

# Make: Make: Make:



Anleitung:  
WLAN-Cam  
mit ESP32  
für 5 €

## Sprachsteuerung

- ▶ 4 Module für Pi und Arduino
- ▶ TV und Funksteckdosen steuern
- ▶ Selber machen: Ohne Cloud



## DIY-Projekte

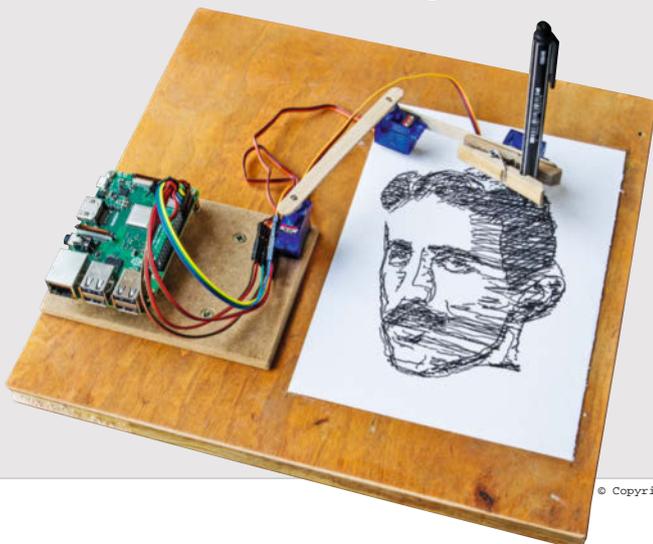
- ▶ Smart Home: Dimmer mit Funk
- ▶ Extrem basteln: Akkuschauber-Bike
- ▶ Outdoor-Ausrüstung: Gewitterwarner

## Werkstatt

- ▶ 3D-Drucker von Prusa im Test
- ▶ CD-Wechsler reparieren
- ▶ Kapazitätsmesser für Akkus

## Eisstiel-Plotter

- ▶ Mit Pi-Steuerung
- ▶ Nur 10 Euro
- ▶ In einer Stunde fertig



## Umwelt-Sensoren

- ▶ 4 Bausätze für die eigene Messstation



1/20  
CH CHF 18,00  
AT, Benelux,  
IT, ES € 11,90  
€ 10,90



# Maker Faire®

Die nächsten  
Veranstaltungen:



... weitere  
folgen.

## Deutschlands gefährlichstes DIY-Magazin

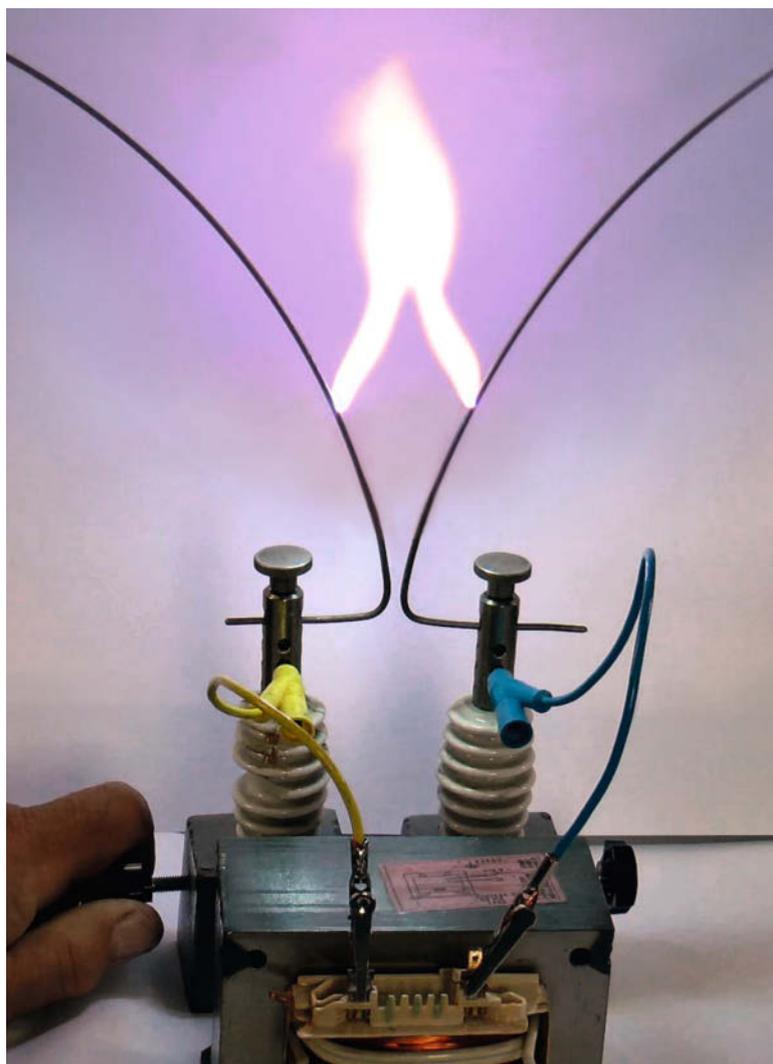
Zu einigen unserer Online- und Printartikel gibt es Kommentare, wie verboten und gefährlich das alles sei und wie unverantwortlich, darüber zu berichten. Der Online-Artikel eines Maker-Autors, wie er aus einem bei Amazon gekauften, aber wohl in Deutschland nicht zugelassenen Funkgerät ein Arduino-gesteuertes Babyphone baute, führte sogar zu Drohungen, uns bei der Polizei anzuzeigen. Durch Funkstörungen könnten Babys sterben und Flugzeuge vom Himmel fallen. Sogar die Bundesnetzagentur wurde informiert.

Auch Teslaspulen und Jakobsleitern seien Teufelszeug, hören wir immer wieder auf Maker Faires. Und Artikel zum Bau von experimentellen Testsendern mit Pi und Arduino führen regelmäßig zu empörten Leserbriefen. Ich mag mir gar nicht vorstellen, wie viel Gesetze ich Anfang der 80er Jahre als Schüler unbewusst brach, als ich nach den Anleitungen des legendären Heinz Richter mit dem „Kosmos Elektronik Labor“ Schwingkreise und Sender baute.

Daneben gefährden wir nach Meinung einiger Kommentatoren auch noch regelmäßig die Gesundheit und das Leben unserer Leser, etwa wenn wir zeigen, wie man günstige Lasercutter und 3D-Drucker aus China mit einigen Verbesserungen sicher für den täglichen Betrieb macht. Erblindungen wegen austretender Strahlen oder umherfliegender Teile drohten ebenso wie der Wohnungsbrand wegen fehlerhafter Heizbettsteuerung. Zuletzt tobte das Make-Online-Forum über unseren Bericht zum Umbau entleerter Camping-Gasbehälter zum Drucklufttank. Von möglichen gewaltigen Explosionen war die Rede, sollte der Behälter den paar Bar nicht standhalten können.

Nun könnte man meinen, es handele sich um Extremfälle, über die ich hier berichte. Aber selbst Löten gehört ja laut diverser Arbeitsschutzleitfäden schon zu den „gefährlichen Arbeiten“, vor denen gewarnt wird. Bei unsachgemäßer Durchführung sei mit schweren Verbrennungen und Lungenkrankheiten durch Lötdämpfe zu rechnen, so liest man. Zwei Gründe, warum beispielsweise in Schulen nicht mehr gelötet wird. Lehrer wären sonst gezwungen, vorher detaillierte Gefährdungsbeurteilungen zu schreiben. „Einfach mal loslegen“ geht heute leider nicht mehr. Ist eigentlich noch Linolschnitt im Kunstunterricht mit den superscharfen, halbrunden Klingen erlaubt?

Damit wir uns nicht falsch verstehen: Ich rate keinem, am offenen Lasercutter zu arbeiten, in Einflugschneisen Bastelsender zu testen, Tanks zu überlasten oder in Hochspannungsanlagen zu greifen.



