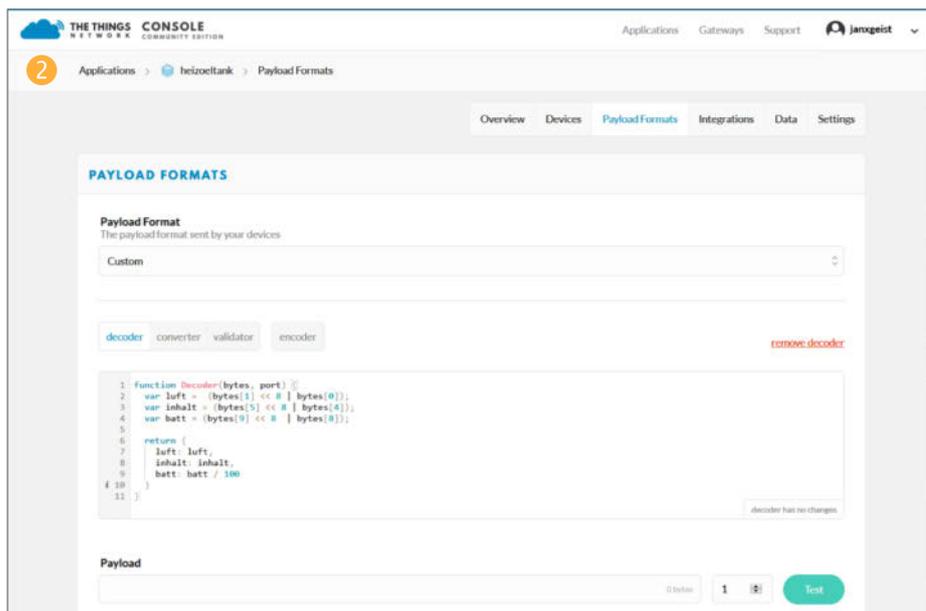
> Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten. Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

© Copyright by Maker Media GmbH.

heise shop

shop.heise.de >





Das sparsamste Board und der tiefste Schlafmodus bringen nichts, wenn das Drumherum weiterhin ungebremst Strom zieht. Letztendlich konnte ich den Strombedarf auf 20 Prozent reduzieren, was entsprechend die Laufzeit verfünffacht. Der Ruhestrom des Gesamtaufbaus schwankt nun während der Schlafphase zwischen 440 und 580µA. Ich rechne jetzt mit einer Batterielebenszeit von knapp 2 Jahren.

### Der Code

Der Arduino-Code steht über den Link in der Kurzinfo zum Download bereit. Der Code ist relativ kurz und gut dokumentiert. Auf einige Stellen möchte ich hier aber noch eingehen.

Die Variablen Tiefe, Oberkante, Liter und Schlaf sollten vom Nutzer nach den eigenen Gegebenheiten angepasst werden. Die Konstanten appEui und appKey werden gemäß der Beschreibung in Make 4/18 eingesetzt.

Wegen der Streuung der Messwerte für die Spannung habe ich im Programm drei Messungen hintereinander ausgeführt und den Wert gemittelt, seitdem erhalte ich stabile Ergebnisse. Der Befehl

```
analogReadResolution(12);
```

wird vielen Lesern nicht geläufig sein. Er wird nur von der MKR-Arduino-Familie unterstützt, bei der die Auflösung des ADC der Analogpins sowohl als Eingang als auch als Ausgang festgelegt werden kann.

Der Ultraschallsensor meldet immer mal wieder eine Fehlmessung zurück, was durch die Schleife `do{} while ()` behoben wird, welche die Messung bei Bedarf bis zu fünfmal wiederholt.

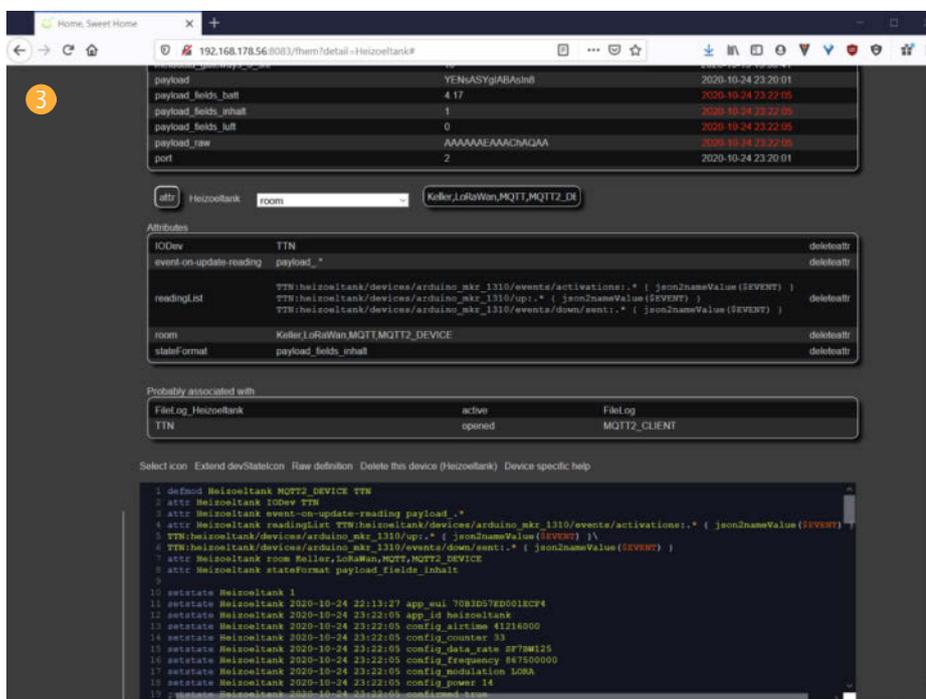
Folgende Programmzeilen stellen das LoRa-Datenpaket zusammen und senden dieses ans TTN-Netzwerk. Der Befehl `endPacket()` schließt das LoRa-Datenpaket ab und initiiert das Senden im Modem:

```
modem.beginPacket();
modem.write(luft);
modem.write(inhalt);
modem.write(volt100);
int err;
```

```
err = modem.endPacket(true);
```

Wer keine Fehlmeldungen (Inhalt = 1 Liter) in seinem System haben möchte, kann diese Zeilen auch in die `if-else`-Abfrage direkt nach der Berechnung des Tankinhaltes verschieben. Dann wird aber gar keine Meldung mehr gesendet und es ist nicht ersichtlich, ob der Akku des Sensors leer ist oder ein Problem mit den Messungen vorliegt.

In der *TheThings Console* wird ein *Custom-Decoder* angelegt, der das Datenpaket wieder in die Einzelwerte `luft` (= Abstand Sensor zu Oberfläche), `inhalt` (= berechneter



sensor. Ein erster Versuch mit einem Transistor ergab, dass durch den Spannungsabfall am Transistor nicht mehr genug Spannung zum Betrieb des Ultraschallsensors übrig bleibt.

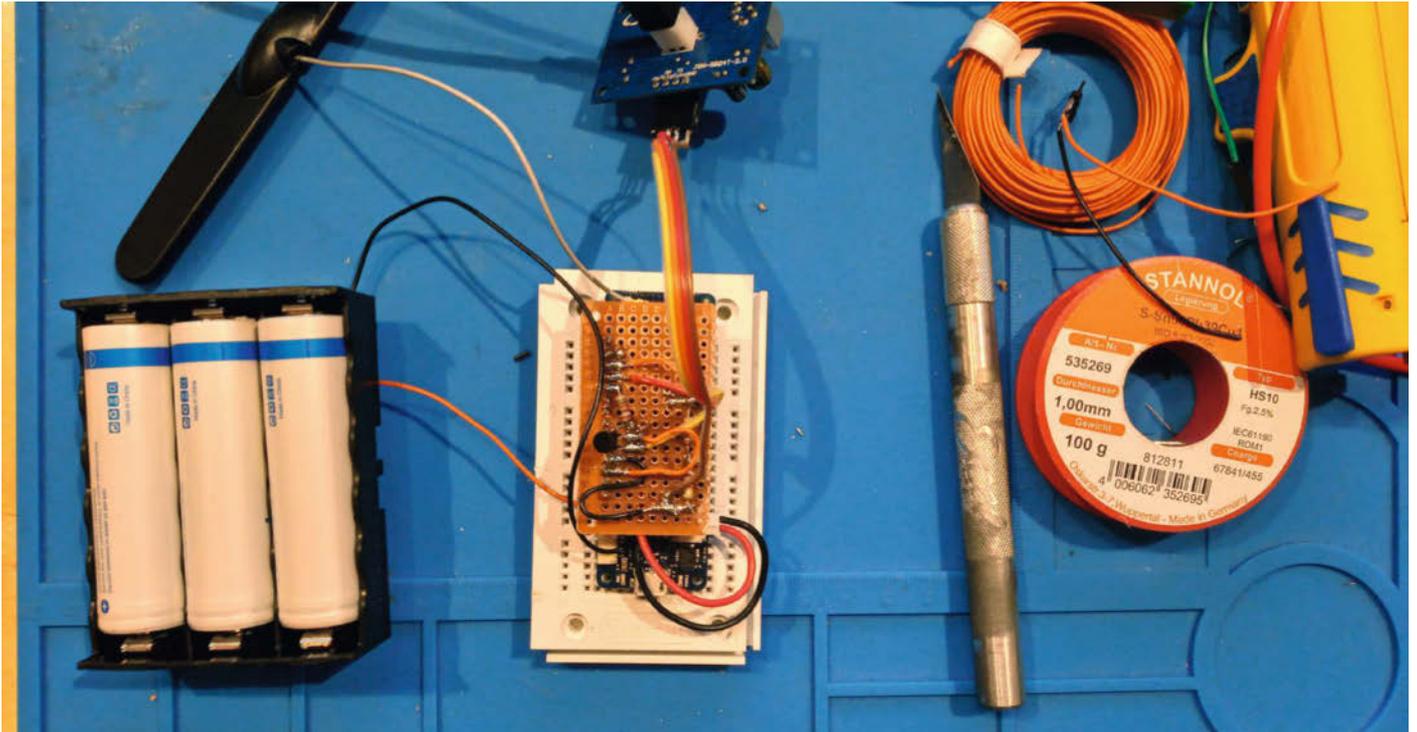
Im Elektronik-Kompendium (siehe Link in der Kurzinfo) stieß ich auf JFETs (Sperrschicht-Feldeffekttransistoren). Mit dem JFET 113 ist es möglich, den Strom des Ultraschallsensors außerhalb der Messung auf gut 150µA zu reduzieren und trotzdem ausreichend Spannung für die Messung zu haben.

Die Batteriespannung der Li-Ion-Zellen liegt bei rund 4,2V im frisch geladenen Zustand. Der Analogeingang des Arduino kann aber nur bis 3,3V messen, da der MKR1310 mit einer Spannung von 3,3V arbeitet. Ich habe mit zwei 1kΩ-

Widerständen einen Spannungsteiler gebaut, so dass ich auf einem Analogpin die halbe Batteriespannung messe.

Die Widerstände des Spannungsteilers zur Messung der Batteriespannung habe ich dann auf 22kΩ erhöht, wodurch der Stromverbrauch nochmals gesunken ist. Nach dem Erfolg mit dem JFET für den Strom des Ultraschallsensors habe ich einen solchen auch vor dem Spannungsteiler eingesetzt. Hierdurch war jedoch keine messbare Verbesserung mehr feststellbar – der Strom durch den Spannungsteiler liegt mit und ohne JFET bei 95µA.

Alles in allem habe ich festgestellt, dass die Reduzierung der äußeren Strom-Verbraucher bei einem solchen Aufbau das A und O darstellt.



### Löten der Aufsatzplatine für den MKR1310

Tankinhalt) und `batt` (= Batteriespannung) zerlegt <sup>2</sup>.

Diese Daten werden dann über das MQTT-Gateway `eu.thethings.network:1883` bereitgestellt und können in ein Heimautomationsnetzwerk wie FHEM importiert und dort visualisiert werden <sup>3</sup>. Auch die Signalstärke, Zeitstempel, Geolocation und viele weitere Daten stellt TTN über MQTT ohne weiteres Zutun zur Verfügung.

Ein Augenmerk möchte ich noch auf die `for`-Schleife am Ende der `setup()`-Routine richten. Sobald sich der Arduino im Tiefschlafmodus befindet, reagiert er nicht auf Versuche, ein neues Programm aufzuspielen. Ist das aber fällig, ist Möglichkeit eins, den Reset-Knopf am Arduino zweimal schnell nacheinander zu drücken. Hierdurch startet der Arduino mit einem Bootloader und die Onboard-LED blinkt schnell. Möglicherweise erhält der Arduino dadurch eine neue USB-Portnummer, kann dann aber programmiert werden. Die zweite Möglichkeit ist, den Arduino im genau richtigen Augenblick mit dem USB-Port zu verbinden, kurz bevor der Compiler fertig ist. Durch meine 15-Sekunden-Warteschleife verlängere ich das Zeitfenster hierfür. Ich trenne den Arduino vom Akku und stecke ihn am USB-Port an. Dann hat der Compiler 15 Sekunden Zeit, um mit dem Hochladen des Programms zu beginnen.

### Der finale Aufbau

Den Spannungsteiler und den JFET habe ich auf eine Lochrasterplatine gelötet und mit

Stiftleisten direkt auf den Arduino aufgesteckt. Der Spannungsteiler zwischen Versorgungsspannung und Masse ist selbsterklärend. Beim JFET bitte das Datenblatt beachten – es gibt JFET-Typen, bei denen das Gate am rechten Beinchen ist, bei anderen sitzt das Gate links. Drain und Source sind unerheblich – entweder der Weg zwischen Drain und Source ist geöffnet oder geschlossen. Die Stromflussrichtung spielt hier keine Rolle. Der JFET erhält ebenfalls einen 22kΩ Vorwiderstand zwischen Arduino-Pin 10 und Gate.

Ist der Sensor fertig programmiert, eingerichtet und getestet, kann er in ein IP65-Auf-

putz-Gehäuse verpackt und am Tank befestigt werden. Der Ultraschallsensor selbst hat eine rund 2m lange Zuleitung, wodurch nur der Sensor und der PETG-Trichter direkt am Tankdeckel angebracht werden müssen. Die Stromversorgung erfolgt über einen Stecker vom Typ JST PH 2.0, nicht über den USB-Port oder die Arduino-Pins.

Sicher stellen sich auch bei anderen netzunabhängigen LoRa-Sensoren ähnliche Fragen – der Energieverbrauch dürfte dabei stets eine wichtige Rolle spielen. Ich hoffe, dem einen oder anderen Leser zumindestens einen Fingerzeig in die richtige Richtung geliefert zu haben. —pek



Der fertig eingebaute Sensor im Deckel des Heizöltanks

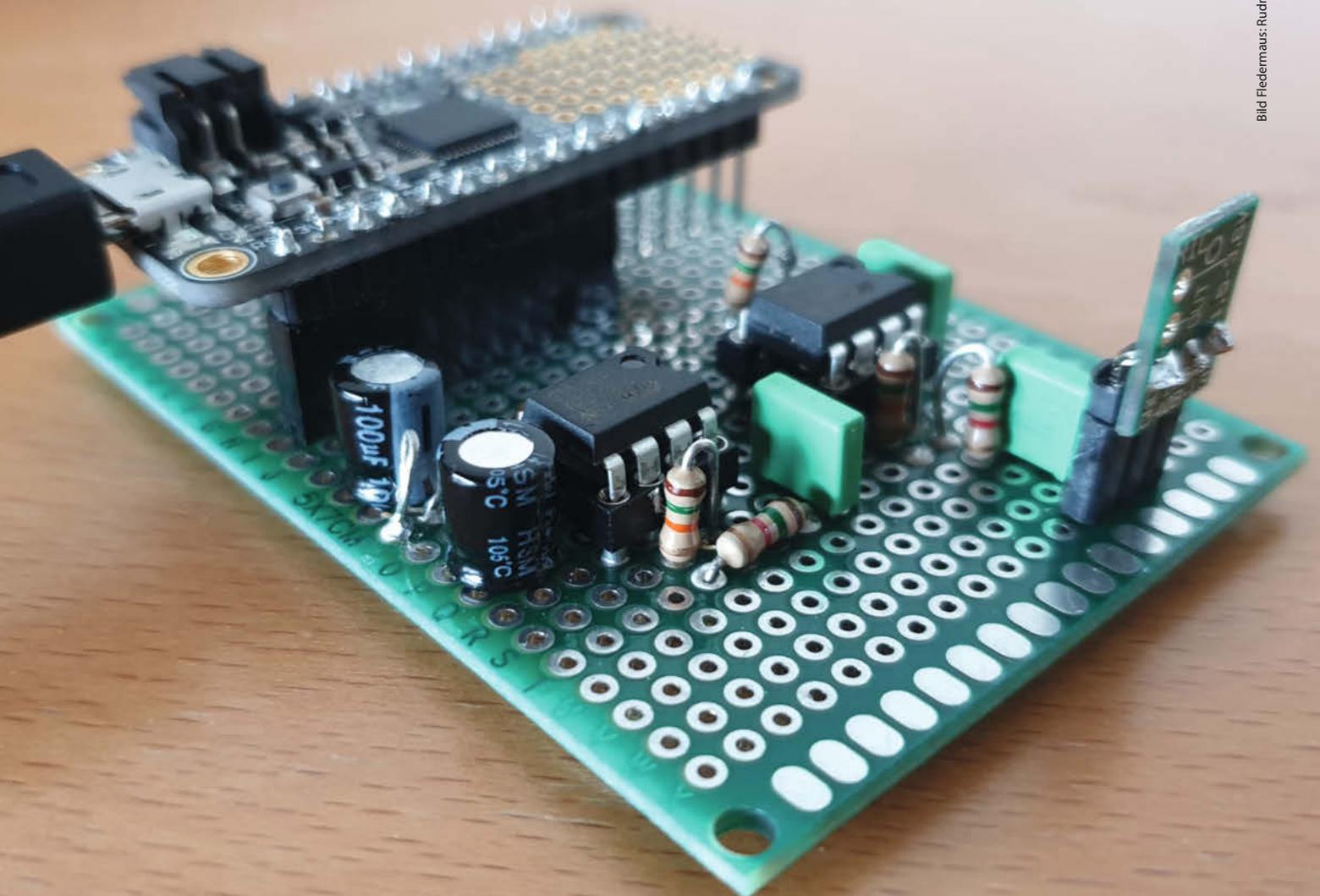
# Fledermaus-Scanner

Dunkel wie die Nacht sind Fledermäuse nicht nur vor unseren Augen gut getarnt – sie kommunizieren und orientieren sich auch außerhalb unseres Hörbereichs. Mit einem MEMS-Mikrofon kommt man den Nachtschwärmern aber schnell auf die Spur.

von Ralf Stoffels



Bild Fledermaus: Rudmer Zwerver / Shutterstock.com



**A**ls ich an langen und warmen Sommerabenden auf der Terrasse saß, fiel mir auf, dass in der Dämmerung reger Fledermaus-Flugbetrieb in unserem Garten herrschte. Vermutlich ist das die beste Jagdzeit, um viele Insekten zu erwischen, von denen sich hiesige Fledermäuse ernähren. Da ich kein Biologe bin, musste ich mein lange verblasstes Schulwissen erst mal im Web auffrischen, um dort zu lernen, dass es mehr als etwa dreißig Fledermausarten in Mitteleuropa gibt, von denen viele leider vom Aussterben bedroht sind.

Die Arten lassen sich meist anhand ihrer Ultraschall-Rufe identifizieren. Hierbei unterscheiden sich die Frequenzen, aber auch die Hüllkurven der Rufe – also die Geschwindigkeit, in der der Ruf an- oder abklingt. Fledermäuse erzeugen die Ultraschallsignale zur Erkennung von Beute und Hindernissen und zur Kommunikation untereinander. Die Frequenzen für Kommunikation und Navigation unterscheiden sich dabei deutlich. Die Frequenz der Signale liegt artspezifisch zwischen 20kHz und mehr als 120kHz – dort hören wir Menschen nichts mehr.

Daher gibt es jede Menge käuflicher Geräte, darunter auch Bausätze, die die Laute in den menschlichen Hörbereich von 100Hz bis ca. 16kHz verschieben. Hierbei wird eine ähnliche Methode wie bei Radioempfängern verwendet: ein sogenannter Mixer. Multipliziert man ein Signal der Frequenz  $f_1$  mit einem sinusförmigen Signal einer Frequenz  $f_2$ , so entstehen zwei Abbilder des Signals an den Frequenzpunkten  $f_1-f_2$  und  $f_2+f_1$ . So kann man z.B. ein 48kHz-Signal durch Multiplikation mit einem 40kHz-Sinus nach 8kHz verschieben und dadurch hörbar machen. Natürlich verschiebt sich nicht nur der eine Frequenzpunkt sondern das ganze Spektrum des Signals. Man bekommt also einen echten Höreindruck. Das Prinzip haben wir in Make 2/14 ab Seite 132 beschrieben.

Mir ging es aber darum, über den ganzen Abend aufzuzeichnen, welche Fledermausarten vorbeifledern. Daher habe ich mich für einen anderen Ansatz entschieden.

### Abtasten statt mixen

Da ich keine Töne hören will, sondern die empfangenen Signale in einem Spektrum grafisch anzeigen möchte, genügt es, schnell genug abzutasten, um so ein breites Frequenzband digitalisieren zu können. Das Abtasttheorem zeigt, dass ein Signal dann verlustfrei digitalisiert werden kann, wenn die Abtastrate mehr als doppelt so hoch ist wie der höchste in dem Signal vorkommende Frequenzanteil.

Um zum Beispiel Musik, die alle Frequenzen von 0 bis 20kHz enthalten kann, verlustfrei zu digitalisieren, muss man mit mindestens 40.000 Abtastwerten pro Sekunde digitalisieren. Der klassische CD Player baut noch etwas

## Kurzinfo

- » Fledermausfrequenzen abtasten und digitalisieren
- » Verstärkerschaltung mit MEMS-Mikrofon
- » Grafische Darstellung mit Processing

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
3 Stunden



**Kosten:**  
30 Euro

### Mehr zum Thema

- » Friederike Maier, Daniel Bachfeld, Radio in Software-Hand, Make 2/2014
- » Make Node-RED Special 2020
- » Thomas Euler, Krabbelroboter sendet Telemetrie, Make 7/2019, S. 112

### Material

- » 1x Adafruit Feather M0 Express oder M0 Basic Proto Mikrocontrollerboard
- » 1x ELV Komplettbausatz Mikrofon MEMS1
- » 2x Dual Rail-to-Rail Operationsverstärker TS912
- » 3x Folienkondensator 100nF
- » 2x Elektrolytkondensator 10uF
- » Widerstände: 3x 150kOhm, 3x 15kOhm, 2x 4,7kOhm
- » 1x Lochrasterplatine, kupferbeschichtet

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x8ra](http://make-magazin.de/x8ra)

## Fledermäuse

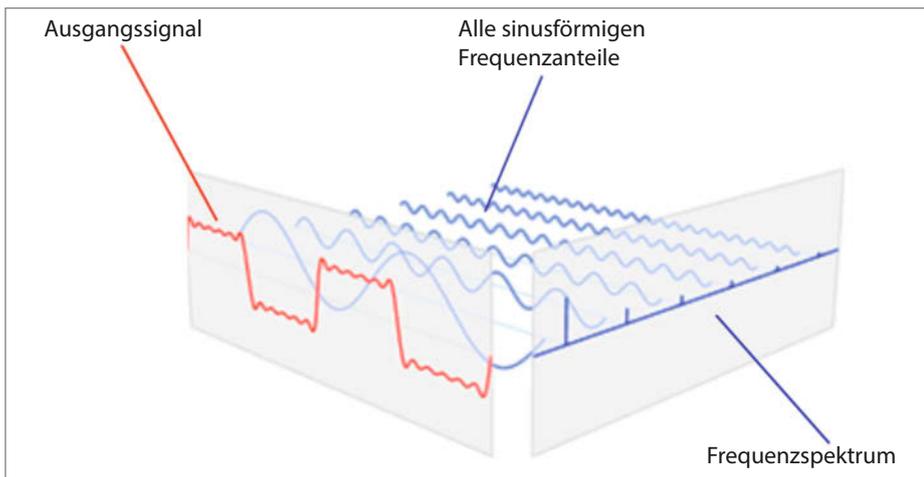
Weltweit gibt es etwa 1000 Fledermausarten. Neben den Flughunden sind sie die einzigen fliegenden Säugetiere. Durch ihre Fähigkeit, bei Nacht zu jagen, haben sie sich über viele Millionen Jahre eine erfolgreiche Nische geschaffen. Da Fledermäuse anders als Vögel ihre ungeborenen Jungen beim Fliegen mittransportieren, gebären sie üblicherweise nur ein Junges. Das macht Fledermauspopulationen sehr anfällig. Sie können sich nicht so schnell vermehren wie andere Kleinsäugetiere. Daher stehen alle Fledermausarten in Mitteleuropa unter Naturschutz.

Faszinierend sind ihre Fähigkeiten der Ultraschallortung: Fledermäuse erzeugen Ultraschallsignale im Kehlkopf, die sie entweder durch den Mund oder die Nase aussenden. Manche erreichen dabei einen Schalldruck von 140 dBA, was der Lautstärke eines Presslufthammers entspricht – zum Glück für Menschen unhörbar. Das reflektierte Echo ermöglicht es der Fledermaus, sich ein räumliches Bild der Umgebung zu machen. Je höher die Frequenz, desto feiner die räumliche Auflösung, aber desto geringer auch die Reichweite. Fledermäuse, die im Wald leben und auf kurze Distanz

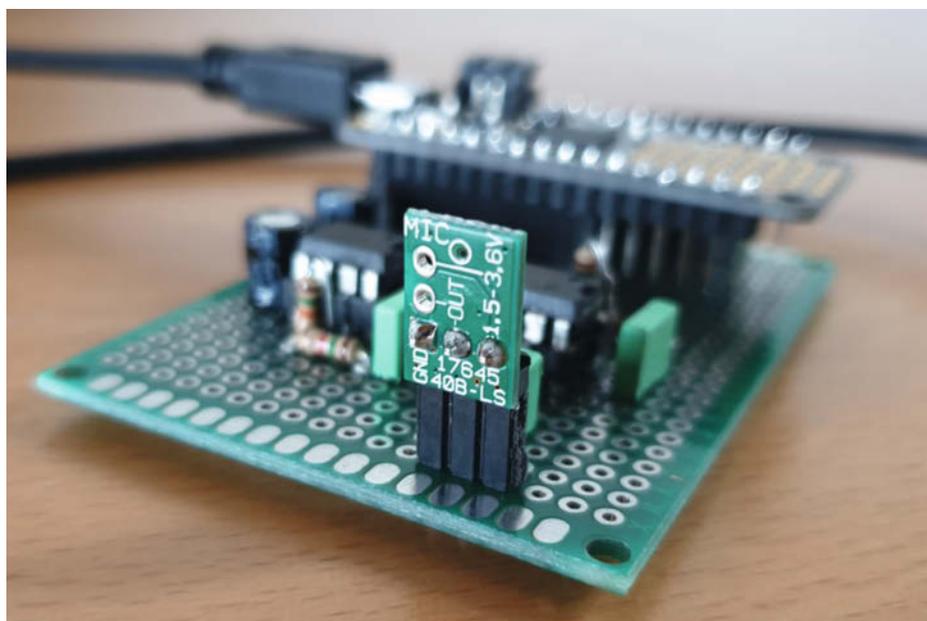
sehr genau navigieren müssen, verwenden daher eher höhere Frequenzen.

Fledermäuse sind außerdem in der Lage, das Echo des eigenen Signals aus den Echos anderer Fledermäuse herauszuhören. Dazu wird das Signal moduliert und erhält eine charakteristische Hüllkurve. Durch Laufzeitunterschiede zwischen den beiden Ohren kann die Richtung des Echos bestimmt werden. Den Dopplereffekt nutzen Fledermäuse, um die relative Geschwindigkeit von Objekten zu ermitteln. Ein fliegendes Insekt zerhackt das Echo mit seinen Flügelschlägen, was der Fledermaus weitere Information über die Art der Beute liefert.

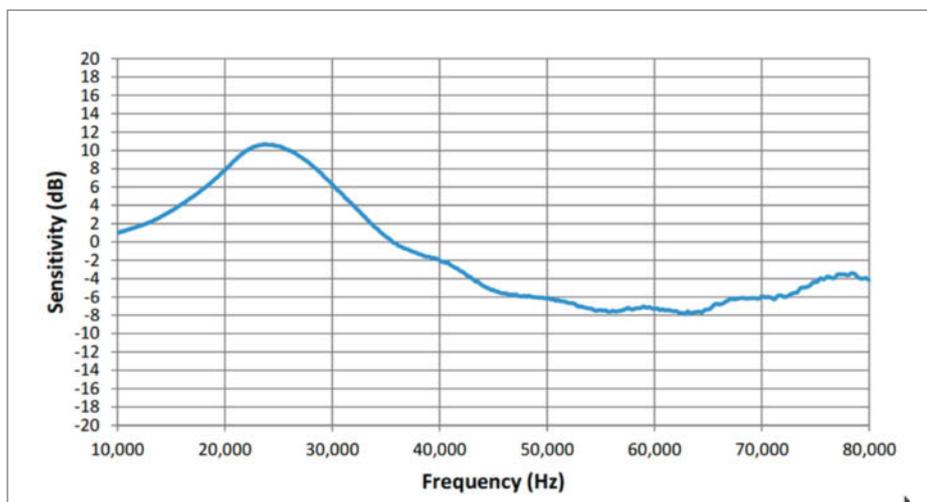
In unseren Breitengraden halten Fledermäuse im Winter in Höhlen und unbenutzten Eisenbahntunneln Winterschlaf. Einige Arten fliegen in den Süden. Hierbei legen sie einige hundert bis zweitausend Kilometer zurück. Daher kann man Fledermäuse in Mittel- und Nordeuropa nur in den Sommermonaten beobachten. Aber auch in dieser Zeit brauchen sie abgestorbene Bäume oder alte Gebäude und Dachböden für ihren Schlaf am Tage.



Das Ausgangssignal wird mittels Fouriertransformation in einzelne Sinusschwingungen zerlegt. Man erhält das Frequenzspektrum.



Das Mikro-Modul MEMS1



Frequenzgang des MEMS1

Reserve ein und verwendet eine Abtastrate von 44.1kps (kilo samples per second). Um also alle gängigen Fledermausarten abzudecken, brauchen wir mindestens 250 bis 300kps als Abtastrate. Die Digitalisierung der Werte erfolgt mit einem Analog/Digital-Wandler (ADC), so dass alle Abtastwerte digital im Speicher des Computers zur Weiterverarbeitung abgelegt werden können.

### Frequenzspektrum ausrechnen

Wenn man für einen kurzen Moment mit dieser hohen Abtastrate das ganze Frequenzband von Null bis zur halben Abtastrate digitalisiert, erhält man eine Momentaufnahme aller zugleich vorkommenden Frequenzen in diesem Zeitraum. Das könnten zum Beispiel die Ortungssignale unterschiedlicher Fledermausarten sein. So wie man ein Lichtspektrum aus den unterschiedlichen Lichtwellenlängen mit einem Prisma oder Gitter zerlegen kann, nutzt man die mathematische Methode der Fouriertransformation, um ein Gesamtsignal in einzelne Frequenzanteile mit der jeweils dazugehörigen Amplitude (und Phase) zu zerlegen. Das funktioniert bei akustischen, elektrischen und mechanischen Schwingungen.

Wie bereits beschrieben gilt dabei für die maximale Bandbreite:

$$f_{\text{Max}} = f_{\text{Abtast}} / 2$$

Daraus lässt sich die Frequenzauflösung berechnen, wobei N die Anzahl der Abtastwerte ist:

$$df = f_{\text{Max}} / N \times 2$$

Taste ich zum Beispiel 500.000 mal pro Sekunde ab und sammle dabei 2048 digitalisierte Werte ein, dann decke ich ein Spektrum bis 250kHz mit einer Frequenzauflösung von circa 250Hz pro Frequenzpunkt im Spektrum ab. Je länger man Daten sammelt, desto besser wird also die Frequenzauflösung der Messung.

Da eine Fouriertransformation sehr rechenintensiv ist, hat sich die Fast-Fourier-Transformation (FFT) durchgesetzt, die durch das geschickte Ausnutzen von Symmetrien und Wiederverwenden von Berechnungsschritten die schnellste Möglichkeit der Berechnung darstellt. Um den Algorithmus bestmöglich zu nutzen, sollte die Anzahl der Abtastwerte eine Zweierpotenz sein, also zum Beispiel 1024, 2048 oder 4096.

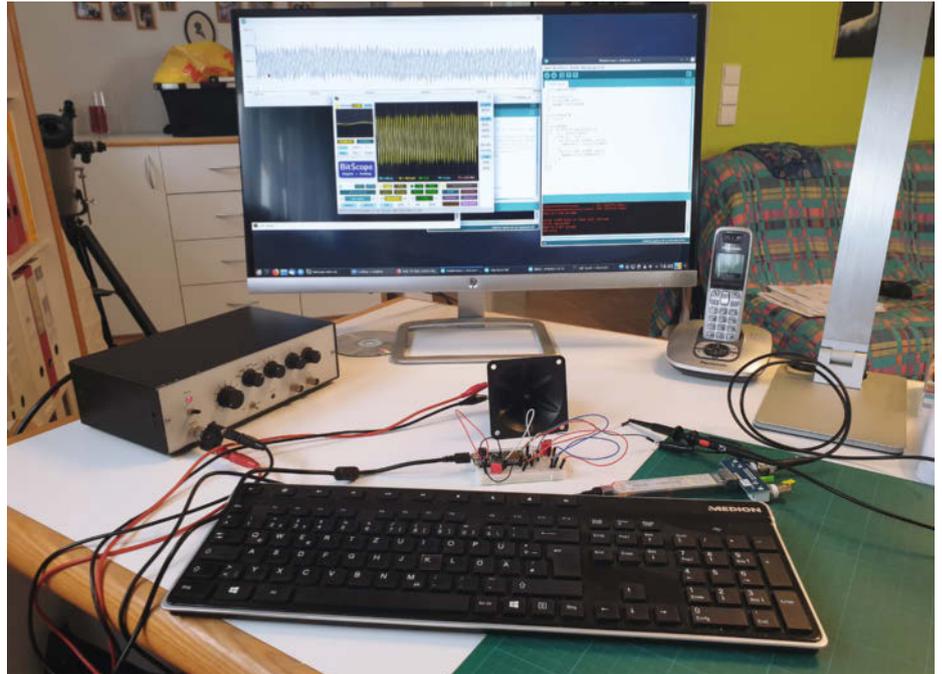
### Von Arduino zu ARM M0+

Grundsätzlich ist es kein Problem, A/D-Wandler zu finden, die mindestens 300kps Abtastrate unterstützen. Will man aber einen A/D-Wandler verwenden, der in einem Mikrocontroller integriert ist, wird die Auswahl kleiner. Der klassische Arduino mit ATmega-Prozessor oder Derivaten bietet maximale Abtastraten bis ca. 20kHz, was noch nicht ein-

mal für das Spektrum im Hörbereich ausreicht. Für viele Messanwendungen mit empfindlicher Sensorik wird auch eher auf höhere Auflösung als auf hohe Frequenz optimiert.

Abhilfe schaffen ARM-M0-basierte Prozessoren, die einen Systemtakt von 48MHz und einen schnelleren A/D-Wandler mitbringen. Für mein Projekt habe ich daher das Feather M0+ Board von Adafruit verwendet. Es verfügt über einen SAMD21-Prozessor, der auf einem ARM M0+ Kern aufbaut. Sein 10-bit-ADC kann mit einer maximalen Abtastrate von 500kps betrieben werden. Für die Aufzeichnung unserer Audiosignale sind 10 Bit Auflösung mehr als genug.

Vermutlich ließen sich auch die neueren Arduino MKR Boards nutzen, die ebenfalls einen SAMD21 verwenden. Das habe ich aber noch nicht ausprobiert. Adafruit bietet schließlich noch eine bequeme FFT-Bibliothek an, die die Transformation der Abtastwerte auf ein Frequenzspektrum auf eine Zeile Code reduziert.



Testsignale auf dem BitScope-Oszilloskop

### Das Mikrofon

Da wir uns hier für die Frequenzen interessieren, die Menschen nicht mehr hören, kommt man mit den üblichen Mikrofonen für Musik und Sprache nicht weiter. Inzwischen hat der Trend zur Miniaturisierung in Smartphones aber MEMS-Mikrofone hervorgebracht, deren Frequenzbereich bis nahe an 100kHz reicht. MEMS steht für „Micro Electrical-Mechanical Systems“, die mit ähnlichen Lithografieverfahren gefertigt werden wie Halbleiter-ICs.

Diese Bauteile sind allerdings so klein, dass sie für Hobbyelektroniker nicht zu verarbeiten sind. Zum Glück gibt es Breakoutboards, die Anschlüsse im 2,54-mm-Raster haben. Ich habe das MEMS1 Modul der Firma ELV verwendet, mit dem Mikrofon SPU0410LR5H-QB von Knowles.

Beim diesem Mikrofon ist der Frequenzgang zwar nicht konstant über den ganzen

Bereich, aber es sollte ausreichen, um die Signale zu detektieren. Wer möchte, kann die frequenzabhängige Mikrofonempfindlichkeit nach der FFT herausrechnen.

### Experimente

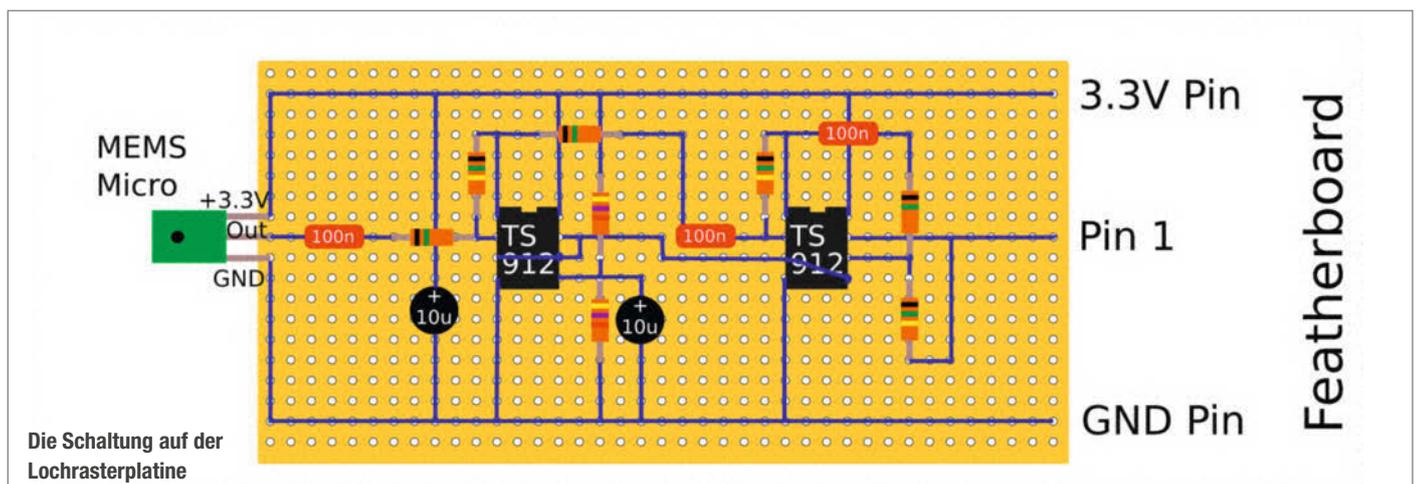
Um mir einen Eindruck von der Mikrofonempfindlichkeit zu verschaffen, habe ich das MEMS1 direkt an ein BitScope Micro Oszilloskop angeschlossen, dessen Software auf dem PC sowohl die Signalform im Zeitbereich als auch das Spektrum im Frequenzbereich anzeigen kann.

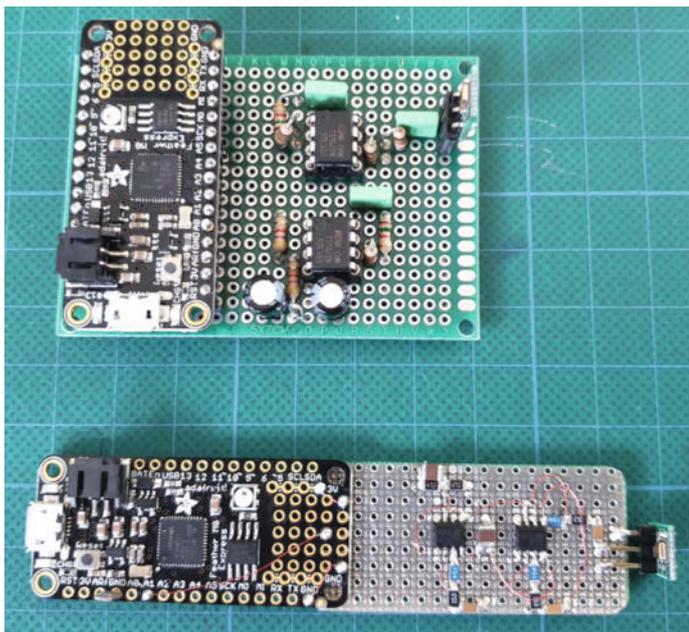
Mit einem Piezo-Hochtöner lassen sich Testsignale bis in den hohen Ultraschallbereich erzeugen. Dabei muss man davon ausgehen, dass auch der Hochtöner keinen konstanten

Frequenzverlauf hat. Man erhält also nur einen qualitativen Eindruck. Mir hat es trotzdem geholfen abzuschätzen, wie stark ich das Signal hinter dem Mikrofon verstärken muss, damit der Eingangsbereich des A/D-Wandlers von 3 Volt gut ausgenutzt wird. Ein Verstärkungsfaktor von 1000 schien sinnvoll.

### Verstärkung

Mit Operationsverstärkern lässt sich die Verstärkerschaltung auf wenig Platinenplatz unterbringen. Ich habe mich für den Operationsverstärker TS912 entschieden – einen Rail-to-Rail-Typ, der bereits mit weniger als 3 Volt Betriebsspannung zurecht kommt und mit Signalen von 0 Volt bis zur Betriebsspannung umgehen kann. Da das MEMS-Mikrofon





Die große Scanner-Platine (oben) und die mobile Version



Oben im Gehäuse ist ein kleines Loch.

eine maximale Betriebsspannung von 3,3 Volt verträgt, kann ich die gesamte Schaltung mit 3,3 Volt betreiben.

Operationsverstärker haben eine Verstärkung von 1.000.000 oder mehr – allerdings nur bei sehr niedrigen Frequenzen. Sollen höherfrequente Signale verstärkt werden, ist das Verstärkungs-Bandbreite-Produkt (in Datenblättern: GBP – Gain/Bandwidth Product) der limitierende Faktor. Beim TS912 beträgt es 800kHz. Das bedeutet, dass er bei einem Signal mit einer Frequenz von 80kHz noch maximal um einen Faktor 10 verstärken kann.

Ich brauche also drei Stufen mit 10-facher Verstärkung, um den gewünschten Verstärkungsfaktor von 1000 bis 80kHz zu erreichen. Im DIP-8-Gehäuse des TS912 sind zwei dieser Verstärker integriert, so dass man mit zwei ICs auskommt. Der vierte Verstärker sorgt dafür, dass der Arbeitspunkt der Schaltung etwa bei 1,5 Volt liegt, also in der Mitte zwischen 0 Volt und der Betriebsspannung. So kann das Signal eine maximale Amplitude von 1,5 Volt annehmen, ohne dass es oben oder unten „anstößt“.