Aber Angst schüren, Bedenken tragen und Überregulieren brems nicht nur Experimentierfreudige und Lernwillige aus. Es suggeriert auch, dass alles, was nicht verboten ist, automatisch ungefährlich sei. Leider ist diese Denkweise weitaus riskanter, als mit gesundem Menschenverstand auch mal vermeintlich brenzlige Dinge zu probieren. Die Anregungen dazu finden Sie natürlich weiterhin in der Make, Deutschlands gefährlichstem DIY-Magazin.

*Daniel Bachfeld*

Daniel Bachfeld

**Sagen Sie uns Ihre Meinung!**

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

# Inhalt

## Umwelt im Blick

WLAN mit Kamera oder umgekehrt? Ein 5-Euro-Modul stellt nicht nur Bilder ins Netz, es kann auch autark auf Objekte oder erkannte Gesichter reagieren. Bürgernah geben sich auch Umweltsensor-Bausätze für die aufkeimende Citizen-Science-Bewegung.

**16** Citizen-Science: Bausätze mit Umweltsensoren

**28** Low-Cost-Webcam mit ESP32



## Sprachsteuerung

Wenn Worten auch (elektronische) Taten folgen, ist eine Sprachsteuerung im Spiel. Neuartige Module für den Arduino erledigen den komplexen Prozess der Sprachanalyse ganz ohne Online-Verbindung, ebenso eine kostenlose Library für den Raspberry Pi. Wir zeigen den Einstieg und auch gleich eine praktische Anwendung.

**38** Voice Recognition: Geräte mit Sprachsteuerung verstehen

**44** Befehlsempfänger: Sprach-Fernbedienung für Heimelektronik

**3** Editorial

**6** Leserforum

**8** Eisstiel-Plotter mit Pi-Steuerung

**16** Umweltsensoren: 4 Bausätze für die eigene Messstation

**24** Outdoor-Ausrüstung: Gewitterwarner

**28** Anleitung: WLAN-Cam mit ESP32 für 5 Euro

**33** 3D-Kurs für Maker: Konstruieren mit Blender 2.8

**34** Kommende Maker Faires

**36** Werkstattberichte: Neues aus der Szene, Comic

**38** Sprachsteuerung: 4 Module für Pi und Arduino

**44** Befehlsempfänger: TV und Funksteckdosen steuern

**52** Was uns inspiriert: Infinity-Art, Leuchtkleid, Kosmotroniks

**56** Smart Home: Dimmer mit Funk

**64** Vom Abfall zum Einfall: Creative Reuse Center

## Löt-Projekte

Wer 230V-Installationen und SMD-Teile nicht scheut, bekommt mit unserem IoT-Dimmer eine preiswerte Smart-Home-Komponente zum Selbstbau an die Hand. Der praktische Akku-Kapazitätsmesser als zweites Löt-Projekt ist dagegen einsteigerfreundlich aufzubauen.

- 56 Smarter Dimmer mit ESP8266 fürs DIY-IoT
- 100 Kapazitätsmessgerät für Powerbanks und Akkuzellen



## Für Draußenbleiber

Wenn es früher auf Langwelle krachte und knisterte, war ein Gewitter im Anmarsch. Auf dem gleichen Detektor-Prinzip beruht unser kleiner Blitzdetektor für Outdoor-Aktive. Die werden, wenn es etwas steiler zugeht, auch am DIY-E-Bike Freude haben.

- 24 Blitzdetektor mit Beetle-Mikrocontroller
- 80 E-Bike mit Akkuschauberantrieb



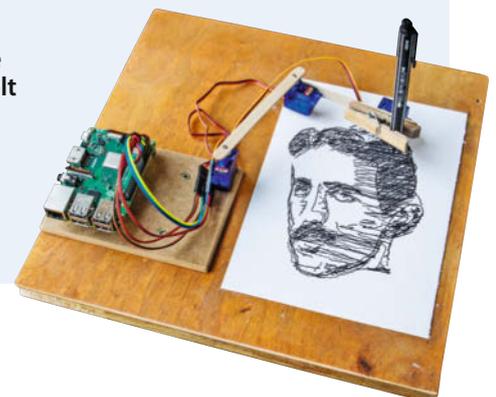
- 70 Make Family: Kettenreaktionsmaschine bauen
- 80 **Extrem basteln: Akkuschauber-Bike**
- 86 Community-Projekte: FABI-Assistenzsystem, Whiteboard-Wii, Abflussrohr-Teleskop
- 94 **400fach-CD-Wechsler reparieren**
- 98 Tipps & Tricks
- 100 **Kapazitätsmesser für Akkus**
- 106 Reingeschaut: Elektrische Nähmaschine
- 108 Schöner leben – mit 3D-Druck
- 118 Toaststempel für ein nerdiges Frühstück
- 120 **3D-Drucker von Prusa im Test**
- 122 Kurzvorstellungen: KI-Board, Spielekonsole, Raspi-Schalter, WLAN-Einplatinencomputer, Lasercutter-Kühlaggregat
- 126 Bücher: Hydraulik, Processing, Kabelkunde, Lego-Beleuchtung, Smart Home mit FHEM
- 128 Impressum / Nachgefragt
- 130 Vorschau auf Make 2/20

Themen von der Titelseite sind rot gesetzt.

## Eisstiel-Plotter

In der kalten Jahreszeit zwei Eisstiele zu besorgen, ist wahrscheinlich das Schwierigste an unserem Einsteiger-Projekt – der Rest findet sich in jeder mäßig sortierten Maker-Wühlkiste: Drei Servos, zwei Hölzchen, ein Raspi und etwas Heißkleber ergeben einen Stift-Plotter, der durchaus künstlerische Qualitäten hat.

- 8 Der einfachste Plotter der Welt



# Leserforum

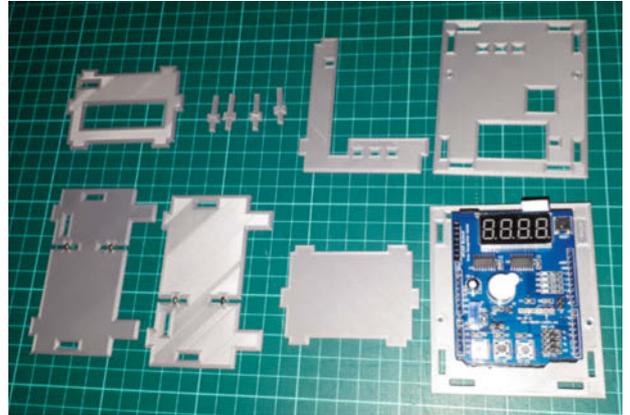
## 3D-Drucker statt Lasercutter

3D-Drucker-Vitrine, Make 3/18, S. 114

Ich habe die im Heft beschriebene 3D-Drucker-Vitrine in leicht abgewandelter Form nachgebaut. Da ich keinen Lasercutter besitze, habe ich basierend auf Ihrer Vorlage für das Gehäuse des Arduino samt Multi-Function-Shield ein 3D-Modell erstellt und dieses gedruckt. Es ist jetzt auf Thingiverse frei verfügbar:

► [thingiverse.com/thing:4101248](https://thingiverse.com/thing:4101248)

Anne Reich



**Wer eine 3D-Drucker-Vitrine baut, hat nicht unbedingt einen Lasercutter, aber auf jeden Fall einen 3D-Drucker – deshalb hat Anne Reich unsere Vorlage für das Arduino-Gehäuse in der Vitrine für den 3D-Druck modifiziert. Vielen Dank dafür!**

## Sicher statt effizient

„Making Time“, Effizienter in der Werkstatt arbeiten, Make 5/19, S. 94

Effizienz ist das eine, aber die Arbeitssicherheit sollte nicht darunter leiden. Das freihändige Kürzen der Schraube mit Akkuschauber und Sägeblatt kann man keinem verbieten, aber dies noch als effizient anzusehen, finde ich schon etwas haarsträubend. Die Zeitung wird von allen Altersklassen gelesen, und es ist schön, wenn sich auch junge Menschen dafür begeistern können. Damit diese Leute auch später noch Projekte mit zehn Fingern, zwei Augen und ohne Blessuren fertigstellen können, sollte man auch ein biss-

chen in Richtung sicheres Arbeiten denken und gewisse Praktiken nicht erwähnen. Es passieren auch so schon genug Unfälle im Privatbereich.

Andreas Baumgarten

## Besen-Recycling

Feuerwerksraketen-Startrampe, Make 6/19, S. 48

Anbei ein Foto meiner Interpretation der Feuerwerksraketen-Startrampe. Gebaut aus

einem altem Stubenbesen, bei dem die Borsten ihren Dienst getan hatten. Die alten Borsten habe ich mit einem großen Seitenschneider rausgeholt. An den Enden noch zwei Holzleisten für einen sicheren Stand befestigt – und fertig. Nach vielen gebastelten Startrampen bin ich mit dieser äußerst zufrieden. Wie man auf dem Foto vielleicht erkennen kann, ist sie seit mehreren Jahreswechsellern im Einsatz. Ich wünsche ein erfolgreiches neues Jahr 2020 mit vielen neuen Ideen!

Dirk Schmiedel

## 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 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](https://www.facebook.com/MakeMagazinDE)



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



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



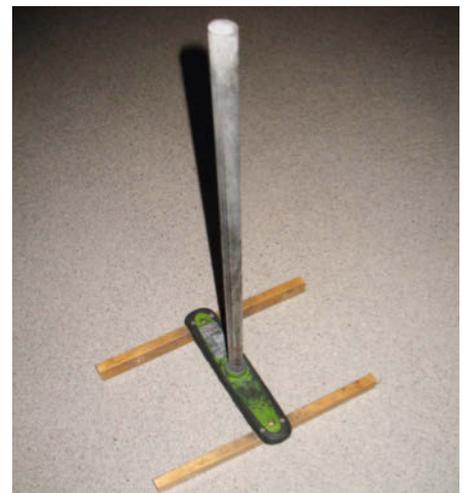
[pinterest.com/MakeMagazinDE](https://www.pinterest.com/MakeMagazinDE)



[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 Kurzinformatio am Anfang des jeweiligen Artikels.



**Es müssen nicht immer neue Metallprofile sein – ein alter Besen macht sich als Raketenstartrampe ebenfalls nützlich.**



## ODER AUTONOME DROHNE?

### Neugierig geworden?

Testen Sie jetzt 3 Ausgaben  
Technology Review und sparen  
Sie über 9 Euro.

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



Bestellen Sie jetzt unter  
[trvorteil.de/3xtesten](http://trvorteil.de/3xtesten)

 [trvorteil.de/3xtesten](http://trvorteil.de/3xtesten)

 +49 541/80 009 120

 [leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)

**Technology  
Review**  
Das Magazin für Innovation

## Niemand ist schuld

Sichtbar sein, Editorial in Make 6/19, S. 3

Liebe Frau Hansen, im Grunde haben Sie Recht, aber ... In Ihrem Editorial und auch in vielen anderen Artikeln zum Thema *Frau und Technik* kommt bei mir immer der Eindruck auf, als sei hier jemand Schuld an diesem Dilemma. Ich denke das nicht. Ich habe in den 80er Jahren Elektrotechnik studiert. Wir waren circa 250 Erstsemester – davon eine Frau. Und ich bin sicher, dass niemand verhindert hat, das mehr Frauen sich bei der E-Technik einschreiben.

Das Gleiche heute: Meine Frau arbeitet am hiesigen Lehrstuhl für Physik. Etwa 60–70 Studenten, davon weniger als 5 Frauen. Also, Frauen, traut euch! Ich bin fest davon überzeugt, niemand hindert euch!

Andreas Remane

*Ich sehe das Problem in einer größeren Schiefelage, was leider sehr viel schwerer zu korrigieren ist, als wenn es einen Schuldigen gäbe. Jede einzelne Ingenieurin, die ich kenne, hat Vorfälle erlebt, in denen ihre Fähigkeiten als (zukünftige) Ingenieurin explizit abgewertet wurden, weil sie eine Frau ist. Die Meisten sprechen über diese Erlebnisse nicht mit Männern und viele sagen zunächst, sie hätten nie Benachteiligungen erlebt. Aber im Laufe einer Diskussion fallen dann doch jeder Geschichten ein. Jedes Mal. Inzwischen ist übrigens wissenschaftlich erforscht, dass Eltern und Lehrkräfte in westlichen Ländern die technisch-mathematischen Fähigkeiten von Jungen und Mädchen entlang von Geschlechtervorurteilen einschätzen, statt anhand ihrer tatsächlichen Leistungen. (Helga Hansen)*

## Genderwahn verhindert Normalität

So lange, wie Frau immer wieder auf ihre Sexualität schaut und dem Genderwahn huldigt, wird sich keine Normalität einstellen. Und eine zahlenmäßige Gleichheit ist vielleicht mathematisch interessant, aber als Quotenfrau oder Quotenmann möchte sicher niemand qualifiziert werden. Meiner Ansicht nach werden wir es erst „geschafft“ haben, wenn man das eigene Geschlecht nicht mehr betont, sondern endlich akzeptiert, dass Menschen unterschiedliche Fähigkeiten und Ta-

lente haben, die allermeisten davon unabhängig vom Geschlecht. Also, liebe Genderinnen, schaut doch nicht immer nur auf Eure Hormone, schaut lieber auf Eure Profession!

Johannes Bormann

*Ich weiß leider nicht ganz, worauf Sie sich beziehen, denn ich habe in dem Editorial weder meine Sexualität noch die meiner Kolleginnen und Kollegen erwähnt. Und ob Sie homo-, bi- oder heterosexuell sind: Sie dürfen lieben, wen Sie wollen. Falls Sie sich dafür interessieren, wie das westliche Geschlechterklischee von Technik als Männersache bewusst geprägt wurde, empfehle ich Ihnen die Bücher „The Computer Boys Take Over“ von Nathan Ensmenger und „Programmed Inequality“ von Mar Hicks, die auch in Deutschland erhältlich sind. (Helga Hansen)*

Einen kurzen Überblick finden Sie auch online unter:

► [make-magazin.de/xumc](http://make-magazin.de/xumc)

## Mut zur Fräse

Gratulation zur dritten Redakteurin! Von Eurem Editorial zu den unsichtbaren Makerinnen in der neuesten Ausgabe fühle ich mich angesprochen. Auch ich habe es in meinen Fräsenbau-Workshops bei CNC14 fast nur mit Männern zu tun und nur selten mit Teilnehmerinnen, obwohl ich mir erhofft hatte, dass ich Frauen Mut machen würde, sich an das Fräsenthema heranzutrauen.

Birgit Hellendahl





# Der einfachste Plotter der Welt

Ein Raspberry Pi, drei Servos, zwei Eisstiele, eine Wäscheklammer, ein paar Kabel, Heißkleber und eine Stunde Zeit – mehr braucht es nicht für den Bau eines *BrachioGraphen*, der simpelsten denkbaren Zeichenmaschine.

von Peter König

**R**affiniert eingesetzt als Schulter-, Ellenbogen- und Handgelenk eines simplen Roboterarms führen drei billige Servos in koordinierten Bewegungen einen Stift übers Papier, wo sich scheinbar zusammenhanglose Linien nach und nach zu einer faszinierenden Zeichnung verdichten. Gerade die beschränkte Präzision dieser minimalen Mechanik lässt die Grafik am Ende expressiv wirken – wie handgemacht.