Die Schaltung baut man am besten auf einer Lochrasterplatine auf. Ich verwende dünnen Fädeldraht für die Verbindungen. Dieser Draht hat eine Lackisolation, die beim Löten schmilzt. So dürfen sich die Drähte überkreuzen, da sie isoliert sind, und man muss nicht jeden Draht aufwendig abisolieren – das macht der LötKolben.

Die Platine hat nur drei Verbindungen mit dem Feather-Board: 3.3V, GND und die Verbindung vom Ausgang des dritten Operationsverstärkers zum Analogpin A1 des Mikrocontrollerboards. Für die Außenmontage habe ich noch eine kleinere Version gebaut, die in ein 32-mm-Isolationsrohr passt. Hierzu habe ich die SMD-Versionen der Operationsverstärker und passiven Bauteile verwendet. Diese Version erfordert etwas mehr Löterfahrung.

Für das Isolationsrohr habe ich zwei Endkappen auf dem 3D-Drucker gefertigt, so dass das Mikrofon durch ein kleines Loch mit der Außenwelt verbunden ist und ein halbwegs spritzwasserfester Auslass für das USB Kabel entsteht. Die Druckdateien stehen als Download zur Verfügung (siehe Link in der Kurzinfo).



Gehäuse-Variante für den dauerhaften Außeneinsatz

## Arduino-Software

Das Feather M0+ Board kann wie viele andere Mikrocontroller mit der kostenlosen Programmierumgebung von Arduino programmiert werden. Die IDE kennt das Board leider nicht von Haus aus. Es lässt sich jedoch mit wenigen Schritten nachinstallieren. Zunächst fügt man im Menü *Datei / Voreinstellungen* eine alternative *Boardverwalter-URL* ein: [https://adafruit.github.io/arduino-board-index/package\\_adafruit\\_index.json](https://adafruit.github.io/arduino-board-index/package_adafruit_index.json)

Im Menü *Werkzeuge – Board* sollten nun verschiedene Adafruit-Boards zur Auswahl bereitstehen. Hier fällt die Wahl auf das Feather M0+. Wenn man nun das Board per USB-Kabel mit dem PC verbindet, kann es für Windows-Benutzer erforderlich sein, einen spezifischen Treiber zu laden. Der sollte allerdings automatisch gefunden werden. Zum Start ist es eine gute Idee, den Sketch *Blink* zu laden (zu finden unter *Datei / Beispiele / 01.Basics*) und auf das Board zu übertragen, um zu prüfen, ob die neu installierte Infrastruktur funktioniert.

Für den Fledermausscanner nutze ich die Adafruit FFT-Bibliothek. Diese kann man über das Menü *Werkzeuge / Bibliotheken verwalten...* installieren, wenn man dort in der Suche „FFT“ eingibt. Weitere Infos zur Bibliothek und Installation finden Sie auch über den Link in der Kurzinfo.

Wer schon einmal den A/D-Wandler des Arduino benutzt hat, kennt den Befehl `analogRead()`. Leider lässt sich dieser hier nicht einsetzen, denn die maximale Geschwindigkeit von 500ksps wird nur erreicht, wenn der A/D-Wandler asynchron zum Programm läuft



# ESP32-Cam im Kamera-Dummy

Die ESP32-Cam macht aus einem günstigen Kamera-Dummy eine echte Überwachungskamera, die einfach in die eigene Heimautomation eingebunden werden kann.

von Jens Hackel



**W**ebcams zum Einsatz im Eigenheim sind grundsätzlich sehr preiswert erhältlich, wer aber eigene Daten ungern in fremde Clouds schickt oder eigene Ideen umsetzen möchte, kann mit wenig Geld und etwas handwerklichem Geschick leicht eine eigene Kamera bauen. Als Kernstück eignet sich das ESP32-Kamera-Modul für 5 Euro, das in der Make 1/20 ab Seite 28 vorgestellt wurde. Neben dem unschlagbaren Preis-/Leistungsverhältnis bietet es die Möglichkeit, die Software individuell anzupassen und eigene Funktionen und Sensoren einzubinden – wobei der Beispiel-Sketch der Kamera für die meisten Anwendungen völlig ausreicht. Ich habe meine Kamera noch an meinen FHEM-Server (auf Raspi-Basis) für die Hausautomatisierung angebunden.

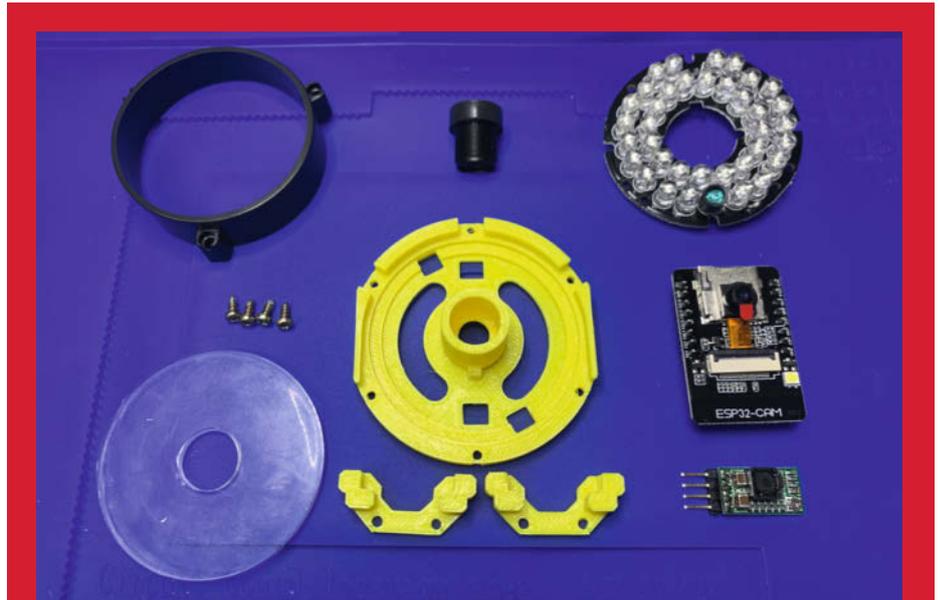
Für den Außeneinsatz muss natürlich ein passendes Gehäuse her. Das könnte man mit dem 3D-Drucker selber herstellen, was jedoch einige Zeit erfordert. Dabei gibt es bereits eine gut geeignete Gehäuseform. Man findet sie im (Online-)Elektronikhandel für wenige Euro, in verschiedenen Designs, aus Kunststoff oder sogar Metall: die Dummy-Überwachungskamera. Sie soll eine echte Kamera vortäuschen und besteht meist aus einem Gehäuse mit Kamera-Attrappe und einer blinkenden LED. Entfernt man die Attrappe, hat man ein prima Gehäuse für das ESP32-Modul. Außerdem lässt sich leicht ein Infrarot-LED-Modul zur Beleuchtung mit einbauen.

Vor dem Einbau muss noch die Originallinse der ESP-Cam entfernt werden, da hinter ihr ein Infrarot-Filter verklebt ist. Dieser würde sonst das IR-Licht blockieren, das zur Beleuchtung in der Dunkelheit dient. Das neue Kameraobjektiv muss außerdem durch die Acrylglascheibe des Gehäuses geführt werden, um Reflektionen durch die IR-LEDs zu vermeiden. Zur Befestigung der Kamera, des IR-Moduls und des ESP32 habe ich einen Adapterring und zwei Halteclips konstruiert und 3D-gedruckt. Das neue Objektiv wird in den Adapterring geschraubt, der ebenfalls Platz für den LED-Ring mit 36 Infrarot-LEDs bietet. Das Loch in der Acrylglascheibe habe ich schließlich mit einem Stufenbohrer gebohrt.

Der LED-Ring benötigt 12 Volt, während das ESP32-Modul sich mit 5 Volt begnügt. Daher betreibe ich die Kamera mit 12 Volt und erzeuge 5 Volt mittels eines Step-down-Wandlers. Befestigt habe ich ihn auf einer Lochrasterplatine, welche „huckepack“ auf den ESP32 gesteckt wird – auch eine fliegende Verdrahtung wäre ohne Probleme möglich. Sicherheitshalber habe ich die Spannungsquelle über eine Feinsicherung angeschlossen. Bei künftigen Nachbauten werde ich sie durch eine Poly-Switch-Sicherung austauschen.

Die vollständige Anleitung mit weiteren Bildern, Schaltplan und Druckdateien finden Sie online unter dem Link. —hch

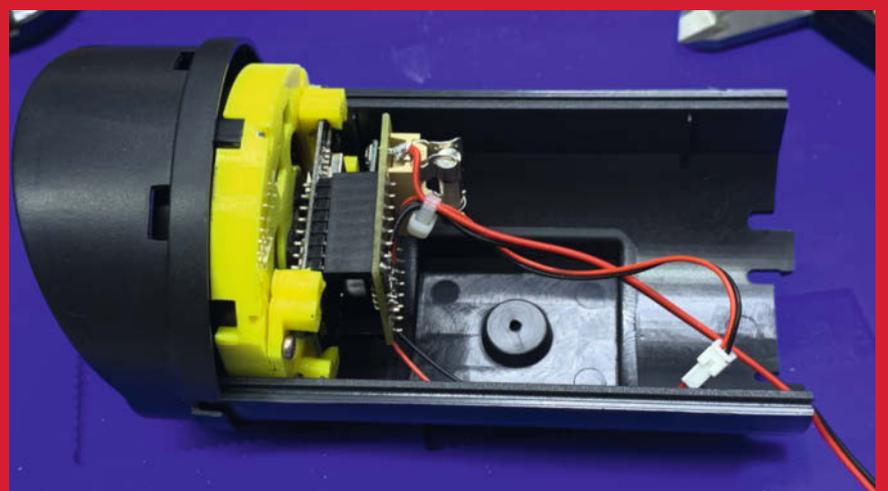
► [heise.de/-4945742](https://heise.de/-4945742)



Die Bauteile für den ESP-Kameraumbau



Der funktionale Kameraaufbau mit Infrarot-Beleuchtung und Objektiv auf dem Adapterring



Auf der Rückseite des Adapters sind der ESP und die Huckepack-Platine aufgesetzt. Trotzdem ist im Gehäuse noch Platz für Sensoren oder andere Erweiterungen.

# Animoji-Maske

Ich habe eine Maske entwickelt, die mein Gesicht in Echtzeit durch einen digitalen Avatar ersetzt.

von Lenny Leiter

Eingereicht über

**Make: Projects**



**M**it meinem Smartphone kann ich all-erhand faszinierende Sachen anstellen. Ist es vielleicht möglich, diese virtuellen Kunststücke ins echte Leben zu übertragen? Etwa eine digitale Maske, mit der ich mein eigenes Memoji, einen Instagram-Filter oder sogar das Gesicht von jemand anderes tragen kann? Herausforderung angenommen!

Nach einiger Recherche und ersten Skizzen kam ich auf ein rundes Design für einen Helm, der mein Gesicht filmt und als Echtzeit-Emoji nach außen anzeigt. Mit einem kleinen, tragbaren Beamer sollte sich das bewerkstelligen lassen. Zu diesem Zweck habe ich verschiedene Beamer getestet und mich für den Mini-Projektor Otha D13 entschieden. Der D13 ist kompakt, lichtstärker als die meisten Konkurrenten und basiert auf Android, was mir einige Möglichkeiten bietet, das Projektionsbild zu manipulieren. Leider scheint die Produktion inzwischen eingestellt worden zu sein.

Meine größten Herausforderungen bei der Umsetzung des Helms hatten mit Abständen zu tun: Zum einen muss der Mindestabstand zwischen Gesicht und Smartphone für eine erfolgreiche Erkennung der Gesichtsausdrücke und -bewegungen mindestens 18 Zentimeter betragen. Zum anderen muss der Abstand zwischen Beamer und „Leinwand“ sogar mindestens 60 Zentimeter betragen, um eine halbwegs anständige Projektionsgröße zu erzielen. Zwei ausgeklügelte Spiegelkonstruktionen werfen nun einerseits mein Bild über zwei Spiegel nach unten auf die Handykamera und dann über zwei weitere Spiegel vom Beamer auf die Vorderseite der Kugel. Leider blockieren die Spiegel so auch die Sicht des Trägers oder der Trägerin. Mit dem Helm auf ist man quasi blind. Außerdem beschlagen die Spiegel schnell vom Atem – dagegen hilft ein nachinstallierter Mini-Ventilator.

Nach den ersten Experimenten mit Prototypen aus Pappe und Handspiegeln und der Hilfe meiner verständnisvollen Freundin habe ich mich sicher genug gefühlt, um mit dem eigentlichen Bau loszulegen. Ich habe über mehrere Monate lang immer wieder an dem Helm herumgeschraubt. Wie viel Zeit ich insgesamt dafür aufgewendet habe, kann ich nicht sagen, aber ich habe den kompletten Prozess in circa 73 Stunden GoPro-Aufnahmen für meinen YouTube-Kanal Lenny3000 dokumentiert. Der fertige Helm besteht aus zwei PVC-Halbkugeln, wobei die obere mit Milchglaseffekt-Spray transparent bleibt, während ich die untere Hälfte wie das Metallgerüst schwarz angesprüht habe. Damit man „mich“ gut sehen und hören kann, habe ich innen noch einen LED-Ring als Beleuchtung verbaut und außen einen Lautsprecher. Im Helm hört man allerdings nichts. Mehr Bilder und das Video vom Bauprozess findet ihr auf Make: Projects. —hch

► [makeprojects.com/de/project/animoji-mask](https://makeprojects.com/de/project/animoji-mask)



Die grundlegende Konstruktion aus Beamer, Spiegeln und Smartphone im Helm



Am Metallgerüst werden alle weiteren Teile befestigt.



Der fertige Helm ist einige Kilo schwer. Zum Glück wird er auf den Schultern getragen.

# Picaxe-CO<sub>2</sub>-Ampel im Bilderrahmen

Der CO<sub>2</sub>-Bilderrahmen basiert auf dem günstigen Sensor MH-Z19B und dem Picaxe-08M2, der die Auswertung der CO<sub>2</sub>-Werte besonders einfach macht.

von Fritjof Flechsig



Dieser CO<sub>2</sub>-Warner ist einfach und schnell zu bauen: Als Anzeige verwenden wir einen Bilderrahmen und einen Servo-gesteuerten Strohhalm, während ein Picaxe-08M2 die Auswertung des CO<sub>2</sub>-Sensors MH-Z19B übernimmt. Nötig sind nur noch das Nano-Axe-Board, das es mit dem Make Picaxe Special gibt (oder wenige elektronische Bauteile) und ein Netzteil.

Dabei nutzen wir aus, dass der MH-Z19B seine Messwerte nicht nur über sein serielles Interface sendet, sondern auch über einen Ausgang mit Pulsweitenmodulation. Die Pulslänge in Millisekunden entspricht einfach einem Fünftel der CO<sub>2</sub>-Konzentration im ppm, bis auf 2 Millisekunden:

$$\text{CO}_2(\text{ppm}) = (\text{Pulslänge}(\text{ms}) - 2 \text{ ms}) * 5$$

Wenn man eine Pulslänge von 178 Millisekunden misst, entspricht dies einer CO<sub>2</sub>-Konzentration von 880ppm. Damit ist die Auswertung einfacher als über das serielle Protokoll. Um den vollen Funktionsumfang auszunutzen und den Sensor etwa zu kalibrieren, muss man aber doch über den seriellen Weg gehen.

Der Bilderrahmen für den Warner sollte Bilder vom Format 13cm × 18cm fassen und sein „Glas“ aus dünnem Plexiglas bestehen. Für den Einbau des Servos bohren wir ein Loch durch Plexiglas, Skala und Rahmenrückwand. Es muss groß genug sein und die passende Form haben, sodass der Hals des Servos von hinten hindurch passt. Vorn wird ein Aufsatz, etwa ein Strohhalm, am Servohorn angeklebt. Die von uns entworfene CO<sub>2</sub>-Skala können Sie online herunterladen und ausdrucken.

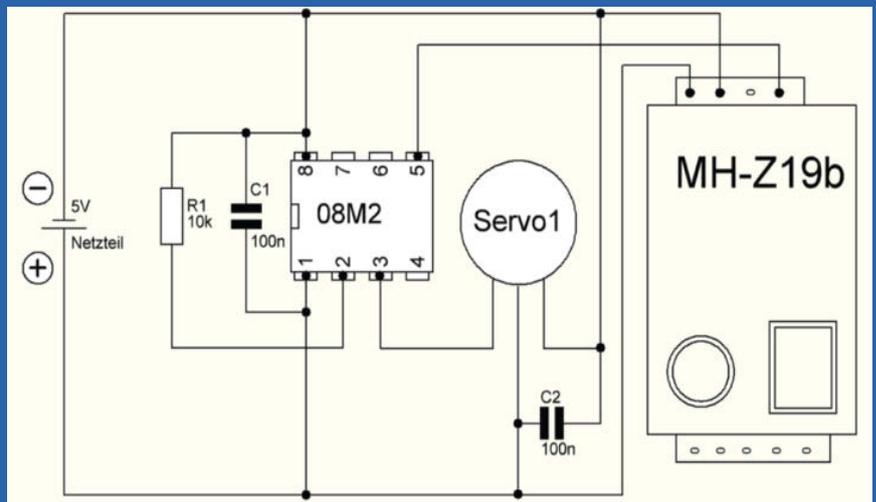
Der Sensor MH-Z19B hat zwei Anschlussleisten, wovon wir nur eine brauchen. An diese wird eine kleine Stiftleiste gelötet, die Steckerbuchse auf der anderen Seite kann aus Platzgründen abgebrochen werden. Da die Anzeige im Dauerbetrieb über 24 Stunden laufen muss, braucht sie noch ein Netzteil. Der Sensor und der Modellbauservo benötigen 5 Volt. Über das Nano-Axe-Board kann das Projekt mit einem USB-Netzteil versorgt werden. Wir haben für unsere Schaltung ein altes Handy-Netzteil umgebaut – weitere Details dazu finden Sie in der ausführlichen Bauanleitung online.

Beim Start des Programms wird der gesamte Anzeige-Bereich einmal mit dem Servo zum Test durchgefahren. Anschließend misst der Picaxe alle fünf Sekunden die Pulslänge des Sensors und rechnet sie per Dreisatz auf den Steuerbereich des Servos um. Um dauerhaft verlässliche Ergebnisse zu liefern, muss der MH-Z19B mindestens einmal am Tag für 20 Minuten an der frischen Luft sein und dauerhaft an der Spannungsversorgung hängen. Er startet alle 24 Stunden nach dem Einschalten seine Auto-Kalibrierung, wobei er den niedrigsten gemessenen Wert der letzten 24 Stunden als 400ppm, also frische Luft, annimmt. —hch

► [heise.de/-4947195](https://heise.de/-4947195)



Das Loch in der Skala muss zum Servo passen.



Minimalschaltung für das Breadboard: Das Nano-Axe-Board wird dann nur zur Programmierung des Picaxe-Chips verwendet und kann anschließend in weiteren Projekten genutzt werden.



Die fertige Schaltung haben wir einfach auf ein Breadboard gesteckt und dieses auf den Bilderrahmen geklebt.

# E-Bike mit Brennstoffzellenantrieb

Fahrräder mit Elektro-Hilfsmotor sind seit einiger Zeit schon Alltag, aber ein Pedelec, das seine Energie statt aus einem Akku aus einer Brennstoffzelle bezieht, klingt nach Zukunftsmusik. Zu kaufen gibt es sowas (noch) nicht, aber man kann es selber bauen, wie dieses Jugend-Forscht-Projekt beweist.

von Julian Rueß



Von den ersten beiden Ausbildungsgehältern als *Elektroniker für Systeme und Geräte* habe ich mir ein Elektrofahrrad gekauft, mit dem ich jeden Tag zur Schule und Ausbildung fahre. Doch mich faszinierte die Möglichkeit eines wirklich umweltfreundlichen Kraftstoffes und so kam mir die Idee, mein Elektrofahrrad zu einem Elektro-Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrrad umzubauen, das dann zu 100 Prozent CO<sub>2</sub>-neutral mit „grünem“ Wasserstoff betrieben wird. Als „Abgas“ kommt nur Wasser heraus – ein Traum.

Gleichzeitig versprach der Umbau auch noch eine größere Reichweite und deutlich schnelleres Betanken als der Ladevorgang beim herkömmlichen Lithium-Ionen-Akku an der Steckdose.

## Das Rad

Genau genommen handelt es sich bei meinem Rad um ein *Pedelec* (Pedal Electric Cycle), also ein Elektrofahrrad, das den Fahrer nur dann elektrisch unterstützt, wenn er selbst in die Pedale tritt (rein elektrisch ist nur eine Fahrt von maximal 6km/h erlaubt, als Anfahr- oder Schiebehilfe). Diese Räder sind in der deutschen Straßenverkehrsordnung Fahrrädern gleichgestellt. Durch die Energie-Einspeisung aus der Brennstoffzelle in den Puffer-Akku ändert sich rechtlich nichts: Mein Rad bleibt durch den Umbau ein Pedelec.

Zuerst musste ich allerdings überprüfen, ob sich mein Elektro-*Fatbike* für den Umbau zum Wasserstoff-Fahrrad überhaupt eignet – dabei ging es vor allem darum, ob es sich mit 48V Spannung betreiben lässt. Denn die Brennstoffzelle, die mir für mein Projekt zur Verfügung stand (siehe auch Kasten mit den Danksagungen), hat eine Ausgangsspannung von knapp 49V.

Im Internet konnte ich eine Anleitung finden, bei der die Spannungsumstellung über das Menü auf dem Display des Rads von 36V auf 48V beschrieben war. Mit dem Labornetzteil habe ich dann eine Spannung von 48V an den Fahrrad-Controller angelegt: Das Rad drehte sich mit der Geschwindigkeit, wie sie im Schiebehilfemodus zu erwarten war. Damit erwies sich zu meiner Freude, dass mein Fahrrad für die Spannung der Brennstoffzelle geeignet ist und ich konnte weitere Komponenten für meine Konstruktion suchen.

## Der Wasserstoffspeicher

Die sicherste Methode, Wasserstoff zu speichern, ist ein Metallhydrid-Wasserstoffbehälter. Dieser ist mit Metallpulver gefüllt, das den Wasserstoff absorbiert, sodass das Metallhydrid (MH) entsteht. Der Wasserstoff ist nun gebunden. Dadurch herrscht im Behälter nur ein relativ geringer Druck von 5–10 bar. Zum Vergleich: Der Luftdruck in Fahrradreifen ist ähnlich – 5 bar bei einem City-Bike und bis zu 10

## Kurzinfo

- » Umbau eines handelsüblichen Pedelec auf Wasserstoff und Brennstoffzelle als Energiequelle
- » Selbst entwickelte Steuerung auf Basis von Arduino Mega
- » Große Reichweite bei kurzer Ladezeit

## Checkliste



**Zeitaufwand:**  
vier bis fünf Wochen,  
52 Stunden 3D-Druckzeit



**Kosten:**  
Brennstoffzelle ab 2500 Euro  
Wasserstofftank ca. 1500 Euro  
Puffer-Akku, Elektronik, Sensoren,  
3D-Druckmaterial zusammen  
etwa 320 Euro



**Löten:**  
gute Grundkenntnisse



**Programmieren:**  
mit der Arduino-IDE



**3D-Druck:**  
größere Teile aus PLA



**Konstruieren:**  
mit Tinkercad

## Komponenten (Auswahl)

- » E-Bike (Pedelec), hier Fitifito FT26
- » Brennstoffzelle (PEMFC) mit Luftkühlung, etwa von Duralite Power oder Horizon H300
- » Wasserstofftank Metallhydrid, hier Ovonic @ Metal Hydride
- » 2 Ventile 12V etwa Spider Microventile 7mm von Staiger GmbH
- » Verschraubungen und Gaskupplung etwa von Swagelok
- » Druckminderer 10 bar auf 2 bar
- » Wasserstoff-Sensor MQ-8
- » Li-Ion Battery Management System (BMS) mit Load-Balancer-Anschluss, 48V
- » 26 Li-Ion-Akkus 18650, 3,6V/2900mAh, hochstromfähig, hier Panasonic NCR18650PF
- » Arduino Mega
- » Arduino Prototyping Shield
- » Stromsensor ACS712, 30 A
- » Lüfter

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xcrj](https://make-magazin.de/xcrj)

bar bei Rennradreifen mit deutlich kleinerem Querschnitt. Der Behälter wiegt 6,5kg und fasst 80 Gramm Wasserstoff. Da ein Kilogramm H<sub>2</sub> 33,33kWh chemische Energie speichert, entsprechen die hier mitgeführten 0,08kg Wasserstoff einem Energievorrat von immerhin 2,6664kWh.

Wird der Wasserstoffbehälter betankt, entsteht Wärme durch eine chemisch-exotherme

Reaktion. Wird die Wärme nicht abgeführt, stoppt der Prozess automatisch, da sich durch die Wärme der Wasserstoff wieder aus dem Metallgitter löst. Während der Fahrt wird Wasserstoff entnommen und der physikalische Prozess ist umgekehrt. Zur (endothermen) Abgabe des Wasserstoffes aus dem Wasserstoffbehälter wird daher Wärme benötigt. Die wird der Umgebungsluft entzogen.

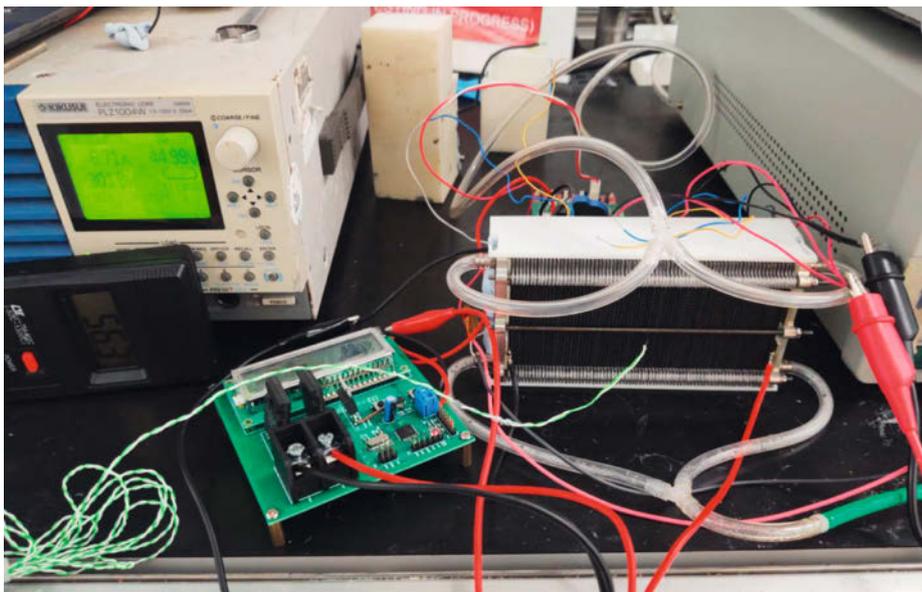


Der Metallhydrid-Wasserstoffbehälter ist auf dem Gepäckträger des Rads befestigt.



## Wasserstoff

Wasserstoff ist ein Gefahrstoff, denn das Gas ist brennbar und zusammen mit dem Sauerstoff aus der Luft kann sich hochexplosives Knallgas bilden. Beim Einsatz von Wasserstoff müssen die einschlägigen Sicherheitsvorkehrungen beachtet werden, die sich aus dem Stand der Technik und den jeweils gültigen Vorschriften ergeben. Grundsätzlich sind die vom Wasserstoff ausgehenden Gefahren beherrschbar und nicht größer als jene, die von anderen Energieträgern ausgehen. Vom Standpunkt der Sicherheit aus spricht nichts gegen seinen allgemeinen Einsatz als Energieträger.



Die verwendete Brennstoffzelle (rechts vorne) auf dem Labortisch beim Aufbau des Systems

## Vielen Dank an ...

... Dipl. Ing. Tilo Maag vom DLR Stuttgart, der den Metallhydrid-Wasserstoffbehälter zur Verfügung stellte; an Dr. Ing. Jörg Weigl von Unicorn Engineering GmbH für die Brennstoffzelle und den Elektrolyseur. Und an meinen Vater für den Bastelkeller und die Motivation.

## Die Brennstoffzelle

Die verfügbare Brennstoffzelle ist eine PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) mit integrierten Lüftern zur Kühlung. Eine solche Brennstoffzelle ist im Kern aus einzelnen Zellen aufgebaut. Jede Zelle besteht dabei aus zwei Platten (Elektroden) mit einer Membran (Folie) dazwischen. Auf eine Seite der Folie wird Wasserstoff geleitet, auf die andere Seite der Folie Sauerstoff aus der Luft. Zwischen den Platten entsteht pro Zelle eine Spannung von 0,653V – wie genau, dazu gleich mehr.

Viele Zellen zusammen bilden einen Stack. In meinem Fall besteht der Stack aus 75 Zellen. Damit ergibt sich eine Nominalspannung von  $75 \times 0,653V =$  knapp 49V. Der Stack aus einzelnen Zellen bildet zusammen mit den Lüftern die eigentliche Brennstoffzelle. Sie stammt in meinem Fall vom Hersteller Duralite Power, bringt eine Dauerleistung von 245 Watt (49V/5A) und misst 14,9cm  $\times$  14,9cm  $\times$  5,5cm.

## Chemie der Brennstoffzelle

In einer Brennstoffzelle wird Wasserstoff mit dem Sauerstoff aus der Luft oxidiert unter kontrollierten Bedingungen. Dabei passieren die Oxidation des Wasserstoffs und die Reduk-

tion des Sauerstoffs auf unterschiedlichen Seiten eines Elektrolyten, weshalb es bei diesen Reaktionen nicht zum direkten Elektronentransfer und damit einer heftigen Explosion kommt wie beim Knallgas.

Der Elektrolyt ist damit das Kernstück der Brennstoffzelle. In einer PEMFC besteht der Elektrolyt aus einer protonendurchlässigen Membran, aber in der Praxis kann man sie sich als „hochspezielle Plastikfolie“ vorstellen.

Auf der Membran sind zwei Elektroden (Anode und Kathode) aufgebracht. Über sie werden die Elektronen um den Elektrolyten „herumgeleitet“, wodurch ein Teil der im Wasserstoff gespeicherten chemischen Energie als elektrische Energie genutzt werden kann. Damit die Ladung ausgeglichen wird, wandern Ionen (im Fall einer PEMFC sind es Wasserstoffatomkerne, also Protonen) durch den Elektrolyten.

Zur Unterstützung der Reaktion enthalten die Elektroden als Katalysator feinste Platinpartikel, die auf Kohlenstoff aufgebracht sind. Die Konzentration ist ähnlich gering wie bei einem PKW-Abgaskatalysator.

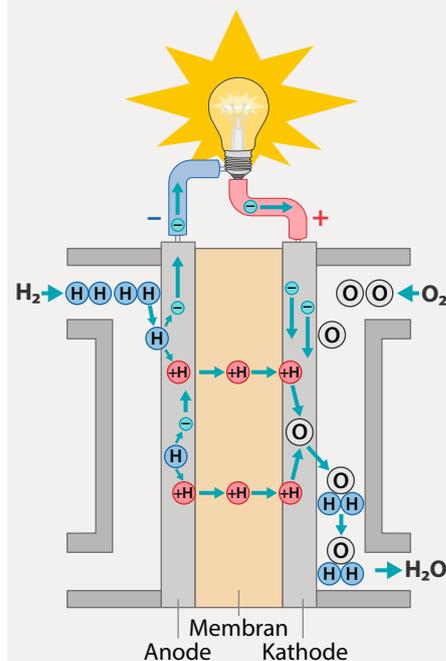
## Wasserstoff gewinnen

Mein Ziel ist es, CO<sub>2</sub>-neutral mit meinem Wasserstoff-Bike unterwegs zu sein. Um das zu erreichen, kann man mit einem Elektrolyseur selbst Wasserstoff aus reinem Wasser herstellen, wobei die nötige Energie für die Elektrolyse dazu entweder aus einer eigenen Solarzelle oder Windkraftanlage kommen muss – oder man nutzt Ökostrom aus der Steckdose, einen entsprechenden Vertrag mit dem Energieversorger vorausgesetzt.

Ich benutze für die Erzeugung den Elektrolyseur Hydrofill Pro, eine fertig käufliche Tisch-Tankstelle für Wasserstoff, die zum ein-

## Prinzip der Brennstoffzelle

In einer Brennstoffzelle vom Typ PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) werden die Elektronen des Wasserstoffs in der Anode von den Kernen getrennt, die positiv geladenen Wasserstoff-Ionen (Protonen) wandern durch die Membran auf die Seite der Kathode, wo aus ihnen zusammen mit den Elektronen und dem Sauerstoff aus der Luft Wasserdampf wird. Zwischen Anode und Kathode entsteht dabei eine nutzbare Spannung.



Quelle: Sergey Merkulov / Shutterstock.com



Diese Tisch-Tankstelle erzeugt aus Wasser durch Elektrolyse Wasserstoff und füllt direkt den Metallhydrid-Behälter.

fachen und automatischen Nachfüllen von Metallhydrid-Behältern entwickelt wurde. Sie erzeugt pro Stunde 1,7 Liter Wasserstoff.

Alternativ kann man auch „grünen Wasserstoff“ in einer großen Gasflasche kaufen und umfüllen. Oder man tankt das Gas direkt an einer der 86 Wasserstoff-Tankstellen in Deutschland. „Grün“ im Sinne von CO<sub>2</sub>-neutral ist letzteres dann allerdings nicht.

## Hardware und Gehäuse

Für die Steuerung habe ich ein *Brennstoffzellen Management System* (BMS) entwickelt. Der Kern dieses Systems ist ein *Arduino Mega* mit einer Aufsteckplatine (Arduino Prototyping Shield) zum Lötten. Darüber wurden die diversen Sensoren und Aktoren angeschlossen (dazu gleich mehr). Programmiert habe ich mit der Arduino-IDE und in deren spezieller C++-Variante.

Mit dem 3D-Online-Programm *Tinkercad* habe ich die Gasbehälter-Halterung für den Gepäckträger und die Gehäuseteile für die Brennstoffzelle und die anderen Teile des BMS konstruiert. Mit meinen zwei 3D-Druckern habe ich alles ausgedruckt. Meinen ersten 3D-Drucker (einen *Anycubic i3 Mega*) habe ich mir vor 18 Monaten gekauft; mit *Tinkercad* habe ich schon vor zwei Jahren 3D-Konstruieren als Hobby entdeckt – für mich ebenso eine Leidenschaft wie die Elektronik.

## Funktion des Systems

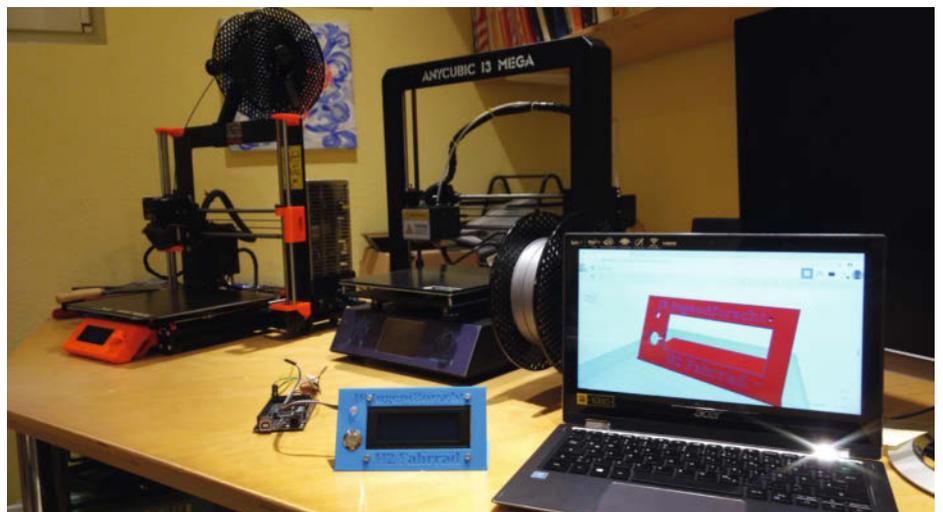
Als klar war, welche Komponenten ich verwenden würde, entwickelte ich zuerst den



Das Pufferakku-Pack habe ich aus Panasonic-NCR18650PF-Li-Ion-Akkus selbst geschweißt. Es besteht aus 26 Zellen, je 13 in Reihe, die wiederum parallel geschaltet sind.

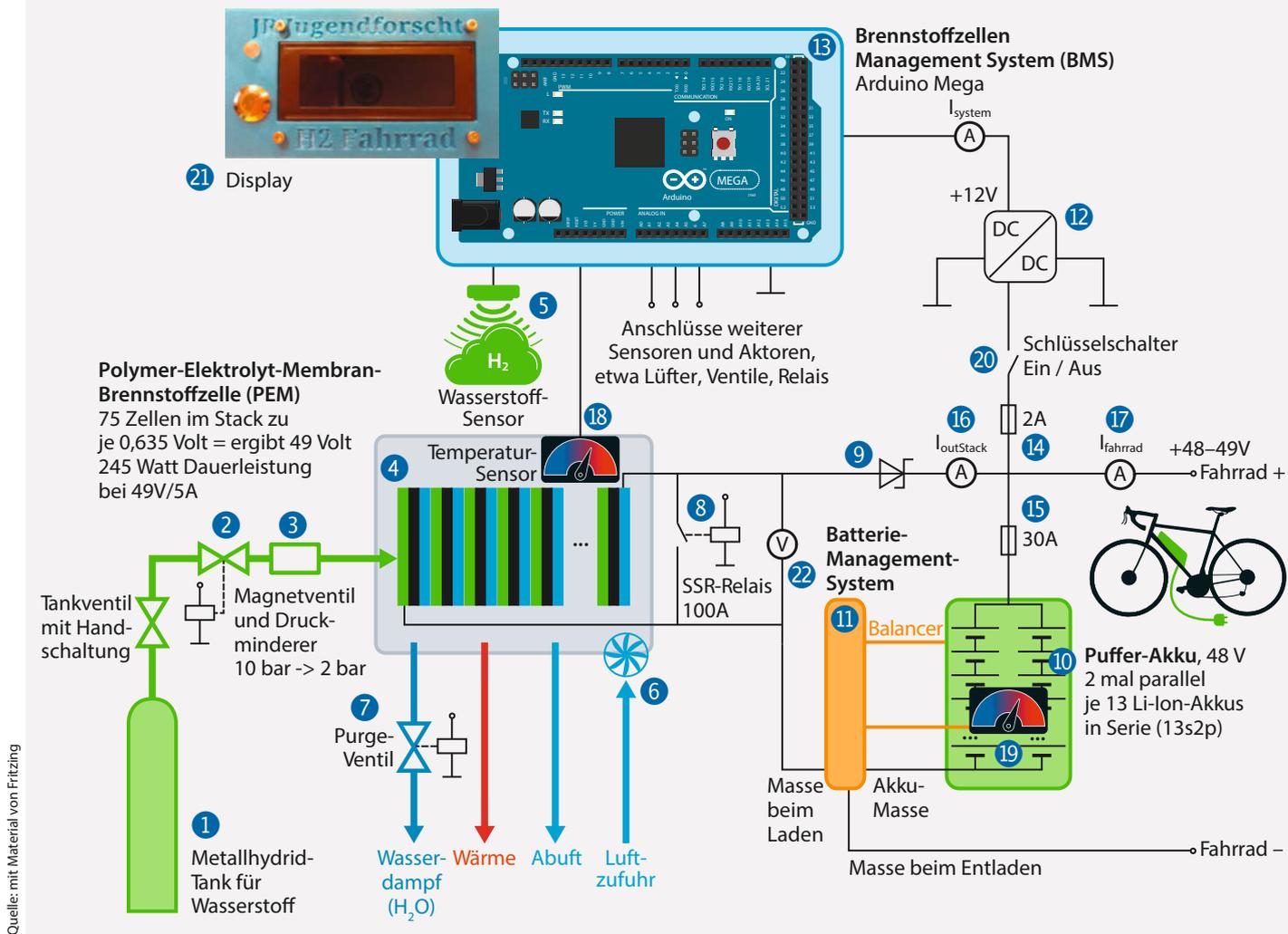


Auch das Gehäuse für das komplette System aus Schüsselschalter, Brennstoffzelle, Pufferakku, Elektronik und Arduino Mega stammt aus dem 3D-Drucker. Es sitzt zwischen Oberrohr und Unterrohr zentral im Rahmen des Rads.



Die Gehäuseteile wurden in *Tinkercad* konstruiert und in insgesamt über 50 Stunden auf zwei Druckern in 3D ausgedruckt.

# Funktionsplan



Brennstoffzellen-Funktionsplan. Dieser ist die Grundlage des ganzen Systems. Daraus ergeben sich die Anforderungen für den elektronischen Schaltplan, die notwendigen Hardware-Bauteile wie Dioden und Schalter und auch die Software-Funktionen.

Das Wasserstoffgas wird in dem austauschbaren, wieder befüllbaren und nur unter niederem Druck stehenden Metallhydrid-Tank gespeichert **1**. Der Wasserstoff wird durch ein Magnetventil **2** und einen mechanischen Druckminderer **3** nochmal auf 2 bar heruntergeregt und zum Brennstoffzellenstapel **4** geleitet. Das Magnetventil ist aus Sicherheitsgründen als *normally closed* (NC) ausgeführt und wird aktiv vom Brennstoffzellen Management System (BMS) offengehalten, sofern der in Reihe geschaltete Wasserstoffsensor **5**, der im Inneren des Gehäuses aus dem 3D-Drucker sitzt und dort die Luft analysiert, keine Leckage feststellt.

Der Brennstoffzellenstapel wandelt das Wasserstoffgas (H<sub>2</sub>) mit Sauerstoff (O<sub>2</sub>) aus der Luft zu 50 Prozent in Strom, zu 50 Prozent in Wärme sowie in Wassernebel (H<sub>2</sub>O) um. Kleine Lüfter **6** blasen die Prozessluft (für das O<sub>2</sub>) und die Kühlluft durch den Brennstoffzellenstapel. Ein periodisch alle 10 Sekunden für je 30 Millisekunden geöffnetes Spülventil (Purge Ventil, **7**) auf der Wasserstoffseite leitet eventuell angesammelte Kondenswassertröpfchen ab.

Das großzügig ausgelegte 100A-Hochstrom-Halbleiterrelais (SRR, **8**) schließt alle 20 Sekunden für 20 Millisekunden die Brennstoffzelle kurz. Das sorgt für maximalen Strom und maximale Wasserbildung an der Membran, was diese befeuchtet, wodurch die Leitfähigkeit für Wasserstoffionen erhöht wird. Eine Schottky-Diode **9** verhindert den Energierückfluss aus dem Pufferakku **10**. Der Balancer in dessen Batteriemanagement-System **11** sorgt dafür, dass die

insgesamt 26 Einzelzellen des Lithium-Ionen-Pufferakkus gleichmäßig aufgeladen werden.

Der DC/DC-Konverter reduziert die Spannung aus der Brennstoffzelle von knapp 49V auf 12V **12**. Die 12V werden für das Brennstoffzellen Management System **13**, für die Ventile und die Lüfter benötigt.

Eine 2A-Sicherung schützt das System **14**. Die 30A-Sicherung sorgt bei Problemen im Antrieb für Schutz **15**.

## Messungen im System

Strom wird im System an zwei kritischen Punkten gemessen (im Plan jeweils mit einem „A“ für Ampere in einem Kreis markiert):

1.  $I_{outstack}$ : der Strom, der aus dem Stack geflossen kommt **16**
2.  $I_{fahrrad}$ : der Stromfluss, der dem Fahrrad zur Verfügung gestellt wird **17**

Die Temperatur wird dreimal im System gemessen:

1. Zwei Sensoren messen die Temperatur des Brennstoffzellen-Stack (18).
2. Die Akku-Temperatur wird durch das Batteriemangement-System gemessen (19).

### Die Steuerung

Der Hauptschalter (20) schaltet die Energie des Brennstoffzellen Management Systems ein und aus; auch das Hauptventil wird beim Start geöffnet und beim Stopp geschlossen. Beim Einschalten startet der Arduino, der die gesamte Steuerung und die Messungen im System übernimmt. Die wichtigsten Daten zeigt er über ein LCD an (21).

Registriert die Software an den oben erwähnten Strom-Messpunkten kritische Werte, wird das System gestoppt. Auch Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur werden ausgewertet. Zudem erfasst das Programm die Ladespannung des Pufferakkus (22). Ist der voll geladen, unterbindet das Batteriemangementssystem die weitere Ladung.

Periodisch macht die Software das schon erwähnte Spülventil auf. Der H<sub>2</sub>- Sensor misst

den Wasserstoffgehalt der Luft im Inneren des Gehäuses. Wird hier ein kritischer Wert überschritten, was auf ein Leck hindeutet, wird das Hauptventil geschlossen und ein Alarm wird ausgegeben.

Die Lüfter in der Brennstoffzelle werden abhängig von der Temperatur geregelt. Steigt die Temperatur dennoch zu hoch, wird das SSR-Relais zur Pufferbatterie periodisch geöffnet, um die Last auf der Brennstoffzelle und damit auch die Abwärme zu reduzieren. Wenn das nicht mehr hilft, wird ebenfalls abgeschaltet und eine Fehlermeldung erscheint auf dem Display. Dasselbe geschieht bei zu hoher Akku-Temperatur.

### Fazit

Das Projekt wurde beim 17. Regionalwettbewerb *Jugend forscht* der Innovationsregion Ulm im Jahr 2020 mit dem 2. Platz in der Kategorie *Technik* und mit dem Sonderpreis *Energiewende* ausgezeichnet. Aber vor allem ist es mir gelungen, mein E-Bike erfolgreich zu einem Brennstoffzellen-Pedelec umzubauen. Den mitgeführten Energievorrat konnte ich gegenüber dem serienmäßigen Akku meines E-Bikes (mit 468Wh) auf fast das Dreieinhalb-

fache steigern: Der Metallhydrid-Behälter speichert voll gefüllt 80g H<sub>2</sub> und damit 2,6664kWh Energie. Der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle beträgt 50 Prozent, somit sind aus dem Gasbehälter 1,3332kWh elektrische Energie verfügbar. Da der neue Pufferakku zusätzlich noch 271,44Wh speichert, stehen insgesamt rund 1,605kWh zur Verfügung. Damit sollte rein rechnerisch die Reichweite von ursprünglich 65 Kilometern mit dem Original-Akku auf rund 220 Kilometer steigen. Zudem musste ich früher den Akku meines Rads 5 Stunden lang laden, jetzt beträgt die Tankzeit nur noch 15 Minuten (zumindest, wenn man den Behälter aktiv durch Eiswasser oder Lüfter dabei kühlt).

Grünen Wasserstoff halte ich für das CO<sub>2</sub>-neutrale Erdöl der Zukunft – er ist nachhaltig herzustellen und auch zuverlässig zu handhaben. Der einfachste Weg, grünen Wasserstoff herzustellen, ist für mich, mit einer Solarzelle einen Tisch-Elektrolyseur zu betreiben – sofern 100 Prozent Ökostrom aus der Steckdose kommen. Heutzutage muss man sich ein Brennstoffzellen-E-Bike noch selber bauen (was durchaus geht, wie mein Projekt beweist). Vielleicht setzt sich diese Energieversorgung bei Pedelecs aber bald durch. —pek

# SMART LOSLEGEN

## mit dem Node-RED Special von Make!

**Make: Node-RED Grundlagen SPECIAL**

**inklusive ESP8266 D1 Mini mit WLAN**

**Jetzt auch komplett digital erhältlich!**

**Für Smart Home & IoT**

**Projekte**

- Temperaturen messen
- Fenstersensoren überwachen
- Servomotor als Anzeige

**Für Fritzbox**

- Präsenzerkennung in Bandbreitenanzeige
- LED-Streifen
- DECT-Geräte steuern

**inkl. D1 Mini**

### Make Special: Node-RED

Für Einsteiger ohne tiefere Programmier-Kenntnisse bietet **Node-RED** die ideale Lösung. Man verknüpft fertige grafische Bausteine zu einem „Flow“ und kann so komplexe Anwendungen für **IoT und Smart Home** entwerfen.

Im neuen **Make Node-RED Special** bietet die deutsche Make-Redaktion Anfängern und Fortgeschrittenen einen leichten Einstieg in die Programmierung von Smart Homes. Das Heft wird **portofrei inklusive eines ESP8266 D1 Mini mit WLAN geliefert!**

[shop.heise.de/ma-nodered](http://shop.heise.de/ma-nodered)

24,95 € >

Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten. Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

© Copyright by Maker Media GmbH.

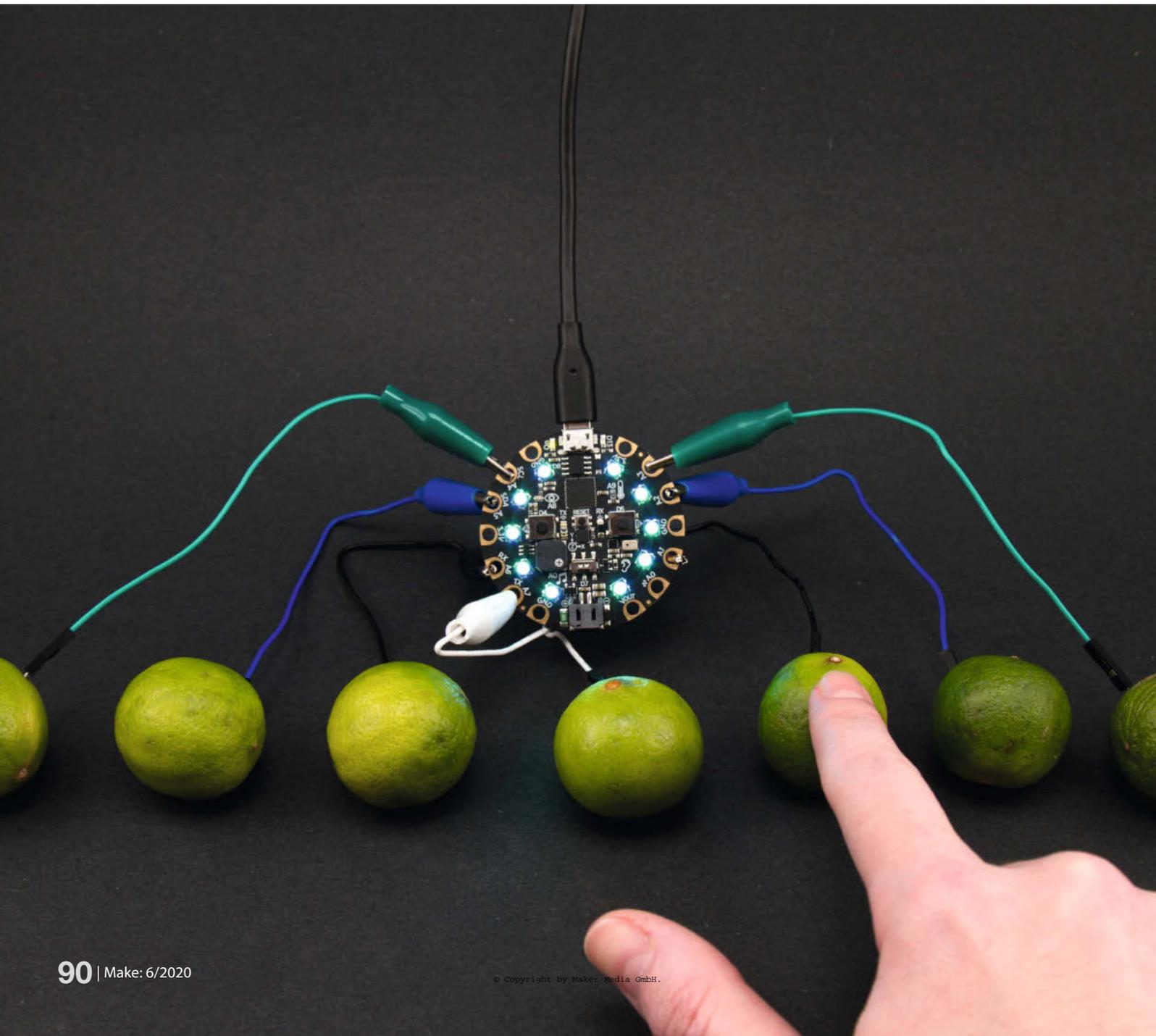
heise shop

[shop.heise.de/ma-nodered](http://shop.heise.de/ma-nodered) >

# Python auf Hardware

Physical Computing mit Python ist neu, aufregend und wird immer beliebter. Wir schauen uns die Vorteile von Sprachen wie MicroPython und CircuitPython genauer an und zeigen ein paar coole Hardware-Projekte und Technologien auf Basis von Python.

von Helen Leigh Steer (Übersetzung: Niq Oltman)



**P**ython ist eine der am schnellsten wachsenden Programmiersprachen der Welt. Auf der einen Seite ist sie zugänglich genug, dass sie als erste Sprache vermittelt werden kann. Auf der anderen Seite ist sie leistungsfähig genug, um die Komplexität einiger der beliebtesten Webservices zu managen – darunter Instagram, Spotify und Netflix. Wichtige KI-Frameworks wie *Tensorflow* lassen sich mit Python komfortabel nutzen. Und jetzt legt Python auch in der Welt des Physical Computing kräftig zu.

Sprachen wie C und C++ sowie das C++-verwandte *Arduino* waren in der Hardware-Programmierung bisher dominant – bei Bastlern in der Werkstatt wie auch unter Ingenieuren in der Industrie. Doch heutzutage satteln viele Maker auf Python um, wenn sie Hardware steuern wollen. Über 130 Mikrocontroller-Boards unterstützen heute Python, darunter das originale *Pyboard*, das superschnelle *Teensy 4.0*, das winzige *Serpente*, ein ganzer Haufen Boards von *Adafruit* und sogar fünf *Arduinos*.

In diesem Artikel beleuchten wir die Gründe für diesen Umschwung. Wir erörtern, warum Du dein nächstes Projekt möglicherweise in Python umsetzen solltest (oder warum vielleicht gerade nicht) und werfen einen Blick auf ein paar coole Hardware-Projekte und Technologien auf Basis von Python.

### Ideal für Anfänger?

Programmier-Neulinge fragen häufig, welche Sprache sie eher lernen sollten: Python oder C++? Darauf gibt es natürlich keine klare Antwort. Wir führen hier trotzdem einige Gründe auf, warum manche Programmierer Python empfehlen würden. Fangen wir mit der Benutzerfreundlichkeit an: Wenn Du deinen Code auf ein Arduino-Board hochlädst, übersetzt (kompiliert) Dein Rechner es in ein maschinenlesbares Binärformat. Viele Programmiersprachen benutzen Semikolons und geschweifte Klammern, um dem Compiler zu helfen, damit er erkennen kann, wo Anweisungen und Funktionsblöcke beginnen und enden. Hier gibt es für Programmieranfänger viele Stolperfallen, da ein fehlendes Semikolon schnell übersehen ist. Dagegen benötigt man in Python weder Semikolons am Zeilenende noch geschweifte Klammern: Man markiert Codeblöcke mittels Einrückungen (Indents) im Text. Dadurch gilt Python-Code als besonders gut lesbar und aufgeräumt. Allerdings können falsche Indents ebenfalls zur Fehlerquelle werden, wenn man nicht aufpasst. Ob man lieber mit Tabs oder Leerzeichen einrückt, ist auch bei *CircuitPython* Geschmackssache. Wichtig ist nur, dass man die beiden Varianten niemals mischen darf. *Adafruit* empfiehlt Anfängern, mit Leerzeichen zu arbeiten.

## Kurzinfo

- » Warum man Python für Hardwareprojekte ausprobieren sollte
- » CircuitPython und MicroPython im Vergleich
- » Praxis: LED blinken lassen und Sensoren auslesen

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
 Programmierbeispiel:  
 eine Stunde



**Kosten:**  
 25 Euro

### Material

- » *Circuit Playground Express* von *Adafruit*

### Mehr zum Thema

- » Thomas Euler, *Krabbeltier mit Python-Antrieb*, *Make* 3/19, S. 88
- » Thomas Euler, *Einstieg in MicroPython*, *Make* 2/19, S. 104

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x3r2](https://make-magazin.de/x3r2)

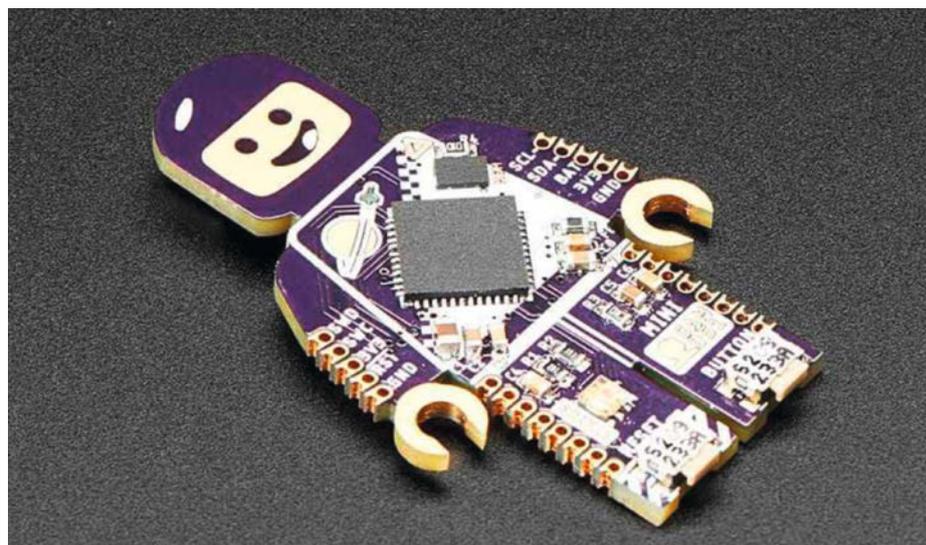
Python ist auch weniger umständlich, was die Verwendung von Variablen angeht: Es nimmt der programmierenden Person sowohl die Aufgabe des Speichermanagements ab, als auch die Verwaltung der verschiedenen Datentypen, die Variablen haben können.

In Sprachen wie C++ muss der Typ einer Variable *deklariert* („angesagt“) werden – zum Beispiel als reelle (*float*, *double*) oder ganze Zahl (*int*, *long*, *char*), jeweils mit festgelegtem Platzbedarf im Speicher. Außerdem deklariert man sie als konstant (*const*) oder veränderlich – und jede Variable darf stets nur Werte des ihr zugewiesenen Typs annehmen (das nennt sich *statische Typisierung*).

In Python ist das nicht nötig; der Typ einer Variablen wird anhand ihres konkreten Wertes

quasi „im Hintergrund“ verwaltet (*dynamische Typisierung*). In Sprachen wie C muss der Programmierende außerdem in manchen Fällen den Speicherbedarf von „komplizierteren“ Datenstrukturen selbst handhaben und sich unter anderem damit befassen, wann dieser Speicher wieder freigegeben werden darf oder wie man solche Strukturen am besten an andere Stellen im Code übergibt. Das kann zum Beispiel über den Wert selbst oder über den Ort (Adresse), wo die Daten im Speicher liegen (Pointer) geschehen. Auch diese (tendenziell fehlerträchtigen) Entscheidungen übernimmt Python – und macht dadurch die Programmierarbeit einfacher.

Für ad-hoc-Programme und Rapid Prototyping ist Python auch deshalb eine gute Wahl,



Mini SAM ist ein Mikrocontroller-Board von Benjamin Shockley in Größe und Form einer LEGO-Minifigur. Sie basiert auf dem Python-kompatiblen SAMD51G-Chip.

Bild: Kattini Rembor, Adafruit

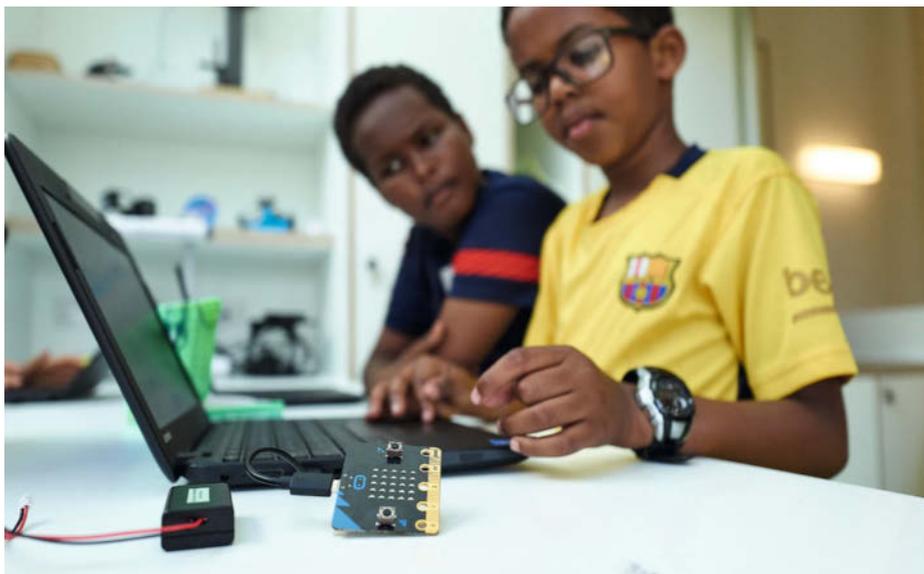


Bild: Scott Kershaw Photography

**Viele Schüler lernen Python auf dem BBC micro:bit**

weil es gut lesbar ist. Zum anderen muss ein Python-Programm nicht nach jeder Änderung neu kompiliert werden. Wenn man Code auf einen *Arduino* installiert, wird dieser zunächst kompiliert und dann auf die Hardware „geflashed“, was immer ein bisschen dauert. Bei *CircuitPython* dagegen gibt es keinen Kompilationsschritt; das Programm startet nach dem Upload von selbst.

All diese Vorteile „erkaufte“ man sich allerdings mit einem Nachteil: Python-Programme laufen in der Regel nicht so schnell wie Programme aus kompilierten Sprachen – im ungünstigen Fall sogar um etwa zwei Größenordnungen (100-fach) langsamer. Im Gegensatz zu Sprachen wie C++ wird ein Python-Programm erst zur Laufzeit in die eigentlich ausführbare Form gebracht (*interpretiert*), wodurch sich die zuvor eingesparte Wartezeit sozusagen auf die Ausführung des Programms verteilt. Bei Projekten, wo es auf höchste Geschwindigkeit ankommt (wie bei besonders anspruchsvollen Sensoren oder Antrieben), ist das also ein wichtiger Faktor. Bei den meisten Anfängerprojekten sollte es aber keine große Rolle spielen.

**MicroPython und CircuitPython**

Zwei Umsetzungen von Python mischen die Mikrocontroller-Welt auf. Zum einen gibt es *MicroPython*: MicroPython wurde von Damien George ursprünglich für den *STM32*-Chip entwickelt, es ist aber inzwischen sowohl auf dem *BBC micro:bit* als auch dem *ESP32* verfügbar und beliebt. MicroPython enthält eine sehr kompakte Implementierung des Python-Interpreters; dieser begnügt sich bereits mit 256kB Flash-Speicher und läuft ab 16kB RAM. Trotzdem ist er im Kern auf

maximale Kompatibilität zum Standard-Python ausgelegt.

Außerdem gibt es *CircuitPython*, ein Derivat (*fork*) von *MicroPython*, das bei *Adafruit Industries* entwickelt wird. Das Ziel von *CircuitPython* ist, die Einstiegshürde für Programmieranfänger zu senken. Das *Adafruit*-Team erreicht dies, indem es einen Teil der Funktionalität zugunsten der Einfachheit opfert. Was *CircuitPython* kann, zeigen wir später in diesem Artikel.

**Community, Pädagogik und Kreativität**

Ein weiterer großer Vorteil von Python-auf-Hardware ist die aktive Community. Ständig kommen jede Menge Python-Entwickler neu hinzu, von denen viele bisher keine oder nur wenig Hardware-Erfahrung hatten. Für Entwickler, die noch nie einen Mikrocontroller angefasst haben, ist zum Beispiel das *Circuit Playground Express (CPX)*-Board interessant: Damit können sie erleben, wieviel Spaß es macht, eigene Projekte mit Sensoren, blinkenden LEDs und Musikausgabe zu bauen, ohne dafür viele Werkzeuge, Elektronikwissen oder Erfahrung im Bau von Schaltungen mitbringen zu müssen.

Python ist als Sprache mit einer vergleichsweise diversen und einladenden Community bekannt. Diese Tradition hält *Adafruit* mit ihrem familienfreundlichen und streng moderierten Discord-Kanal aufrecht. Dort gibt es über 17.000 Mitglieder, die man fragen kann, wenn es um die Fehlersuche im eigenen Projekt geht.

Boards, auf denen Python läuft, sind zum Beispiel in Schulen und Unis sehr beliebt, aber auch bei allen, die sich zuhause in neue Technologien einarbeiten wollen. Allein vom *BBC micro:bit* sind fast 5 Millionen in Schulen im

Einsatz, davon eine Million im Vereinigten Königreich, 45.000 an Schulen in Kroatien und je eines für alle Viertklässler in Dänemark.

*MakeCode* von Microsoft – eine beliebte blockbasierte visuelle Programmierumgebung für *Minecraft* – *micro:bit*, *CPX* und andere Plattformen mit pädagogischem Schwerpunkt wurden dieses Jahr um Python-Unterstützung erweitert. So können die Lernenden zwischen visuellem und textbasiertem Python-Code hin und her wechseln, während sie sich in die Grundlagen einarbeiten.

Eine weitere wichtige Nutzergruppe für Python-auf-Hardware besteht aus Künstlern, Designern, Wissenschaftlern und Cosplayern. Sie setzen Hardware als Werkzeug ein, um ihre Arbeit noch einfacher, cooler oder aufregender zu gestalten. So wie viele *Arduino*-User wollen sie nicht primär programmieren lernen, sondern ihre Ideen verwirklichen können.

An diese vielfältige Community denkt das Team hinter *CircuitPython* – darunter *Scott Shawcroft*, *Kattni Rembor* und *Anne Barela* – immer, wenn es darum geht, Entscheidungen zur Ausrichtung ihrer Arbeit zu treffen. *Kattni* erklärt, dass daher jedes Board, an dem das Team arbeitet, mit einer Fülle an Lernmaterial und startbereiten Beispielen ausgestattet wird. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem kreativen Einsatz von Technik. *Scott* ergänzt, der Ansatz des Teams bestehe darin, das erforderliche Computerwissen für Anfänger möglichst klein zu halten. „Wenn etwas die positive Erfahrung für Anfänger ruiniert, sind wir nicht daran interessiert,“ sagt er.

**Größer, langsamer und hungriger**

Python-auf-Hardware befindet sich noch in der Entwicklung; nicht für alle Projekte ist es die beste Wahl. Zu den häufigsten Problemen gehört der hohe Speicher- und Energiebedarf. Ein Team aus Bastlern wollte beispielsweise ein *Convention-Badge* mit *CircuitPython* bauen, musste den Plan aber aufgeben: Das *Badge* hätte nicht – wie gefordert – ein *Convention*-Wochenende lang auf zwei *Mignon*-zellen durchgehalten.

Wie schon erwähnt, läuft Python-Code typischerweise deutlich langsamer als Code in C++. Wer zum Beispiel auf dem *Circuit Playground Express* mit dem rasend schnellen *Teensy 4.0* einen Vergleich zwischen *CircuitPython* und C++ anstellt, wird sich möglicherweise nicht für Python entscheiden. In vielen Projekten geht es aber oft nur um die Steuerung langsamer Aktionen, sodass Geschwindigkeit dort kein Thema ist.

In der *Maker-Community* war schon immer Platz für unterschiedliche Sprachen für unterschiedliche Zwecke. Klar ist jedenfalls, dass Python-auf-Hardware so schnell nicht wieder verschwinden wird.

# Erste Schritte mit CircuitPython

Einen guten Einstieg in die Hardware-Programmierung mit Python bietet unser Beispielprojekt: Zum Einsatz kommen CircuitPython und das *Circuit Playground Express*-Board von Adafruit **1**.

## 1. Einrichtung

Der einfachste Einstieg in die Hardware-Programmierung mit Python ist der Code-Editor *Mu* (kostenlos und Open Source). Auf [code-with.mu](https://code-with.mu) nach dem geeigneten Paket für den eigenen Rechner suchen und dieses installieren (Link in der Kurzinfor). Dann das Board per USB-Kabel anschließen. Wenn ein Laufwerk mit dem Namen `CIRCUITPY` auf dem Desktop erscheint, kann es weiter gehen.

Kein `CIRCUITPY`? Kein Problem! Falls stattdessen ein Laufwerk namens `CPLAYBOOT` erscheint, muss das Board noch eingerichtet werden. Die detaillierte Anleitung dazu gibt es auf der Webseite von Adafruit (Link in der Kurzinfor).

Als nächstes musst Du *Mu* starten. Sollte der Editor das Board nicht automatisch erkennen, wird es Dir eine Auswahl an *Modes* anzeigen. Für das *Circuit Playground Express* wählst Du *Adafruit CircuitPython*; andere *Modes* existieren für BBC micro:bit, PyGame Zero, oder Python 3. Zeit für etwas Code!

## 2. Blink! Dein erster CircuitPython-Code

Eine LED blinken zu lassen ist die Hardware-Version von *Hello, World!* Wir testen also unser *Circuit Playground Express* (im Code als `cpx` bezeichnet), indem wir eine der LEDs auf dem Board blinken lassen. In **2** siehst Du den Code, mit dem die LED im Sekundentakt ein- und wieder ausgeschaltet wird. Wichtig ist, dass die Codezeilen unterhalb `while True:` eingerückt sind.

Die ersten beiden Zeilen dienen zum Import von Code-Bibliotheken (*Libraries*): eine zum Arbeiten mit Zeitdaten, die andere mit allen Einstellungen für dein Board. Der Hauptteil des Codes besteht aus den eingerückten Zeilen unterhalb `while True:` – dieser wird von deinem Board in einer Endlosschleife ausgeführt.

In der Zeile `cpx.red_led = True` veranlassen wir das Board, die rote LED einzuschalten. Mit `time.sleep(0.5)` legt es eine Pause von einer halben Sekunde ein. `cpx.red_led = False` schaltet die rote LED wieder aus und mit `time.sleep(0.5)` gibt es erneut eine Pause. Die „Schlafzeiten“ legen fest, wie lange die LED jeweils an und aus bleibt.

Wenn dein Blink-Code fertig ist, speichere ihn unter dem Namen `code.py` auf dem `CIRCUITPY`-Laufwerk. Sobald der Code übertragen

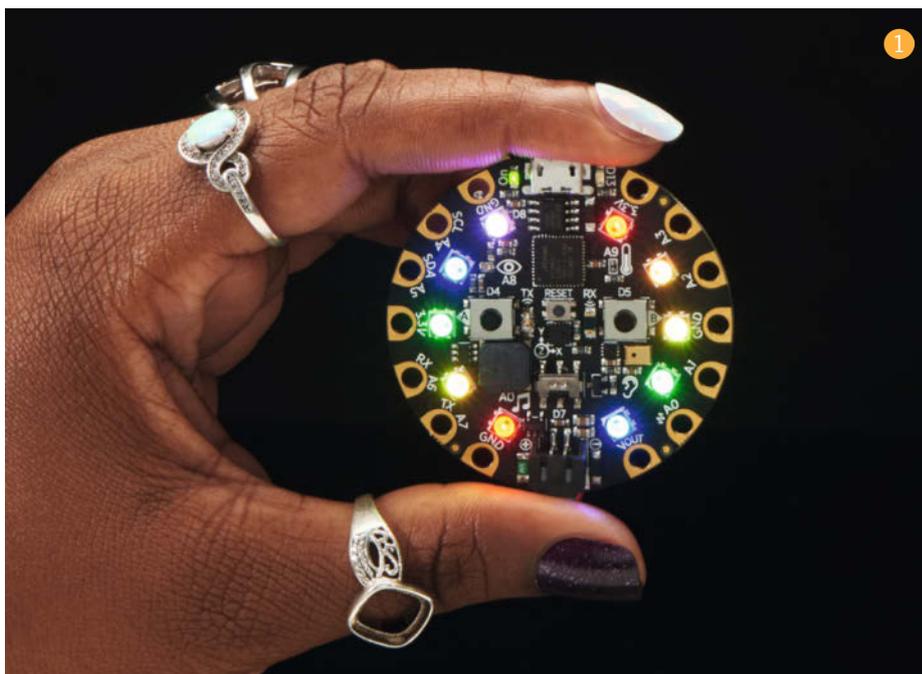
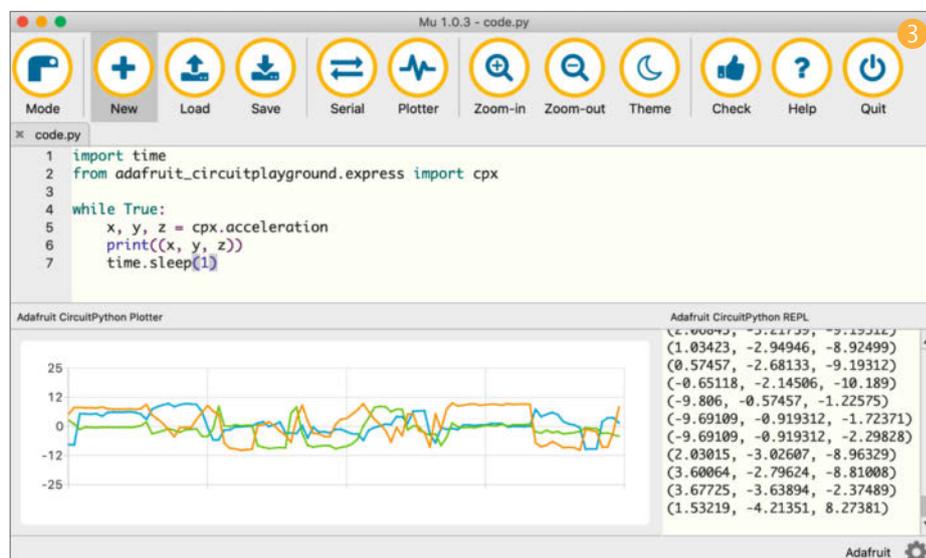
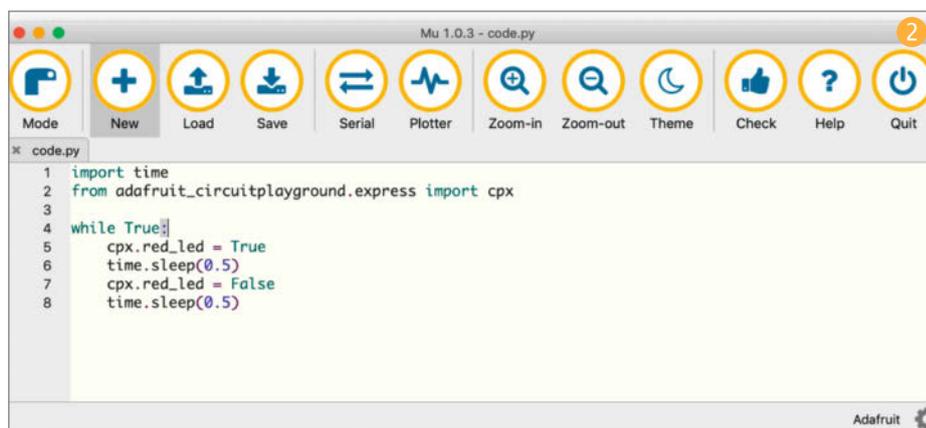
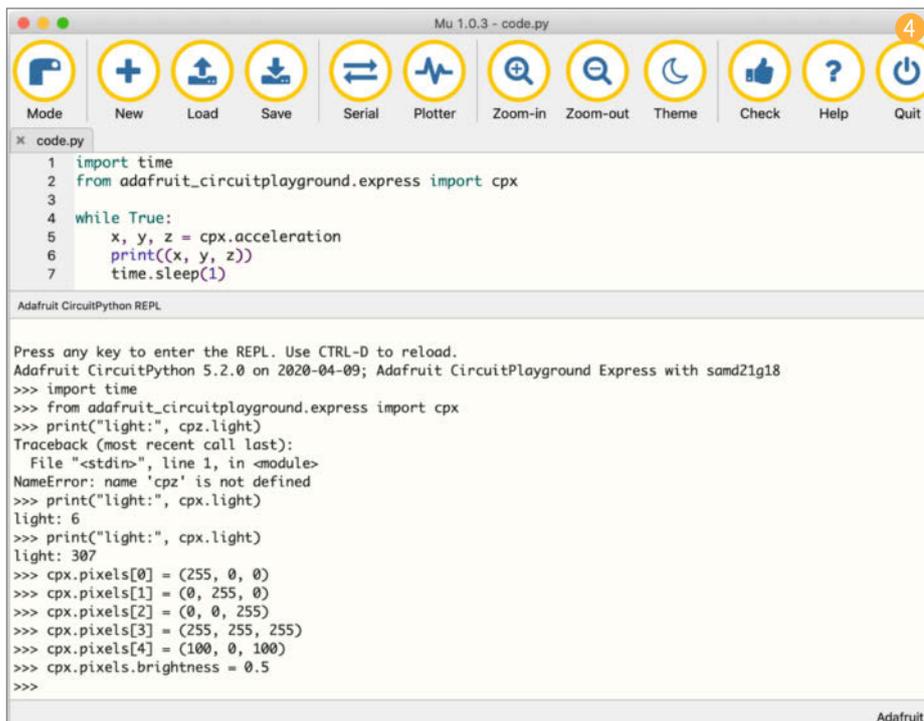


Bild: Microbit Educational Foundation, Adafruit





rückungen (Tabs) unter dem `while True:` löschst und dann auf den `Check`-Button klickst, um zu erfahren, was passiert.

Läuft? Super! Läuft nicht? Keine Sorge: Im Adafruit-Guide in der Kurzinfo findest Du weitere Anleitungen und Tipps, um Deinem Board auf die Sprünge zu helfen.

### 3. Sensoren auslesen

So wie viele moderne Boards mit Lernschwerpunkt hat das *Circuit Playground Express* eine Menge interessanter Sensoren eingebaut. Um zu sehen, was sie messen, lohnt es sich, die *Serial*- und *Plotter*-Features von Mu kennenzulernen.

Über die *serielle Schnittstelle* können wir Informationen von unserem Board empfangen. Darunter sind Sensordaten, aber auch Fehlermeldungen, die uns dabei helfen können, ein Problem einzugrenzen. Um eine Verbindung zur seriellen Konsole herzustellen, genügt ein Klick auf den *Serial*-Button in der Mu-Toolbar. Der Plotter kann vom Board gesendete Daten darstellen; dabei erscheinen die Datenwerte auf der Y-Achse (vertikal) und die mitlaufende Zeit auf der X-Achse (horizontal). Bild 3 zeigt etwas Code, mit dem wir uns Daten vom Beschleunigungssensor (*Accelerometer*) ansehen können – dieser Sensor auf dem *Circuit Playground Express* kann Bewegungen in den drei Raumachsen (X, Y, Z) erkennen. Der Plotter zeigt mit dem Code auf seiner X-Achse die Zeit und auf seiner Y-Achse die Messwerte des Beschleunigungssensors für die Raumachsen XYZ (als drei übereinanderliegende Graph-Kurven) an.

In den Zeilen 1 und 2 importieren wir erneut unsere benötigten Libraries. Dann richten wir mit `while True:` wieder eine Endlosschleife für den Hauptteil des Codes ein. Innerhalb dieser Schleife weisen wir die Accelerometer-Daten mit `x, y, z = cpx.acceleration` den drei Variablen `x`, `y` und `z` zu, und mit `print((x, y, z))` senden wir diese Daten an den Plotter (die Linien unten links) und an den seriellen Monitor (die Zahlen unten rechts). Schließlich wird mit `time.sleep(1)` eine Pause von einer Sekunde eingelegt, bevor die Schleife wieder von vorne beginnt.

### 4. Superschnelles Entwickeln mit einer REPL

Eine der nützlichsten Optionen beim Programmieren von Hardware in Python ist die *REPL* (interaktive Kommandozeile bzw. Konsole). *REPL* ist eine direkte Methode zur Kommunikation mit dem Board, mit der Code-Experimente besonders unmittelbar vonstatten gehen. *REPL* steht für *Read, Evaluate, Print, Loop*, was schon alles sagt: Die Eingaben in die Konsole werden eingelesen (*Read*), interpretiert und berechnet (*Evaluate*), das Ergebnis ausgegeben (*Print*) und dann passiert das

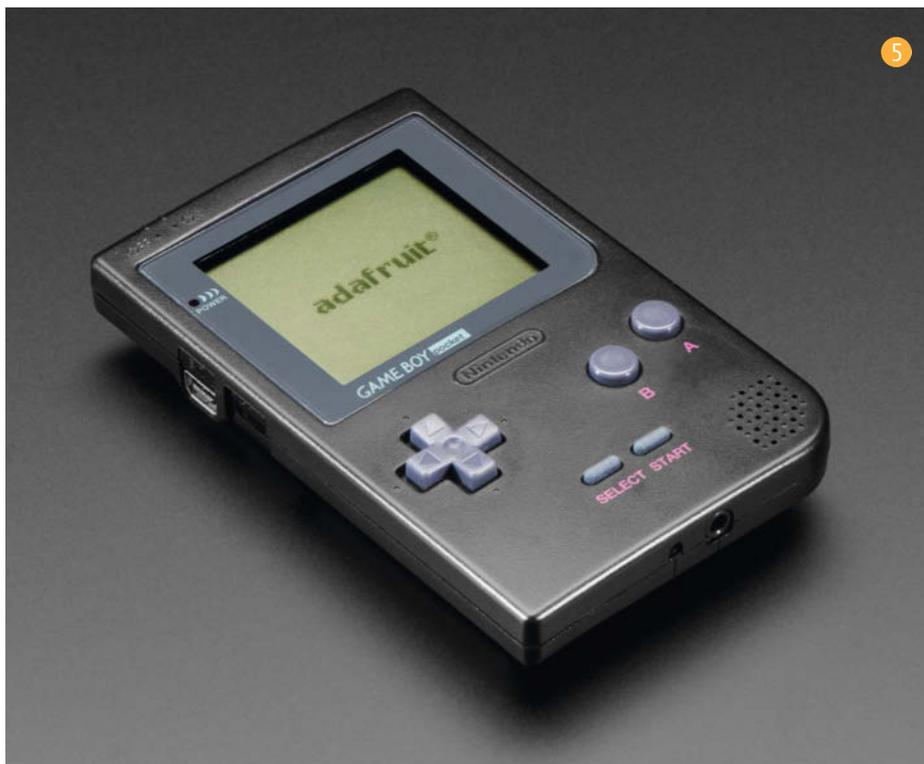


Bild: Adafruit

wurde, solltest Du auf deinem *Circuit Playground Express* eine kleine rote LED sehen, die sekundlich blinkt.

Das Angenehme am Programmieren von Hardware mit *CircuitPython* ist, dass Du dein Programm nach jeder Änderung einfach nur wieder speichern musst – dadurch wird der Code erneut auf das Board übertragen und gestartet. Da dieser Vorgang so unkompliziert

ist, geht die Entwicklung „am lebenden Objekt“ sehr schnell voran. Du kannst Änderungen jederzeit sofort testen: Probier es doch mal aus, indem Du beispielsweise die Dauer der Pausen änderst.

Der Mu-Editor hat übrigens eine eingebaute Code-Überprüfung, die Dich auf offensichtliche Fehler im Code hinweist. Diese kannst Du in Aktion sehen, indem Du eine der Ein-

Ganze wieder von vorne in einer Schleife (*Loop*).

Und so geht's: Per Klick auf den *Serial*-Button startest Du eine serielle Verbindung zum angeschlossenen Board, dann tippst du *Ctrl-C*. Durch einen beliebigen Tastendruck gelangst du in die REPL. Um diese am Ende der Session wieder zu verlassen, tippst du *Ctrl-D*.

Bild 4 zeigt, wie das aussehen könnte. Nach obiger Beschreibung startest Du die interaktive Session und bekommst zunächst eine kurze Ausgabe mit allgemeinen Infos zum Board. Dann erscheint ein sogenannter Prompt (`>>>`) – ein Hinweis, dass die REPL jetzt auf eine Eingabe wartet. Wie zuvor importierst Du zunächst ein paar notwendige Libraries. Dann versuchst Du, Daten vom Helligkeitssensor zu bekommen, indem Du `print("light:", cpz.light)` eingibst. Statt der erwarteten Ausgabe erscheint eine Fehlermeldung: Die REPL (bzw. Python) kann nicht entschlüsseln, was `cpz` bedeuten soll. Kein Wunder – Du hast Dich vertippt! (Praktisch an der REPL ist, dass solche Fehler unmittelbar angekreidet werden.) Du versuchst es also noch mal, diesmal ohne den Tippfehler (`cpx` statt `cpz`). Blöd wäre es, die ganze Zeile noch

einmal eingeben zu müssen; das ist aber praktischerweise gar nicht nötig. Mit der Pfeiltaste oben (`↑`) bekommst Du die vorherige Eingabezeile zurück und bearbeitest sie, um den Fehler zu beseitigen. Probier es gleich noch mal (wieder per `↓`-Taste), aber beleuchte diesmal den Helligkeitssensor mit einer Taschenlampe, um zu sehen, wie sich der gemessene Wert verändert.

In den letzten sechs Codezeilen spielen wir mit *NeoPixel* – also „smarten“ LEDs, auf denen man sehr einfach die Farbe und Helligkeit einstellen oder sogar Animationen laufen lassen kann. Auf dem *Circuit Playground Express* befinden sich ganze zehn dieser NeoPixel, nummeriert von 0 bis 9. Mit der Zeile `cpx.pixels[0] = (255, 0, 0)` stelle ich zum Beispiel das NeoPixel Nummer 0 auf hellstes Rot. Die Zahl in eckigen Klammern legt fest, welches der zehn NeoPixel ich anspreche.

Die drei Werte in runden Klammern bestimmen die Farbe. Sie ist eine Mischung aus roter, grüner und blauer Komponente (in dieser Reihenfolge), wobei jeder Wert zwischen 0 (dunkel) und 255 (maximale Helligkeit) liegen kann. Der Code `(255, 0, 0)` beschreibt demnach eine Farbe mit maximal viel Rot und je-

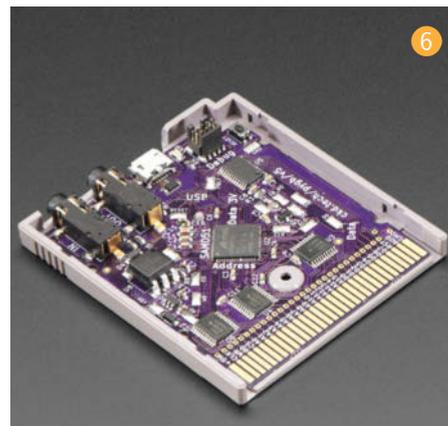


Bild: Adafruit

weils null für Grün und Blau – also ein reines Rot in der höchsten Intensität. In den nächsten vier Zeilen spielen wir mit Farben herum, bis uns eine gefällt – lila! In der letzten Zeile wird die Helligkeit aller NeoPixel auf 0.5 gesetzt. Hier können die Werte zwischen 0 und 1 liegen; bei 0 ist die LED aus (dunkel), bei 1 hat sie die maximale Helligkeit.