Das Beste ist: So eine Zeichenmaschine kann jeder in einer Stunde selbst bauen. Die Idee und die Umsetzung stammen vom italienischen Python-Entwickler Daniele Procida, der seinen *BrachioGraphen* (lateinisch/griechisch: „Armzeichner“) im Web ausführlich dokumentiert hat (siehe Link in der Kurzinfor). Wozu also noch einen ausführlichen Artikel hier im Heft? Weil wir beim Nachbau des Projekts gemerkt haben, dass in Procidas Anleitung ein paar Fragen offen bleiben, die speziell Neulinge auf dem Pi viel Zeit kosten. Andere Aspekte erklärt er hingegen sehr ausführlich, die aber in erster Linie für mögliche Varianten der Konstruktion interessant sind, Einsteiger aber eher verwirren.

Unser Ziel ist aber, dass Sie sich auch praktisch ohne Vorkenntnisse selbst eine solche Zeichenmaschine bauen können. Deshalb beschreiben wir im Folgenden Schritt für Schritt den direkten Weg zum eigenen *BrachioGraphen* in der Standardausführung. Wir setzen lediglich voraus, dass Sie in der Lage sind, ein paar Kabel zusammenzulöten sowie auf einem Raspberry Pi Software zu installieren und den Einplatinenrechner über die grafische Oberfläche zu bedienen.

Wir haben für unseren Nachbau einen Raspberry Pi 3 B+ benutzt, an den wir Bildschirm, Tastatur und Maus angeschlossen haben. Als System installierten wir ein aktuelles Raspbian Buster mit Desktop und empfohlener Software – den aktuellen Standard für den Einplatinenrechner. Wenn Sie noch nie ein System auf einem Raspi eingerichtet haben, lesen Sie in unserer ausführlichen Online-Anleitung, wie Sie das Image auf die SD-Karte bekommen (siehe Link in der Kurzinfor).

## Plotterbau

Der Bau beginnt beim Schultergelenk des Roboterarms, das aus einem Servo besteht. Da an diesem Servo später die gesamten Kräfte der Konstruktion ansetzen, muss er fest mit einer Basis verbunden sein und gleichzeitig 6 bis 7mm über der späteren Zeichenfläche sitzen, um dem Arm genügend Bewegungsspielraum zu geben.

Wir haben den Servo dazu einfach mit Heißkleber an den Rand eines Stückes 6mm starker MDF-Platte geklebt <sup>1</sup>, die wir anschließend auf das 30cm x 30cm große Zeichenbrett geschraubt haben. Alternativ kann

## Kurzinfor

- » **Simpler Roboterarm mit Schulter- und Ellenbogengelenk sowie Stifthebe-Servo**
- » **Fotovorlagen mit Python-Skripten in Umrisslinien und Schraffuren verwandeln**
- » **Unbegrenzte Experimente mit beliebigen Stiften und Papieren möglich**

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
eine Stunde



**Kosten:**  
ab 10 Euro, je nach Servos und Inhalt der Bastelkiste (ohne Raspberry Pi, Tastatur, Maus und Monitor)



**Löten:**  
einfache Kabelverbindungen



**Programmieren:**  
Raspberry Pi konfigurieren, Pakete installieren, Umgang mit Kommandozeile

### Material

- » **Raspberry Pi 3 B+** oder andere Version, mit SD-Karte, Monitor, Tastatur und Maus
- » **Netzteil für den Raspi 5V, 2,5A**
- » **3 analoge Servos** mit Ruderhörnern, beispielsweise Typ 9g, müssen aber nicht alle identisch sein
- » **11 Jumperkabel** male-female, 20cm
- » **2 Eisstiele** oder ähnliche Holzleisten mit 11–12cm Länge
- » **Wäscheklammer** Holz, Bambus oder was sich sonst gut kleben lässt
- » **kleines Brettchen oder Kapaplatte** oder Ähnliches, als Unterfütterung für den zentralen Servo, etwa 6–7mm stark
- » **Grundplatte** optional, etwa 30cm x 30cm
- » **Stift** Filzstift oder ähnliches Zeichengerät

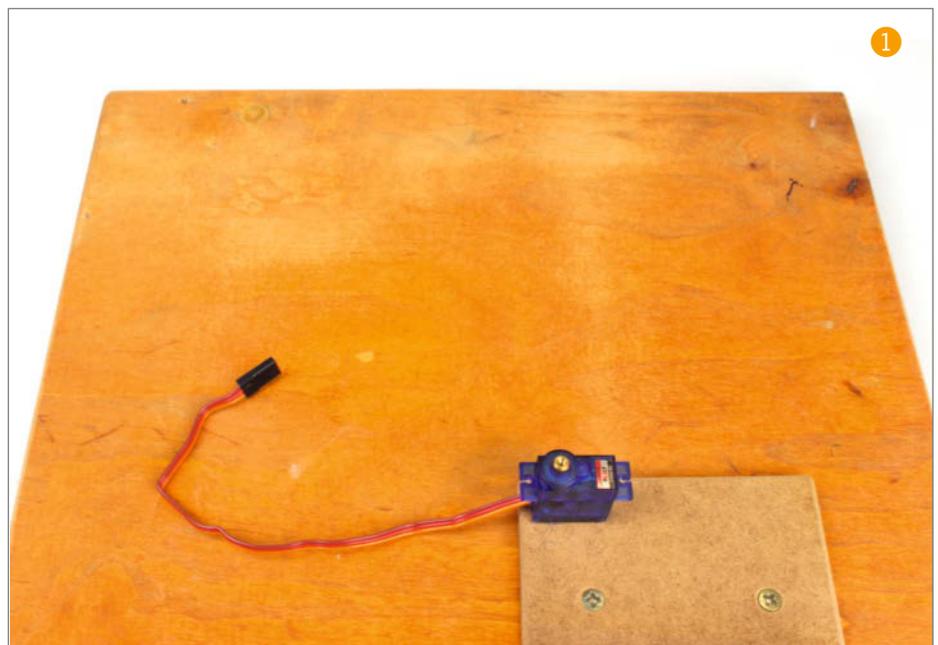
### Werkzeug

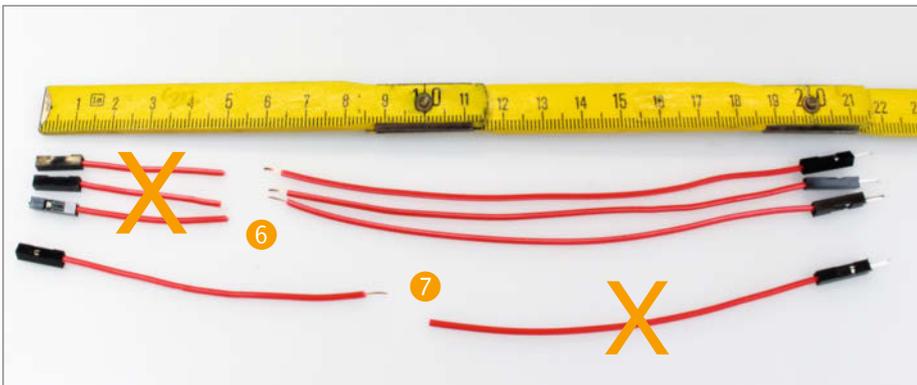
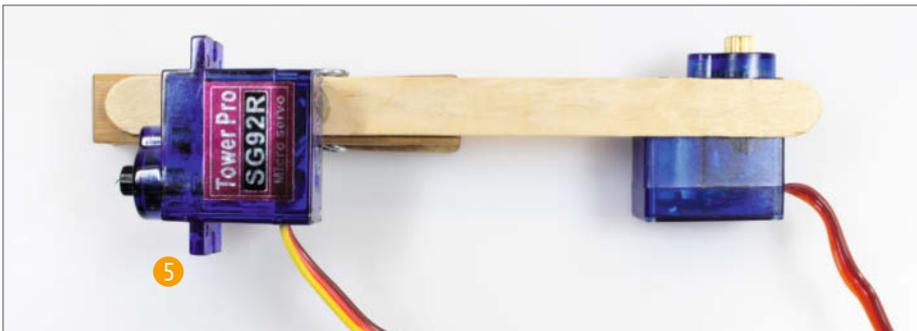
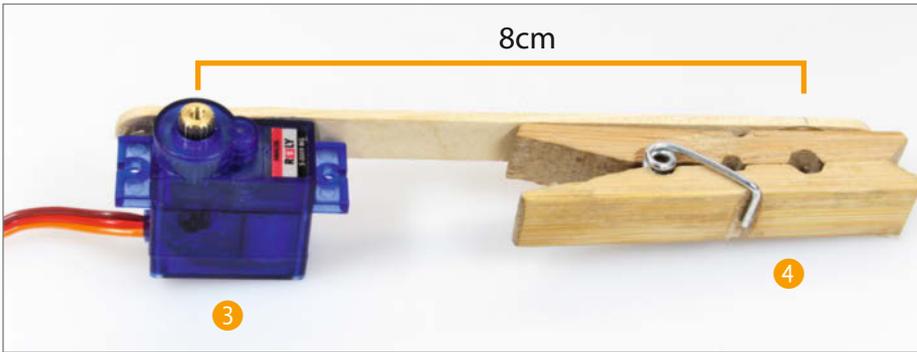
- » **LötKolben** mit Zinn
- » **Schrumpfschlauch**
- » **Seitenschneider**
- » **feiner Kreuzschlitzschraubendreher** für die Servohörner
- » **Heißklebepistole** oder anderer Klebstoff
- » **Bohrmaschine** mit Bohrer 4mm, optional