Mit der REPL gehen solche Code-Experimente superfix und einfach – perfekt zum

NEU  
im heise shop!

# Mit c't in das neue Jahr starten!

**c't Schlagseitenkalender 2021**

Die besten Schlagseiten von Ritsch & Renn des c't-Jahrgangs 2020. Auf 12 Kalenderblättern sind die lustigsten, schrägsten, coolsten Cartoons ausgewählt worden, um Heim und Büro aller c't-Fans zu schmücken.

[shop.heise.de/kalender2021](http://shop.heise.de/kalender2021)

9,90 € >

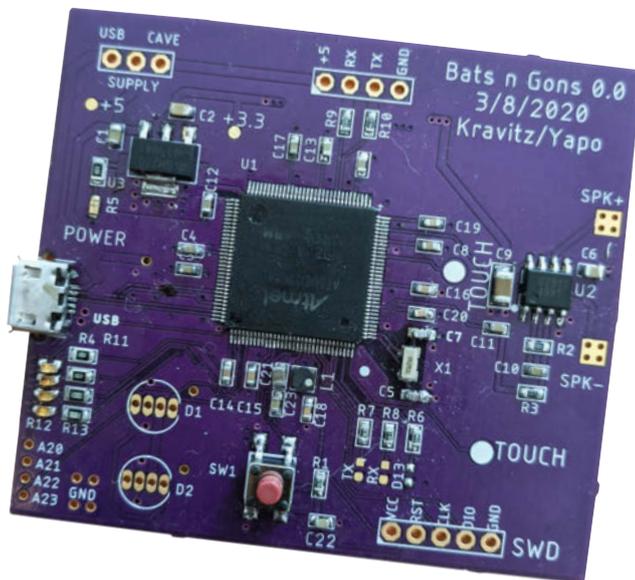
heise shop

shop.heise.de/kalender2021 >

> Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten. Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

Ausprobieren verschiedener Einstellungen, zum Herumspielen mit Sensoren, oder zum Ergreifen, wo ein Problem liegt. Sobald man sich in der REPL ein wenig auskennt, gibt es keine bessere Methode. Probier doch mal aus, welche Farbe der NeoPixel Dir am besten gefällt.

**Achtung:** Der Code, den Du in die REPL eingibst, wird nicht gespeichert – solltest Du ihn behalten wollen, geht das am einfachsten durch Kopieren und Einfügen (beispielsweise in den normalen Code-Editor), und zwar bevor Du die REPL-Session beendest.



7

## Python-Projekte in freier Wildbahn

Jede Menge talentierter Menschen in der Community machen tolle Sachen mit Python. Ein Beispiel mit nostalgischem Flair sind *Scott Shawcrofts* Umbauten alter Game Boys **5** mit Spielmodul-Platinen, auf denen ein *SAMD51*-Chip zum Einsatz kommt. Sie sind mit CircuitPython programmiert **6**.

Der *SAMD51* steckt auch in *Bats 'n Gons* von *Sophi Kravitz* und *Ted Yapo*, einem super-coolen Fledermaus-Soundboard, bei dem sich die LED- und Tonausgaben erst entwickeln, wenn mehrere Boards zusammengesteckt werden. Die Boards kommunizieren über RX/TX-Leitungen (das ist die serielle Schnittstelle), wobei sich die erzeugten Licht- und Audiosignale mit jedem zusätzlich verbundenen Board verändern **7**.

Falls du ein Faible für Modular-Synthesizer hast, kommst du an zwei Projekten von *Thea Flowers* bei *Winterbloom* nicht vorbei. *Sol* **8** wandelt MIDI-Signale in Eurorack-kompatible Frequenzen um und da es in CircuitPython programmiert ist, können auch Anfänger damit ihre eigenen Sounds erschaffen. Der *Big Honking Button* **9** ist ein Synthesizer-Modul, das lustige Trötgeräusche von frechen Gänsen erzeugt. Beide Projekte nutzen die existierende Hard- und Software für Circuit-

Python, um den Herstellungsprozess und den Code möglichst einfach zu halten. Der Code des *Big Honking Button* besteht beispielsweise aus gerade einmal 100 Zeilen.

Technische Herausforderung gefällig? Dann sieh Dir die Open-Source-Projekte *Migen* und *LiteX* an, die zeigen, dass man die Sprache auch zum Programmieren von FPGAs und in der Chip-Entwicklung einsetzen kann. Das ist Python-auf-Hardware in extrem.

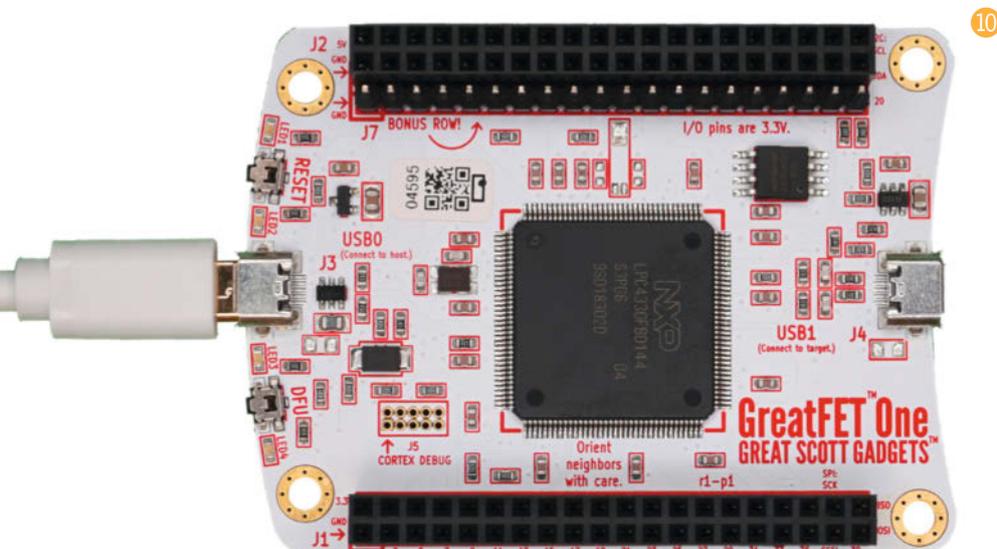
Und dann wäre da noch das *GreatFET One* **10**, ein fantastisches Projekt von *Michael Ossman* und den Hardware-Bastlern von *Great Scott Gadgets*. Hier geht die Python-Programmierung in noch eine weitere Richtung, nämlich die Entwicklung von Peripheriegeräten anstelle eingebetteter Hardware. Michael erläutert: „Wir glauben, dass das beste Hilfsmittel beim Rapid Prototyping nicht darin besteht, die Firmware zu vereinfachen, sondern die Firmware entbehrlich zu machen.“ Als High-Speed-USB-Host mit Peripherie-Anschlüssen und einer Python-API kann das *GreatFET One*-Board als konfigurierbares USB-Gerät oder als „Zwischenstation“ (*man in the middle*) dienen – ein vielseitiges Interface für das Reverse Engineering, Hacking und Physical Computing. —rehu



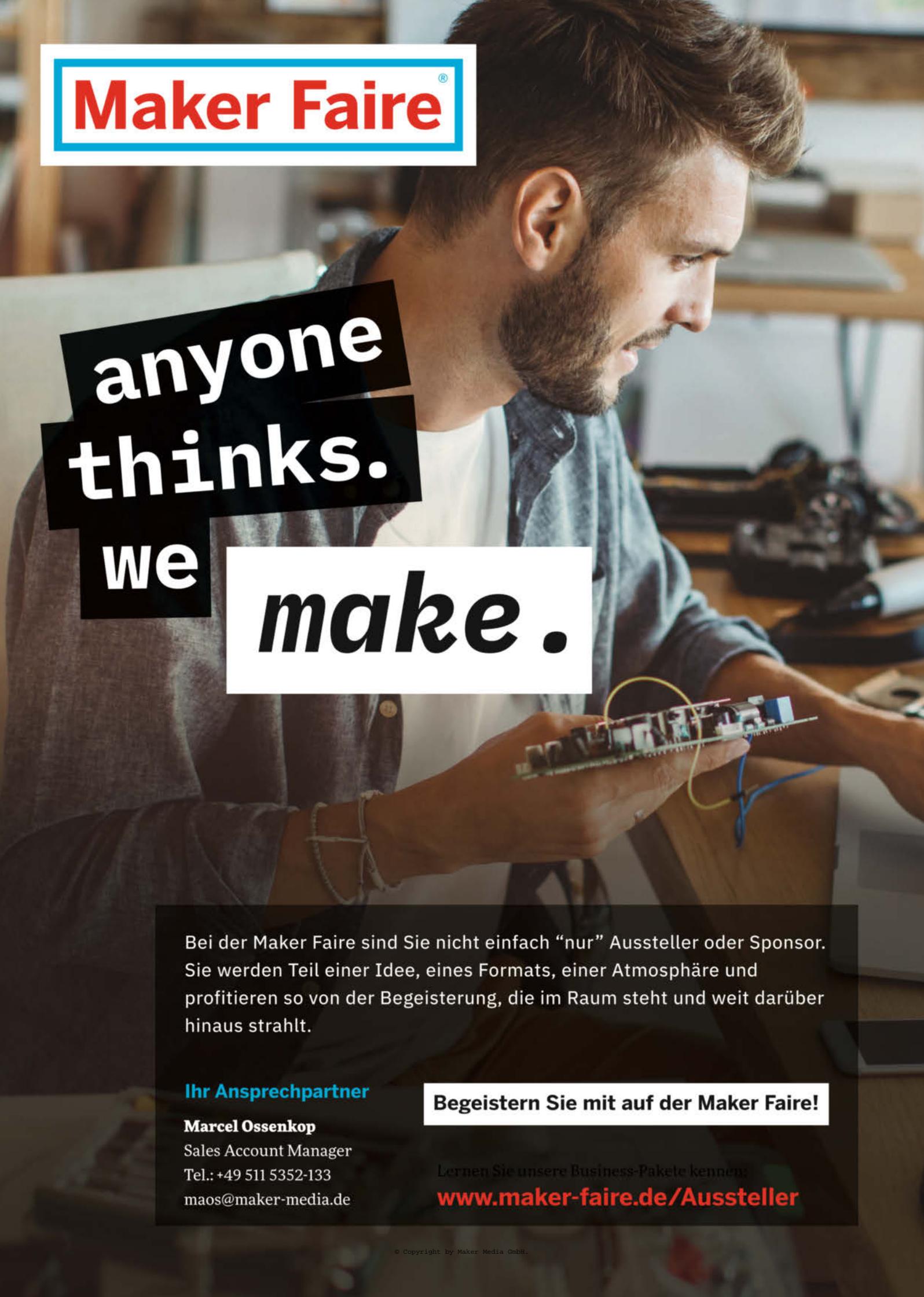
8



9



10



**Maker Faire**<sup>®</sup>

**anyone  
thinks.**

**we**

***make.***

Bei der Maker Faire sind Sie nicht einfach “nur” Aussteller oder Sponsor. Sie werden Teil einer Idee, eines Formats, einer Atmosphäre und profitieren so von der Begeisterung, die im Raum steht und weit darüber hinaus strahlt.

**Ihr Ansprechpartner**

**Marcel Ossenkop**  
Sales Account Manager  
Tel.: +49 511 5352-133  
maos@maker-media.de

**Begeistern Sie mit auf der Maker Faire!**

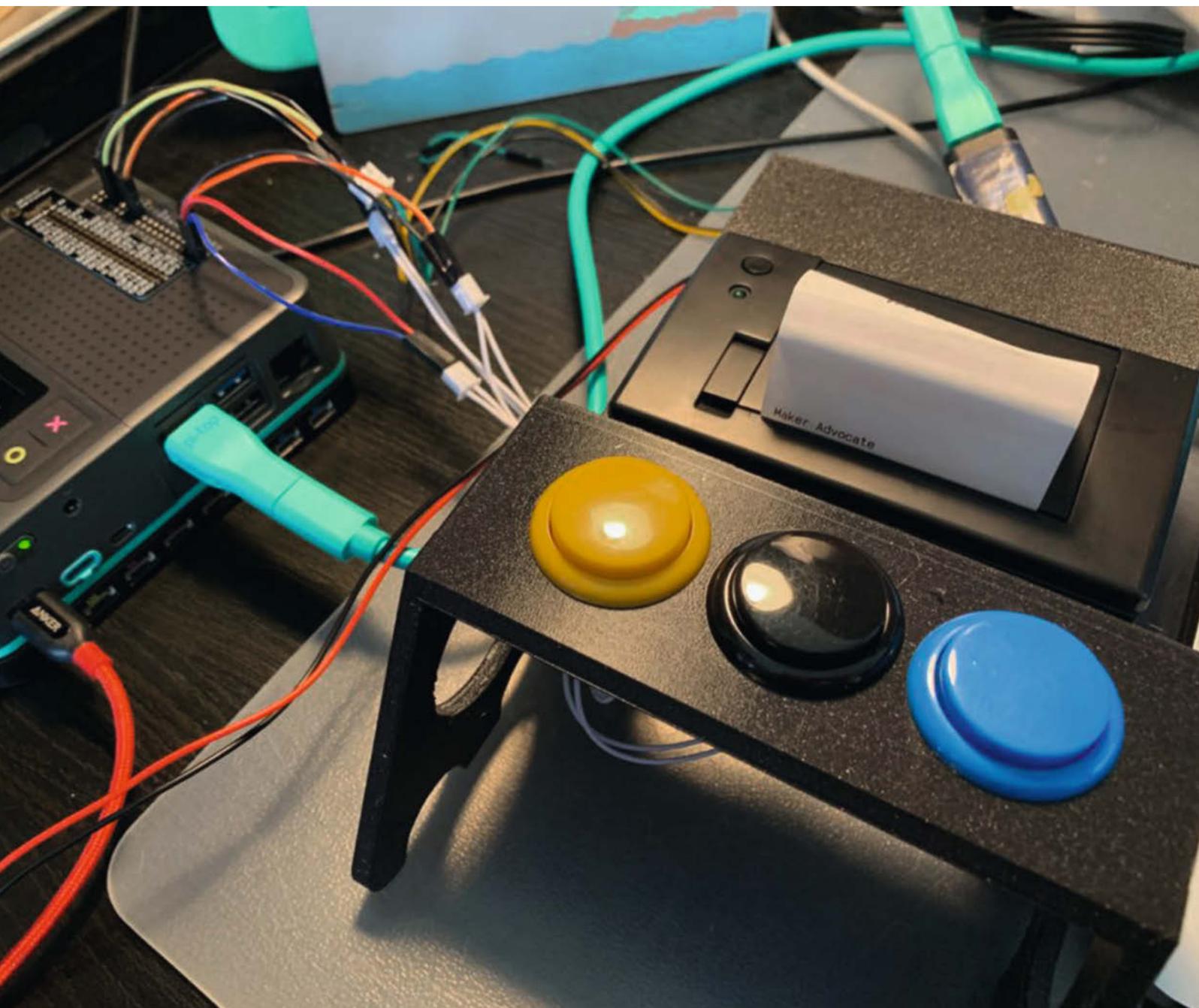
Lernen Sie unsere Business-Pakete kennen:

**[www.maker-faire.de/Aussteller](http://www.maker-faire.de/Aussteller)**

# Print your own Adventure

Dieses Projekt aus einem Raspberry Pi und einem Thermodrucker weckt nostalgische Erinnerungen an *Choose your own Adventure* Bücher und verwirrende Text-Adventures. Welchen Weg möchtest du wählen? Rechts oder links? Oder schreibst du deine eigene Geschichte? Du hast die Wahl.

von Vicky Twomey-Lee

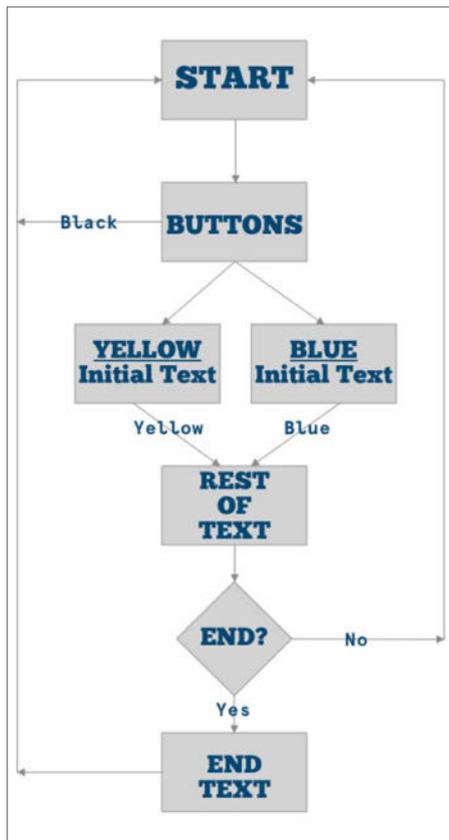


Für dieses *Print your own Adventure* Spiel braucht man nur einen Thermodrucker, Arcade-Tasten, einen Raspberry Pi und etwas Python.

Ursprünglich wollte ich dieses Projekt für die Maker Faire 2020 in Berlin vorbereiten. Leider konnte die Veranstaltung nicht stattfinden – mein Text-Adventure wollte ich trotzdem fertigstellen. Außerdem war ich bisher eher Zuschauerin und Bewunderin der Makerszene, statt selbst aktive Makerin zu sein. Es war an der Zeit, das zu ändern. Und es ist Teil meiner Arbeit als *Maker Advocate* für *Dublin Maker* – ein Maker-Festival in Dublin – ständig Neues zu lernen und mein Wissen weiterzugeben.

### Wie funktioniert das Spiel?

Der Thermodrucker druckt eine klassische *Choose your own Adventure* Geschichte auf Thermopapier. Der Spieler kann selbst bestimmen, wie sich die Geschichte weiterentwickelt. Um das Spiel zu starten, drückt der Spieler die gelbe oder die blaue Taste. Der Drucker druckt anschließend ein paar Zeilen aus, die den Beginn des Abenteuers erzählen und gibt dem Spieler zwei Handlungsoptionen zur Auswahl. Mithilfe der beiden bunten Tasten kann der Spieler sich für eine der beiden Antwortmöglichkeiten entscheiden. Alternativ kann er das Spiel mit der schwarzen Taste neu starten. Der



Den Ablauf eines Spiels sollte man vor dem Programmieren gut planen.

## Kurzinfo

- » Spielablauf in Python programmieren
- » Abenteuergeschichte in JSON-Datei schreiben
- » Thermodrucker an RasPi anschließen

### Checkliste

-  **Zeitaufwand:**  
3 Stunden
-  **Kosten:**  
100 Euro
-  **3D-Druck:**  
Gehäuse drucken

### Material

- » Raspberry Pi 4 oder Pi-Top 4
- » Mini-Thermodrucker von Adafruit
- » Netzteil 5V bis 9V mit 1,5A oder mehr
- » Female DC Power Adapter für den Thermodrucker
- » Thermopapier auf der Rolle, 57mm breit
- » 3 x Mini-Arcade-Taster
- » Schnellverbinder für Arcade-Taster (10er-Pack)
- » Jumperkabel

### Mehr zum Thema

- » Carsten Wartmann, Bartop Arcade mit Raspberry Pi, *Make* 5/20, S. 122
- » Heinz Behling, Tipps und Tricks für Raspberry Pi, *Make* 2/19, S. 38

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xv3k](http://make-magazin.de/xv3k)

Spieler wird insgesamt dreimal nach seiner Entscheidung gefragt, bevor das Spiel das Ende der Geschichte (und die Credits) erzählt. Danach gibt der Drucker die Begrüßung für den nächsten Spieler aus.

Ich hätte natürlich auch eine längere Geschichte mit einem größeren Entscheidungsbaum schreiben können, aber für die Maker Faire wollte ich das Spiel kurz halten. Eine längere Geschichte hätte sehr viel mehr Papier verbraucht und ich habe erst kürzlich erfahren, dass man die meisten Thermopapiere nicht recyceln kann.

### Der Prozess

Als ich mit *Print your own Adventure* angefangen habe, haben sich meine Program-

mier-Skills noch ziemlich eingerostet angefühlt. So ein Einsteigerprojekt war genau das Richtige, um wieder ein bisschen Übung zu bekommen. Also habe ich den Staub aus der Programmierabteilung meines Gehirns gewedelt und meinen Elektronik-Vorrat geplündert. Auf Github hatte ich immerhin vor einer Weile schon einen funktionierenden Prototypen hochgeladen, mit dem man beispielhaft Dummy-Daten für den Thermodrucker erzeugen konnte. Zu meinem Entsetzen hatte ich aber keine Ahnung mehr, was ich mir bei der Programmierung gedacht habe. Irgendwas fehlte noch, aber was? Hier sieht man wieder, wie wichtig es ist, Projekte ordentlich zu dokumentieren – auch für einen selbst.

Von Adafruit gibt es außerdem ein Circuit-Python-Modul, mit dem man alle nötigen Be-

### Listing 1

```

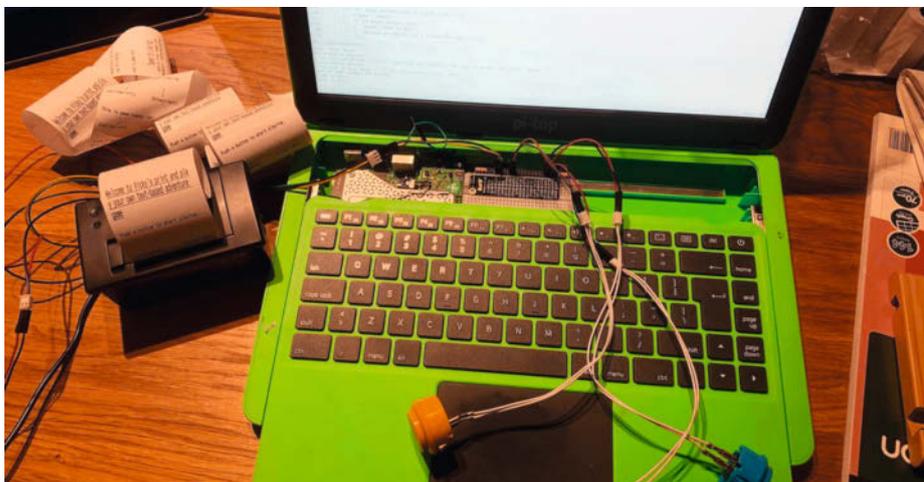
01 def print_welcome_message(printer):
02     ''' Prints the welcome message when game starts'''
03     # The Dublin Maker logo at the top
04     printer.image(Image.open("dm-bw.png"))
05
06     # Welcome message and instructions to start game
07     printer.out("Welcome to Vicky's print and play your own text-based
08                 adventure game",
09                 double_height = True,
10                 underline = 2)
11     printer.feed(2)
12     printer.out("Push a button to start playing.", bold=True)
13     print_button_choices_text()
  
```

## Listing 2

```

01  [{"game": 0,
02     "game_stage": [
03         {
04             "id": 0,
05             "text": "But it's getting dark. Strange, why is it
06             getting brighter again as you get closer to where you found yourself
             earlier?\n\nThere's a gate to your left that leads to a small quaint
             house.\n\nTo your right, someone is coming up the road singing a
             jaunty song.",
07             "button": [
08                 "You have chosen well. Yellow is the colour of
             gold, sunshine, not of fear.\n\nYou are in a world of wonder,
             surrounded by happiness and it seems to be too rose-tinted to be
             true.",
09                 "Blue is the colour of a peaceful mind. It feels so
             serene here, so safe.\n\nWhat is this amazing place. \n\n\n",
10                 ""
11             ]
12         },
13         {
14             "id": 1,
15             "text": "What happens next? \n\nYellow or Blue button",
16             "button": [
17                 "The small quaint house's roof was sparkling like
             inside of a shell, its walls were made of brick of an undefined colour
             which seems to shift depending on the light. The garden was bountiful
             of flowers unknown. ",
18                 "With the biggest smile, you look up the individual
             who was walking at an even pace towards you.",
19                 ""
20             ]
21         },
22         {
23             "id": 2,
24             "text": "All of a sudden... you were shaken and
             confusingly, you open your eyes blearily looking up at a few pairs of
             eyes staring worryingly at you. Realising that what you thought you saw
             was just a distant memory, and you were knocked unconscious after
             taking a tumble after falling out of a bouncy castle.\nYes, adults are
             not meant to be in bouncy castles, but it's too much fun. Ow, my
             head... \n\n\"I'm alright!\" as you get up and proceeded back into the
             bouncy castle. \n\nThe End",
25             "button": [
26                 "The feeling of serenity hits you, you are
             dreaming, right? This feels so peaceful.",
27                 "You noticed the suit, then the walking stick, then
             those eyes the smile was menacing. You try and back away\u2026",
28                 ""
29             ]
30         }
31     ]
32 }]}

```



Drucker und Taster habe ich zuerst provisorisch an meinen Pi-Top angeschlossen.

fehle für den Thermodrucker auf einmal installieren kann (Link zur Github-Seite in der Kurzinfor). Zur Installation verwendet man

```
pip3 install adafruit-circuitpython-thermal_printer
```

Dieses Modul bietet sich an, wenn man mit CircuitPython (Siehe auch unseren Artikel zu Python on Hardware auf Seite 90) arbeiten möchte – allerdings kann man damit keine Bilder ausdrucken, nur Text; daher habe ich mich am Ende des Artikels für ein anderes Modul entschieden.

Mit den abgebildeten Zeilen aus Listing 1 habe ich den Thermodrucker angesprochen.

Die Funktion `printer.image` druckt mein Bild aus, `printer.out` druckt den Text auf Papier und `printer.feed` gibt Leerzeilen aus, schiebt also leeres Papier nach.

Nachdem ich mich wieder eingearbeitet hatte, fiel mir ein, was noch fehlte: Eine JSON-Datei, die meinem Python-Programm ein aufregendes Abenteuer mit verschiedenen Entscheidungsmöglichkeiten liefert. In der JSON-Datei möchte ich die verschiedenen Texte für mein Abenteuer speichern, damit mein Python-Programm sie modular abrufen kann. Außerdem brauchte ich generell noch eine packende Geschichte: Welches Abenteuer soll der Spieler am Thermodrucker erleben? Welche Entscheidungen soll er treffen? Nach kurzer Recherche habe ich einen praktischen Geschichtenerzeuger im Internet gefunden, den *plot-generator*. (Link in der Kurzinfor) Die perfekte Lösung, wenn man selbst nicht gut im Schreiben von Abenteuergeschichten ist. Stattdessen kann man sich natürlich eine eigene, beliebig lange Geschichte ausdenken.

Um die automatisch generierte Abenteuergeschichte verwenden zu können, habe ich sie zunächst in eine Tabelle übertragen, sie zu Abschnitten in einem Entscheidungsbaum umgeschrieben und sie dann als CSV-Datei exportiert. Diese CSV-Datei wird im Anschluss von meinem CSV-zu-JSON-Konverter eingelesen, den ich ebenfalls in Python geschrieben habe. Damit hatte ich eine Library, die ich für mein Hauptprojekt verwenden konnte. Das Python-Skript für die Konvertierung von CSV zu JSON ist in den Links in der Kurzinfor zu finden. Drückt nun ein Spieler einen der Taster, ruft mein Python-Programm die entsprechende Text-Antwort aus der JSON-Datei auf.

Wie die Struktur der JSON-Datei aussieht, kann man in Listing 2 erkennen. Der Python-Code ruft dann die Game-Nummer, den Zustand (Stage) und die passende ID zur jeweiligen Entscheidung auf. Die jeweiligen Textabschnitte kann man leicht ändern und durch eine eigene Geschichte ersetzen.

Anschließend habe ich beispielhaft den Ablauf eines Spiels getestet. Das lief besser als erwartet und hat super funktioniert. Den vollständigen Quellcode für das Projekt gibt es

auf Github (Link in der Kurzinfor). Adafruit hat zudem ein gutes Tutorial für die Programmierung und Bedienung des Thermodruckers auf ihrer Homepage.

## Raspberry Pi und Drucker verbinden

Nachdem meine Software lief, habe ich alle Bauteile an meinen RaspberryPi (in meinem Fall ein Pi-Top 4, aber ein normaler RasPi funktioniert natürlich auch) angeschlossen. Die Pinbelegung sieht folgendermaßen aus:

- Gelbe Taste → GPIO 23
- Schwarze Taste → GPIO 26
- Blaue Taste → GPIO 16
- Drucker TX → GPIO 14

Mehr allgemeine Informationen zur Pinbelegung auf dem Raspberry Pi gibt es in der Kurzinfor. Und wie in Listing 3 sieht mein Python-Code zur Pinbelegung aus.

Hier habe ich definiert, auf welchen Pins die Taster liegen und dass sie Inputs sind. Wenn die Taster nicht gedrückt sind, ist ihr Status True.

```
blue_button_state = GPIO.input(16)
yellow_button_state = GPIO.input(23)
black_button_state = GPIO.input(26)
```

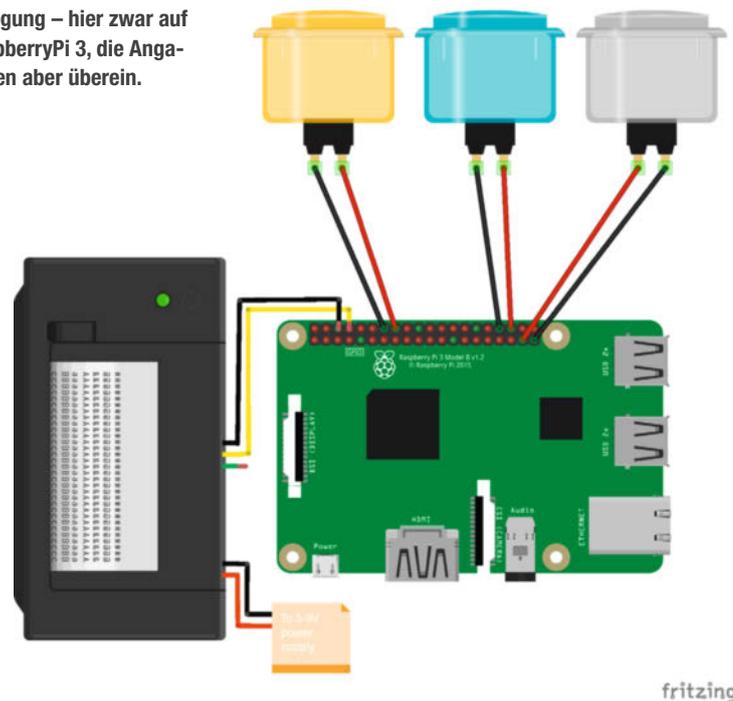
```
if not blue_button_state:
    print("> Blue button pressed <")
    a_game.button_pressed = 1
    print_game_text(a_game)
    a_game.stage += 1
    time.sleep(0.2)
```

Einige Zeilen später wird dann der Status von `blue_button_state` abgefragt und in der Variablen gespeichert. Danach frage ich ab, ob der Taster gedrückt wird – und wenn ja, wird diese Information auf dem Terminal ausgegeben. Anschließend wird dem aktuellen Spiel `a_game.button_pressed = 1` mitgeteilt und der passende Text via `print_game_text(a_game)` auf dem Thermodrucker ausgedruckt. Das ist die Stelle, an der der Text aus der JSON-Datei verarbeitet wird. Zum Abschluss wird mit `a_game.stage += 1` das Spiel in die nächste Stage weitergeschoben.

Für den ersten Testlauf habe ich das Logo von Dublin Maker ausgedruckt und das hat auf Anhieb funktioniert. Vor lauter Begeisterung habe ich dann gleich auch einen 3D-Druck für ein Thermodrucker-Gehäuse angeworfen. Der Link zum Gehäuse-Modell auf Thingiverse ist ebenfalls in der Kurzinfor.

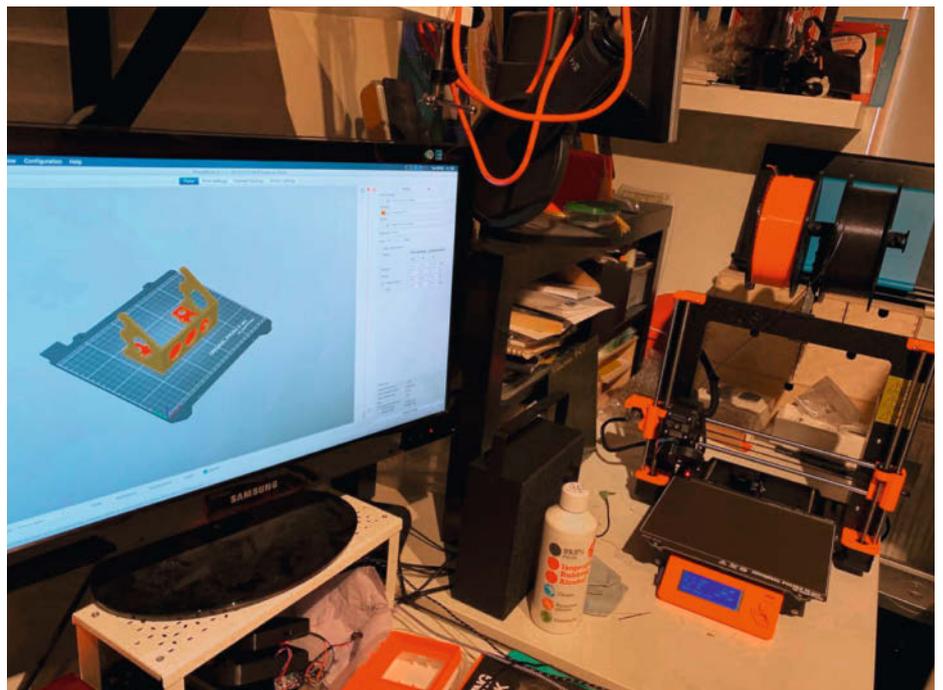
Anschließend habe ich nochmal alle Steckverbindungen überprüft: Wenn die LED des Thermodruckers blinkt, wird er mit Strom versorgt. Der Thermodrucker muss mit GND und TX GPIO verbunden sein. Die gelbe, blaue und schwarze Taste müssen mit GND und den jeweiligen GPIO-Pins verbunden sein.

Die Pinbelegung – hier zwar auf einem RaspberryPi 3, die Angaben stimmen aber überein.



### Listing 3

```
01 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
02 GPIO.setup(16, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
03 GPIO.setup(23, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
04 GPIO.setup(26, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
```



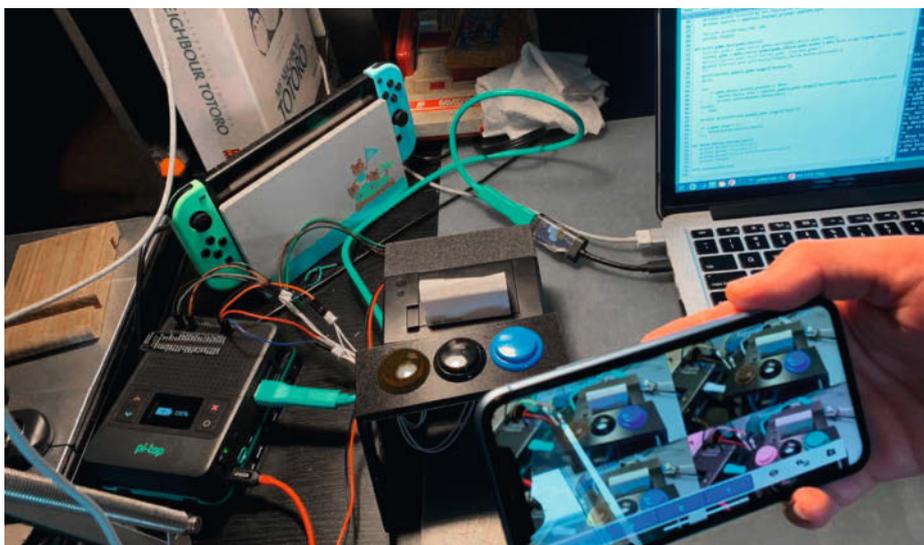
Essenziell für ein echtes Maker-Projekt: Ein 3D-gedrucktes Gehäuse.



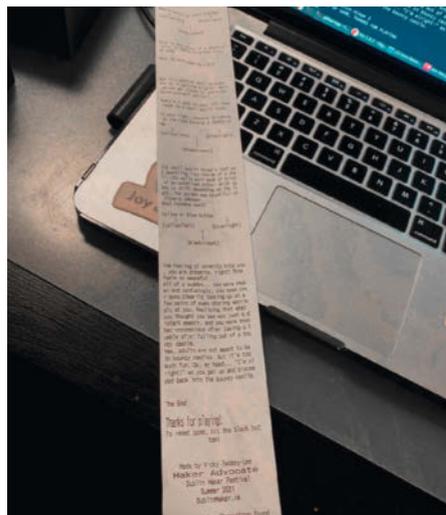
Es funktioniert!

```
GPIO.setup(16, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(23, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(26, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
ThermalPrinter = adafruit_thermal_printer.get_printer()
RX = board.RX
TX = board.TX
> uart = serial.Serial("/dev/serial0", baudrate=19200)
> printer = ThermalPrinter(uart, auto_warm_up=False)
> printer.warm_up()
>> printer.print("Maker Advocate\n\n")
>> _
g...
```

Und so sieht der passende Befehl aus.



Mit einer App kann man kontrollieren, ob die Taster-Farben auch für Menschen mit Farbsehschwäche geeignet sind. Gelb, Schwarz und Blau funktioniert super!



Tadaa: Mein Textadventure läuft.

Dann habe ich etwas Testcode geschrieben, um den Thermodrucker via Python REPL anzusprechen. Das hat nicht funktioniert, denn das Programm hat versucht, auf `/dev/serial0` zuzugreifen. Siehe da, nur `/dev/serial1` existiert. Ich konnte mich vage erinnern, dass ich dieses Problem schon einmal hatte. Eine schnelle Suche nach „Wo ist `/dev/serial0` auf dem Raspberry Pi?“ ergab folgende Antwort:

```
sudo raspi-config
Select option 5 (Interfacing options)
Select option P6 (Serial)
```

Ganz wichtig: Bei der Frage „Would you like a login shell to be accessible over serial?“ sollte man „No“ auswählen. Dann muss man bei der Frage „Would you like the serial port hardware to be enabled?“ mit „Yes“ antworten. Anschließend habe ich die Konfiguration gespeichert und `raspi-config` beendet. Nachdem ich den Raspberry Pi neu gestartet habe, war `/dev/serial0` verfügbar. Danach habe ich den Thermodrucker über Python REPL eingerichtet und endlich hat alles funktioniert. Ich konnte meine ersten Worte, *Maker Advocate*, ausdrucken.

## Troubleshooting

Nach ein paar weiteren Tests fiel mir auf, dass zwar grundsätzlich alles lief, aber der Drucker aus mysteriösen Gründen manchmal ausfiel. Nach ein paar Experimenten wurde mir klar, dass es sich um einen Fehler in der JSON-Datei handeln musste. Sie enthielt Unicode-Zeichen, die die Thermodrucker-Bibliothek einfach abgeschaltet haben. Also habe ich ein paar seltsame Zeichen entfernt, die scheinbar ursprünglich Apostrophe waren. Ich lerne daraus: Nicht einfach blind copy & paste benutzen.

Die nächste Herausforderung war es, mit dem Thermodrucker ein Bild auszudrucken. Ursprünglich hatte ich den Thermodrucker mit dem weiter oben genannten Adafruit-Modul

angesteuert. Ich habe den Befehl `printer.image(Image.open("thepic.png"))` eingegeben und es passierte ... Nichts. Daraufhin habe ich etwas recherchiert: Wenn man auch Bilder drucken möchte, benötigt man eine andere Library für den Thermodrucker. Die war immerhin schnell gefunden. Der Link zur neuen Library ist in der Kurzinfo und diese wird auch in meinem Code auf Github verwendet.

Dann habe ich `fix pip install thermalprinter` und den folgenden Code ausgeführt:

```
>>> from PIL import Image
>>> from ThermalPrinter import *
>>> printer = ThermalPrinter(port="/dev/serial0")
>>> printer.image(Image.open("thepic.png"))
```

Jetzt konnte ich auch Bilder ausdrucken. Ich musste zwar Teile meines Codes überarbeiten, aber dafür wurde der gleich viel handlicher. Schon konnte die erste richtige Spielrunde beginnen – was für ein Abenteuer! Ich hoffe, dass ich *Print your own Adventure* bald auf der nächsten Maker Faire ausstellen kann. Ein Video vom Spiel in Action gibt es in den Links in der Kurzinfo. —rehu



Für die Maker Faire habe ich außerdem ein Zine mit der Spiel- und Bauanleitung vorbereitet.

# Sind Sie sicher?

**NEU**  
im heise shop

**ix KOMPAKT IT-SICHERHEIT**  
Ein Sonderheft des Magazins für professionelle Informationstechnik  
Herbst 2020

**IT-Kompromittierung des BSI**

**Ende des Privacy Shield: Konsequenzen für Unternehmen**

**DSGVO-Fallstricke im IT-Alltag**

**Cyberrisiken im Griff**

**Risikofall meistern**

**IS vs. Datenschutz**

**Management**

**für Endpoint Security**

**griffsziel und Tatwerkzeug**

**or-Authentifizierung bedroht**

**in der Cloud**

**Sicherheitsmanagement: ISMS-Tutorial**

**Es mangelt an Gefahrenbewusstsein**

**Risikofaktor Mensch**

**Auch als PDF zum Download!**

**ix KOMPAKT IT-Sicherheit**

Datenschutz umfasst mittlerweile so viel mehr als den Schutz vor Cyberattacken. Nach DSGVO und Ende des Privacy Shield sind auch rechtliche Maßnahmen zu ergreifen. Die neuesten Aspekte rund um den Datenschutz finden Sie zusammengefasst hier im ix Kompakt IT-Sicherheit.

[shop.heise.de/ix-sicherheit20](http://shop.heise.de/ix-sicherheit20)

**14,90 €**

➤ Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 €. Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

**heise shop**  
[shop.heise.de/ix-sicherheit20](http://shop.heise.de/ix-sicherheit20)

# Die Spielhalle im Holzkoffer

Es muss nicht immer ein Arcade-Spielautomat im Vollformat sein:  
Hier wird eine Retro-Spiel-Station auf Basis des Raspberry Pi in  
ein klapp- und tragbares Holzgehäuse im Kofferformat eingebaut.

von Tyler Capps (Übersetzung: Niq Oltman)



Vor einiger Zeit bat mich mein Bruder, ihm beim Umbau eines Glas-Couchtisches zu einer Heim-Arcade-Maschine zu helfen. Ich kannte mich schon mit *RetroArch* und Emulation im Allgemeinen aus, aber mit dem Raspberry Pi arbeitete ich zum ersten Mal. Diesen einzurichten war so einfach, und das Gerät so viel kleiner als erwartet, dass ich mir dachte: „Da kann man noch mehr draus machen“. Das war ein recht einfaches Projekt, aber die daraus geborene Idee ließ mich nicht mehr los. So kam ich schließlich auf den Gedanken, ein Arcade-System in einen alten Aktenkoffer einzubauen, den man zusammenklappen und mit sich herumtragen kann.