### Mehr zum Thema

- » Florian Schäffer, Servos für jeden Zweck, *Make* 3/18, S. 46

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/x6n4](https://make-magazin.de/x6n4)





man auf ein solches Zeichenbrett verzichten und die Basis unter dem Schultergelenk später mit einer Schraubzwinge auf einer Tischplatte festklemmen, die dann als Zeichenfläche dient.

### Oberarm vorbereiten

Eisstiele sind für den Ober- und den Unterarm des BrachioGraphen ideal. Sind die nicht zur Hand, eignet sich stattdessen eigentlich so gut wie alles, was lang genug (etwa 11 Zentimeter), hinreichend stabil und gut zu kleben ist – ob Holzleisten oder feste Pappstreifen.

Arbeitet man mit Holz und hat man eine Bohrmaschine, ist es eine gute Idee, für die Befestigungsschrauben der Servohörner in die Oberarmleiste zwei Löcher zu bohren. Die Löcher müssen mindestens den Durchmesser der Schraubenköpfe (bei den 9g-Servos in der Regel 4mm) und einen Abstand von genau 8cm haben (2). Wer nicht bohrt, zeichnet die Positionen der Servoachsen aber zumindest an.

**Achtung:** Die so vorbereitete Oberarmleiste wird erst nach Installation der Software und einem ersten Funktionstest montiert – Gleiches gilt für die Ruderhörner der Servos. Deren Ritzel bleiben deshalb bis auf weiteres nackt.

### Unterarm bauen

Der zweite Servo bildet das Ellenbogengelenk, der zweite Eisstiel den Unterarm. Zunächst klebt man das Servogehäuse wie im Bild gezeigt mit Heißkleber an den Stiel (3). Dann befestigt man die Wäscheklammer am anderen Ende des Stiels, sodass die Entfernung zwischen Servoachse und Öffnung in der Klammer wiederum 8cm beträgt (4).

Anschließend dreht man den Stiel um und legt den Unterarm auf Klammer und Servo ab. Der dritte Servo, sozusagen das Handgelenk des BrachioGraphen, hebt und senkt das Ende des Unterarms ein kleines Stück – die Bewegung ist aber groß genug, dass der Stift in einer Stellung das Papier berührt und in der anderen vom Papier abgehoben ist. Der Servo wird am Klammer-Ende des Unterarm-Stiels angeklebt (5). Bei 9g-Servos sitzt er genau richtig, wenn seine Oberkante mit der Oberkante des Stiels bündig ist.

### Kabelbaum löten

Jeder der drei Servos verfügt über drei Anschlüsse, je einen für das Signal, für 5V Spannungsversorgung und Masse. Verschiedene Hersteller ordnen die Servoleitungen unterschiedlich an und kodieren sie farblich leider nicht einheitlich (mehr Grundlagen zu Servos siehe Make 3/18). Da die Kabel an den Servos

in der Regel zu kurz sind, um für die ausladenden Bewegungen des BrachioGraphen genügend Spielraum zu bieten, werden sie durch die Jumper-Kabel um je 20cm verlängert. Deren Stecker (male) passen in die Servokontakte, die Buchsen (female) auf die GPIO-Pins des Raspi.

Leider hat der Raspberry nicht genügend 5V-Pins für drei Servos, deshalb muss man Servo-Anschlusskabel zusammenschalten. Dazu knipst man die drei Jumperkabel für die 5V-Leitungen etwa 5cm vor der Buchse ab und entfernt auf etwa 5mm die Isolierung **6**. Bei einem anderen Kabel schneidet man genau dieses Buchsenende auf eine Länge von 9cm zu und entfernt dort ebenfalls die Isolierung **7**. Die durchgestrichenen Kabelenden kommen weg. Anschließend lötet man die vier blanken Enden zusammen **8** und isoliert die Lötstelle mit Schrumpfschlauch. Dann legt man das Buchsenende in eine Schlaufe, sodass von Steckern zu Buchse wieder dieselbe Länge entsteht wie bei den originalen Jumperkabeln, und fixiert die Schlaufe wiederum mit Schrumpfschlauch **9**.

Für die Masseleitungen kann man auf dieselbe Weise einen zweiten Kabelbaum bauen, das haben wir der Übersichtlichkeit halber gemacht. Wer nach einer Lötstelle schon genug hat, kann aber auch die Masseleitungen der Servos einzeln mit Jumperkabeln an Massepins am Raspi anschließen – davon gibt es genügend.

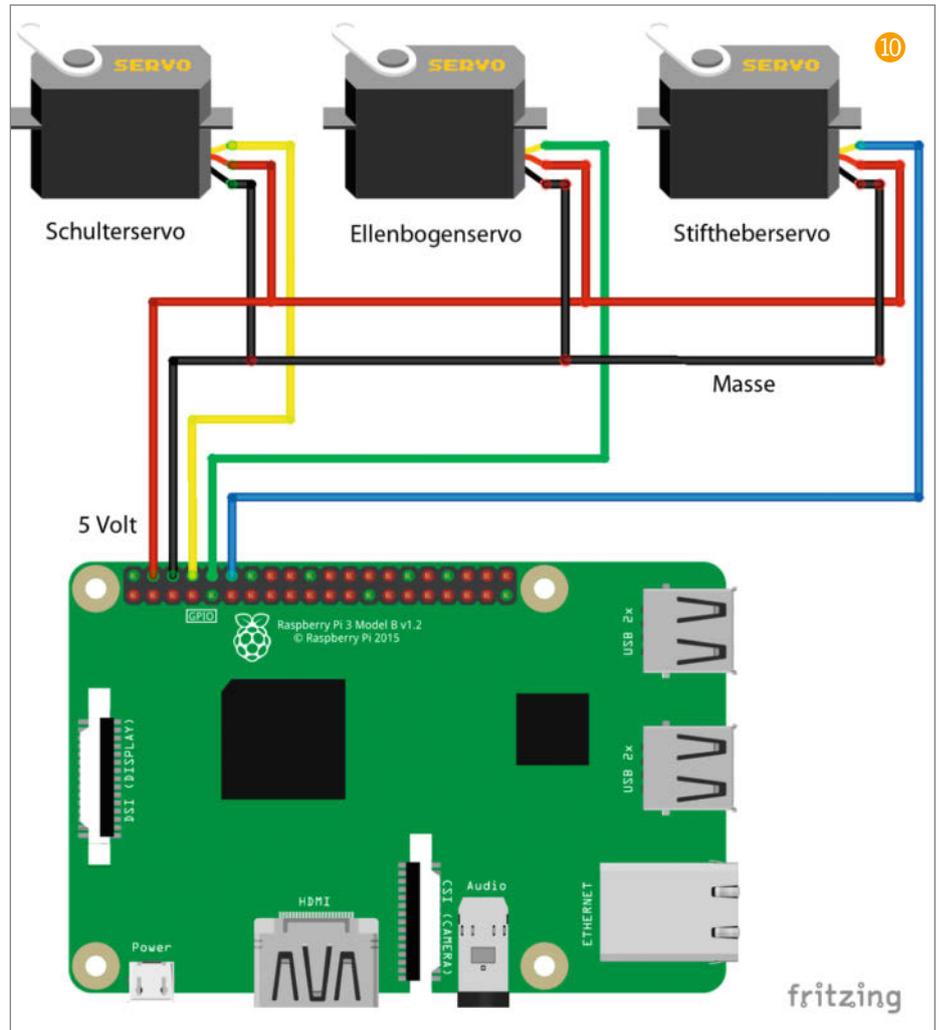
## Raspberry verkabeln

Jetzt steckt man die Stecker des 5V-Kabelbaums in die Kontakte der drei Servos und die Buchse am Ende auf Pin 4 des Raspi **10**. Dasselbe geschieht mit dem Masse-Kabelbaum, dessen Buchse auf Pin 6 gesteckt wird (wer drei einzelne Masseleitungen benutzt, findet dafür online einen Plan).

Anschließend sind die Signalleitungen dran: Der Schulterservo kommt an Pin 8, der Ellenbogen an Pin 10 und der Stifthebe-Servo an Pin 12. Überprüfen Sie die Verkabelung lieber einmal zu viel! Wir haben zur besseren Orientierung für die 5V-Verbindungen rote Kabel, für die Masse braune und für die drei Signalleitungen je ein gelbes, ein grünes und ein blaues Jumperkabel verwendet, das hilft bei der Übersicht.

## Software installieren

Die Installation der Software auf dem Raspi ist weder aufwendig noch schwierig. Da hierfür aber eine Reihe von Eingaben auf der Kommandozeile nötig sind, haben wir die ausführliche Konfigurations- und Einrichtungsanleitung online gestellt, aus der heraus Sie alle Eingaben per Copy & Paste übernehmen können. Öffnen Sie einfach



auf dem Raspberry Pi einen Browser und tippen Sie die URL aus der Kurzinfor in die Adresszeile ein, um zu dieser Anleitung zu gelangen.

Deshalb hier nur eine kurze Zusammenfassung zur Übersicht. Ausgangspunkt ist ein frisches, aktuelles Raspbian Buster, mit allen eingespielten Updates. Dann installiert man folgende Pakete:

- Die I/O-Pin-Bibliothek PIGPIO
- Die Mathematikbibliothek Numpy
- Die Hilfspakete *tqdm* für Fortschrittsbalken in der Konsole und *readchar*, damit man im Testmodus den Plotter mit Tastenkombis steuern kann.

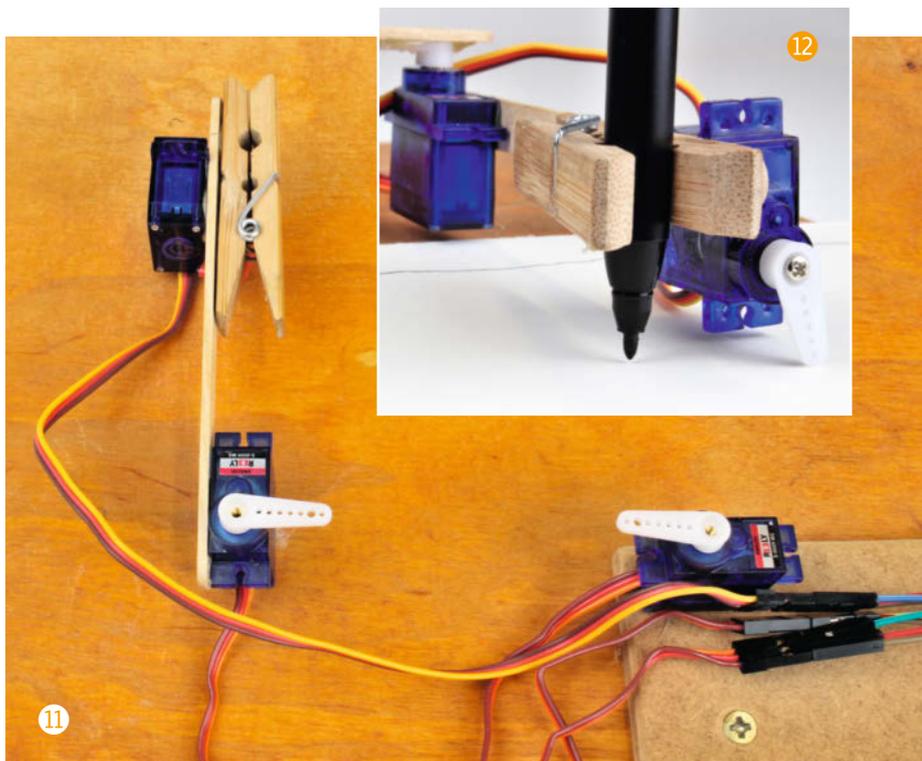
Anschließend klonet man die Software des BrachioGraphen aus unserem GitHub. Sie besteht aus ein paar Python-Skripten, die anschließend im Verzeichnis `/home/pi/BrachioGraph` landen.

## Funktionstest

Jetzt wird es spannend. Öffnen Sie ein Terminal und starten Sie den PIGPIO-Demon, indem Sie in die Kommandozeile eingeben:

```
sudo pigpiod
```

Dieser Demon ist ein Hintergrundprozess, über den die GPIO-Pins durch die Brachio-



Graphen-Software angesteuert werden. Er läuft weiter, bis Sie den Raspi herunterfahren, selbst wenn Sie die Skripte für die Ansteuerung des Plotters unterbrechen und den Python-Interpreter beenden.

Anschließend wechseln Sie ins Programmverzeichnis:

```
cd BrachioGraph
```

und starten den Python-3-Interpreter durch Eingabe von

```
python3
```

Ab jetzt wird alles, was Sie hinter die Eingabeaufforderung von drei spitzen Klammern tippen, als Python-Code interpretiert und ausgeführt, sobald Sie die Enter-Taste betätigen. Keine Panik, Sie können den BrachioGraphen auch ohne jegliche Python-Kenntnisse bedienen. Wir zeigen Ihnen im Folgenden das Nötigste, was Sie dafür wissen müssen.

Tippen Sie nacheinander die beiden folgenden Zeilen (die eingerückten Teile gehören noch zur Zeile dazu) und drücken Sie danach jeweils Enter:

```
from brachiograph import
    BrachioGraph
bg = BrachioGraph(inner_arm=8,
    outer_arm=8)
```

Damit machen Sie der Software die ersten Eigenschaften Ihres BrachioGraphen bekannt: die Länge des Ober- und Unterarms, jeweils in Zentimetern. Gleichzeitig haben Sie definiert, wie Sie Ihre Zeichenmaschine im Programm ansprechen werden, nämlich

durch den Bezeichner `bg`. Wenn Sie im Folgenden Kommandos an den BrachioGraphen absetzen wollen, tippen Sie deshalb `bg`, gefolgt von einem Punkt und dem gewünschten Befehl – als Nächstes:

```
bg.set_angles(angle_1=-90, angle_2=90)
```

Das setzt das Schultergelenk auf den Winkel  $-90$  Grad und das Ellenbogengelenk auf  $90$  Grad. Wenn sich die Servos jetzt nicht bewegt haben, ist das ein gutes Zeichen, denn sie sollten bei der Initialisierung bereits genau diese Positionen eingenommen haben.