Einige Wochen lang suchte ich überall nach einem passenden Koffer, aber ich kam nicht weiter. Alle Koffer-Kandidaten waren entweder zu klein, zu groß, zu gammelig, zu teuer, zu dick, zu dünn, zu sonstwas. Mir wurde klar, dass ich den Koffer wohl einfach selbst bauen müsste. Also überlegte ich mir, wie mein Wunsch-Koffer aussehen könnte, und fing an, erste Entwürfe im Kopf zu machen. Daraus entstand folgende Liste mit Anforderungen:

- Zusammenklappbar
- Leicht genug zum Herumtragen
- Klein genug, um an vielen Orten Platz zu finden
- Groß genug, um alle Funktionen unterzubringen
- Handwerklich sauber und solide aus Holz gebaut

Das Projekt wurde langsam ganz schön anspruchsvoll, zumal ich kein eigenes Werkzeug hatte, keine Erfahrung in der Holzbearbeitung, und nur oberflächliche Elektronik-Kenntnisse. Zum Glück fand sich ganz in meiner Nähe ein toller Makerspace namens *Reforge Charleston* ([reforge.io](http://reforge.io)). Ich wurde Mitglied und mithilfe einiger meiner neuen „Kollegen“ (und zahlreicher YouTube-Videos) brachte ich mir nicht nur die Grundlagen der Holzbearbeitung bei, sondern auch den Umgang mit 3D-Druckern, dem Lasercutter, CNC-Fräsen und allem, was ich sonst noch wissen musste, um meinen Arcade-Spielekoffer zu bauen.

Hier meine wesentlichen Arbeitsschritte:

1 2 Mit den Abmessungen der Arcade-Bedienelemente, die ich mir ausgesucht hatte, entwarf ich in Adobe Photoshop und Illustrator ein passendes Layout. Aus diesem Layout und dem noch benötigten Platz für Lautsprecher und die weiteren Elektronikteile errechnete ich mir die Maße für den Holzkasten, in den alles passen sollte – ca. 53cm x 30cm x 13,5cm (21 x 11¾ x 5⅜ Zoll).

3 Die äußeren Gehäuseteile baute ich aus Kiefernholzplatte vom Baumarkt. Zuerst konstruierte ich den Rahmen, den ich dann mit einer Tischkreissäge in zwei Hälften – Boden und Deckel – zerteilte.

4 Mit Holzleim klebte ich die Boden- und Deckelplatte in die beiden Rahmenhälften ein;

## Kurzinfo

- » Retro-Spielspaß mit Raspberry Pi und altem Notebook-Display
- » Selbstgebautes Klappgehäuse in Kofferform aus Sperrholz
- » Joystickknöpfe dienen beim Transport als Tragegriff

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
40 Stunden



**Kosten:**  
400 bis 600 Euro, je nach Inhalt der Bastelkiste



**Entwerfen:**  
in 2D (Vektorgrafik) und 3D (hier mit Tinkercad)



**3D-Druck:**  
für Halterungen und Buchsenfutter



**Holzbearbeitung:**  
sägen, schleifen, kleben, beizen, lackieren



**Lasercutter:**  
optional, aber sehr nützlich für Deckplatten und Ausschnitte



**Elektronik:**  
Komponenten verbinden, einfache Lötarbeiten

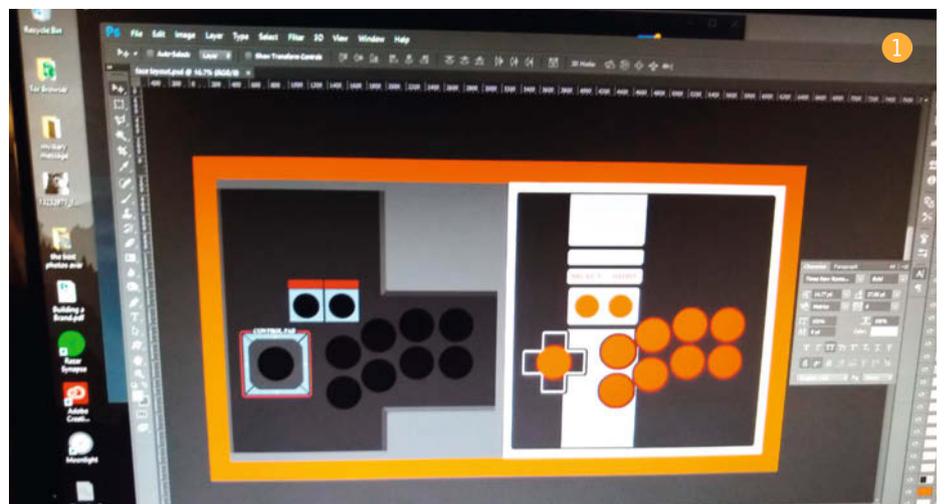
### Material

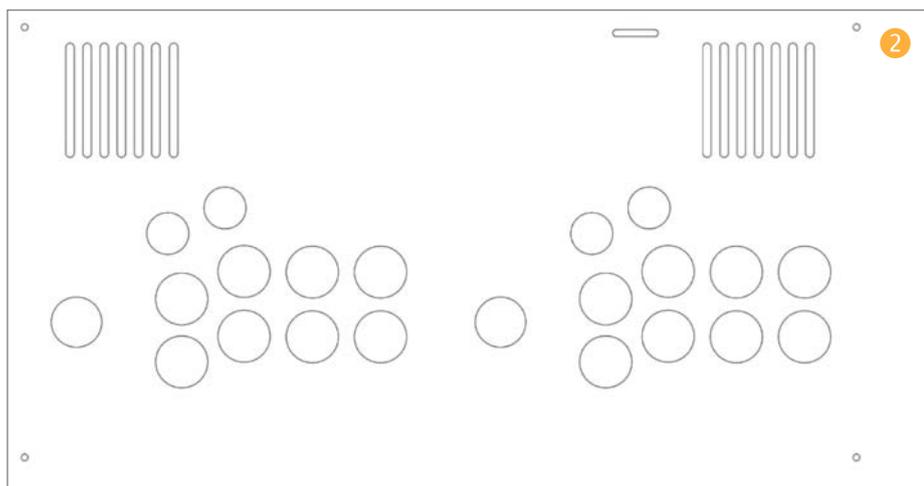
- » Raspberry Pi 3B+
- » microSD-Karte 64 GB
- » Micro-USB-Kabel für die Stromversorgung
- » 2 USB-Verlängerungskabel Stecker auf Buchse, 15 cm lang
- » LCD-Bildschirm 15,6" Diagonale oder ähnlich
- » LCD-Controller-Platine etwa mit 12 V/1 A-Stromversorgung
- » Netzteil 12 V/1 A, passend zum LCD-Controller
- » HDMI-Kabel möglichst kurz
- » Stereo-Brüllwürfel auch Desktop-PC-Boxen genannt, zum Ausschlagen
- » Stoff-Schutzabdeckung für die Lautsprecher
- » 3-fach-Steckdose mit Kabel
- » Netzschalter für Arcade-Gehäuse
- » 5 Flachsteckhülsen 1–2 mm<sup>2</sup>
- » Stromkabel Kaltgerätekupplung
- » Arcade-Bedienelemente Joysticks, Buttons, Controller-Platine und Verbindungskabel
- » Kiefernholzplatte
- » Sperrholzplatte Birke
- » Sperrholzplatte Birke, möglichst dünn
- » Vorbeiz-Grundierung
- » Beize Typ Roteiche
- » Sprühlack
- » Sprühkleber
- » 2 Scharniere für den Deckel
- » 2 Schnappverschlüsse
- » Klappenhalter hält den aufgeklappten Deckel
- » 4–8 Gummifüße
- » diverse Schrauben

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xpmx](http://make-magazin.de/xpmx)

### Mehr zum Thema

- » Carsten Wartmann, Retro-Gaming auf Raspberry Pi, *Make* 4/20, S. 8





nach dem Aushärten wurde alles mit 80er bis 220er Körnung abgeschliffen.

5 Die Oberflächen behandelte ich zuerst mit einer Grundierung zum Vorbeizen, dann mit einer Beize in Roteiche-Finish und schließlich mit mehreren Lagen Sprühlack. Ich weiß, dass Beize im Holzhandwerk nicht so gerne gesehen wird, aber ich wollte die Kosten niedrig halten, und fühlte mich noch nicht sicher genug, um gleich mit edlerem Holz (wie Walnuss) zu arbeiten.

6 Mit meiner Illustrator-Layoutvorlage und einem Lasercutter brachte ich die Aussparungen für Lautsprecher, Buttons und Joysticks in die Birkenesperrholzplatte für die Bedienelemente ein. Auf dieselbe Weise bereitete ich die Platte zur Halterung des Bildschirms vor. Auf die letztgenannten beiden Platten kamen jetzt noch dekorative Abdeckungen aus ultra-dünnem Birkenesperrholz, ebenfalls in Illustrator entworfen, im Laser-

cutter zugeschnitten und einfach mit Sprühkleber fixiert. Für die speziellen Joystick-Abdeckungen habe ich mich von Pac-Man inspirieren lassen. Da die Sperrholzteile alle schon vorgeschliffen waren, habe ich das Ergebnis nur noch mit einigen Lagen Sprühlack behandelt und das war's.

Ich kenne mich zwar mit Technik und Elektronik und Games aus, bin aber kein Programmierer. Für die Software-Seite kam daher RetroPie zu Einsatz, ein fertiges Open-Source-Projekt speziell für das Retro-Gaming auf dem Raspberry Pi. Dazu musste ich lediglich das gewünschte RetroPie-Image herunterladen, es auf eine microSD-Speicherkarte übertragen (mit Etcher oder einer ähnlichen Flasher-Software), die Karte in den Pi stecken und den Pi hochfahren.

7 Das Projekt sollte zwei von außen zugängliche USB-Anschlüsse bekommen. Dafür bestellte ich zwei USB-Verlängerungskabel

(Stecker auf Buchse) und notierte mir die Abmessungen der Buchsen. Damit entwarf ich in Tinkercad ein spezielles Bauteil zum Durchführen der Buchsen von innen, so dass die Außenseite sauber und bündig mit der Gehäuseoberfläche wird. Beim zweiten Versuch mit dem 3D-Drucker hat alles gepasst.

8 Sehr einfach war das Verkabeln der Bedienelemente. Dazu musste ich nur die Leitungen von allen Buttons und Joysticks in die dazugehörigen Sockel auf der Controller-Platine stecken und letztere per USB mit dem Pi verbinden. Diese Verbindungen mussten noch in RetroPie konfiguriert werden und dann funktionierte alles problemlos.

9 Als Bildschirm kam ein 15,6"-LCD aus einem alten Laptop zum Einsatz. Mit dessen Bauteilnummer fand ich auf eBay eine geeignete LCD-Controller-Platine, mittels der ich den Bildschirm (sowie die Lautsprecher) über ein kurzes HDMI-Kabel an den Pi anschließen konnte.

10 Für die Tonausgabe wurde ein altes Paar Desktop-PC-Boxen ausgeschlachtet. Um die Lautsprecher aus dem Gehäuse zu bekommen, griff ich zu einem Schraubstock. Beim etwas zu gewaltvollen Hantieren sind mir versehentlich ein paar Kabel abgerissen – ein Schaden, den ich mit dem Lötkolben und viel zu viel Heißkleber beheben konnte.

11 Die Lautsprecher wurden mit der Membran nach oben in die untere Gehäusehälfte montiert. Dazu entwarf ich – wieder in Tinkercad – zwei Halterungen, die ich mit dem 3D-Drucker herstellte. Diese wurden in die Grundplatte geschraubt und positionieren die Lautsprecher genau passend, sodass sich die Sperrholzplatte mit den Bedienelementen nahezu ohne Lücke auf sie absetzen lässt.





12 Für die interne Stromverteilung installiere ich eine 3-fach-Steckdose und verband deren Eingangsleitung mit einem Arcade-Netzschalter samt Netzanschlussbuchse, welche hinten aus dem Gehäuse heraus zeigen. Die Verbindung zum Stromnetz erfolgt über ein gewöhnliches PC-Stromkabel. Der

LCD-Controller benötigt ein Netzteil mit 12V und 1A am Ausgang, welches ich unkompliziert in einem Gebrauchtwarenladen finden konnte, aber etwas umbauen musste, damit es ins Gehäuse passt.

Jetzt waren alle Teile fertig, getestet und funktionsfähig. Es fehlte nur noch der Zusam-

menbau der beiden Gehäusehälften. Ganz zum Schluss entdeckte ich, dass sich der Deckel nicht schließen ließ, da die beiden Joysticks zu weit nach oben ragten. Das war so nicht geplant! Ich hatte die Joysticks schon mit Abstandshaltern so weit wie möglich nach unten verschoben, und egal, in welchem Win-

## Für kleine und große Tüftler



A. Finch

### Das LEGO®-Architektur-Ideenbuch

1001 außergewöhnliche Bautechniken für Mauerwerk, Fenster, Säulen, Dächer und vieles mehr

2019, 232 Seiten

€ 24,90 (D)

ISBN 978-3-86490-642-8



D. Pagano · D. Pickett

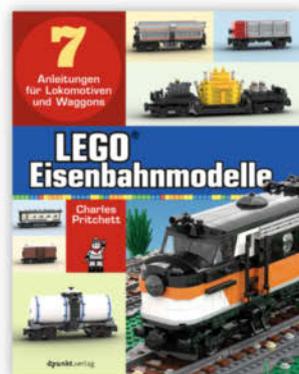
### LEGO®-Filme selbst drehen

Stop-Motion-Technik lernen und gekonnt einsetzen

2017, 216 Seiten

€ 22,90 (D)

ISBN 978-3-86490-434-9



C. Pritchett

### LEGO®-Eisenbahnmodelle

7 Anleitungen für Lokomotiven und Waggons

2020, 208 Seiten

€ 24,90 (D)

ISBN 978-3-86490-804-0



W. Nash

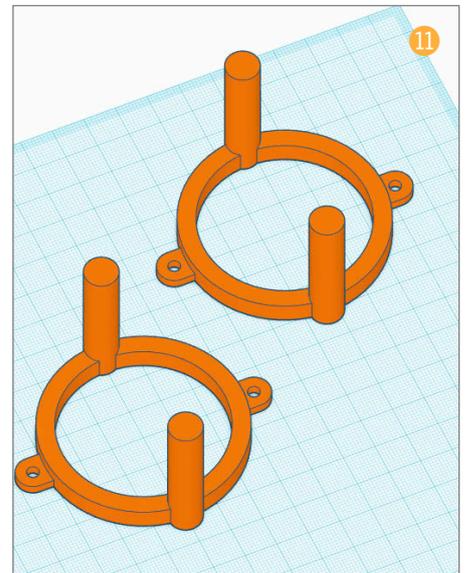
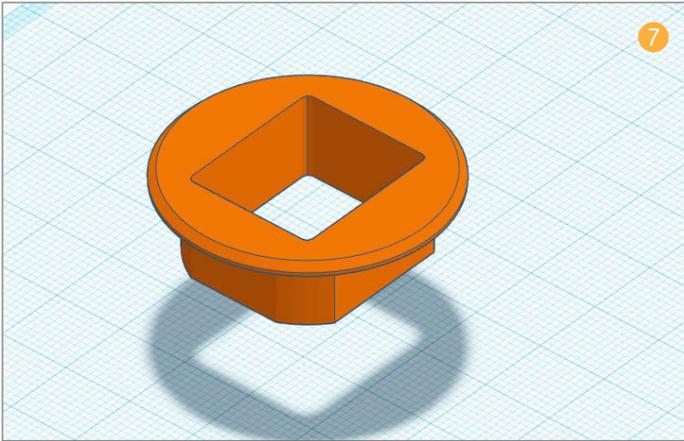
### LEGO®-Spaß mit Kindern

Kreative Modelle für Eltern und Kinder zum gemeinsamen Bauen

2020, 208 Seiten

€ 24,90 (D)

ISBN 978-3-86490-806-4



kel ich den Bildschirm einsetzte – der Deckel ging nicht zu. Schließlich kam ich auf die Idee, die Kugelköpfe von den Joysticks abzuschrauben, und siehe da, der Deckel ließ sich schließen. Nur wenige Millimeter Abstand trennten den Bildschirm von den kopflosen Joysticks, aber genug, dass sie sich nicht berühren konnten.

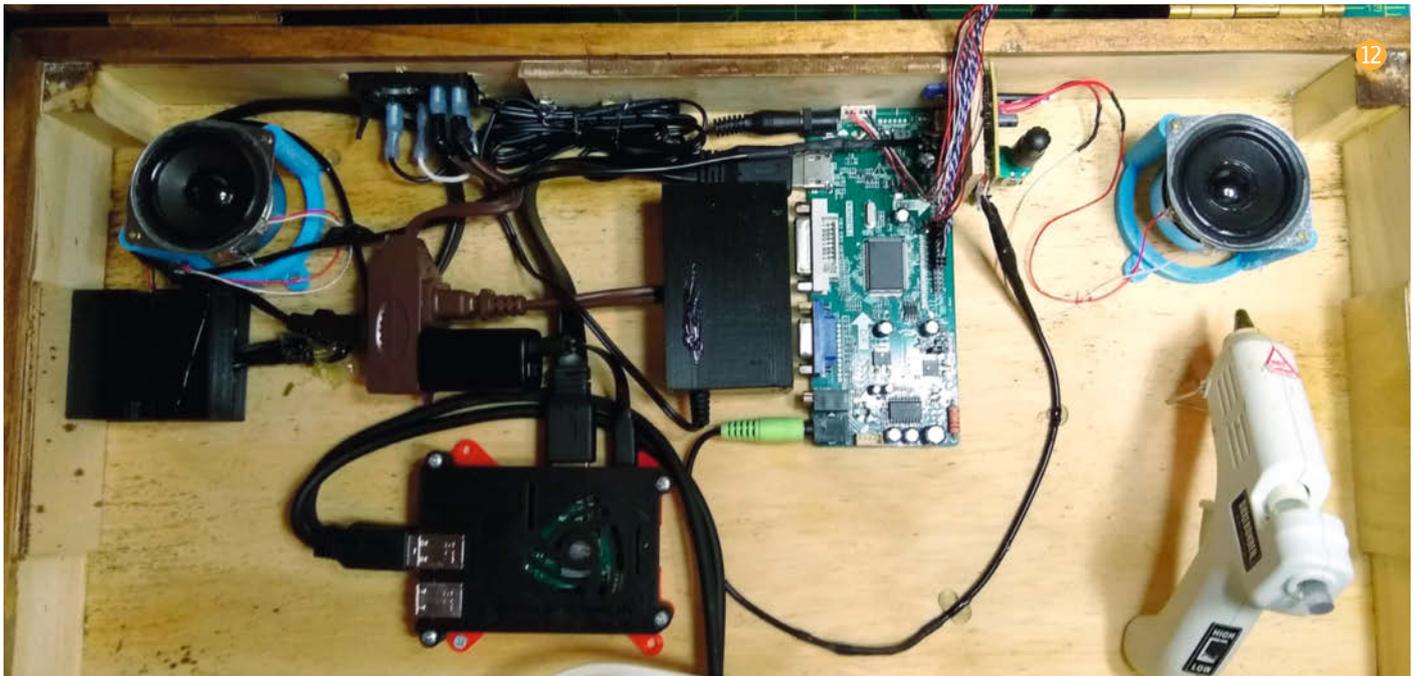
**13** Zu diesem Zeitpunkt hatte ich mich noch nicht auf einen Tragegriff für den Koffer festgelegt. Meine spontane Lösung bestand darin, einfach zwei Metallstifte anzubringen, auf die sich die Joystick-Köpfe montieren ließen, nunmehr in einer Doppelrolle als Trageknäufe. Ich hatte keine Ahnung, ob das funktionieren würde; mir kam einfach keine andere Option in den Sinn. Zu meiner Überraschung stellte sich das Ganze als recht ergonomisch heraus; der Koffer lässt sich damit komfortabel tragen.

Ich könnte mit dem Ergebnis dieses Projekts nicht zufriedener sein. Es funktioniert genau so, wie ich es mir gewünscht hatte, und hat mittlerweile auch so einige Runden *Street Fighter 2* auf dem Buckel.

So seltsam es klingen mag: Der Prozess, aus dem dieser Arcade-Koffer hervorgegangen ist, war eine Offenbarung. Es war eines meiner ersten richtigen Projekte und es zum Abschluss zu bringen, war eine der lohnenswertesten Erfahrungen meines Lebens. Es gab mir eine neue Richtung, neue Ideen, und neue Ziele, die ich anstreben kann. In einer Werkstatt zu stehen und zu lernen, Probleme zu lösen, Dinge zu entwerfen und zu bauen – all das fühlte sich an wie *zu Hause zu sein*; ein Gefühl, das ich bisher kaum kannte. Jetzt fühle ich mich wie ein geborener Maker und ich kann es kaum erwarten, mich auf das nächste Projekt zu stürzen! —pek



13



12

## Make-Sonderheft: Loslegen mit Holz

Beim Nachbau des hier beschriebenen Spielekoffers fällt hauptsächlich Arbeit mit Holz an. Für viele Maker ist das ein ungewohntes Metier, weshalb wir uns im Make-Sonderheft „Loslegen mit Holz“ diesem Thema einmal ganz intensiv widmen. In dieser Sonderausgabe von Make erfahren Sie, welche Werkzeuge Ihnen den Einstieg bei minimalem Aufwand maximal erleichtern – und zwar unabhängig davon, ob Sie mit handlichen Maschinen schnell zum Ziel kommen wollen oder ob der Umgang mit Holz für Sie eine Rückkehr zum echten Handwerk sein soll. Von Lasercuttern und CNC-Fräsen ist natürlich ebenfalls die Rede, für alle, die lieber digital planen und die Maschine den Rest machen lassen wollen. Darüber hinaus gibt es ausführliche

Schritt-für-Schritt-Anleitungen für Holzprojekte, die von Werkstatt Helfern wie einer einfachen Handkreissägeführung über eine klassische Sägebank samt Sägebock bis hin zu Hinguckern wie dem raffinierten Vollholz-Lautsprecher ohne Membran und Elektronik reichen, der nur durch den ausgesägten Klangkanal im Inneren die Musik vom hineingesteckten Smartphone verstärkt.

Das Make-Sonderheft „Loslegen mit Holz“ ist seit dem 5. November für 10,90 Euro im Zeitschriftenhandel oder im heise shop erhältlich (siehe Link in der Kurzinfo). Make-Abonnenten haben das Heft bereits zugeschickt bekommen, denn es ist in ihrem Abo enthalten.



# Tipps & Tricks

Sie wollen eine Platine mit hunderten Bauteilen und tausenden von IC-Pins reparieren, und das ohne Schaltplan? Unsere geniale Pin- und Leiterbahnsuchbürste erleichtert das Verfolgen von Leiterbahnen ungemein.

von Heinrich Willecke

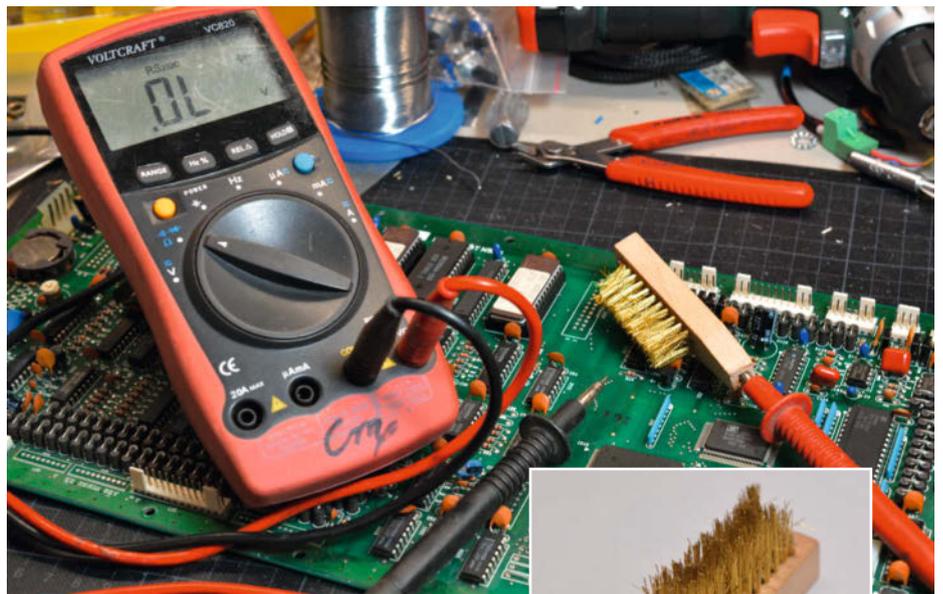
**A**uf der Platine ist offensichtlich ein Portbaustein defekt: Am herausgeführten Pin für die LED-Anzeige tut sich nichts. Ohne Schaltplan ist man jetzt aufgeschmissen: Das Verfolgen der Leiterbahn zum schuldigen IC ist bei vierlagigen Platinen visuell unmöglich und auch schon bei doppelseitigen Boards eine Qual. Mit Durchgangsprüfer geht es kaum schneller – bis man alle Pins sämtlicher Vielbeiner durchgetrötet hat, vergeht nervenaufreibende Zeit.

Hier kann unsere Suchbürste helfen: Einfach eine Leitung des Durchgangsprüfers an den untätigen Anschluss legen, die andere in die Bürste stecken und dann sanft über die Bauteilanschlüsse auf der Platine streichen. Wenn es piept, hat man schon einmal grob das Ende der Leiterbahn und damit das schuldige IC gefunden. Zur genauen Lokalisierung nimmt man die Bürste ab und klingelt die Pins in der unmittelbaren Umgebung der Fundstelle einzeln durch. Diese Methode hat uns schon viele Stunden Arbeit erspart.

## Nicht kratzen

Die Fehlersuchbürste besteht aus einer kleinen Messing-Drahtbürste, deren Griff abgesehen wurde. Im Bürstenteil dient ein 4mm-Loch zur Kontaktierung mit dem Messkabel. Damit die Messingborsten auch Kontakt mit dem Messkabel bekommen, haben wir einen 0,4mm starken, versilberten Kupferdraht um die Büschel gewunden, der über eine kleine Bohrung ins 4mm-Loch führt und dann einfach umgeschlagen wird. Das Ende fixiert man mit Heiß- oder Epoxy-Kleber.

Achten Sie bei der Beschaffung der Bürste darauf, dass es sich auch tatsächlich um eine weiche Messing-Drahtbürste handelt. Wir haben auch schon billige Stahldrahtbürsten gesehen, deren Borsten einfach nur „vermessingt“ waren. Die sind zu hart und können die Platine beschädigen. Wenn Sie ein Multimeter als Durchgangsprüfer verwenden, sollte dies bei Erkennung eines Durchgangs (Widerstand deutlich kleiner als 10 Ohm) möglichst unmittelbar „anschlagen“



Mit der Fehlersuchbürste lassen sich Verbindungen und Unterbrechungen schneller auffinden, weil sie viele Pins gleichzeitig berührt.



Durch das 4mm-Loch für das Messkabel führt ein dünner Kupferdraht, der um die Drahtbüschel gewunden wird.

– Geräte, die erst eine Weile überlegen müssen oder auch höhere Widerstandswerte als Durchgang erkennen, sind für diesen Zweck ungeeignet. —cm

► [make-magazin.de/x4xm](http://make-magazin.de/x4xm)

## Machen Sie mit!

Kennen Sie auch einen raffinierten Trick? Wissen Sie, wie man etwas besonders einfach macht? Wie man ein bekanntes Werkzeug oder Material auf verblüffende Weise noch nutzen kann? Dann schicken Sie uns Ihren Tipp – gleichgültig aus welchem Bereich (zum Beispiel Raspberry, Arduino, 3D-Druck, Platinenherstellung, Lasercutting usw. ...).

Wenn wir ihn veröffentlichen, bekommen Sie dafür das übliche Make-Autohonorar. Ihr Tipp sollte dabei ungefähr eine Heftseite füllen und von Ihnen angefertigte Bilder enthalten. Senden Sie Ihren Tipp mit der Betreffzeile *Lesertipp* an:

[mail@make-magazin.de](mailto:mail@make-magazin.de)

# Maker Faire®

Dieses Jahr ist  
alles anders – wir  
vermissen euch!

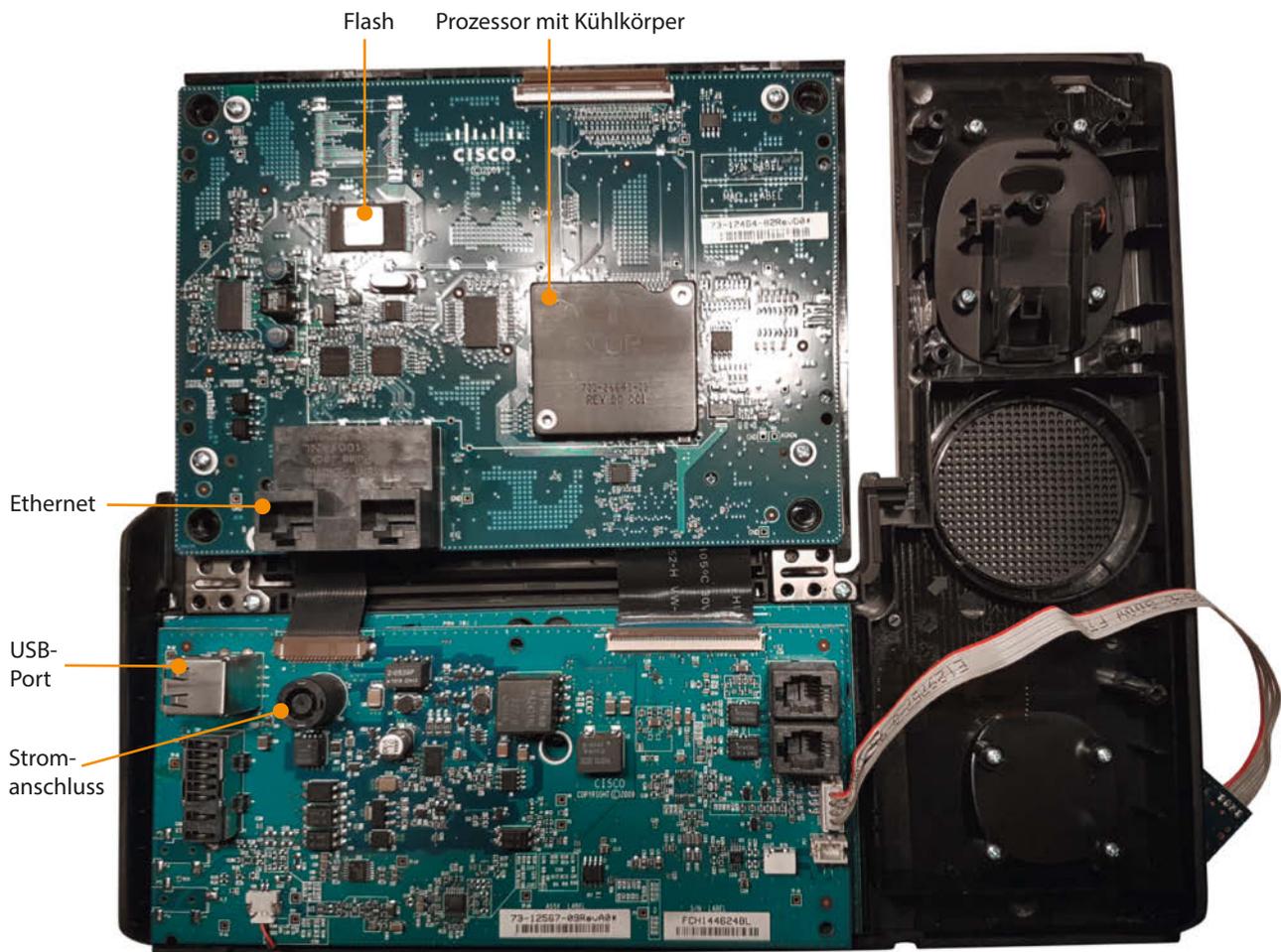
**Freut euch  
auf 2021.**

[maker-faire.de](https://maker-faire.de)

# Cisco IP Phone

Neulich bekamen wir von einem Make-Leser ein Cisco IP Phone (CP-8961) zugeschickt, ohne Netzteil und Telefonhörer. In seiner Firma wurden hunderte davon ausgemustert. Er bat uns herauszufinden, ob man die Telefone noch zu irgendwas sinnvollem einsetzen und etwa Software darauf installieren könne. Wir haben diesmal nicht nur aufgeschraubt, sondern regelrecht penetriert, Achtung: Hardcore!

von Daniel Bachfeld





Nur noch selten zu finden: Labornetzteile mit mehr als 30V Ausgangsspannung.

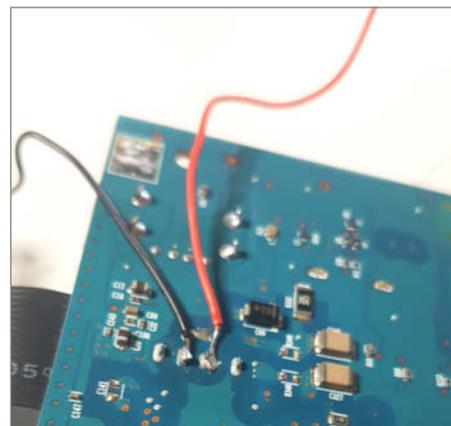
Es unterstützt von Hause aus Videokonferenzen, hat ein TFT-Display mit 640x480 Pixel Auflösung, ist netzwerktauglich und spricht eine eindrucksvolle Reihe von klangvollen Netzwerkprotokollen, für deren Konfiguration man früher noch den *Cisco Certified Internetwork Expert* bestellen musste.

Über die Hardware ist nichts im Internet zu finden, der Prozessor hat einen Cisco-Aufdruck und eine Typ-Nummer F761990, die nur die Gehäuseform des ICs bezeichnet. Die Firmware des Geräts liegt in einem Flash, dessen Aufdruck nicht mehr zu rekonstruieren war. Auch zur Software ist so gut wie nichts herauszubekommen, außer den verfügbaren Firmwares. Einschlägigen Foren zufolge läuft Linux auf dem Gerät, auf dem eine Java Virtual Machine läuft. Dazu passen die Datei-Namen in den von Cisco zum Download angebotenen Firmware-Images: *kern, sboot* und *rootfs*.

Um dem Gerät weitere Infos abzutrotzen, haben wir es in Betrieb genommen. Die erwartete 48V Gleichspannung war ungewöhnlich hoch, passende Netzteile in unserer Bastelkiste nur bis 30V zu finden und auf eBay die Preise für Ersatznetzteile unerschämte hoch. Glücklicherweise haben wir noch ein älteres Labornetzteil,

das bis 50V liefern kann. Da die Spannungsbuchse kreativ proprietär war, löteten wir kurzerhand Kabel auf die Platine. Durch die ebenfalls kreative Bezeichnung der Pole des Ports schlossen wir die Spannung zuerst falsch herum an - was das IP Phone jedoch ohne Britzeln klaglos überstand. Richtig herum gepolt bootete es und zeigte den Fortschritt auf dem Display an. Sobald es an ein Netzwerk angeschlossen war, holte es sich eine IP-Adresse und versuchte vergeblich mit einer Telefon-Vermittlung Kontakt aufzunehmen. So weit, so gut.

Um möglicherweise Zugang zum Linux zu gelangen, besorgten wir uns zunächst die IP-Adresse über das Telefonmenü. Mit dem Netzwerkscanner *nmap* scannten wir dann nach offenen Ports auf dem Gerät (*nmap -p1-10000 192.168.x.y*). Der Scanner fand zwar auf Port 80 und 443 einen Webserver, leider aber keinen Port für Telnet oder SSH. Ein Aufruf des Webserver zeigte die Konfiguration des Gerätes an: Installiert war Firmware 9-4-2.SR1, in der SSH standardmäßig abgeschaltet ist. In früheren Firmware-Versionen für das Gerät ist SSH jedoch standardmäßig an. Die Idee lag zwar nahe, ein Downgrade auf eine alte Firmware-Version zu machen, eine kurze Recherche verriet uns



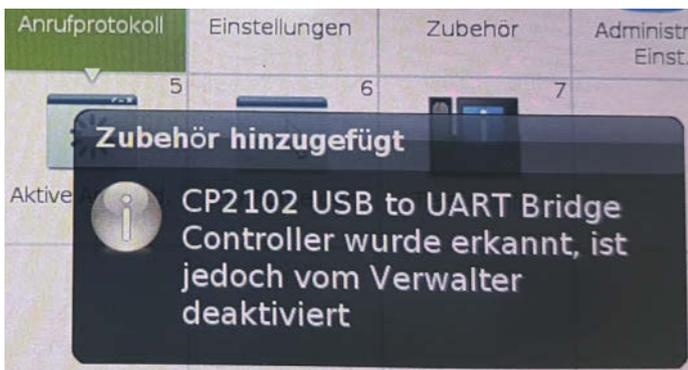
Die Buchse zur Spannungsversorgung war zu proprietär. Deshalb löteten wir Kabel an die bleifreien Lötstellen – sieht man auch ...

jedoch, dass ab Version 9.4. leider kein Downgrade mehr möglich ist.

Nächste Idee: Der Webserver auf Port 80 gab sich als RomPager von AllegroSoft in Version 4.34 zu erkennen. Ein Blick in Exploit-Datenbanken ließ kurz Hoffnung aufkeimen, dass sich eine Schwachstelle im Webserver zum Einschleusen und Ausführen von eigenem Code über das Netzwerk ausnutzen lässt. Ein Angriff mit dem Exploit ließ das IP Phone aber unbeeindruckt. Zuletzt blieb noch der USB-Port: Auf ihm soll eine Terminal-Konsole für Debugging-Zwecke laufen, über die eventuell Zugriff auf eine Shell möglich ist. Über einen USB-to-Serial-Adapter versuchten wir unser Glück. Der Adapter wurde zwar erkannt, der Administrator des Gerätes hatte den Zugriff jedoch deaktiviert. Da wusste einer, wie man das Gerät dicht macht.

Da sich das Gerät nicht auf Werkseinstellungen zurücksetzen ließ und wir keine Cisco-Plattform zur Remote-Administration von IP Phones installieren konnten, gaben wir an dieser Stelle auf. Falls Sie noch Tipps zum Hacken haben: Mail an [info@make-magazin.de](mailto:info@make-magazin.de). —dab

► [make-magazin.de/xedq](http://make-magazin.de/xedq)



Du kommst hier nicht rein ...



Das Gerät ist sorgsam gegen Zugriffsversuche abgeschottet.

# 3D-Drucke clever kleben

Kunststoffe zu verkleben ist kompliziert, aber mit der richtigen Technik klappt's. Ob ABS, PLA, PETG oder auch Resin, wir testen nicht nur herkömmliche Flüssigkleber, sondern auch außergewöhnliche Techniken, die man zu Hause anwenden kann.

von Gerd Michaelis und Stella Maria Risch



**E**s gibt viele Gründe, Druckteile miteinander verbinden zu wollen: Wenn man ein großes Objekt drucken möchte, kann das Druckbett zu klein sein. Dann ist es nötig, das Modell zu zerteilen und aus mehreren Teilen zusammenzusetzen. Manchmal druckt man lieber Einzelteile liegend anstatt aufrecht, damit sie mehr Stabilität bieten. Oder man druckt das Objekt zerteilt, um Stützstrukturen zu verhindern, falls diese sich hinterher nur schlecht rückstandsfrei entfernen lassen. Manche Verbindungen könnte man auch mit Blech- oder Gewindeschrauben umsetzen, doch bei filigranen Teilen kann der Platz für eine Schraube fehlen – oder die Verbindung soll unsichtbar bleiben.

### Klebeversuche

Wer bereits Kunststoffe miteinander oder auf einem anderen Material verklebt hat, hat wahrscheinlich Enttäuschungen erlebt. Das liegt daran, dass es viele verschiedene Arten von Kunststoffen gibt, die unterschiedliche Eigenschaften haben und somit unterschiedliche Kleber benötigen. Manchmal ist sogar zuerst eine Aktivierung der Oberfläche nötig,

**Kurzinfo**

- » Sekunden- und Modellbaukleber im Test
- » Schweißen mit 3D-Druck-Stift und Heißklebepistole
- » Material mit sich selbst kleben: Resin und ABS-Glue

**Mehr zum Thema**

- » Rebecca Husemann, Damit es hält, Make 4/15, S. 76
- » Heinz Behling, 30 Filamente für jeden Zweck, Make 2/19, S. 8

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x73h](https://make-magazin.de/x73h)

damit der Kleber anhaften kann. Einige Stoffe, wie zum Beispiel PE (Polyethylen) oder PTFE (Teflon), machen extrem wenige Anstalten, sich kleben zu lassen. Das kann frustrierend sein, zumal Spezial-Klebstoffe bereits in geringen Mengen unverschämt teuer sind, man sie in der Regel selten braucht und sie nach kurzer Zeit eintrocknen oder unbrauchbar werden.

Selbst die hochgelobten Cyanacrylat-Wunder-Kleber, also Sekundenkleber, haften fast

immer viel besser an den Fingern als am Kunststoff. Das ist vermutlich der Grund, warum diese Kleber in der Wundambulanz des Militärs sowie in Rettungswagen und Chirurgie-Notfallstationen von Krankenhäusern die größten Erfolge feiern. Kunststoffoberflächen sind dagegen zu glatt und bieten kaum Haftungsmöglichkeiten. Und wenn es doch einmal kleben sollte, ist die Klebenacht weniger belastbar als das zu klebende Grundmaterial.

## 3D-Druck-Kunststoffe kleben: PLA, PETG, ABS und Resin im Test

Für den Kleber-Praxistest halten kleine Brücken aus ABS, PLA, PETG und Resin her, die in der Mitte eine schmale Klebefläche haben. Solch kleine Klebeflächen sind besonders im Modellbau häufig. Zum Einsatz kommen Sekundenkleber und lösungsmittelhaltige Modellbaukleber. Der Modellbaukleber ist speziell zum Auftragen auf schmale Wände gedacht und bietet dafür eine dünne Dosierspitze.

### Sekundenkleber

Sekundenkleber (oder auch Cyanacrylat-Klebstoff) ist oft die erste Wahl für Kunststoff-Klebung – aber nicht unbedingt die beste. Die Härtung der dünnen Kleber-Schicht beginnt durch natürliche Luftfeuchtigkeit. Man kann ihn zur Beschleunigung anpusten, da die Atemluft auch Feuchtigkeit enthält. Er wird schon nach kurzer Zeit fest, daher der Name „Sekundenkleber“. Die volle Festigkeit wird aber erst nach wenigen Stunden erreicht.

Dann ist der Kleber recht spröde, wenig flexibel, begrenzt wärmebeständig und empfindlich für Feuchtigkeit, obwohl sie zum Aushärten benötigt wurde. Da er ein chemisch reagierender Kleber ist, greift er die Oberfläche des Gegenstandes an. Diesen Faktor sollte man auf jeden Fall bedenken. Wie an zwei der Brücken zu sehen ist, wurde zu viel Kleber auf-

getragen, sodass er oben herausgequollen ist. Das hinterlässt unschöne weiße Ränder. Außerdem müssen die Klebeflächen perfekt aufeinander passen und dürfen keine Spalten bilden, da der Kleber sonst nicht zuverlässig aushärten kann.

Die Verbindung von PETG mit Sekundenkleber hat sich nach wenig Krafteinwirkung gelöst. An den Klebestellen ist aber zu sehen, dass der Kleber es versucht hat: Ein winziges Stück Material ist mit abgebrochen, überall sonst hat der Kleber zuerst nachgegeben.

Die Verklebung zwischen zwei PLA-Elementen mit Sekundenkleber hat sich ebenfalls durch geringen Kraftaufwand gelöst. Die ABS-Klebung dagegen hat mit Sekundenkleber gut gehalten. Für stärkere Belastungen ist es allerdings nicht geeignet, da man die Brücke per Hand mit leichtem Widerstand trotzdem trennen kann.

### Modellbaukleber

Der getestete Modellbaukleber von Pattex für Kunststoff, Holz, Plexiglas Polycarbonat und Hart-PVC ist ein lösungsmittelhaltiger Nassklebstoff. Er ist dafür gedacht, die Bedürfnisse von Modellbauern zu erfüllen, die dünne Wände miteinander verbinden wollen. Auf dem Fläschchen sitzt ein dünner Dosierauf-

satz, um ihn akkurat auftragen zu können. Das Lösungsmittel sorgt dafür, dass die Oberfläche des Kunststoffes angelöst wird. Wenn die zwei Teile nun aneinander gedrückt werden, verbinden sie sich unter Druck. Sie halten aufgrund von Kohäsionskräften, wie beim



Sekundenkleber kann an den Klebeflächen der Brücken weiße Ränder hinterlassen.

Schweißen. Der Kleber bindet ab, indem das Lösemittel verdunstet.

Dieses süße und handliche Fläschchen liefert ein enttäuschendes Ergebnis: Die PETG-Verbindung hält kaum. Die Brückenteile haften zwar aneinander, aber zum Lösen war kaum Kraft nötig.

Der Modellbaukleber hat bei ABS hingegen gut funktioniert. Er hat von allen getesteten Kombinationen aus Materialien und handelsüblichen Klebern am besten gehalten. Er ließ sich zwar per Hand lösen, es war allerdings erkennbar, wie gut er die Oberfläche bearbeitet hat.

Bei PLA muss man zwar etwas mehr Kraft aufbringen, um die Verbindung zu lösen - allerdings hält auch hier die Verbindung nicht wirklich gut. Die Oberfläche hat nicht auf den Kleber reagiert. Beim PETG wirkte er nur wie zusätzlich aufgetragenes Material. Schade.



Modellbaukleber kommt im handlichen Fläschchen mit Dosieröffnung für feine Klebeflächen.



Modellbaukleber auf der zerbrochenen ABS-Brücke

## PLA schweißen

Was am FDM-3D-Druck fasziniert, ist die Stabilität der gedruckten Formen. Obwohl die Struktur nur aus übereinandergelegten Kunststoff-Fäden besteht, haften die Fäden aufeinander und nebeneinander bombenfest. Offensichtlich kann eine frische heiße Kunststofflage die abgekühlte Lage so anschmelzen, dass eine sehr innige und belastbare Verbindung entsteht.

Dieser Vorgang ist aus der Metallbearbeitung gut bekannt: Fügen von gleichartigem Material unter Zugabe weiterer Werkstoffe, auch unter dem Begriff *Schweißen* geläufig. Bei näherer Betrachtung werden die Ähnlichkeiten deutlich: Die zu verbindenden Teile bestehen aus dem gleichen Material. Das Fügen findet oberhalb der Schmelztemperatur des thermoplastischen Materials statt. Das Verfestigen passiert durch Erkalten. Das Gefüge wird kaum geschwächt. Die Naht ist gefühlt genauso belastbar wie die gefügten Teile selbst.

Das Verfahren lässt sich auf PLA-Filament übertragen: Leider ist der Extruder des 3D-Druckers dafür nicht brauchbar, aber es gibt 3D-Stifte, die man als Extruder verwenden kann. Deren Sinn erschließt sich Technikern schwieriger als Künstlern. Doch für dieses Experiment waren sie die erste Wahl. Ihr Preis liegt zwischen ein paar Euro in China und über 100 Euro im gut sortierten Shop für Bastelbedarf. Doch vergleicht man den hohen Preis mit mehreren weggeworfenen Klebertuben, dann ist er überzeugend niedrig. Dazu ist das Material für die Klebung dasselbe, das man für den 3D-Druck ohnehin braucht.

### Filamentfragen

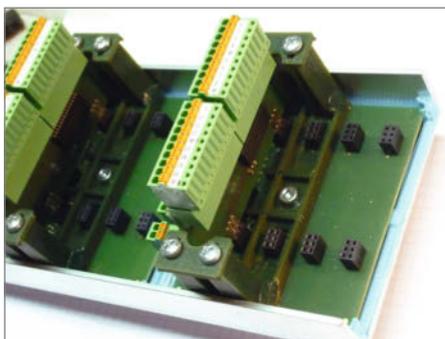
Für den im Test verwendeten 3D-Drucker Renkforce RF1000 gibt es nur einen passenden

Stift, da er 3mm-Filament braucht, die meisten 3D-Stifte dagegen 1,75mm Durchmesser benötigen. Nur die 3Doodler-Stifte sind für 3mm-Filament konzipiert. Wenn man zusätzliche Ausgaben für verschiedene Farben scheut, kann man einfach glasklares Filament nehmen. Das sieht besser aus als eine Naht in der falschen Farbe. Die meisten Drucker haben heutzutage Extruder für 1,75mm-Filament, sodass sich dieses Problem für viele Besitzer von 3D-Druckern nicht stellt.

Die Möglichkeiten und Grenzen des PLA-Schweißens lassen sich gut anhand von zwei 3D-gedruckten Führungsprofilen für Platinen betrachten, die an einer Grundplatte angebracht werden sollen.

### Platinenhalter

Die Form als Ganzes zu drucken wäre technisch zwar möglich, aber ineffizient gewesen. Zum einen wegen der Leerfahrten, die der Extruder zwischen den Profilen ausführt. Zum anderen wäre die Oberfläche der vertikalen Führungs-



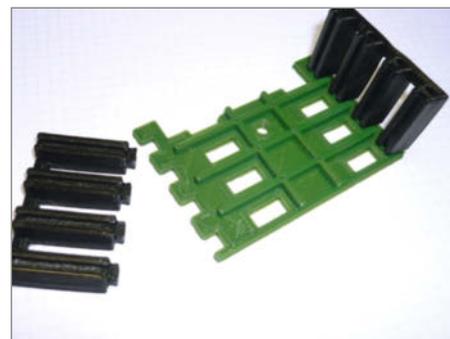
3D-gedruckte Platinenhalter mit Führungsschienen

schienen durch die Schichtung rau geworden, was das Einschieben der Platinen erschwert hätte. So fällt die Entscheidung auf liegende Einzelteile, die über eine Schwalbenschwanznut ineinander gesteckt werden können.

### Erste Klebeversuche

Die Klebeversuche mit diversen Sekundenklebern verlaufen alle nach demselben Muster: Sie halten entweder gar nicht oder nur schlecht. Das Material um die Klebestelle herum wird immer weißlich verfärbt, was die Optik stört. Zusätzlich werden verschiedene Kunststoff- und Alleskleber probiert. Die meisten versagen jämmerlich. Lediglich *UHU Hart Kunststoff* ergibt eine halbwegs brauchbare Verbindung, die nach einigen Steckzyklen bei geringer Belastung allerdings bricht und ausfällt.

Erfolg bringt der 3D-Stift: Mit ihm kann man eine Naht um die Kontaklinien der Einzelteile ziehen. Innerhalb von Sekunden bis wenigen Minuten kühlt das Material ab und hält. Wenn man es schafft, das abgekühlte Gebilde



Separate 3D-Druck-Teile, die zusammengebracht werden sollen

mit Gewalt auseinanderzubrechen, gibt die Schweißnaht nach, nicht das Material daneben.

### Schweißnahtkunde

Das Wissen, das für Metallschweißen gilt, ist nahezu uneingeschränkt auch für das Schweißen von PLA anwendbar. Nahtvorbereitung und Nahtaufbau sind sehr wichtig für die Qualität der Verbindung. Es ist unabdingbar, dass das Nahtmaterial genügend Kontaktfläche an den zu fügenden Teilen hat. Daher sind Kehlnaht und Stumpfnah die Mittel der Wahl.

### Kehlnähte und Stumpfnah

Mit Kehlnähten verbindet man meist zwei Werkstücke in einem Winkel zueinander. Bei Stumpfnähten liegen die Werkstücke auf der gleichen Ebene. Diese Nähte sollten von unten nach oben komplett mit Material gefüllt sein. Die Unterseite der Schweißnaht bezeichnet man als Nahtwurzel.

Im Gegensatz zum elektrischen Lichtbogenschweißen kann man beim Schweißen von PLA das Material nicht bis zur Nahtwurzel durchschmelzen. Ein zusätzlicher Wärmeeintrag, um das Grundmaterial in der Tiefe aufzuschmelzen, ist mit dem 3D-Stift nicht möglich. Deswegen bietet es sich an, die Naht bis zur gesamten Tiefe V-förmig vorzubereiten. Das um die Heizspitze herausquellende PLA verbindet sich recht gut mit den Oberflächen, sodass oft eine Lage genügt. Für dickere Teile benötigt man entsprechend mehrere Lagen. Dafür werden von innen nach außen einzelne Schichten aufgetragen: Bei der Kehlnaht wechselseitig auf beiden Seiten, wie im Bild durch die unterschiedlichen Farben und Zahlen dargestellt.

### Nahtaufbau

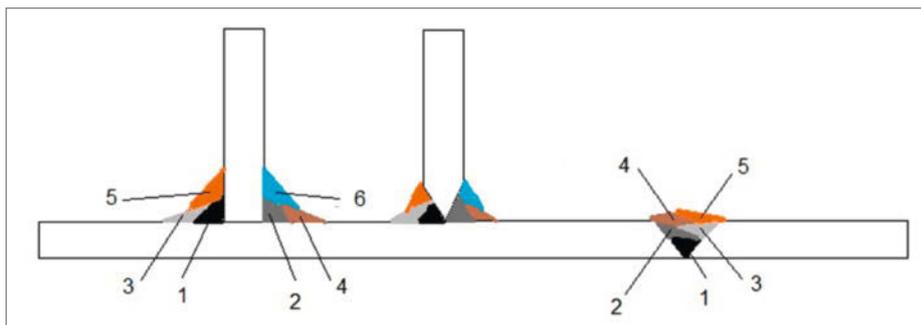
Der wechselseitige Aufbau bei größeren Nähten ist wichtig, damit sich die Teile beim Erkalten und Zusammenziehen des Nahtmaterials nicht schiefeziehen.

### Nahtverzug beim Abkühlen

Für eine Stumpfnah schweißt man wechselseitig oben und unten. Dabei ist das ständige Drehen der Teile mühsam. Um das Verziehen zu vermeiden, kann man entweder eine stabile Fixierung nutzen, oder man biegt die Teile von Hand wieder in die richtige Position, solange das PLA noch weich ist. Die heiße äußere Nahtoberfläche lässt sich gut mit der angefeuchteten Fingerspitze glätten.

### Großflächige Verbindungen

Im Gegensatz zum Kleben sind beim Schweißen von PLA großflächige Verbindungen nicht möglich. Das zugefügte Material kühlt viel zu



Nahtaufbau in mehreren Schichten von innen nach außen

schnell ab und wird fest. Die Kontaktfläche ist noch nicht fertig beschichtet, da besteht schon keine Möglichkeit mehr, die Teile aufeinander zu pressen. Daher sind in diesem Fall nur Nähte am Umfang der Flächen möglich, die aber in der Regel schon so fest sind, dass eine flächige Klebung gar nicht erforderlich sein dürfte.

### Randnaht an flächigen Teilen

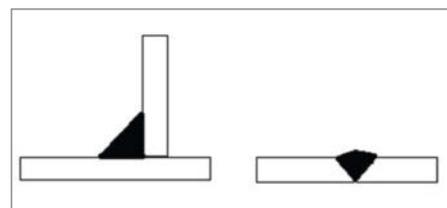
Wenn die Flächen extrem groß sind, kann es sinnvoll sein, in einer der beiden Flächen Löcher vorzusehen, in denen jeweils eine Kehlnaht zur Gegenfläche erstellt werden kann.

### Hilfsbohrungen für flächige Verbindungen

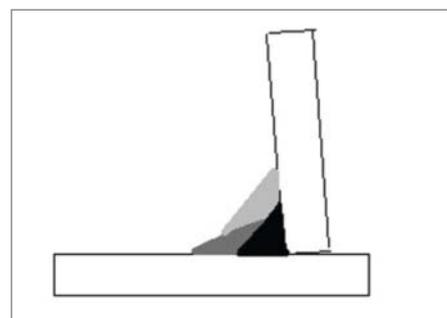
Für eine möglichst gute Verschmelzung des Nahtmaterials mit dem kalten Grundmaterial verwenden wir eine Extrudertemperatur am oberen Limit für PLA, also 220 bis 240 Grad Celsius. Dabei können sich im Nahtmaterial Dampfbläschen bilden. Das stört uns in dem Fall nicht, denn eine gute Haftung ist gerade wichtiger. Leider sind die Temperaturanzeigen der preiswerteren 3D-Stifte nicht so genau. Deshalb muss man experimentieren, bis man die richtige Temperatur gefunden hat (Temperatur erhöhen, bis sich Bläschen bilden und dann ein paar Grad verringern). Dafür wird man dann mit extrem stabilen Verbindungen belohnt – wie geschweißt eben.

### PLA Schweißen mit der Heißklebepistole

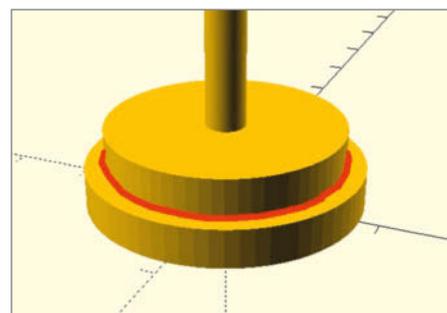
Das Prinzip des 3D-Druck-Stifts lässt sich auf eine Hochtemperatur-Heißklebepistole übertragen. Dazu drückt man mit einem herkömmlichen 3D-Drucker Klebesticks aus PLA. So kann man, um Drucke miteinander zu verbinden, exakt dasselbe Material mit derselben Farbe verwenden. Das Verfahren hat im Vergleich zu Heißkleber den Vorteil, dass das Material schnell abkühlt und die Verbindung hart und steif wird. PLA ist dafür ein geeigneter Kunststoff, weil er bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen schmilzt.



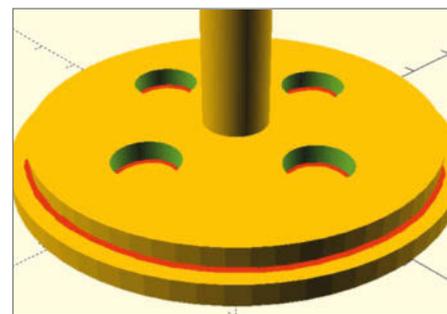
Kehlnaht und Stumpfnah



Nahtverzug beim Erkalten des Nahtmaterials



Naht am Umfang eines flächigen Werkstücks



Hilfsbohrungen für zusätzliche Kehlnähte an den Innenseiten

Bild: Gerd Michaelis



Bild: Donald Papp

Transportmechanismus der Heißklebepistole

### So funktioniert's

Um die Technik nutzen zu können, muss die Heißklebepistole auf mindestens 208 Grad Celsius aufheizbar sein. Erst bei dieser Temperatur schmilzt das Material zuverlässig in der Kammer und kann gut aus der Heißklebepistole fließen. Die STL-Datei für den Stick ist auf Github verfügbar (Link in der Kurzinfor.) Der Transportmechanismus kann bei unterschiedlichen Geräten unterschiedliche Maße haben, darum ist es möglich, dass das 3D-Modell nicht zu jedem Klebepistolenmodell passt.

Die Klebestellen halten bei dieser Technik viel manuelle Belastung aus. Allerdings wird

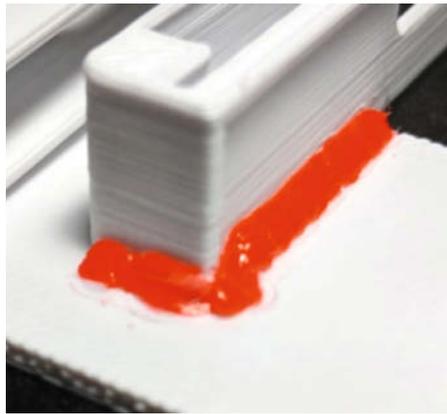


Bild: Donald Papp

Die Heißklebepistole trägt viel Material auf.

beim Ausgeben des geschmolzenen PLA im Gegensatz zum Druck-Stift recht viel Material extrudiert. Dadurch sehen die Klebestellen leider weniger elegant aus. Deswegen sollte man bei dieser Technik das Material möglichst auf der Innenseite des Bauteils anbringen.

Falls man sich extra ein Gerät zum Schweißen von PLA anschaffen möchte, ist der 3D-Druckstift die bessere Lösung. Denn man kann ihn präziser dosieren und muss das Filament nicht aufwendig vorbereiten. Für Flächen mit großem Umfang bietet sich allerdings die Heißklebepistole an, da sie mehr Material auf einmal auftragen kann.

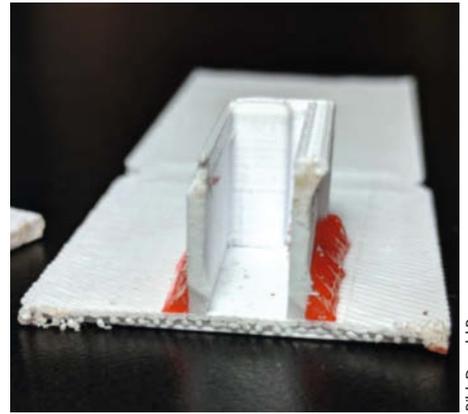


Bild: Donald Papp

Das geklebte Werksstück im Querschnitt



Bild: Donald Papp

Heißklebepistole mit vorbereiteten PLA-Sticks, die an den Transportmechanismus angepasst sind.

## Resine kleben

Über das Resin-Kleben ist noch nicht viel bekannt. Die dazugehörigen Drucker wurden in den letzten Jahren beliebter, sind aber noch nicht so verbreitet wie der herkömmliche FDM-Drucker. Resin-Drucker arbeiten durch Belichten mit UV-Strahlen, wodurch das flüssige Kunstharz aushärtet. Die Oberfläche der Drucke ist sehr fein und detailreich, was zu tollen Ergebnissen führt. Allerdings ist das Resin nicht ungefährlich. Es kann, je nach Zusammensetzung, gesundheitsschädlich sein. Es gast beim Drucken aus und man sollte mit flüssigem Resin keinen Hautkontakt haben.

In Internet-Foren kursiert die Idee, dass man das Material mit sich selbst kleben kann. Die fertig ausgehärtete Brücke haben wir zum Test mit dem flüssigen Material durch einen Holzspatel bestrichen und anschließend zum Aushärten der Tropfen auf die Fensterbank gelegt. Das zusätzliche Material ist sichtbar und glänzend auf dem ausgehärteten Untergrund. Das verwendete Resin ist opak, bei transparenten Resinen kann das UV-Licht die Klebefläche noch gleichmäßiger aushärten. Die Verbindung ist dennoch sehr fest und belastbar geworden.



Resin wird auf den ausgehärteten Druck aufgetragen.



Glanz des als Kleber aufgetragenen und ausgehärteten Resin

# ABS verkleben

ABS ist ein thermoplastischer Kunststoff und wird für den 3D-Druck verwendet, weil er zäh und steif sowie kratzfest ist, Temperaturschwankungen aushält und gut nachbearbeitbar ist. Neben seinen positiven Eigenschaften ist er allerdings anspruchsvoller beim Druck, weil beim Abkühlen große Spannungen auftreten, die das Werkstück von der Druckplatte lösen können. Außerdem sondert ABS beim Druck giftige Dämpfe ab, die eine gute Belüftung nötig machen. Doch wie kann man ABS kleben?

## Mit Aceton

Es gibt verschiedenen Rezepturen, um ABS mithilfe von Aceton aufzulösen. Heraus kommt ein Gemisch, mit dem man ABS-Werkstücke miteinander verschmelzen kann. Je nach Zusammensetzung der zwei Zutaten entsteht ABS-Juice, Glue oder Slurry. Der ABS-Juice ist dafür gedacht, den Druck ans Druckbett zu kleben. ABS-Glue klebt Bauteile aneinander und Slurry kann als Füllmasse in Spalten eingebracht werden.

Zum Anmischen haben wir alte Marmeladengläser benutzt und stückchenweise Filament mit einer Zange möglichst klein geschnitten. Da hier nur eine kleine Oberfläche geklebt werden soll, haben wir das Rezept nur mit der halben Menge angesetzt. Dafür verwenden wir hier eine Feinwaage. Als Material kann man auch alte Drucke verwenden: Sie sollten möglichst klein gehackt werden, um eine große Oberfläche zu bieten. Die Farbe des benutzten Materials ist auch zu beachten, da es später sichtbar sein wird. Danach muss man es gut mit einem Stäbchen umrühren. Zuerst wurde das Glas nur geschüttelt, dabei bildet sich aber ein großer Klumpen. Die Konsistenz soll nach dem Einwirken über Nacht wie die von Milch sein. Im Test wirkt sie allerdings flüssiger.

Am nächsten Morgen wird das Aceton-Gemisch mit einem Holzspatel aufgetragen. Da der Spatel etwas zu breit ist, hat das Aceton sich direkt um die Klebefläche ausgebreitet und hinterlässt eine glänzende Oberfläche. Im Vergleich zu den anderen Methoden, sind wir vom ABS-Glue aber richtig begeistert. Die Verbindung sitzt bombenfest! Der ABS-Glue,



Das ABS sollte man genau abwiegen, dabei hilft eine Küchenwaage.



So sieht das ABS nach dem Zerkleinern im Marmeladenglas aus.

die PLA-Schweißungen und die Resinverbindung sind die einzig wirklich zuverlässigen Klebungen.

Leider kann man den ABS-Glue nicht zur Klebung von anderen Materialien wie PETG und PLA verwenden, da sie sich nicht durch Aceton auflösen. Das Rezept haben wir auch mit PLA und PETG getestet. Doch die Materialien haben sich kein bisschen gelöst. Der Auftrag auf PETG und PLA ist direkt verdunstet und ins Material eingezogen, ohne es anzulösen.

## Fazit

Der Ruf, dass Kunststoffe nur schwierig und nicht verlässlich klebbar sind, ist nun besser nachvollziehbar. PETG und PLA lassen sich mit normalen Klebern zwar verbinden, die Klebung hält aber nicht unter Belastung. Beim Sekundenkleber ist außerdem zu beachten, dass er weiße Spuren an der Klebestelle hinterlässt. Also Vorsicht beim Auftragen! ABS hat mit dem Sekundenkleber gut reagiert. Doch erst das Konzept, Material mit sich selbst zu kleben, war für uns die Erleuchtung: Der ABS-Glue, die Resin-auf-Resin-Technik und das Schweißen von PLA haben die überzeugendsten Ergebnisse erbracht.

Mit diesem Wissen kann man große Drucke besser planen: Wer vorhat, belastbare Strukturen aus mehreren Teilen zusammenzufügen, um beispielsweise ohne Stützmaterial drucken zu können, dem empfehlen wir folgendes: PLA schweißen, Resin mit Resin verkleben oder ABS mit Aceton verbinden. Damit hält es bombenfest, auch langfristig. —stri

## ABS-Aceton-Rezepte

	ABS	Aceton
Juice	4g oder 50cm von 3mm Filament	50ml
Glue	8g oder 100cm von 3mm Filament	50ml
Slurry	20g oder 250cm von 3mm Filament	50ml



Der fertige ABS-Glue riecht stark nach Aceton und sollte gut verschlossen gelagert werden.



Der getrocknete ABS-Glue hinterlässt eine glänzende Oberfläche.

## Kleberübersicht

Material	Sekundenkleber	Modellbaukleber	Material x Material	Schweißen
ABS	gute Haftung	gute Haftung	gute Haftung	gute Haftung
PLA	schlechte Haftung	schlechte Haftung	schlechte Haftung	gute Haftung
PETG	schlechte Haftung	schlechte Haftung	schlechte Haftung	gute Haftung
Resin	gute Haftung	nicht getestet	gute Haftung	nicht getestet

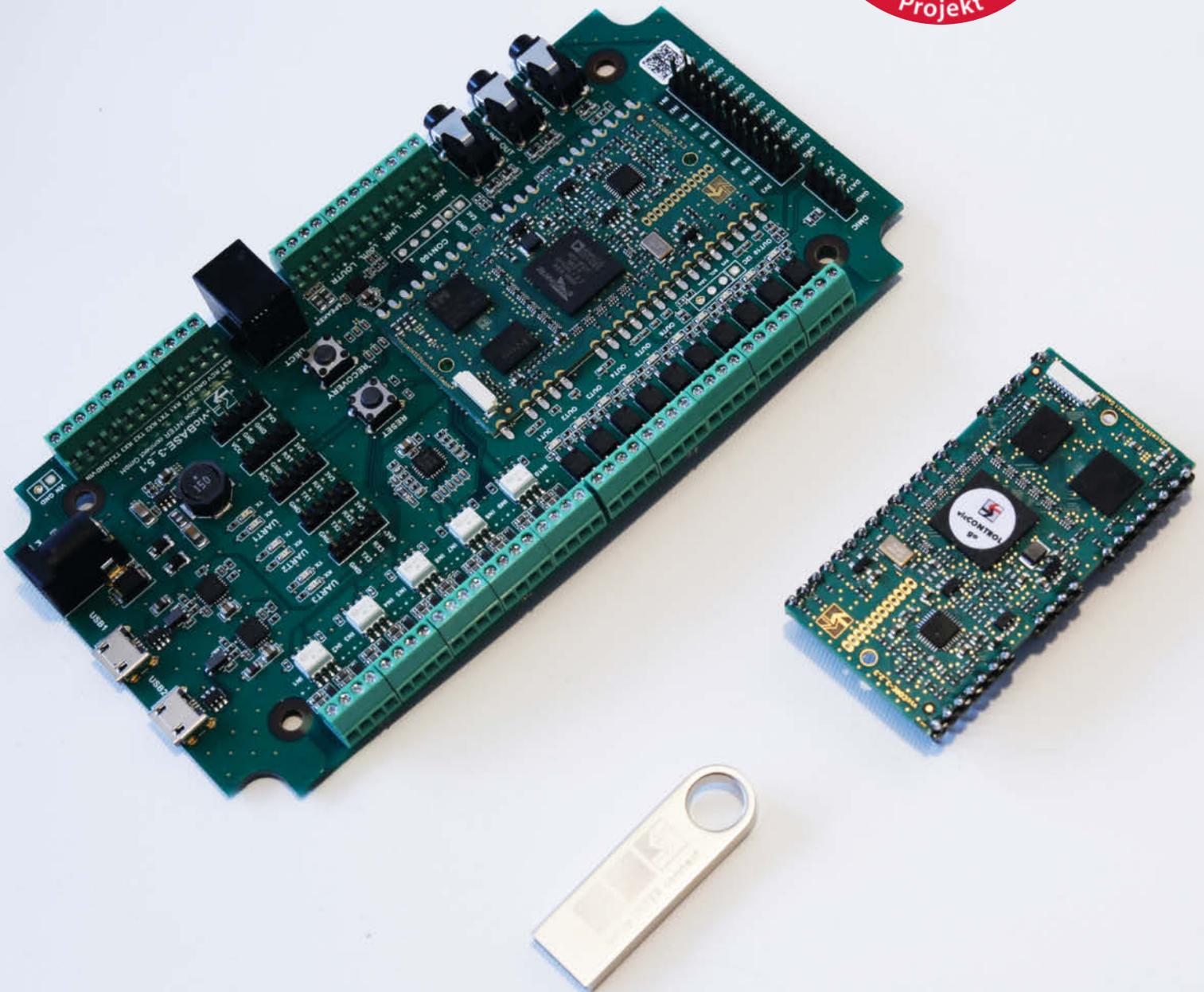


PLA, PETG und ABS mit Aceton zu Kleber vermischt. Nur ABS löst sich auf.

# Sprecher-unabhängige Spracherkennung

Viele Spracherkennungssysteme, die aufs Wort gehorchen und so Geräte wie Lampen oder Radios steuern sollen, müssen zuvor auf die Stimme des Bedieners trainiert werden. Doch danach kann nur der Trainer per Befehlsword das Gerät einschalten. Mit dieser Sprecher-unabhängigen Spracherkennung können es alle.

von Heinz Behling



Im ersten Teil dieses Artikels (Make 1/20) stellen wir Ihnen einfache Offline-Sprachsteuerungen vor, die zwar preiswert, in ihrer Leistung aber auch sehr begrenzt sind. Insbesondere sind sie nicht sprecherunabhängig, müssen also jeweils auf die Stimme des Bedieners trainiert werden.

Das mag für viele Anwendungen ausreichen oder vielleicht sogar einen guten Schutz gegen missbräuchliche Bedienung geben, in anderen Fällen ist das aber unpraktisch. Stellen Sie sich nur vor, Sie wären der einzige, der daheim das Licht oder das Radio einschalten kann und würden entsprechend oft dazu aufgefordert - lästig.

Auf der Suche nach sprecherunabhängigen, ebenfalls ohne Internet-Unterstützung (von Amazon, Google, Microsoft usw.) und zuverlässig arbeitenden Systemen erwiesen sich bei unseren Versuchen alle beispielsweise für den Raspberry Pi angebotenen Software-Lösungen als unbrauchbar: Entweder war die Installation wegen inzwischen nicht mehr erfüllbarer Abhängigkeiten nicht mehr möglich, oder die Erkennungsrate war unzumutbar gering.

Doch wir wurden fündig, sogar gar nicht weit weg: Die Firma Voice Interconnect in Dresden bietet mit ihrem System *vicControl* eine sehr brauchbare Offline-Spracherkennungslösung an, die ohne Training eine sehr gute Erkennungsrate aufweist und dass in 30 Sprachen, allerdings immer nur eine gleichzeitig.

Das System basiert auf dem Modul *vicCore* in der Version 3.2 <sup>1</sup>. Dieses Modul ist eigentlich alles, was man zur Spracherkennung braucht und wird daher auch einzeln als *vicControl go Stamp* für 140 Euro verkauft. Es enthält den SoC (den auch in Multimedia- und Spracherkennungssystemen von Kraftfahrzeugen verwendeten Blackfin ADSP BF 512) für die Spracherkennung und je sechs digitale Ein- und Ausgänge. Die Ausgänge lassen sich gesteuert durch die Sprachbefehle und den Zustand der Eingänge schalten. Daneben besitzt das Modul noch zwei serielle Schnittstellen (3,3V-Pegel), über die Textnachrichten ausgegeben werden können, sowie einen I<sup>2</sup>C-Bus.

Zum Leben erweckt wird die kleine Platine durch eine zur jeweiligen Sprache passende Firmware sowie dem entsprechenden Sprachpaket. Beides gibt es für insgesamt 30 Sprachen extra auf einem USB-Stick (30 Euro), der auch die Programmierumgebung *vicControl Designer* und das Update-Tool enthält.

Ein wenig Elektronik braucht man jedoch noch um die Platine herum: einen USB-Seriell-Wandler sowie einige Widerstände und Kondensatoren, um den Mikrofoneingang mit der Versorgungsspannung für die ebenfalls zusätzlich erforderliche Elektret-Mikrofonkapsel zu verbinden <sup>2</sup>.

Möchte man die *vicCore*-Schaltung auf einem Breadboard aufbauen, muss man außerdem Kontaktleisten an die Platine löten. Da die

## Kurzinfo

- » Das kann *vicControl*
- » Unterschiede zwischen *vicCONTROL go Kit* und *vicCONTROL go Stamp*
- » Erforderliche Außenbeschaltung für die Stamp-Version
- » So bedient man die Software

## Checkliste



**Zeitaufwand:**  
eine Stunde



**Kosten:**  
ab 170 Euro



**Werkstatt:**  
einfache Lötarbeiten

## Material

- » *vicControl go Kit* oder *vicControl Go Stamp*
- » USB-Seriell-Wandler
- » Elektret-Mikrofonkapsel
- » Kondensator 1 µF
- » Kondensator 1 nF
- » Widerstand 100 Ohm
- » Widerstand 100 Kiloohm
- » Widerstand 2,2 Kiloohm
- » Optional: Verstärkermodul 5V, 3 W Stereo mit Lautsprechern
- » Kontaktleisten

## Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Geräte per Sprache steuern, Make 1/20, Seite 38

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x453](http://make-magazin.de/x453)

## Werkzeug

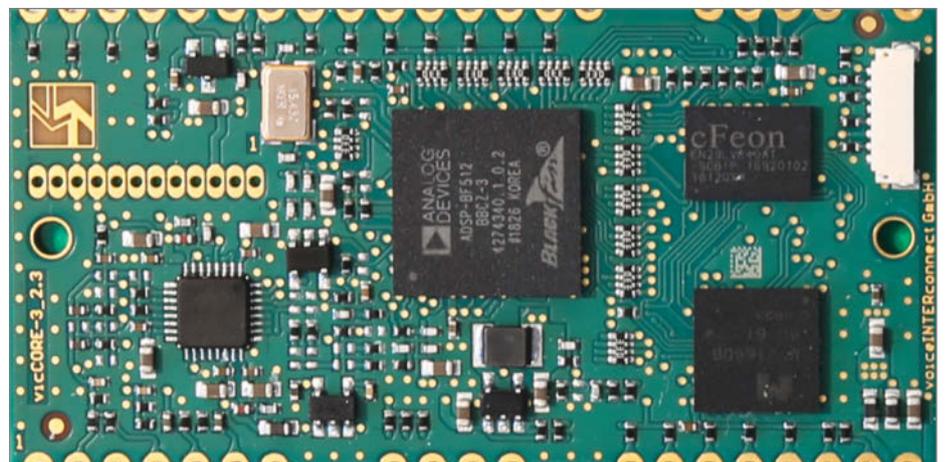
- » Lötkolben
- » Schraubendreher

Randkontakte im üblichen Rastermaß von 2,54mm sitzen, ist das nicht sonderlich schwierig.

Außerdem gibt es noch eine größere Version *vicControl go Kit* für 238 Euro (inkl. Software-Stick). Hier sitzt das Core-Modul auf einer Platine, die zusätzliche Ein- und Open-Collector-Ausgänge (je 10) besitzt. Schalttransistoren erlauben hier Ströme von bis zu 1,4A bei Spannungen bis zu 60V. Die Eingänge sind über Optokoppler geführt und vertragen bis zu 12V. Daneben gibt es weitere serielle Schnittstellen, zwei USB-Anschlüsse sowie einen Stereover-

stärker zum direkten Lautsprecheranschluss. Weitere technische Daten finden Sie über den Kurzinfo-Link.

Die Erkennungsraten waren beim Test in der Redaktion sehr gut. Selbst Störgeräusche (laufendes Radio) änderten daran nichts. Bis zu 5m Entfernung zwischen Sprecher und Mikrofon waren überhaupt kein Problem. Durch Einstellungen in der Software sowie Änderungen bei der Beschaltung des Mikrofoneingangs lässt sich die Verstärkung und damit die Empfindlichkeit des Mikrofon au-



<sup>1</sup> Die Spracherkennungs-Platine *vicCore* ist nur 30mm x 60mm groß.

Berdem auch noch an die individuellen Gegebenheiten anpassen.

Das System scheint uns daher gut geeignet für die Steuerung von Haushaltsgeräten (beispielsweise zur Unterstützung behinderter Personen), für Einsätze im Smarthome oder in der Unterhaltungselektronik und vieles mehr.

Im Folgenden zeigen wir, wie man das System in Betrieb nimmt und programmiert, so dass es seine Ausgänge sprachgesteuert schaltet. Außerdem können Sie auch entsprechende Meldungen über die serielle Schnittstelle ausgeben. Was Sie dann mit diesen Signalen machen, ist ganz Ihnen überlassen. So können Sie beispielsweise einen mit einem Infrarot-Sender ausgestatteten Arduino damit ansteuern, der dann Ihre TV- und Soundanlage steuert. Demnächst werden wir uns auch mit dem Thema Smarthome näher beschäftigen und vicControl dabei ebenfalls einsetzen.

### Sprach-Firmware flashen

Im Auslieferungszustand ist bereits die deutsche Firmware und ein Programmierbeispiel installiert. Brauchen Sie eine andere Sprache (oder falls das Modul später einmal streikt, weil zum Beispiel beim Überspielen der Software oder der Konfiguration etwas schiefging), müssen Sie vor der Programmierung Ihrer Befehle die Firmware des SoC entsprechend updaten. Andernfalls können Sie mit der Installation der Programmier-Software weitermachen. Falls Sie

die große Kit-Platine verwenden, brauchen Sie sie lediglich per USB mit dem PC zu verbinden. Die kleine Stamp-Version müssen Sie zuerst entsprechend dem Schaltplan beschalten.

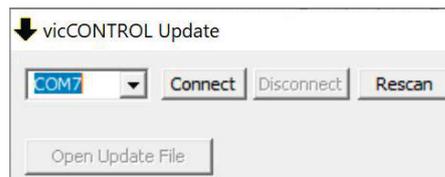
Bei der Stamp-Version ist dann der *Recovery*-Anschluss mit *GND* zu verbinden. Starten Sie dann das Programm *vicCONTROL\_update2.2.0*, das sich im Verzeichnis *Software/FirmwareUpdate* des USB-Sticks befindet. Stellen Sie dort den richtigen COM-Port ein (in der Regel der mit der höchsten Nummer) und klicken Sie auf *Connect* 3.

Sollte es bei der Auswahl des Ports zu Problemen kommen, fehlt wahrscheinlich der notwendige Treiber für den Port. Die Download-Adresse finden Sie über den Kurzinfo-Link. Installieren Sie den Treiber und wiederholen Sie den Vorgang. Anschließend wählen Sie die gewünschte Firmware-Datei 4 und klicken auf *Öffnen*.

Am Kit halten Sie nun die *Recovery*-Taste gedrückt und tippen auf die *Reset*-Taste. Halten Sie anschließend die *Recovery*-Taste für weitere drei Sekunden gedrückt. Per Klick auf *Start* beginnt der Update-Vorgang, der etwa 25 Minuten dauert, bis die Abschlussmeldung erscheint 5.

### Programmier-Software installieren

Damit die Programmieroberfläche *vicControl Designer* läuft, muss die aktuelle Version des

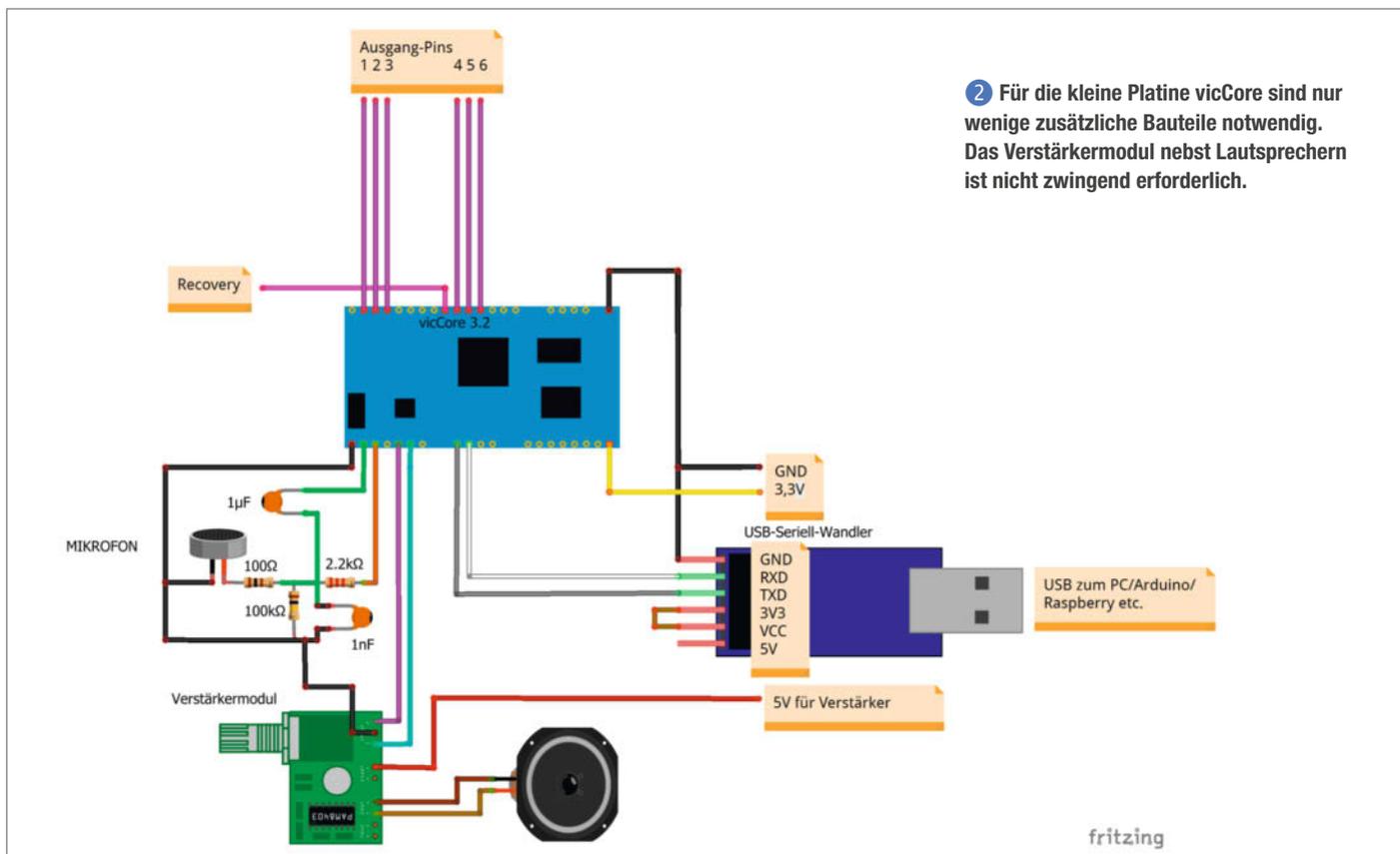


3 Zuerst muss der richtige Port gewählt werden.

*Java SDK* auf dem Computer installiert sein, andernfalls verweigert der Designer nach der Installation den Start. Den Link dazu finden Sie über den Kurzinfo-Link. Danach starten Sie die Datei *vicCONTROL\_Designer\_4.0\_basic.exe* aus dem Verzeichnis *Software/vicCONTROL\_Designer* des USB-Sticks. Die Installation dauert einige Minuten, danach ist das System einsatzbereit.

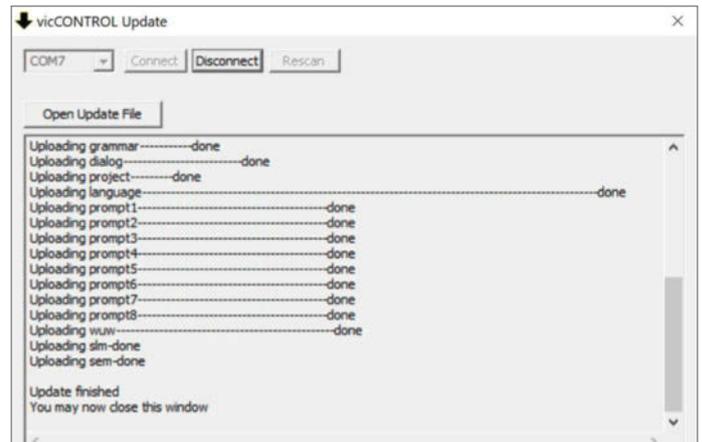
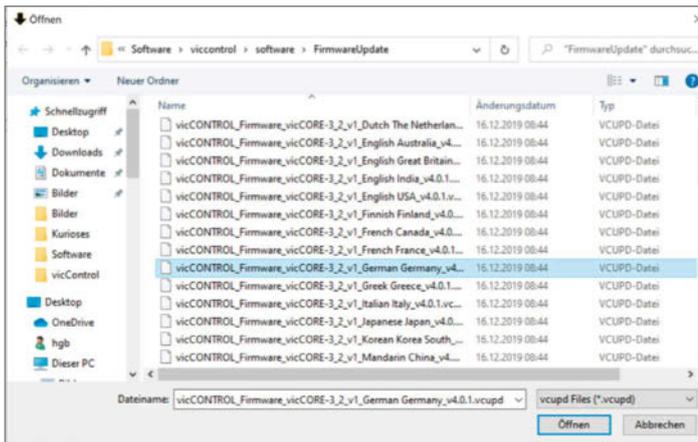
Vor dem Start des Programms sollte die *vicControl*-Platine per USB mit dem PC verbunden sein. Danach kontrollieren Sie ein paar Einstellungen. Nach Klicks auf *Window* und *Preferences* checken Sie, ob die richtige Sprache und das richtige Board gewählt sind 6.