Stecken Sie je ein Servohorn auf Schulter- und Ellenbogengelenk. Dann wiederholen Sie den Befehl von oben, nur dass Sie bei je einer Angabe die Winkelangaben um  $5$  Grad verändern. Mit den Pfeiltasten nach oben und unten können Sie schnell durch die Liste der zuvor eingegebenen Kommandos blättern und die dann verändern. Wenn Sie einen Wert erhöhen, sollte sich der entsprechende Servo im Uhrzeigersinn bewegen (Achtung:  $-85$  ist größer als  $-90$ !). Falls ja, ist alles in Ordnung, falls nicht, finden Sie über den Link in der Kurzinfo das Rezept zur Abhilfe.

## Endmontage

Wiederholen Sie das oben gezeigte Kommando nochmals mit `(angle_1=-90, angle_2=90)`, um die Servos wieder in Ausgangsposition zu bringen. Dann schrauben die beiden Servohörner fest, und zwar möglichst nah an der Position, die im Bild 11 zu

sehen ist – die Arme sollen später in der Ausgangsposition in etwa einen rechten Winkel bilden. Dann kleben Sie die eingangs vorbereitete Oberarmleiste als Verbindung auf den beiden Servohörnern fest und achten dabei darauf, dass die Servoachsen exakt  $8\text{cm}$  voneinander entfernt sind. Wer vorab Löcher gebohrt hat, klebt die Leiste so auf, dass die Löcher genau über den Schrauben in den Servoachsen sitzen – so kann man später den Arm demontieren, ohne gleich die Klebestelle aufreißen zu müssen.

Jetzt fehlt noch das letzte Servohorn am Ende des Arms, das später den Stift vom Blatt hebt beziehungsweise absenkt. Klemmen Sie einen Stift in die Wäscheklammer, sodass die Spitze ein bis zwei Millimeter über den unterstem Punkt des Servogehäuses herausragt. Stecken Sie dann das Servohorn provisorisch so auf das Ritzel der Servoachse, dass es die Stiftspitze ebenfalls einen Millimeter von der Grundfläche abhebt 12. Wenn Sie dann eingeben

```
bg.pen.rpi.set_servo_pulsewidth(18, 1850)
```

sollte das Servohorn nach oben schwenken und die Stiftspitze sollte die Zeichenfläche berühren. Bei Eingabe von

```
bg.pen.rpi.set_servo_pulsewidth(18, 1500)
```

sollte der Servo den Stift wieder anheben. Funktioniert das, schrauben Sie das Servohorn in dieser Position fest. Klappt es nicht, setzen Sie das Servohorn um einen Ritzelzahn versetzt auf und probieren weiter, bis Sie eine passende Position gefunden haben.

## Justierung

Eine vollständige Initialisierung des Plotters erfordert eine ganze Reihe von Parametern. Die kann man zwar bei jedem Programmstart neu eintippen, das ist aber mühsam. Lieber lädt man sich alles auf einen Rutsch aus einer Datei und kann dann gleich loslegen. Wir haben die passende Initialisierung für den hier beschriebenen Standard-BrachioGraphen in die Datei `plotter.py` 13 gepackt.

Mit Hilfe dieser Datei starten Sie den Plotter in der Python-3-Laufzeitumgebung über:

```
exec(open("plotter.py").read())
```

Diese Zeile weist den Python-Interpreter an, die Datei `plotter.py` zu öffnen, deren Inhalt einzulesen und auszuführen – es passiert schlicht dasselbe, als ob Sie den kompletten Inhalt aus dem Listing 13 von Hand eintippen würden.

Der Parameter `bounds` definiert die Koordinaten des Zeichenbereichs, die Zahlen entsprechen Zentimetern. Als allerersten Funktionstest können Sie mal ein Blatt Papier auf die Zeichenfläche legen (mindestens DIN

A5), mit Klebestreifen fixieren und dem Plotter befehlen, seinen Arbeitsbereich zu umreißen:

```
bg.box()
```

Erwarten Sie hier bitte kein Rechteck, wie mit dem Lineal gezogen <sup>14</sup>! Das ist mit so einer simplen Mechanik einfach nicht drin. Klappt das Zeichnen des Rechtecks, können Sie Ihren BrachioGraphen schon mal auf eine „echte“ Zeichnung loslassen. Wir haben dazu das Motiv vom Foto auf Seite 8 gleich mit auf GitHub gepackt:

```
bg.plot_file("tesla.json")
```

Achtung: Bis der BrachioGraph Nikola Tesla fertig gestrichelt hat, geht ungefähr eine Viertelstunde ins Land.

## Feintuning

Wenn die beiden Arme des Plotters direkt nach dem Initialisieren nicht genau rechtwinkelig ausgerichtet sind, sitzt die Zeichnung später leicht gedreht auf dem Blatt oder ist in sich verzogen. Zur Korrektur starten Sie den Plotter wieder über die Datei `plotter.py` und geben dann ein:

```
bg.drive()
```

Erstmal passiert dann noch nichts, aber Sie können die Arme jetzt interaktiv steuern: Die Tasten `a` und `s` bewegen den Schulterservo, die Tasten `k` und `l` den Ellenbogen (feinere Schritte gelingen, wenn Sie dabei die Shift-Taste gedrückt halten). Die Software zeigt Ihnen ständig die aktuellen PWM-Werte an – über diese Pulsweitenmodulationswerte steuert der Raspi die Servoposition.

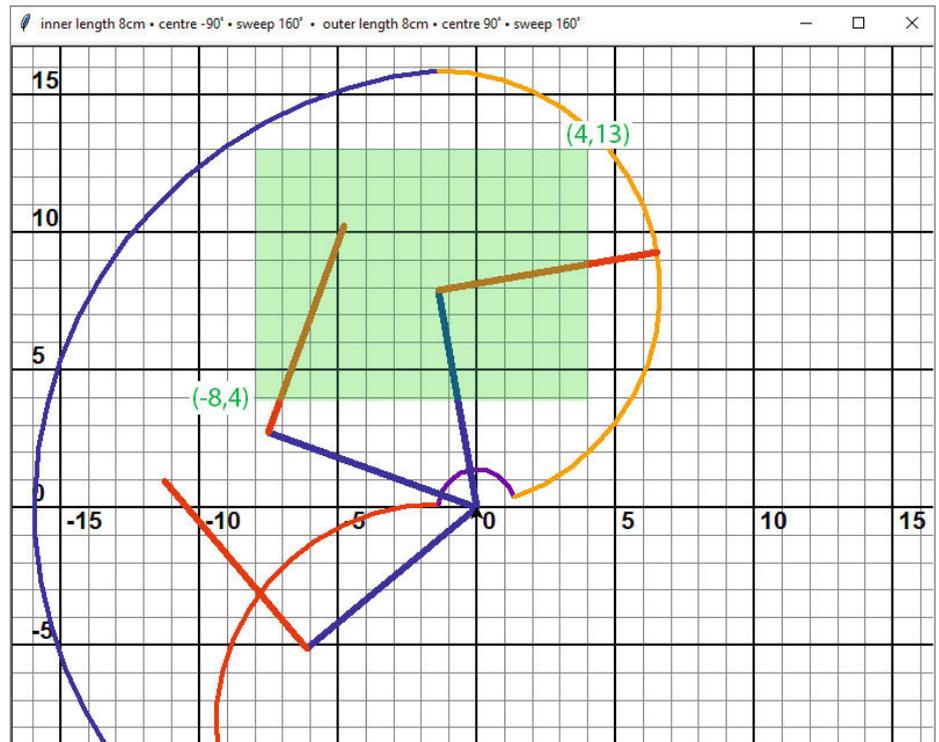
Korrigieren Sie mit Hilfe der Tastensteuerung die Ausgangsposition des Arms so, dass Ober- und Unterarm in einem rechten Winkel zueinander stehen und der Oberarm parallel zum Papier liegt. Öffnen Sie dann die Datei `plotter.py` mit einem Editor (wenn Sie weder `nano` noch `vi` bevorzugen, im Zweifel einfach doppelklicken) und tragen Sie die beiden zuletzt angezeigten PWM-Werte statt des Standardwerts 1500 bei den Variablen `servo_1_centre` und `servo_2_centre` ein. Speichern Sie die Datei, verlassen Sie den interaktiven Plottermodus über die Taste `0` und initialisieren Sie den Plotter aus der Datei `plotter.py` aufs Neue. Jetzt sollte der Arm die exakt rechtwinkelige Grundposition einnehmen und der Kasten bei `bg.box()` weniger verzerrt erscheinen.