Danach wählen Sie den Port aus, an dem das Board angeschlossen ist. In der Regel ist es der Port mit der höchsten Nummer 7. Falls Sie die Firmware des Moduls nicht gewechselt haben, erscheint hier eventuell nur der Standardport COM1. In diesem Fall fehlt der Treiber für das Board. Laden Sie ihn her-



2 Für die kleine Platine vicCore sind nur wenige zusätzliche Bauteile notwendig. Das Verstärkermodul nebst Lautsprechern ist nicht zwingend erforderlich.

fritzing



4 Bei manchen Sprachen gibt es landesspezifische Versionen.

5 Beenden Sie das Programm nicht vor der Erfolgsmeldung.

unter (siehe Kurzinfo-Link) und installieren Sie ihn.

Nach einem Klick auf *Connect* wird dann die Verbindung hergestellt und das Programmfenster sollte so aussehen 8.

Unten rechts finden Sie die grafische Darstellung des bereits bei Auslieferung programmierten Beispiels für eine einfache Heizungs- und Rolladensteuerung. Falls das so nicht erscheint, klicken Sie auf *Preview*.

### So funktioniert vicControl

Sie können jetzt bereits die Spracherkennung ausprobieren. Starten Sie sie durch einen Klick auf *Start Recognizer*. Sprechen Sie dann den Aktivierungstext „Hallo Vicky“ ins Mikro. Im Output-Feld erscheint daraufhin, was das Modul erkannt hat 9.

Was ist nun passiert? Das Modul hat den Schlüsseltext *Hallo Wikki* erkannt. Wieso das, obwohl Sie doch *Hallo Vicky* sagten? Das liegt daran, das in diesem Beispiel mehrere Schreib- und damit auch Sprechweisen für das Schlüsselwort im System programmiert wurden. Dadurch kann man bei mehreren möglichen Aussprachen eines Wortes (viele Menschen sprechen ein V am Wortanfang wie ein F oder lassen die Pausen zwischen zwei Worten weg) die Erkennungsrate erhöhen.

Das Modul ist nach Erkennung einer gültigen Aussprache des Wortes von *Untätig* nach *Main* gewechselt. Beides sind sogenannte *Triggerclasses*, das sind Hierarchiestufen im Ablaufplan der Sprachsteuerung (der übrigens einen so genannten endlichen Zustandsautomat darstellt) und gleichzeitig die Texte, auf die das Modul in irgendeiner Weise reagieren kann. Das Modul reagiert jeweils nur auf die Worte, die (im grafischen Plan) eine unmittelbare Verbindung zur gerade aktiven Triggerclass haben, in *Untätig* also nur auf *Hallo Vicky* (in allen seinen Versionen). Es wechselt dann zu der Triggerclass, die der Pfeil beim erkannten Text angibt, also hier zu *Main*.

Wenn Sie danach einen Text sprechen, der von *Main* ausgeht, also *Heizung* oder *Fenster*, dann wechselt das Modul in die entsprechende Triggerclass. Auf *zurück* und *Hallo Vicky* reagiert es hingegen nicht mehr, denn diese Befehle gehen nicht von *Main* aus, sondern enden dort (siehe Pfeilrichtung). Übrigens geht die Triggerclass nach einer gewissen Zeit (dem programmierbaren *Timeout*) wieder automatisch zur nächsthöheren zurück, falls Sie nichts sagen. Deswegen landen wir hier nach 5 Sekunden wieder in *Untätig*.

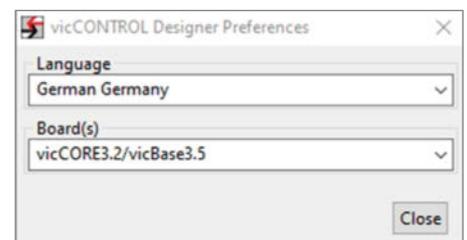
Nun weiter: Sprechen Sie nach *Hallo Vicky* das Wort *Heizung* und dann zum Beispiel *kälter*. Im *Output*-Fenster erscheinen die entsprechenden Meldungen 10.

Gut, das Modul hat den Text erkannt. Und nun? Klicken Sie einmal auf *Transitions*. Die Verknüpfungen der einzelnen Triggerclasses werden nun als Tabelle angezeigt. Rechts daneben sehen Sie die *Properties*, das sind die Aktionen, die mit den I/O-Pins geschehen, wenn einer der Befehle erkannt wird. Markieren Sie in der Transition-Tabelle nun die Zeile *Heizung kälter*. Scrollen Sie in der *Property*-Tabelle herunter bis Sie die Out-Anschlüsse sehen. Bei *Out4* finden Sie als *Action* ein *SwitchOn* und bei *Timeout* eine *500* 11). Das bedeutet, dass bei Erkennen der Befehle *Heizung kälter* der Anschluss *Out4* für 500ms eingeschaltet wird. Dieses Signal könnte nun benutzt werden, um einen Heizungsthermostat um ein Grad niedriger einzustellen.

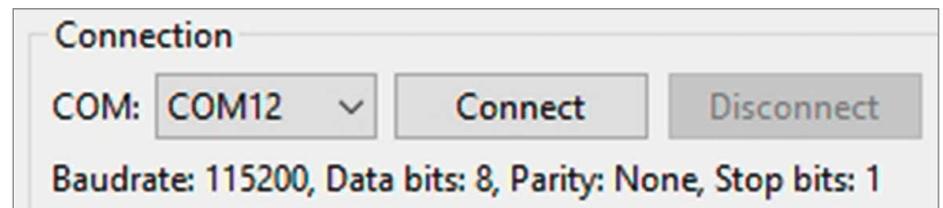
Falls Sie das Kit verwenden, wird Ihnen dieser Schaltvorgang durch eine kurz aufleuchtende LED an dem Anschluss angezeigt. Bei der Stamp-Version können Sie auch eine LED anschließen (unbedingt eine Lowcurrent-LED mit nicht mehr als 4mA Betriebsstrom und entsprechendem Vorwiderstand verwenden) oder den Schaltvorgang mit einem Multimeter messen.

### Sprachbefehle programmieren

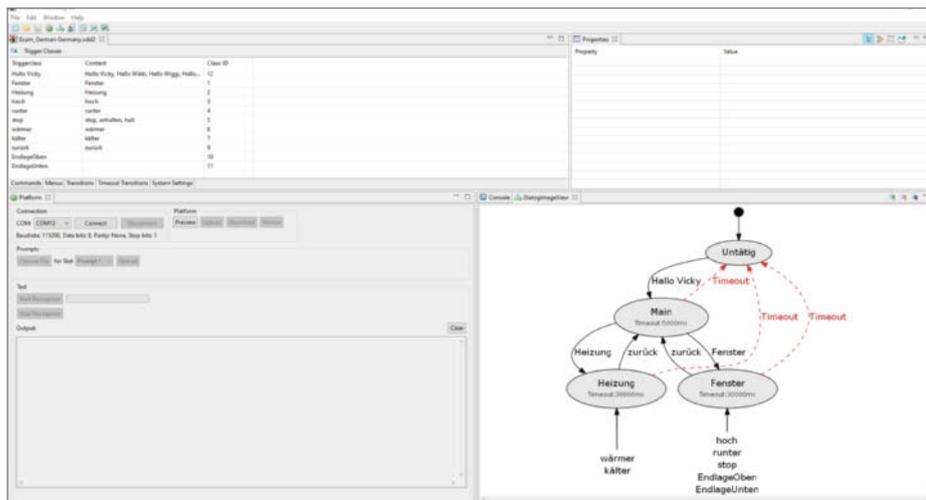
Jetzt kennen Sie die Arbeitsweise des Moduls. Fehlt noch die Info, wie Sie selbst Befehle programmieren. Zunächst müssen Sie dazu die Spracherkennung wieder stoppen per Klick auf *Stop Recognizer*. Unser Beispiel: Wir erweitern den Wortschatz um Befehle, die ein Radio ein- und ausschalten. Beim *vicCONTROL go stamp* soll ein Radio über eine Relais-



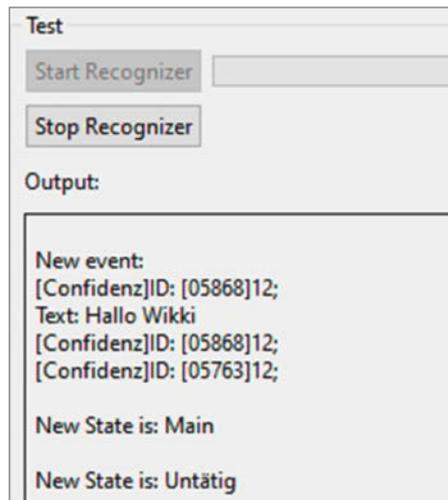
6 Die Einstellungen für Sprache und Board sind wichtig.



7 Die Wahl des Ports



8 Der Designer zeigt Ihnen die programmierten Befehle auch grafisch an.



9 Das Modul hat den Schlüsseltext erkannt.



10 Das Modul erkennt, dass Sie die Heizung herunterregeln möchten.

Triggerclass	Content	Class-ID
stop	stop, anhalten, halt	5
wärmer	wärmer	6
kälter	kälter	7
zurück	zurück	9
EndlageOben		10
EndlageUnten		11
Radio	an, aus, zurück	8
		13

12 Vom neuen Befehl Radio aus sind drei Befehle möglich.

EndlageUnten		11
Radio	an, aus, zurück	8
an	an	13
aus	aus	14
		15
		16

13 Die neuen Befehle

Property	Value
Out2 Action	DontCare
Out2 Timeout	0
Out3 Action	DontCare
Out3 Timeout	0
Out4 Action	SwitchOn
Out4 Timeout	500
Out5 Action	DontCare
Out5 Timeout	0
Out6 Action	DontCare
Out6 Timeout	0
Out7 Action	DontCare
Out7 Timeout	0
Out8 Action	DontCare
Out8 Timeout	0

11 Der Anschluss Out4 reagiert auf den Kälter-Befehl.

karte am Anschluss *Out3* angeschlossen sein. Die Steuerspannung der Relaiskarte muss der Ausgangsspannung der Ports (3,3V) entsprechen. Andernfalls ist noch eine entsprechende Steuerschaltung zwischenschalten, oder besser noch: Sie verwenden Relaiskarten mit eingebauten Optokopplern. Die kosten kaum mehr als einfache Modelle. Ein entsprechender Vorschlag mit Optokopplern ist im Handbuch des Moduls beschrieben.

*VicControl go Kit* hingegen kann Spannungen bis 60V und Ströme bis zu 1,4A mit seinen Open-Kollektor-Ausgängen direkt schalten.

Was brauchen wir als Erstes? Die Triggerclasses *Untätig* und *Main* können wir unverändert lassen. Zunächst brauchen wir neue

Triggerclasses, nämlich *Radio*, *an*, *aus* und *zurück*. Die legen Sie nach einem Klick auf *Commands* in der dann angezeigten Tabelle an. Klicken Sie darin in eine leere Zeile und geben Sie in die linke Zelle *Radio* ein. In die Zelle rechts davon kommt *an*, *aus*, *zurück*. Das sind die (noch zu definierenden) Befehle, die von *Radio* ausgehen sollen 12.

Dann folgen in den nächsten Zeilen die Befehle *an* und *aus*, die jeweils sich selbst als Inhalt haben und dadurch nicht in eine andere Triggerclass wechseln werden. *Zurück* wird nicht benötigt, das gibt es ja schon 13.

Dann wechseln Sie per Klick auf *Menus* zur *Menus*-Tabelle. Dort legen Sie mit einem Klick auf 14 eine neue Zeile an.

Dann ändern Sie den Inhalt der Zeile wie in Bild 15. Nach einem Klick auf *Transitions* und auf *Create a new transition* (zweites Symbol von rechts in 15) legen wir die neuen Verknüpfungen an. Diese Tabelle ist so aufgebaut: In der jeweils ersten Zelle einer Zeile steht unter *Old Menu* die Hierarchiestufe, von der ausgegangen wird. Unser Radio-Befehl soll von *Main* aus erreichbar sein. Deshalb tragen wir in die erste Zelle einer leeren Zeile *Main* ein. Daneben folgt die Triggerclass, auf die in diesem Menü reagiert werden kann, in unserem Beispiel also *Radio*. In die dritte Zelle schließlich wird das Menü eingetragen, in das nach Erkennen der Triggerclass (*Radio*) gewechselt werden soll. Im Beispiel ist es ebenfalls *Radio*. Die neue Zeile muss also *Main, Radio, Radio* lauten.

Weiter geht's: In den nächsten drei Zeilen legen wir fest, was vom Menü *Radio* aus möglich sein soll, nämlich die Erkennung der Triggerclasses *an*, *aus* und *zurück*. Da die beiden ersten Befehle nicht in ein neues Menü führen sollen, wird in der dritten Zelle jeweils *Radio* angegeben. Bei *zurück* ist das anders, es soll ja zu *Main* zurückführen 16.

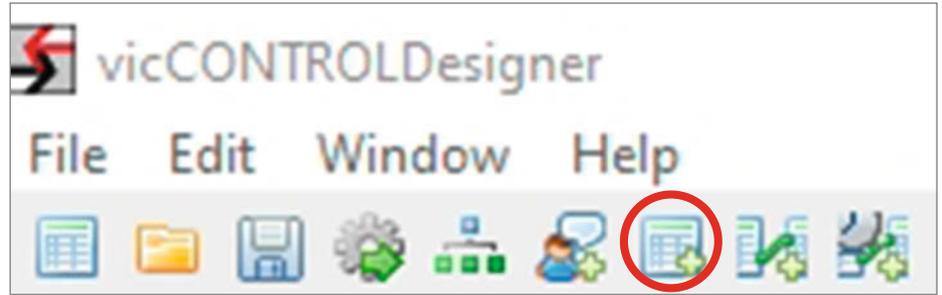
### Aktionen nicht vergessen

Jetzt müssen wir noch angeben, was bei erkennen von *an* und *aus* geschehen soll. Der Anschluss *Out3* soll ja bei *an* ein- und bei *aus* ausgeschaltet werden. Markieren Sie dazu zunächst in der *Transitions*-Tabelle die Zeile mit der Triggerclass *an*. Im *Property-Fenster* rechts daneben scrollen Sie bis zum Anschluss *Out3* und wählen als *Action SwitchOn*. Den *Timeout-Wert* lassen Sie auf *0*. Dann folgt die Zeile mit der Triggerclass *aus*. Hier setzen Sie die *Action* für *Out3* auf *SwitchOff*.

Jetzt fehlt nur noch der *Timeout*, also was passieren soll, wenn nach dem Sprachbefehl *Radio* nichts mehr gesagt wird. Dazu wechseln Sie mit einem Klick auf *Timeout Transitions* in die entsprechende Tabelle. Klicken Sie auf das Symbol *Create a new timeout transition*. Geben Sie dann in der ersten Zelle der ersten leeren Zeile *Radio* ein und als *New Menu* daneben *Main*.

Das war es auch schon. Mit einem Klick auf *Upload* übertragen Sie alles in das Modul. Ein Klick auf *Preview* zeigt Ihnen dann auch grafisch die neue Befehlsstruktur 17.

Sie können Sie nun nach Klick auf *Start Recognizer* ausprobieren. Übrigens können Sie im *File-Menü* des Designers auch ein komplett neues und damit zunächst leeres Projekt anlegen. Am Anfang ist es aber sehr hilfreich, die bereits ausgefüllten Zeilen des Beispielprogramms zur Verfügung zu haben, um notfalls nachsehen zu können. Das Handbuch des Moduls ist bei der Erklärung aber auch sehr hilfreich. Und jetzt steht Ihrer Karriere als Befehlshaber nichts mehr im Wege. Viel Spaß dabei. —hgb



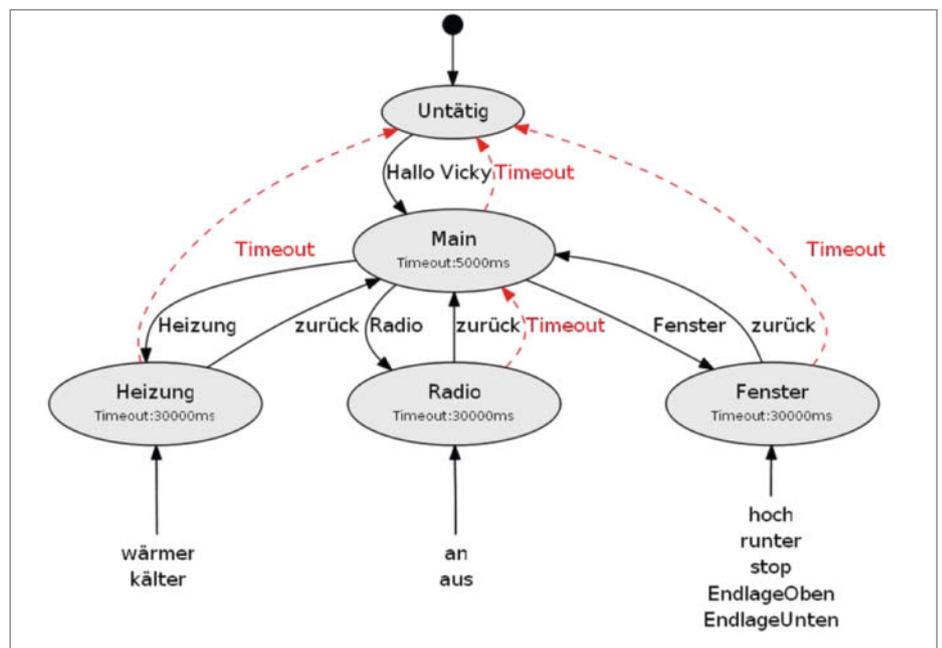
14 Dieser Klick legt eine neue Menü-Zeile an.

Menu	Timeout (ms)	Score High	Score Low	Use wakeup word
Untätig	0	4200	4200	false
Main	5000	4000	4000	false
Fenster	30000	4000	4000	false
Heizung	30000	4000	4000	false
Radio	30000	4000	4000	false

15 Die neue Menüzeile

Old Menu	Triggerclass	New Menu	Comment
Heizung	wärmer	Heizung	
Heizung	kälter	Heizung	
Fenster	hoch	Fenster	
Fenster	runter	Fenster	
Fenster	stop	Fenster	
Fenster	EndlageOben	Fenster	
Fenster	EndlageUnten	Fenster	
Main	Radio	Radio	
Radio	an	Radio	
Radio	aus	Radio	
Radio	zurück	Main	

16 So muss die neue Transitions-Tabelle aussehen.



17 Die Befehle für das Radio sind eingebaut.

# Computer als Datasette

Die Sharp-Mini-Computer aus den 80er Jahren sind auch heute noch interessant, denn sie sind in BASIC programmierbar und preiswert zu haben. Das Eintippen längerer Programme, die Beschaffung von Verbrauchsmaterial wie dem Massenspeichermedium Tonbandkassette oder Minen und Akkupacks für den 4-Farb-Plotter sind allerdings schwierig. Wir zeigen, was man dagegen tun kann.

von Heinz Behling



**S**amstag Mittag sah ich ihn in einem Secondhandshop: Einen Pocketcomputer vom Typ Sharp PC1500 zusammen mit einem 4-Farb-Plotter (mit Anschluss für einen Kassettenrecorder) im schicken Kunstleder-Kofferchen für gerade mal 38 Euro. Diesen alten Bekannten musste ich (wieder) haben.

Ich kannte diesen Luxus-Taschenrechner nämlich noch aus meinem Studium in den 80er Jahren, als ich etliche Messwerte in die viel zu kleine Tastatur tippte und selbstgeschriebene BASIC-Programme mir daraus Diagramme berechneten und auf Kassenbon-ähnliche Papierstreifen zeichneten. Funktionen wie Sinus, Tangens, Exponentialfunktionen und ähnliches sucht man auf der Tastatur vergeblich. Die gibt man nämlich einfach als Text ein. Um den Sinus von 2,5 zu berechnen, tippt man also *sin(2.5)* und drückt die *Enter*-Taste. Weitere Infos zur Ausstattung des PC1500 finden Sie im Kasten „Das kann der PC1500“. Wichtiger noch ist aber das eingebaute BASIC. Damit lassen sich aufwändigere Berechnungen programmieren und die Programme sogar dauerhaft auf Tonbandkassetten speichern. Denn einen Programmtext will man wegen der winzigen Tasten wirklich nur einmal eintippen.

Mit all diesen Erinnerungen gingen wir zehn Minuten später zusammen nach Hause, ich mit erwartungsvoller Mine, der Sharp mit ausgetrockneten Minen im Plotter und Geld-zurück-Garantie bei Versagen. Daheim gab es dann erst mal Futter, sprich Kekse und Kaffee für mich und vier AA-Zellen für den Rechner (mit Knopfzellen waren diese Geräte vor 40 Jahren noch nicht zufriedenzustellen). Einschalten – geht. Erste Rechnungen eingetippt, alle Tasten ausprobiert (die Gummitasten waren schon damals ein Schwachpunkt) – keine Probleme.

## Plotter streikt

Jetzt also den PC1500 in den Plotter (Typ CE150) eingeschoben, Netzteil angeschlossen, einschalten – nichts geht. Doch auf keinen Fall wollte ich von der Garantie Gebrauch machen und die wertvolle EDV-Antiquität zurückgeben. Dem ersten Enttäuschungsmoment folgte daher eine Recherche im Internet. Aha, das Netzteil des Plotters war von vornherein zu schwach dimensioniert, um den hohen Spitzenstrombedarf allein zu decken. Deshalb hatte Sharp einen Akkupack (NiCd-Akkus mit 6V/600mAh) integriert, der quasi als Puffer bei Stromspitzen zusätzliche Energie liefert. Aber Nickel-Cadmium-Akkus im Alter von etwa 40 Jahren? Die konnten nun wirklich nicht mehr leben.

Und noch mehr fand ich im Netz: Eine Menge an Programmen, teils als Listing zum Abtippen (oh, wie herrlich 80er ist das denn), teils als Sound-Dateien im WAV-Format, die man dem PC1500 über das Kassetteninterface

## Kurzinfo

- » PC mit Soundkarte als Datasette
- » BASIC-Programme mit der PC-Tastatur eingeben
- » Akkupack für den Plotter aus dem Modellbau-Zubehör
- » Ersatz-Farbminen aus dem Arztpraxen-Zubehör

## Checkliste



**Zeitaufwand**  
(für den Akkutausch):  
1 Stunde



**Kosten:**  
20 Euro

## Material

- » Akkupack 6V, AA-Zellen mit Lötfläche  
(zum Beispiel Conrad Best.-Nr. 206656 - YD)
- » Akkupack-Schrumpfschlauch  
(zum Beispiel Conrad Best.-Nr. 1570851 - ES)

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xeh3](https://www.make-magazin.de/xeh3)

zukommen lassen kann. Die Listings mit der Mäusetastatur eintippen, da musste ich jedoch noch dringend eine bessere Lösung finden. Fand ich auch in Form der *Pocket-Tools*: Kleine Programme, die am PC(!) eingetippte Listings in Sounddateien für den PC1500 (und etliche andere Sharp-Rechner) umwandeln können. Auch der umgekehrte Weg ist möglich. Doch damit ich den Rechner mit den Sounddateien füttern kann, muss erst mal das Kassetteninterface funktionieren. Und das sitzt im streikenden Plotter.

## Akkupack wechseln

Also den Rechner herausnehmen, den Plotter umgedreht, acht kleine Kreuzschlitzschrauben herausgedreht, die Gehäusehälften auseinander gehobelt und der Verdacht war bestätigt. Die Akkus sahen nicht gut aus und hatten einiges von ihrem aggressiven Inhalt nach außen abgegeben. Die Lötanschlüsse und

selbst die allerdings sehr stabil gebaute Rechnerplatine waren arg in Mitleidenschaft genommen. Zwei kleine Schrauben gelöst und die Anschlussdrähte abgelötet und schon hielt ich den Pack 1 in Händen (ich hätte vielleicht doch Gummihandschuhe anziehen sollen, denn anschließend brannte es ein wenig an den Fingern).

Der Akkupack besteht aus Zellen im Standard-AA-Format (auch Mignon genannt). Schnell fand ich im Modellbau-Angebot eines bekannten Elektronik-Versenders einen Pack aus 5 bereits per Lötflächen miteinander verbundenen NiMH-Zellen mit 6V und stolzen 2300mAh 2. Der wurde schnellstmöglich (Filiale im Ort) besorgt.

Die neuen Zellen waren in Folie nebeneinander eingeschweißt (side by side). So passen sie nicht in den PC1500. Doch mit einem scharfen Messer ließ sich der Pack zerlegen und mit Schrumpfschlauch dann im gleichen Format wie der Original-Akkupack



1 Nach 40 Jahren neigen NiCd-Akkus zur Inkontinenz.



2 Bei Conrad gibt es passende Akkus in der Modellbau-Abteilung.



**3** Beim Zerlegen des Conrad-Akkupacks wird die Isolierung beschädigt. Vorsicht, die Kurzschlussgefahr ist gross!



**4** Der neue Akkupack wird zunächst in zwei Teilen mit Klarsicht-Schrumpfschlauch isoliert. Am linken Ende sitzt der Minuspol.



**5** Die zwei restlichen Zellen neben den 3er-Pack klappen und alles mit größerem Schrumpfschlauch isolieren.

wieder zusammensetzen. Die Kunststoffhüllen der nun getrennten Zellen gingen dabei allerdings in Fetzen auf **3**.

### Isolierung ist wichtig!

Die sind aber sehr wichtig, denn sie isolieren die Zellen voneinander. Ohne sie werden die Zellen beim Nebeneinanderlegen kurzgeschlossen. Seit dem weiß ich nicht nur, dass dabei sehr hohe Ströme fließen, sondern auch, dass neue Akkus bereits geladen sein können. Gerade Akkus aus dem Modellbaubereich können aufgrund ihres sehr geringen Innenwiderstands enorme Ströme liefern. Die sind sogar im Stande, die Blechfahnen, mit denen die Zellen elektrisch in Reihe geschaltet sind, bis zur Rotglut zu erhitzen. Sorgfältiges Arbeiten ist also Pflicht!

Also zunächst alle Zellen in zwei Teilen, einmal drei **4** und einmal zwei Zellen, in Schrumpfschlauch einschließen.

Dann die letzten beiden Zellen neben die drei anderen legen und alles zusam-

men nochmal in entsprechend größerem Schlauch einschrumpfen **5**.

Dabei immer wieder eine Probe machen, ob der Pack an seinen knapp bemessenen Platz im Plotter passt. Zum Schluss noch Anschlussdrähte (0,5mm<sup>2</sup>) an die freien Lötflächen der ersten und der fünften Zelle löten.

Dünnere Drähte sollte man hier nicht verwenden, denn dann kann der Spannungsabfall bei Stromspitzen zu hoch werden und der Rechner abstürzen.

Mit einer kleinen Bürste wurde der überflüssige Altakku-Inhalt von der Platine entfernt und die beiden Drähte des neuen Packs (unbedingt Polung beachten) angelötet **6**.

Der Akku musste mit etwas hin- und herwackeln an seinen Platz gebracht werden und wurde dann mit dem Halteblech und den beiden Schrauben wieder befestigt **7**. Achtung: Mit den Schrauben werden auch noch zwei weitere Verbindungsdrähte von der Platine und dem Druckwerk befestigt.

Nun wieder beide Gehäusehälften zusammensetzen, den PC1500 einschieben und auf

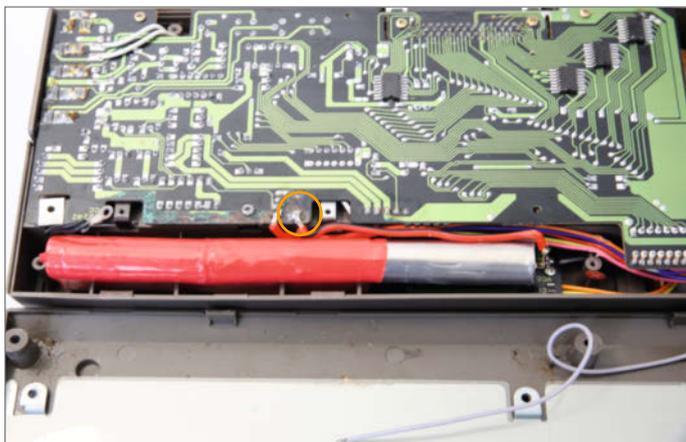
die *On*-Taste drücken. Das Druckwerk ratterte los, drehte die revolverartige Minentrommel und schob den Papierstreifen ein Stück heraus. Es lebt!

### Vom PC in den Sharp

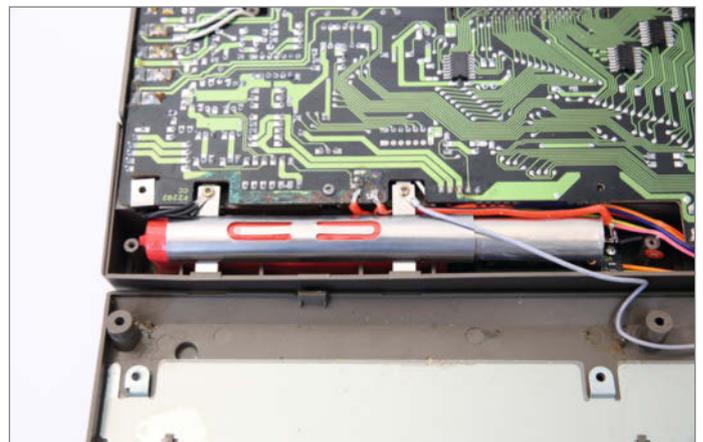
Um Software zwischen dem PC und dem kleinen Sharp hin- und hertransportieren zu können, müssen beide miteinander über Soundleitungen verbunden und die richtige Software auf den PC kopiert werden.

Die Verbindung kann natürlich mit einer im PC enthaltenen Soundkarte erfolgen (Lautsprecher-/Kopfhörer-Ausgang an den EAR-Anschluss des Plotters, Mikrofon-Eingang des PCs mit dem Mic-Anschluss des Sharp). Empfehlenswert ist aber, sich für den PC1500 eine kleine USB-Soundkarte anzuschaffen **8**. Warum, verrate ich später.

Als Software verwende ich das Programmpaket *Pocket Tools* (Download-Adresse siehe Kurzinfor-Link). Die Zip-Datei muss einfach nur entpackt werden. Tipp: Verwenden Sie als Ziel-



**6** Beim Anlöten der Kabel auf die Polung achten: Im Bild ist der Minuspol auf der Platine rechts.



**7** Beim Anschrauben des Akku-Halteblechs dürfen die beiden Kabel nicht vergessen werden.

ordner einen USB-Speicherstick oder eine SD-Speicherkarte. Der Vorteil dieser Lösung: Man kann sie zusammen mit der USB-Soundkarte einfach mitnehmen und damit dann auch an anderen Computern arbeiten und hat dort alle bislang gespeicherten Programme sowie eine Soundkarte zur Verfügung. Bei den von mir getesteten Windows-10-PC wurde die eingesteckte USB-Soundkarte sofort erkannt und dabei auch gleich als Standardwiedergabe-/Aufnahmegerät eingestellt. Notfalls muss man diese Einstellung von Hand vornehmen.

Im Zielmedium finden Sie danach einen Ordner namens *POCKTOOL*, in dem alles Notwendige steckt. Zunächst muss man darin die Datei *SHARPSET.BAT* mit einem beliebigen Editor öffnen und darin das *rem* vor der Zeile mit dem Namen des benutzten Sharp-Computers entfernen, hier also vor *SHARPC=1500* 9. Das ist notwendig, weil die verschiedenen Modelle unterschiedliche Frequenzen beim Speichern in Tonform verwenden.

Jetzt kann man bereits ein BASIC-Programm am PC eingeben, zum Beispiel das kurze Listing (siehe nächste Seite).

Sie brauchen dazu nur einen beliebigen Editor oder eine Textverarbeitung. Die Soft-



8 Mit einer USB-Soundkarte bleibt der Sharp mobil.

## Das kann der PC 1500

Der PC1500 wurde auch unter der Bezeichnung *TRS-80 Pocketcomputer 2* (nicht zu verwechseln mit dem C64-ähnlichen *TRS-80 Model 1*) von der amerikanischen Firma Radioshack verkauft. Er besitzt eine Z80-ähnliche CMOS-CPU (1,3 MHz) mit erweitertem Befehlssatz. Das Display hatte eine Zeile mit 26 Zeichen, seine 156 x 7 Pixel konnten aber auch einzeln angesteuert werden. Der Pocketcomputer enthält eine Real Time Clock, die ständig von den Batterien versorgt wird und auch bei ausgeschaltetem Rechner weiterläuft.

Der Hauptspeicher hat 1,85 Kilobyte, beim Nachfolgemodell PC1500A sind es 5,9 Kilobyte. Die Stromversorgung erfolgt über vier AA-Zellen oder ein Netzteil. Im Batteriebetrieb waren je nach Rechenleistung bis zu einigen -zig Stunden Betrieb möglich.

Das BASIC beinhaltet alle üblichen Strukturbefehle sowie mathematische Funktionen. Außerdem enthält es Befehle zur Ansteuerung des Plotters CE150. Der PC1500(A) ist außerdem in Maschinensprache programmierbar. Programme können dauerhaft auf Kompaktkassetten gespeichert werden. Dazu ist jedoch ein Kasset-

teninterface erforderlich, das zum Beispiel im Plotter sitzt. Allerdings ist im Internet das technische Handbuch des CE150 verfügbar, das unter anderem auch den Schaltplan des Kassetteninterfaces enthält (siehe Kurzinfo-Link). Ein Selbstbau ist damit recht einfach, da es nur Standardbauteile enthält.

Ein 40poliger Steckplatz dient zum Anschluss des Plotters und eines Kassettenrecorders als Massenspeicher. Außerdem besitzt der PC1500 an der Rückseite einen 60poligen Anschluss, an dem der komplette Systembus für Erweiterungen zur Verfügung steht.

Das Zubehörprogramm war recht umfangreich: Vom bereits genannten Plotter CE150 über Speichererweiterungen mit 8 bis 32 Kilobyte sowie seriellen, parallelen und Diskettenschnittstellen bis hin zum Videointerface, das den Anschluss an TV-Geräte ermöglichte, war vieles lieferbar. Adapterkabel erlaubten auch den Anschluss von Floppy-Disklaufwerken des Commodore C64. Das Zubehör ist allerdings rar geworden und wird, wenn überhaupt verfügbar, zu sehr hohen Preisen gehandelt.



Einige Programme brauchen mehr Speicher und laufen daher nur auf dem PC1500A oder erfordern solch eine Speichererweiterung.

Nach einem Batteriewechsel gerät die Speicherverwaltung manchmal in Unordnung. Erst die Eingabe des Befehls *NEW0* bringt die Speicherverwaltung wieder in Ordnung, löscht allerdings auch das Programm im Speicher. Dagegen hilft der Anschluss des Rechners ans Netzteil **vor** Entnahme der Batterien.

```

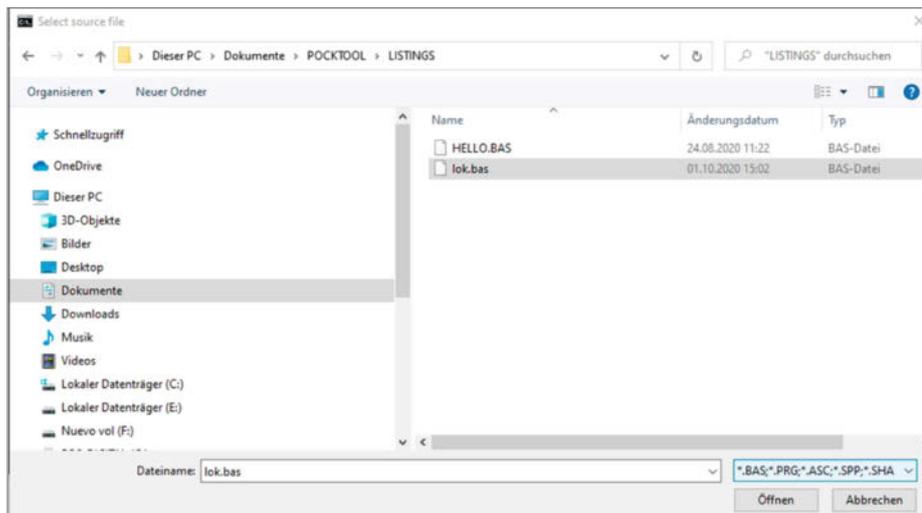
1  @echo off
2  Rem Do all settings depending from your environment here
3
4  rem Here you should set the type of your Pocket Computer
5  rem set SHARPC=1211
6  rem set SHARPC=1251
7  rem set SHARPC=1260
8  rem set SHARPC=1350
9  rem set SHARPC=1360
10 rem set SHARPC=1401
11 rem set SHARPC=1403
12 rem set SHARPC=1421
13 rem set SHARPC=1475
14 set SHARPC=1500
15 rem set SHARPC=1600
16 rem set SHARPC=E220
17 rem set SHARPC=E500
    
```

9 In der Datei *SHARPSET.BAT* legen Sie fest, welcher Rechner benutzt wird.

## Das Lok-Listing

```

100 WAIT 1
110 FOR K=155 TO 0 STEP -1
120 GCURSOR K
130 GPRINT &3C;&24;&77;&57;&74;&24;&25;&27;&71;&57;&77;&21;&3F;&0
140 BEEP 1,250,10
150 NEXT K
160 END
    
```



10 Wählen Sie das Listing aus, das in Töne konvertiert werden soll.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Bas2Wav is running...
Init SHARPSET.BAT
Pocket model: SHARP PC-1500
Target file: BASIC image, format of PC-1500
File size of C:\Users\HEINZ\Documents\POCKTOOL\LISTINGS\lok.bas is 162 bytes
File C:\Users\HEINZ\Documents\POCKTOOL\LISTINGS\lok.img was written

C:\Users\HEINZ\Documents\POCKTOOL>bin2wav --type=img --pc=1500 --name=lok C:\Users\HEINZ\Documents\POCKTOOL\LISTINGS\lok.bas
img C:\Users\HEINZ\Documents\POCKTOOL\WAV\lok.wav
Synchro size : 156 bits
Wave format : 0xA1 <- Basic image with intermediate code, PC-1500
Save name : lok

Start CLOAD and press a key ....
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
    
```

11 Sobald Sie diese Anweisungen ausgeführt haben, beginnt die Konvertierung des zuvor ausgewählten Listings in eine Sounddatei ...

## Verbrauchsmaterial für den Plotter

Der Plotter braucht zwei Dinge: Papier und Farbminen. Die Normalpapier-Rollen in 57mm Breite sind unter anderem bei Ebay leicht zu beschaffen. Meist gibt es aber nur dickere Rollen mit bis zu 50m Papierlänge. Die lassen sich aber auch verwenden, wenn man jeweils einige Meter davon in kleineren Spulen aufwickelt, die in den Schacht des Plotters passen.

Schwieriger zu bekommen sind die Kugelschreiber-ähnlichen Farbminen. Es gibt sie aber noch beim Zubehör für medizinische Geräte, denn sie finden beispielsweise in Lungenfunktionstestern in der Arztpraxis und wissenschaftlichen Datenschreibern noch Verwendung. Allerdings haben Sie inzwischen einen stolzen Preis mit etwa 25 Euro für vier Stück. Bezugsadressen finden Sie über den Kurzinfo-Link.

ware muss nur in der Lage sein, den Text als reine Textdatei speichern zu können. Hier benutze ich den Windows-Editor. Speichern Sie das Listing danach mit dem Namen *LOK.BAS* im Listing-Verzeichnis des *POCKTOOL*-Ordners.

Anschließend wandeln wir es in eine Sounddatei. Dazu müssen Sie im *POCKTOOL*-Ordner die Datei *bas2wav.cmd* per Doppelklick starten. Kurze Zeit später zeigt Ihnen ein Fenster alle im Listing-Verzeichnis vorhandenen Programme, auch unser Lok-Programm 10.

Klicken Sie darauf und dann auf *Öffnen*. Kurze Zeit später erscheint die Aufforderung, am PC1500 den Befehl *CLOAD* einzugeben sowie auf *Enter* zu drücken und am PC eine beliebige Taste zu drücken 11.

Die Sounddatei wird angelegt und sofort wiedergegeben 12.

Ob die Lautstärke am PC ausreichend ist, können Sie hören: Der Sharp-Rechner sollte ein deutlich vernehmbares Piepsen und Zwitschern von sich geben. Falls Sie das nicht oder nur zeitweise hören, erhöhen Sie die Wiedergabe-Lautstärke am PC und starten die Wiedergabe der Datei von Anfang an nochmals. Wenn der PC1500 die Töne richtig versteht, erscheint der Programmname, also *lok* in seinem Display.

Sobald das Piepsen verstummt, können Sie das Programm starten. Geben Sie einfach *RUN* ein. Sollte eine Fehlermeldung auftauchen, kontrollieren Sie als erstes, ob sich der Sharp auch im *RUN*-Modus befindet und nicht im Programmiermodus. Umgeschaltet wird mit

der *MODE*-Taste. Kommt es dann immer noch zu Fehlern, haben Sie sich beim Eintippen des Programms vertan. Korrigieren Sie die *BAS*-Datei, Speichern Sie sie erneut und wiederholen Sie die Konvertierung.

Ist alles korrekt, sollte nun eine kleine Lok von rechts nach links über das Display tuckern und dabei sogar Sound von sich geben.

### Vom Sharp in den PC

Umgekehrt funktioniert das ähnlich: Falls Sie ein Programm auf der Sharp-Tastatur eingegeben haben, können Sie es auf dem PC speichern, der in diesem Fall als Datasette arbeitet. Dazu brauchen Sie ein Sound-Aufnahmeprogramm wie zum Beispiel *Audacity* (siehe [Kurzinfo-Link](#)). Wenn die Soundkabel eingesteckt sind, starten Sie Audacity **12**.

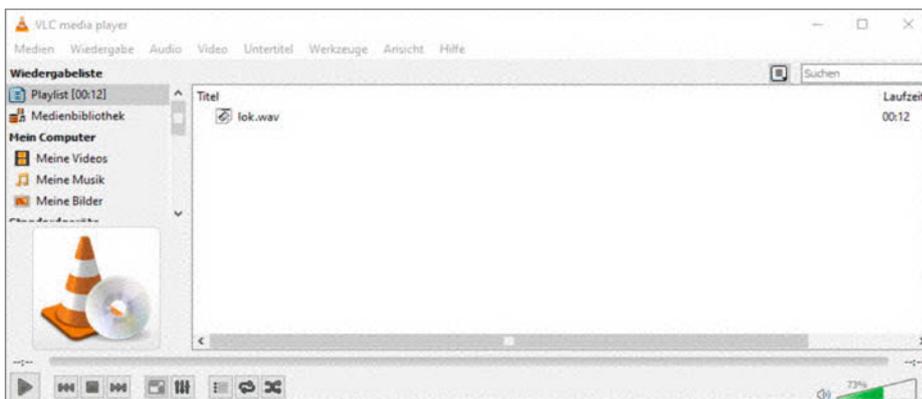
Kontrollieren Sie, ob als Aufnahme- und Wiedergabegerät jeweils die USB-Soundkarte eingestellt ist. Geben Sie dann am Sharp den Befehl *CSAVE* gefolgt von *Enter* ein und starten Sie in Audacity die Aufnahme durch einen Klick auf den roten Punkt. Mit dem Mikrofonregler stellen Sie die Aufnahme so ein, das die Oberkante der Soundkurve zwischen 0,5 und 1 liegt. Klicken Sie dann auf das Stopp-Symbol und drücken Sie am Pocket-PC auf *BRK*.

Wiederholen Sie die Aufnahme mit dieser Einstellung und dem Befehl *CSAVE Programmname* (Programmname bitte entsprechend ersetzen)

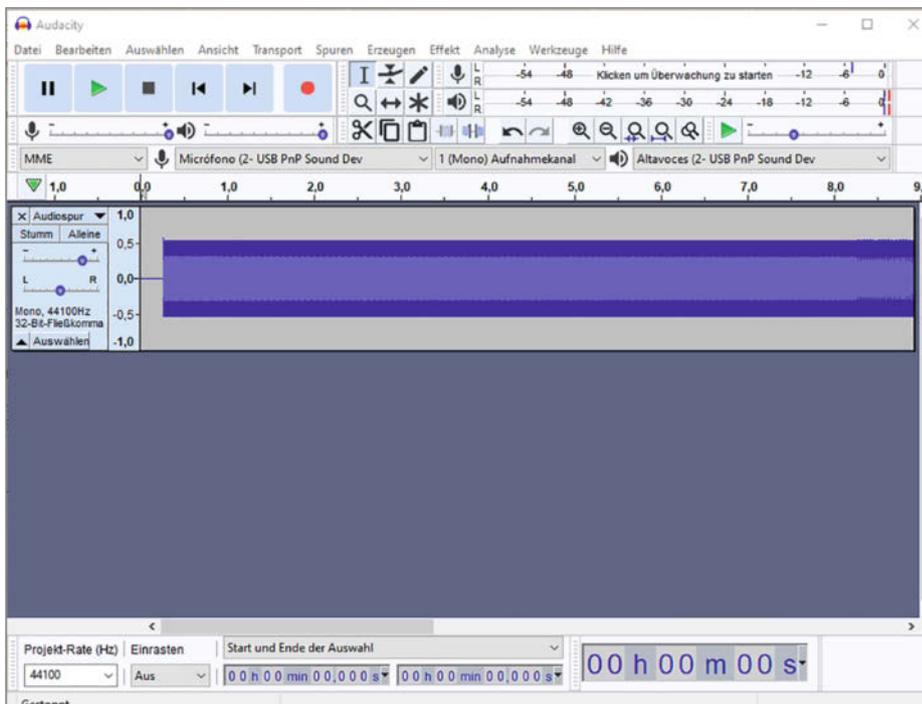
Jetzt kontrollieren wir, ob das Zurückspielen auch funktioniert. Auf dem PC1500 geben Sie den Befehl *CLOAD?* ein. Der lädt kein Programm in den Speicher sondern vergleicht, ob das im Speicher vorhandene mit dem als Sound gespeicherten übereinstimmt. Starten Sie die Soundwiedergabe mit dem grünen Wiedergabe-Pfeil. Der PC 1500 sollte nach einigen Sekunden den Programmnamen anzeigen. Ist alles in Ordnung, erscheint am Schluss einfach der Prompt auf dem Display. Meist ist jedoch bei den ersten Versuchen die Wiedergabelautstärke zu gering. In diesem Fall helfen wir mit dem Lautsprecherregler nach und falls das auch noch nicht reicht, mit dem Verstärkungsregler links neben der Soundspur nach. Die Wiedergabe muss nach jeder Veränderung erneut gestartet werden, bis alles klappt. Das braucht ein wenig Geduld, ist aber machbar.

Zum Schluss speichern wir die Sounddatei noch mit *Datei, exportieren* und *als WAV exportieren* im WAV-Ordner des *POCKTOOL*-Verzeichnisses. Als Namen empfiehlt sich der beim *CSAVE*-Befehl verwendete Programmname.

Im Internet gibt es eine Reihe von Seiten mit Listings (unter anderem Spielen), Sounddateien und vielen weiteren Infos. Die Links dazu stellen wir über den [Kurzinfo-Link](#) bereit. Ansonsten können Sie natürlich auch selbst programmieren. Viel Spaß dabei. —hgb



**12** ... die dann sofort über Ihr Wiedergabeprogramm und die USB-Soundkarte an den Pocket-PC überspielt wird.



**13** Das Sound-Programm Audacity besitzt genügend Einstellmöglichkeiten, um die Zusammenarbeit zwischen Sharp-Rechner und PC möglich zu machen.

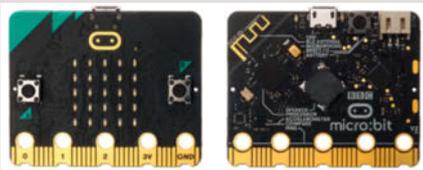
## BASIC-Befehle für den Plotter

Der Plotter versteht diese Befehle:

TEXT	Umschaltung auf Drucker-Modus
GRAPH	Umschaltung auf Plotter-Modus
CSIZE	Einstellen der Zeichengröße
TEST	Selbsttest des Plotters
LLIST	Drucken des Programms
COLOR	Umschaltung der Druckfarbe
TAB	Tabulatorposition
ROTATE	Druckrichtung drehen
GLCURSOR	Stiftposition im Plotter-Modus setzen
LINE	Linie zeichnen
0 + Papiervorschub	Farbmine wechseln

## BBC micro: bit V2

### Update für das Schul-Board



Nach vier Jahren bekommt das britische Schul-Mikrocontroller-Board ein Update: Der BBC micro:bit bringt künftig mehr Onboard-Ausstattung mit. Dank Lautsprecher, Mikrofon und Berührungssensor stehen Schülerinnen und Schüler damit mehr Möglichkeiten bei ihren Projekten zur Verfügung, ohne extra Hardware kaufen und anschließen zu müssen. Außerdem steckt in dem Mikrocontroller mehr Rechenleistung, um den Einstieg in Vorhaben mit Machine Learning zu vereinfachen.

Dafür hat der micro:bit V2 einen neuen Prozessor bekommen, den nRF52833 von Nordic Semiconductor mit einem 64MHz Cortex-M4F Chip; dazu 512kB Flashspeicher und 128kB RAM. Die neuen, integrierten Sound-Funktionen könnten ebenfalls besonders interessant für Schulen und Unterrichts-Projekte sein. Kombiniert mit den Machine-Learning-Möglichkeiten könne der micro:bit in Richtung von Smart Speakern und digitalen Assistenzsystemen programmiert werden, um die neuen Technologien auch im Schulunterricht zum Thema zu machen, schätzt die Micro:bit Educational Foundation. Um deutlich zu machen, wann das Board mithört, hat daher das Mikrofon eine eigene Status-LED bekommen.

Bereits vorhandene Hardware und geschriebene Programme sollen weiterhin kompatibel sein und auch das bestehende Unterrichtsmaterial soll weiterhin nutzbar bleiben, da alle Features der früheren Version übernommen wurden. In Deutschland ist das Board inzwischen bei Farnell.de erhältlich. —hch

Hersteller	Micro:bit Educational Foundation
Vertrieb	Farnell.de
Preis	12,77 €

## ESP32-LyraT V4.3

### Mikrocontroller-Board für Soundverarbeitung

Die Zwei-Kern-Chips des ESP32 sind für die Verarbeitung von Bildern und Sound leistungsmäßig gut geeignet. So bietet die neueste Version des LyraT-Board von Espressif neben einem ESP32 noch eine Menge zusätzlicher Hardware, zum Beispiel einen Audio-codec vom Typ ESP 8388. Der enthält jeweils einen 2-Kanal-A/D- sowie D/A-Wandler, Mikrofon- und Kopfhörer-Verstärker, Soundeffekte- und Mixerfunktionen. Er kommuniziert mit dem ESP32 über I<sup>2</sup>C- und I<sup>2</sup>S-Busse.

Daneben sitzen auf dem Board auch zwei Audioverstärker zum Ansteuern von 4Ω-Lautsprechern. Der Anschluss erfolgt über Dupont-Steckerleisten. Für Kopfhörer und als Line-In-Anschluss stehen 3,5mm-Klinenbuchsen zur Verfügung. Zwei Mikrofone sind ebenfalls auf der Platine vorhanden.

Mit vier Touch-Feldern sowie vier normalen Tastern können die Funktionen wie Aufnahme, Wiedergabe und ähnliches gesteuert werden. Die Programmierung erfolgt über eine Mikro-USB-Buchse. Eine zweite USB-Buchse dient ausschließlich der Stromversorgung des Moduls beziehungsweise

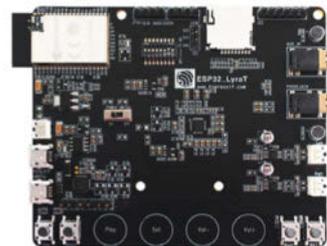


Bild: Espressif

dem Laden eines ans Modul angeschlossenen Akkus.

Auf Github (siehe Link) gibt es das offizielle Audio Development Framework, das neben der Software auch eine umfangreiche Dokumentation des Moduls enthält. Auch der Hersteller Espressif stellt eine Dokumentation bereit, die unter anderem die interne Kontaktbelegung des Boards verrät. —hgb

► [make-magazin.de/x5eq](https://make-magazin.de/x5eq)

Hersteller	Espressif
Vertrieb	etwa über Aliexpress
Preis	ca. 19 US-\$

## PicoPlanet

### Generative Kunst auf Platinen

Bei *PicoPlanet* handelt es sich um eine Serie von Platinen der Makerin *Bleeptrack*, die mit einem generativen Weltall-Design gefertigt werden. Auf jeder Platine sind drei Planeten zu sehen, die als kapazitive Berührungstasten fungieren – und die sehen bei jedem Exemplar anders aus, da sie für jede Platine neu berechnet werden. Jedes Motiv wird nur zehnmal produziert. Die PicoPlanets verfügen außerdem über eine RGB-LED, einen USB-C-Anschluss und vier weitere Pins auf der Rückseite. Gehirn des Boards ist ein leistungsstarker SAMD21 Mikrocontroller. Auf dem Platinenlayout sind auch kleine Sterne zu sehen, die nicht mit Kupfer oder Lötmaske bedeckt sind. Hier kann man weitere LEDs platzieren.

PicoPlanets sind kompatibel mit Arduino und CircuitPython. Die Platine kann zum Beispiel als Fernbedienung verwendet werden, um sich im Zoom-Meeting zu muten oder das Mikro zu aktivieren. Genauso kann man sie als Touch-Controller für das Medienzentrum auf dem Raspi benutzen oder den Laptop damit *very stylish* lauter und leiser stellen. Bleeptrack hat auf GitHub ein Beispielprojekt vorbereitet, mit dem man Lap-

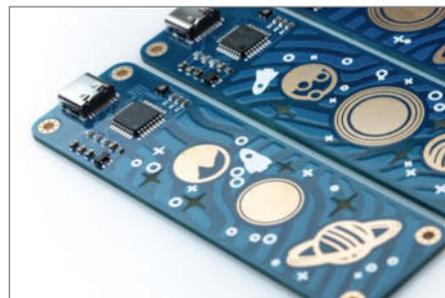


Bild: Bleeptrack

top-Lautsprecher steuern kann – jeweils für Arduino und CircuitPython.

PicoPlanets sind ein schönes Projekt für Einsteiger und für alle, die ein Herz für generative Kunst und liebevoll gestaltete Platinen haben. Die Doku gibt es auch auf GitHub. Twitter-User @tinyledmatrix hat mittlerweile sogar ein 3D-Druck-Gehäuse für die Platine veröffentlicht. —rehu

► [make-magazin.de/x5eq](https://make-magazin.de/x5eq)

Hersteller	Bleeptrack/Tindie
URL	<a href="https://tindie.com/products/bleep-track/picoplanet">tindie.com/products/bleep-track/picoplanet</a>
Preis	28 US-\$

# MakeHaus Tiles

## Bedienpanel

Viele Computeranwendungen sind zwar darauf ausgelegt, mit Maus und Tastatur oder per Touchdisplay bedient zu werden, mitunter möchte man aber doch mal lieber echte Knöpfe drücken, richtige Drehknöpfe drehen und Slider hin- und her schieben. Mit den rechteckigen oder quadratischen, modularen Tiles von MakeHaus lässt sich dieser Wunsch individuell erfüllen. 8fach und 12fach RGB-Pads, Dreh-Encoder und 4 Motor-betriebene Slider lassen sich zu einem Bedienfeld etwa fürs Smart Home oder Digital Audio Workstations kombinieren. Dazu passend gibt es schicke Alu-Gehäuse zur Selbstmontage, sogar mit hölzerner Handauflage, in unterschiedlichen Größen – je nachdem, wieviel Tiles man zusammenschalten möchte.

Jedes Tile hat einen USB-Port, in einer Gruppe (TileChain) kaskadiert man sie mit Flachbandkabeln und ein beliebiges Tile stellt die Verbindung zu einem PC her. Auf dem muss man die Software TileHub installieren, mit der die TileChain quasi netzwerkfähig wird und

mit anderen Anwendungen kommunizieren kann, beispielsweise Node-RED. Dafür stellt MakeHaus fertige Nodes bereit, die sich in Anwendungen nutzen lassen. Auch das MQTT-Protokoll wird unterstützt. Alternativ zum Anschluss an den PC gibt es Gehäusevarianten, die einen Raspberry Pi aufnehmen, der die Netzwerkanbindung übernimmt und auf dem gegebenenfalls Node-RED und Mosquitto läuft.

Im Test haben wir die Node-RED-Anbindung erfolgreich ausprobiert. Die Dokumentation findet sich im DeveloperWiki; der Name ist hier Programm: Die Anleitungen sind nur in englisch und setzen allherhand Kenntnisse voraus. Eine einfache Schritt-für-Schritt-Anleitung für "mal eben schnell" gibt es nicht. Einsteiger dürften mit der Inbetriebnahme erhebliche Probleme haben.

Die Tiles und die Gehäuse haben eine edle Optik und bei der Haptik hat man den Eindruck, wertige Komponenten zu bedienen. Allerdings sind die Preise happig. 269 Euro

**Ausprobiert**  
— von Make: —



allein für 8 Pads und Encoder plus Gehäuse ließen bei uns den *Haben-Wollen-Wunsch* schnell wieder verblassen. —*dab*

Hersteller	MakeHaus
URL	makehaus.makeproaudio.com
Preis	ab 99 €

# Lilygo T-Watch 2020

## Smartwatch mit ESP32

Die T-Watch ist eine Smartwatch zum Selbstprogrammieren im eleganten Alu-Magnesium-Gehäuse mit Silikon-Armband (schwarz oder weiß). Im Inneren werkelt ein ESP32, dementsprechend stehen WLAN und Bluetooth 4.2 zur Verfügung. Aber die Zutatenliste enthält noch mehr: einen 1,54-Zoll-Farb-Touchscreen mit 240 x 240 Pixeln, eine *Real Time Clock* mit eigener Pufferbatterie, einen 3-Achsen-Sensor Typ BMA423, einen Vibrationsmotor, einen Infrarot-Sensor und sogar einen 3-Watt-Audioverstärker nebst winzigem Lautsprecher. Gespeist wird das alles von einem leicht auswechselbaren 380mAh-Lithium-Ionen-Akku (laut Angebot soll es nur ein 350mAh-Speicher sein). Bei unserem Exemplar konnte der über eine Mikro-USB-Buchse aufladbare Akku die Uhr immerhin bis zu fünf Tage versorgen, wenn man Display, WLAN und Bluetooth nur bei Bedarf einschaltete.

Das unter einem kratzfesten Glas liegende Display ist auch bei Sonnenlicht gut lesbar, die Touchfunktion, über die nahezu die gesamte Bedienung erfolgt, arbeitet trotz der geringen Fläche relativ genau. Die Eingabe eines WLAN-Passworts auf der winzigen Display-Tastatur erfordert aber wirklich zarte

Fingerspitzen und viel Geduld. Seitlich am Gehäuse ist ein Taster angebracht, im Aussehen an den Aufziehknopf mechanischer Uhren erinnernd. Er dient lediglich dazu, die Uhr ein- und auszuschalten.

Die auf Github erhältliche Firmware (siehe Link) besitzt schon eine Reihe interessanter Funktionen: So können aktuelle Wetterdaten und eine Vier-Tage-Vorschau abgerufen und als Symbole angezeigt werden. Eine Anbindung an die auf einem Smartphone installierte Navigations-App *OsmAnd* gibt dann beispielsweise beim Wandern per Pfeil auf dem Uhrendisplay die Richtung an. Der interne Bewegungssensor kann dabei als Schrittzähler dienen. Der lässt sich aber auch zum Aufwecken der Uhr durch einfaches Armschütteln benutzen.

Die Firmware eignet sich aber vor allem auch als lehrreiches Beispiel für eigene Software-Projekte. Die Programmierung kann mit



Hilfe von *Scratch*, der Arduino-IDE oder *PlatformIO* erfolgen. Allerdings gelang es bei unseren Versuchen der Arduino-IDE nicht, nach dem Kompilieren die Firmware auch in die Uhr zu laden. Mit PlatformIO war das hingegen problemlos möglich. In der Uhr arbeitet dann auch ein Web-Server. Ruft man die IP-Adresse im Browser auf, kann man einige Einstellungen vornehmen oder auch Screenshots vom Display anfertigen. Hilfreich sind auch Angaben auf der Ali-Express-Angebotsseite zur Uhr: Dort wird unter anderem verraten, an welchen Ports die oben aufgeführten Komponenten angeschlossen sind. —*hgb*

► [make-magazin.de/x5eq](https://make-magazin.de/x5eq)

Hersteller	Shenzen Xin Yuan Electronic Technology
URL	www.lilygo.cn
Preis	28,90 €

**Ausprobiert**  
— von Make: —

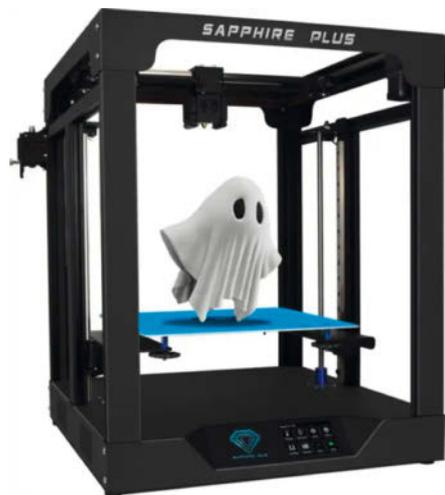
# Tronxy X5SA Pro und Sapphire Plus

## Zwei Großraum-FDM-3D-Drucker



Die Kollegen von *TechStage* haben erneut 3D-Drucker genauer unter die Lupe genommen. Diesmal handelt es sich um zwei Bau-sätze, wodurch die Geräte relativ günstig bleiben. Der *Sapphire Plus* (Bild unten) druckt Objekte mit bis zu 30cm x 30cm x 35cm, beim *Tronxy X5SA Pro* (Bild rechts) können die Objekte sogar maximal 33cm x 33cm x 40cm groß werden.

Beide Geräte verfügen über einen farbigen 3,5-Zoll-Touchscreen zur Steuerung,



einen Bowden-Extruder (Düse 0,4mm, Filament 1,75mm) und einen Filamentsensor, der erkennt, wenn das Material ausgeht – da man auf einem großen Drucker eher große Objekte mit langer Druckzeit und hohem Materialverbrauch druckt, ist der sinnvolle Zubehör. Die Druckbetten beider Geräte kann man auf bis zu 100 °C heizen, beim Tronxy ist die Druckauflage abnehmbar, beim Sapphire fest. Bei letzterem liegt die maximale Düsentemperatur bei 260 °C, ersterer soll 275 °C erreichen.

Unterschiede gibt es auch bei der Druckgeschwindigkeit: Während der Tronxy zwischen 20 und 100mm/s erreicht – der Hersteller empfiehlt 60mm/s – gibt der Hersteller *Two Trees* für seinen Sapphire selbstbewusst eine maximale Geschwindigkeit von 300mm/s an. Das erwies sich im Test als deutlich überzogen, dennoch gehört die Maschine zu den flotteren FDM-Druckern.

Allerdings kam TechStage im Test zu dem Schluss, dass der Sapphire Pro definitiv nur für ambitionierte Nutzer mit Verständnis für die Materie geeignet ist – beim mehrstündigen Aufbau des 3D-Druckers hatten die Tester mit frustrierend schlechter Dokumentation und fehlenden Teilen zu kämpfen. Der Tronxy hingegen ist einfacher aufzubauen, hat einen



noch größeren Bauraum und ist noch dazu besser ausgestattet und billiger – druckt aber langsamer. Ausführliche Testberichte mit vielen Bildern gibt es online (siehe Link). —pek

► [make-magazin.de/x5Seq](https://make-magazin.de/x5Seq)

Hersteller	Two Trees (Sapphire Pro) / Tronxy (X5SA Pro)
Preis	ab ca. 490 € (Sapphire Pro) / ab ca. 400 € (X5SA Pro)

# Raspberry Pi 400

## Kompaktrechner im Tastaturegehäuse

Der Raspberry Pi 400 ist ein bezahlbarer Mini-PC vor allem für Schüler: Im kompakten Gehäuse der Tastatur (die man theoretisch auch mit deutschem Layout bekommt, das gerade ausverkauft zu sein scheint) steckt die Technik des 2019 vorgestellten Raspberry Pi 4 mit 4 GByte RAM. Das Gehäuse ist zwei Zentimeter hoch; seine Grundfläche misst 25,5cm x 12,5cm.

Alle Anschlüsse befinden sich an seiner Rückseite: Drei USB-A-Buchsen (zweimal USB 3.0, einmal USB 2.0), Gigabit Ethernet (RJ45), zweimal Micro-HDMI, Stromversorgung per USB-C, MicroSD-Kartenleser und die Raspi-typische GPIO-Pinleiste mit 40 Kontakten – da die aber anders angeordnet sind als beim Standard-Raspi, passen viele Aufsteckmodule hier nicht. Im Vergleich zum Raspi 4 fehlen eine Audio-Klinkenbuchse sowie die internen Anschlüsse für Kamera (CSI), Display (DSI) und Power-over-Ethernet (PoE).

Öffnet man das Gehäuse (siehe Bild), erkennt man die eigens modifizierte Platine und das große Aluminiumblech unter der Tastatur, das über ein Wärmeleitpad den ab Werk mit bis zu 1,8 GHz getakteten ARM-Chip Broadcom BCM2711 so effizient kühlt, dass sich der Prozessor auch unter Dauerlast nicht drosselt, wie die Kollegen von c't in einem ersten Test feststellten (Video siehe Link).

Den nackten Raspi 400 gibt es für rund 70 Euro; im Kit für etwa 100 Euro sind außerdem Netzteil, Maus, passendes HDMI-Kabel, gedrucktes Handbuch und eine MicroSD-Karte (16 GByte) mit vorinstalliertem Raspberry Pi OS enthalten. —pek

► [make-magazin.de/x5Seq](https://make-magazin.de/x5Seq)



Hersteller	Raspberry Pi Foundation
URL	<a href="https://raspberrypi.org">raspberrypi.org</a>
Preis	ab 70 €

# DEVELOPER-KONFERENZEN + WORKSHOPS 2021



» Continuous  
Lifecycle »

**Kubernetes Experts Day:** 20.01.2021  
Online

**betterCode ()**

**C++20:** 21.01.2021  
Online

**[Container  
Conf]**

**Cloud Native Day:** 10.02.2021  
Online

**betterCode ()**

**Domain-Driven Design:** 25.02.2021  
Online

» Continuous  
Lifecycle »

**Dev(Sec)Ops Day:** 03.03.2021  
Online

**betterCode ()**

**APIs:** 11.03.2021  
Online

Veranstalter:



@ heise Developer



dpunkt.verlag

© Copyright by Maker Media GmbH.

Weitere Informationen unter:

[www.heise.de/developer](http://www.heise.de/developer)

## Die Ideenwerkstatt – Band 2

CNC-Fräsen / 3D-Druck & Plotten im Modellbau



Das *Rotor-Magazin* (ein Fachblatt für ferngesteuerte Helikopter) bündelt aktualisierte Grundlagenartikel aus seinen regulären Heften in der Buchreihe namens *Ideenwerkstatt*. Den dritten (und ganz knapp auch den ersten) Band davon hatten wir bereits in Make 4/20 (S.120) besprochen. Der zweite Band der Reihe – um den es hier geht – widmet sich fast ausschließlich der digitalen Fertigung von Teilen mit Hilfe von CNC-Fräsen und 3D-Druckern. Dabei wird der gesamte Ablauf von der Zeichnung und 3D-Konstruktion in CAD-Software über die Aufbereitung in CAM-Programmen oder dem Slicer bis zur Fertigung auf der jeweiligen Maschine umrissen. Diesem breiten Themenspektrum bei begrenztem Seitenumfang ist geschuldet, dass die einzelnen Darstellungen nicht so sehr in die Tiefe gehen – so wird etwa ein Beispielprojekt mit *FreeCAD* auf einer Doppelseite mit fünf Screenshots abgehandelt.

Natürlich sind zu CAD, CAM, CNC und 3D-Druck jeweils schon diverse eigene (und deutlich dickere Bücher) geschrieben und viele davon auch an dieser Stelle besprochen worden – dagegen kommt dieser doch etwas schmale Bandes nicht wirklich an. Sein Charme liegt eher darin, dass sich die Anleitungen konsequent um die Anwendung der beschriebenen Techniken für den Flugmodellbau drehen, wo andere Aspekte und Projekte im Vordergrund stehen als bei anderen Maker-Projekten. Ein Buch für Spezialisten. —pek

<b>Autor</b>	Daniel Klüh
<b>Verlag</b>	MSV Medien
<b>Umfang</b>	98 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3-923142-93-4
<b>Preis</b>	19,90 €

## MicroPython für Mikrocontroller

Projekte mit uPyCraft-IDE und ESP32

Die Zeiten, in denen Mikrocontroller nur mit C- oder gar Assembler-Programmen funktionierten, sind lange vorbei. Mittlerweile kommen viele mit BASIC, JavaScript oder auch mit Python prima zurecht. Letzteres ermöglicht das MicroPython-Projekt, das die Programmiersprache Python an die speziellen Gegebenheiten von Mikrocontrollern angepasst hat.

Günter Spanner wendet sich an Leser mit geringen Programmier- und Elektronik-Kenntnissen, die erste Gehversuche mit diesem Python-Dialekt auf dem ESP32 machen wollen. Er erklärt die Installation von MicroPython und die Installation der Entwicklungsumgebungen uPyCraft und Thonny. Ferner erläutert er deren wichtigste Funktionen und führt knapp in die wesentlichen Eigenschaften der Sprache ein.

Der Großteil des Buchs besteht aus kleinen Beispielen und Projekten, die unterschiedliche Bauteile ansteuern. Neben LEDs und OLED-



Displays bringt der Autor Motoren ans Rennen und misst Temperatur und Luftfeuchtigkeit mit unterschiedlichen Sensoren. In komplexeren Projekten stellt er Messdaten per WLAN im Heimnetz bereit und veröffentlicht sie auch per MQTT auf der ThingSpeak-Plattform.

Ärgerliche Tippfehler im Text und Syntaxfehler in den Programmen hemmen den Lese- und Lernfluss. Für reine Anfänger sind die

vermittelten Grundlagen zu dürftig und fortgeschrittene Leser finden die präsentierten Beispiele und Informationen schnell im Internet.

—Maik Schmidt/dab

<b>Autor</b>	Günter Spanner
<b>Verlag</b>	Elektor
<b>Umfang</b>	239 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3-8957-6388-5
<b>Preis</b>	29,80 € (Druck), 26,82 € (PDF)

## 3D-Grafiken designen und animieren

für dummies junior

Das Buch „3D-Grafiken designen und animieren“ von Lisa Ihde und Daniel-Amadeus J. Glöckner ist zwar für Junior-Blender-Benutzer gedacht, Erwachsenen können wir es aber ebenfalls empfehlen. Denn im Buch werden nicht nur die klassischen Übungen gezeigt (eine Schachfigur durch Extrudieren und Bewegen von Vertices modellieren), sondern auch erklärt, wie man den Objekten beispielsweise ein Material zuweist. Das fängt einfach mit der Farbe an und geht über zu komplexeren Eigenschaften wie Rauheit und *Metallic*-Wert. Nach den Grundlagen beginnt man dann mit der Animation kleiner Filme über Keyframes. Anschließend wird sogar in die Physik eingeführt: Man lässt Dominosteine umfallen und verpasst dem Blender-Maskottchen *Suzanne* ein flauschiges Fell, das (wie makaber!) Feuer fangen soll.



Das Buch ist angenehm umgangssprachlich geschrieben. Auf 160 Seiten wird ganz simpel die Arbeit mit Blender erklärt und kindgerecht durch die Installation geführt. Dabei sind die Seiten nicht überladen gestaltet, sodass man sich von der Komplexität und der Vielzahl an Möglichkeiten nicht überrumpelt fühlt. Die wichtigsten Infos werden hervorgehoben und auch die wertvollen Tastenkürzel werden

erklärt, was für effektives Arbeiten wichtig ist. Das Buch wurde zwar zur Blender-Version 2.83 geschrieben, die nicht ganz aktuell ist – das hat in der Praxis aber keine nennenswerten Auswirkungen.

—stri

<b>AutorInnen</b>	Lisa Ihde, Daniel-Amadeus J. Glöckner
<b>Verlag</b>	Wiley
<b>Umfang</b>	164 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3-527-71769-9
<b>Preis</b>	15,00 €

# Praxisbuch Holz

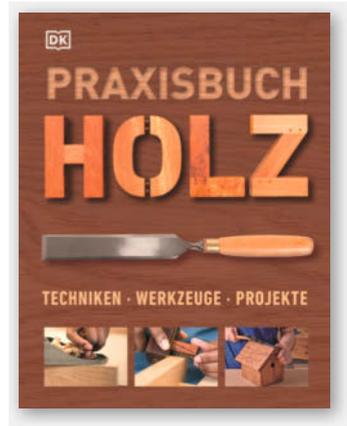
Techniken · Werkzeuge · Projekte

Kreuzüberblattung, T-Verbindung mit angeschnittener Feder, halbverdeckte Schwalbenschwanzzinkung, verkeilter Stegzapfen ... wer in unserem Make-Sonderheft „Loslegen mit Holz“ solche raffinierten (und traditionellen) Verbindungsarten vermisst hat, kommt mit diesem Buch voll auf seine Kosten: Fast 60 Seiten lang widmet es sich allein den verschiedenen Methoden, wie man zwei Stücke Holz nach den Regeln der Kunst zusammenfügen kann – Schritt für Schritt verständlich erklärt

und durchweg mit professionellen Fotos und Zeichnungen illustriert.

Die komplette zweite Hälfte des Buches füllen nicht weniger als 28 (!) Projekte, die sich vom einfachen Schneidebrett für die Küche über diverse Tische und Bänke (samt amtlicher Werkbank) bis hin zum Geschirrschrank mit Schubladen und Türen, einem Bett sowie einem Stuhl mit Armlehnen erstrecken – alles wieder detailliert Schritt für Schritt erklärt und jeweils komplett mit bemaßten Planzeichnungen und Stücklisten dokumentiert.

Auf den übrigen Seiten erklärt das Team aus insgesamt neun Autorinnen und Autoren systematisch die Grundlagen des Holzwerkens, zeigt Holzarten, Werkzeuge und Grundtechniken wie Hobeln, Sägen, Schleifen und Verleimen und geht dabei sowohl auf die Arbeit mit Handwerkzeugen als auch mit Maschinen ausführlich ein – dabei sind auch Spezialisten wie Dominodübelfräser und Zapfenstemmmaschinen ein Thema. Kaum zu glauben, dass in diesem wahrhaft umfassenden Werk den-



noch etwas fehlt: MDF, Sperrholz, Spanplatte, Hartfaser und andere günstige Holzwerkstoffe werden zumindest bei der Materialkunde mit keinem Wort erwähnt, dabei kommen sie in den Projektanleitungen durchaus vor und sind in der gemeinen Holzwerkstatt viel häufiger anzutreffen als die im Buch prächtig zelebrierten exotischen Hölzer namens *Zebrano*, *Amaranth*, *Seideneiche* oder *Araukarie*. Davon abgesehen ist dieses Buch aber eine Fundgrube für alle, die gerne und intensiv mit Holz arbeiten.

—pek

<b>Verlag</b>	Dorling Kindersley
<b>Umfang</b>	400 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3-8310-4007-0
<b>Preis</b>	39,95 €



# 52 Kästen in 52 Wochen

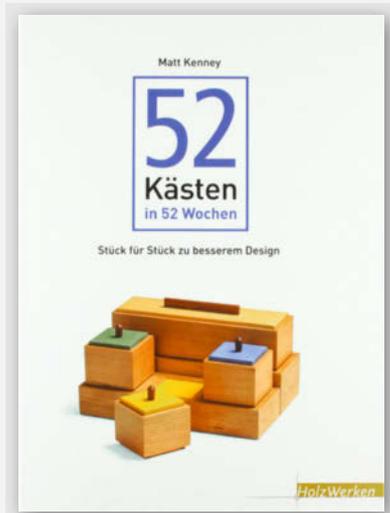
Stück für Stück zu besserem Design

In „52 Kästen in 52 Wochen“ zeigt Autor Matt Kenney, was dabei herauskommt, wenn man ein Jahr lang jede Woche eine andere Holzkiste baut: Ganz viel Übung. Nach seinem Experiment will er andere Maker motivieren, es ihm gleichzutun. In seinem Buch zeigt Kenney fundierte Grundlagen für präzise Holzverbindungen sowie die 52 Kastenmodelle in verschiedenen Schwierigkeitsstufen, an denen man die Techniken üben kann.

Allerdings lernt man nicht nur besonders saubere Steckverbindungen zu schaffen, sondern viel Wissenswertes über Holz Auswahl, Holzbehandlung, Deckelkonstruktionen, Stoffeinsätze und Geduld.

Das Buch ist stellenweise überraschend amüsant. Bei manchen Projekten zeigt sich der Autor empört, dass er versehentlich „Kitsch“ produziert hat („Ich wollte eine japanische Teekeramik imitieren und am Ende wurde eine kitschige Apfelschachtel draus“)

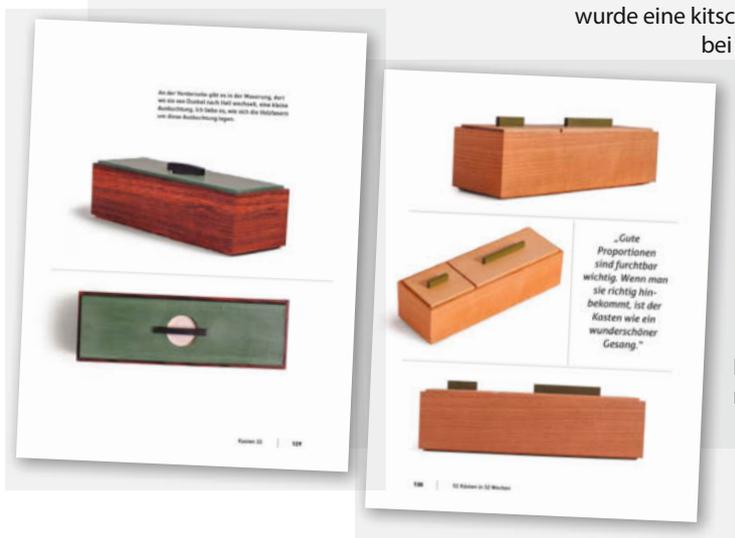
bei anderen strapaziert er bewusst die Grenzen des guten Geschmacks („Der eine oder andere möchte bestimmt wissen, was um Himmels Willen in mir vorgeht“). Dabei will er dem Leser nicht nur perfekte Holzkästen zeigen; er will auch demonstrieren, was passiert, wenn man Hölzer, Ideen und Techniken wild mischt. Das Buch glänzt



außerdem mit vielen tollen großen Bildern. Das macht Lust, zu schmökern und sich inspirieren zu lassen – und dann natürlich zur Säge zu greifen.

—rehu

<b>Autor</b>	Matt Kenney
<b>Verlag</b>	HolzWerken
<b>Umfang</b>	224 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3-8663-0690-5
<b>Preis</b>	29,90 €



# IMPRESSUM

**Make:** Nächste Ausgabe erscheint am 11. Februar 2021

## Redaktion

**Make: Magazin**  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-300  
Telefax: 05 11/53 52-417  
Internet: [www.make-magazin.de](http://www.make-magazin.de)

**Leserbriefe und Fragen zum Heft:** [info@make-magazin.de](mailto:info@make-magazin.de)

Die E-Mail-Adressen der Redakteure haben die Form [xx@make-magazin.de](mailto:xx@make-magazin.de) oder [xxx@make-magazin.de](mailto:xxx@make-magazin.de). Setzen Sie statt „xx“ oder „xxx“ bitte das Redakteurs-Kürzel ein. Die Kürzel finden Sie am Ende der Artikel und hier im Impressum.

**Chefredakteur:** Daniel Bachfeld (dab) (verantwortlich für den Textteil)

**Stellv. Chefredakteur:** Peter König (pek)

**Redaktion:** Heinz Behling (hgb), Helga Hansen (hch), Carsten Meyer (cm), Rebecca Husemann (rehu), Elke Schick (esk)

**Mitarbeiter dieser Ausgabe:** Beetlebun, Tyler Capps, Fritjof Flechsig, Joachim Haas, Jens Hackel, Robert Kränzlein, Helen Leigh Steer, Lenny Leiter, Gerd Michaelis, Niq Oltman, Stella Risch (stri), Julian Rueß, Florian Schäffer, Maik Schmidt, Ralf Stoffels, John Thurmond, David Traum, Vicky Twomey-Lee, Benedikt Wenzel, Heinrich Willecke

**Assistenz:** Susanne Cölle (suc), Christopher Tränkmann (cht), Martin Triadan (mat)

**Leiterin Produktion:** Tine Kreye

**DTP-Produktion:** Martina Bruns, Martin Kreft (Korrektorat)

**Art Direction:** Martina Bruns (Junior Art Director)

**Layout-Konzept:** Martina Bruns

**Layout:** Nicole Wesche

**Fotografie und Titelbild:** Andreas Wodrich

**Digitale Produktion:** Anna Hager, Pascal Wissner

**Hergestellt und produziert mit Xpublisher:**  
[www.xpublisher.com](http://www.xpublisher.com)

## Verlag

**Maker Media GmbH**  
Postfach 61 04 07, 30604 Hannover  
Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telefax: 05 11/53 52-129  
Internet: [www.make-magazin.de](http://www.make-magazin.de)

**Herausgeber:** Christian Heise, Ansgar Heise

**Geschäftsführer:** Ansgar Heise, Dr. Alfons Schröder

**Verlagsleiter:** Dr. Alfons Schröder

**Stellv. Verlagsleiter:** Daniel Bachfeld

**Anzeigenleitung:** Michael Hanke (-167) (verantwortlich für den Anzeigenteil), [mediadaten.heise.de/produkte/print/das-magazin-fuer-innovation](mailto:mediadaten.heise.de/produkte/print/das-magazin-fuer-innovation)

**Leiter Vertrieb und Marketing:** André Lux (-299)

**Service Sonderdrucke:** Julia Conrades (-156)

**Druck:** Dierichs Druck + Media GmbH & Co.KG, Frankfurter Str. 168, 34121 Kassel

**Vertrieb Einzelverkauf:**  
VU Verlagsunion KG  
Meißberg 1  
20086 Hamburg  
Tel.: 040/3019 1800, Fax.: 040/3019 145 1800  
E-Mail: [info@verlagsunion.de](mailto:info@verlagsunion.de)  
Internet: [www.verlagsunion.de](http://www.verlagsunion.de)

**Einzelpreis:** 10,90 €; Österreich 11,90 €; Schweiz 18,00 CHF; Benelux, Italien, Spanien 11,90 €

**Abonnement-Preise:** Das Jahresabo (7 Ausgaben) kostet inkl. Versandkosten: Inland 65,10 €; Österreich 66,50 €; Schweiz/Europa: 72,10 €; restl. Ausland 88,20 €

Das Make-Plus-Abonnement (inkl. Zugriff auf die App, Heise Select sowie das Make-Artikel-Archiv) kostet pro Jahr 6,30 € Aufpreis.

## Abo-Service:

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.:

**Maker Media GmbH**  
**Leserservice**  
Postfach 24 69  
49014 Osnabrück  
E-Mail: [leserservice@make-magazin.de](mailto:leserservice@make-magazin.de)  
Telefon: 0541/80009-125  
Telefax: 0541/80009-122

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Alle beschriebenen Projekte sind ausschließlich für den privaten, nicht kommerziellen Gebrauch. Maker Media GmbH behält sich alle Nutzungsrechte vor, sofern keine andere Lizenz für Software und Hardware explizit genannt ist.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in Make erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Published and distributed by Maker Media GmbH under license from Make Community LLC, United States of America. The 'Make' trademark is owned by Make Community LLC Content originally partly published in Make: Magazine and/or on [www.makezine.com](http://www.makezine.com), ©Make Community LLC 2020 and published under license from Make Community LLC. All rights reserved.

Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt auf Recyclingpapier.

© Copyright 2020 by Maker Media GmbH

ISSN 2364-2548

## Nachgefragt

Welches Maker-Tool würdest du mitnehmen, wenn du plötzlich zu einem Abenteuer aufbrechen müsstest?



**Benedikt Wenzel**  
Leingarten, rüstet auf Seite 52 einfache LED-Kerzen zu Smart-Home-Romantik auf  
Ohne ein Gitarrenplektrum würde ich zu keinem Abenteuer aufbrechen. Damit wäre kein Elektrogerät-Innenleben vor mir sicher, ganz gleich, wie versiegelt das Gehäuse ist.



**Stella Risch**  
Essen, testet als Make-Praktikantin auf Seite 114 verrückte Klebetechniken  
Ich nehme auf Reisen immer mein kleines rosa Taschenmesser mit. Das habe ich von meinem Papa bekommen. Dabei ist eine kleine Schere, ein Messer und eine Pinzette, falls ein Splitter im Finger steckt.



**David Traum**  
Wuppertal, demonstriert uns unseren jährlichen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck auf Seite 60  
Wenn das Abenteuer es zulässt, würde ich am liebsten meinen 3D-Drucker mitnehmen – ansonsten wahrscheinlich einen kleinen Raspberry Pi mit Akku & Touchscreen.



**Vicky Twomey-Lee**  
Dublin, lässt uns auf Seite 98 eigene Text-Adventures erleben  
Ich würde einen Bleistift und ein Notizbuch mitbringen. Damit könnte ich alles planen, meine Gedanken aufschreiben, neues Wissen dokumentieren und meine Maker-Projekte entwerfen und überarbeiten.

## Inserentenverzeichnis

ALLNET Computersysteme GmbH, Germering .....	55	Stepcraft GmbH & Co. KG, Menden .....	45
dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg .....	19, 107	<b>Make:markt</b> .....	27

# Make:

## IHR MAKERLEIN KOMMET...

**GRATIS!**  
Mit Geschenk  
nach Wahl

z. B.



## Das perfekte Maker-Geschenk!

Ihre Vorteile:

- ✓ 7x im Jahr Maker-Ideen verschenken
- ✓ Inklusive Geschenk-Gutschein
- ✓ Mit Geschenk zur Wahl für Sie oder den Beschenkten
- ✓ Versandkostenfrei

Jetzt bestellen: [make-magazin.de/schenken](http://make-magazin.de/schenken)

© Copyright by Maker Media GmbH.

# Make: Projects

## MAKERSPACE-CHALLENGE:

Verpasst eurem Space  
ein Upgrade

### Make:

Chaos in der Werkstatt?  
Schlüssel schon wieder verlegt und du kommst nicht ins Lab?  
Du benötigst eigentlich acht Hände gleichzeitig oder  
du findest das richtige Werkzeug nicht?

Baut euch doch einfach selbst die Lösung! Dokumentiert den  
Projektaufbau auf unserer neuen Plattform:  
Make Projects und gewinnt tolle Preise für euren Makerspace,  
euer FabLab oder euren Hackerspace.

[makeprojects.com/de/makerspacechallenge](https://makeprojects.com/de/makerspacechallenge)