Auch die beiden Positionen für den Stifthebeservo sind direkt als PWM-Werte angegeben. Falls die Bewegung zu heftig ist und sich dadurch die horizontale Stiftposition zu stark ändert, kann man auch hier mit anderen Werten experimentieren, die man in die Datei `plotter.py` einträgt.

## plotter.py

13

```
from brachiograph import BrachioGraph
bg = BrachioGraph(
    inner_arm=8,           # Oberarmlänge cm
    outer_arm=8,          # Unterarmlänge cm
    bounds=(-8, 4, 4, 13), # Koordinaten Zeichenbereich
    servo_1_degree_ms=-10, # Bewegung Schulterservo
    servo_2_degree_ms=10,  # Bewegung Ellenbogenservo
    servo_1_centre=1500,   # Mittelstellung Schulter
    servo_2_centre=1500,   # Mittelstellung Ellenbogen
    pw_down=1850,         # Position Stift unten
    pw_up=1500,           # Position Stift angehoben
)
```



<sup>15</sup> Der theoretische Bewegungsbereich des BrachioGraphen bei Ober- und Unterarmlängen von je 8cm und 160 Grad Bewegungswinkel der Servos. Eingezeichnet ist der Zeichenbereich aus der Konfigurationsdatei.

Die Grenzen der Zeichenfläche sind in unserer Konfiguration konservativ gewählt – wir gehen etwa davon aus, dass die Servos nur einen Öffnungswinkel von 160 Grad haben (stattdessen haben sie in der Praxis 180). Wenn Ihnen der BrachioGraph zu klein zeichnet, können Sie seine Grenzen selbst austesten, und zwar mittels:

```
bg.drive_xy()
```

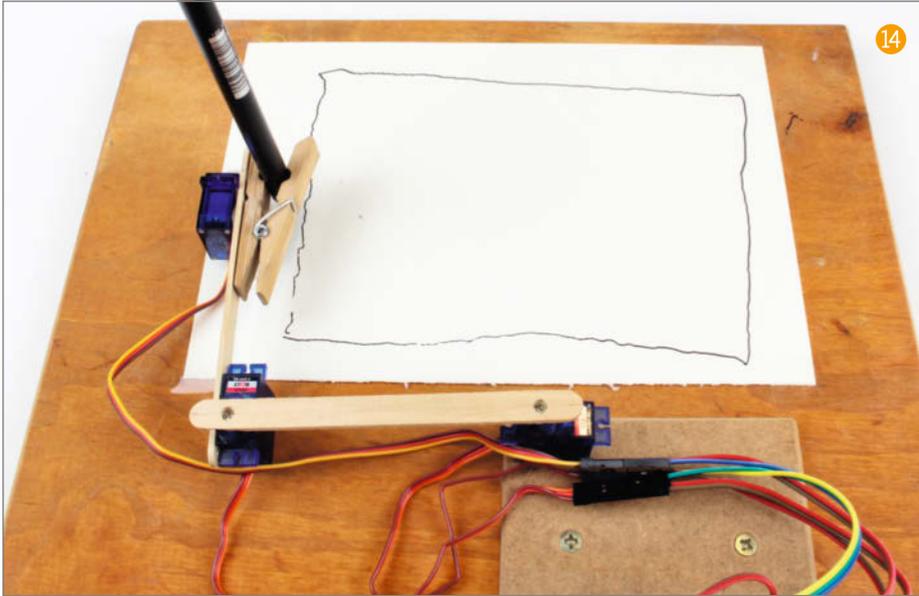
Das startet wiederum einen interaktiven Modus, der auf Tasteneingaben wartet. Die Tasten `a` und `s` verändern die x-Position in Zentimeterschritten (mit Shift in Millimetern), `k` und `l` ändern die y-Position. Das Programm zeigt zudem die aktuelle Position des Stifts im Koordinatensystem <sup>15</sup> an. Auf diese Weise können Sie die Ecken des maximalen Zeichenbereichs erforschen und dessen Ko-

ordinaten wiederum bei `bounds` in der Datei `plotter.py` eintragen. Frisch initialisiert sollte der Plotter bei `bg.box()` jetzt einen größeren Kasten zeichnen.

## Bilder aufbereiten

Wenn Ihr BrachioGraph gut eingestellt ist und bereits genügend Porträts von Nikola Tesla produziert hat, ist Zeit, eigene Fotovorlagen umzuwandeln. Dazu muss man sich noch die Python-Bildverarbeitungsbibliotheken `Pillow` und `OpenCV` installieren (die Kommandos für Copy & Paste finden Sie wieder über den Link in der Kurzinfo).

Legen Sie das Foto im Format `.jpg`, `.png` oder `.tif` auf dem Raspberry Pi ins Verzeichnis `/home/pi/BrachioGraph/images` ab. Starten Sie anschließend wieder über `python3` den



Python-Interpreter und tippen nacheinander folgende beide Zeilen ein:

```
from linedraw import *
image_to_json("bild",
              draw_contours=2, draw_hatch=16)
```

wobei Sie statt `bild` den Namen Ihrer Bilddatei einfügen, ohne Dateierweiterung, aber mit Anführungszeichen drumherum.

Heraus kommt einmal eine JSON-Datei für den Plotter, die Sie dann wie im Tesla-Beispiel mit `bg.plot_file()` zeichnen lassen können. Zusätzlich erzeugt der Code auch eine SVG-Datei: eine Vektorgrafik, die man sich in jedem Browser anzeigen lassen kann. Damit lässt sich das Ergebnis vorab beurteilen – sieht die Grafik komisch aus, lohnen sich Experimente mit den Werten der beiden Parameter `draw_contours` für

die Konturen und `draw_hatch` für die Schraffur. Je höher diese Zahl ist, desto weniger Linien erzeugt die Software und desto kürzer dauert die Berechnung, aber auch der Zeichenvorgang. Aus unserer Fotovorlage aus der Innenstadt von Hannover <sup>16</sup> haben wir beispielsweise mit den Parametern von 1 für Konturen und 10 für Schraffur eine detaillierte Strichvorlage erzeugt <sup>17</sup>, an der unser BrachioGraph am Ende allerdings über zwei Stunden zeichnete <sup>18</sup>.

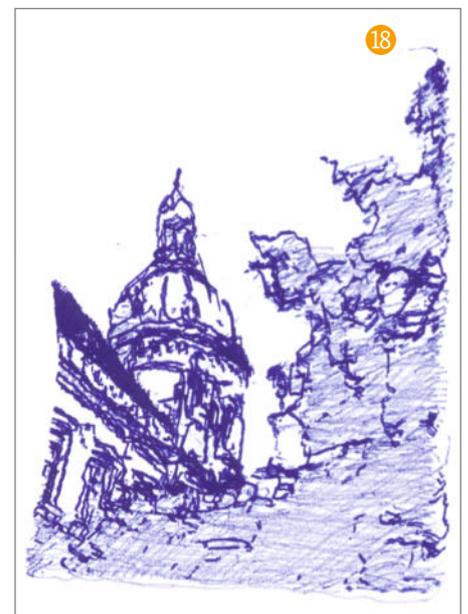
### Weiterzeichnen!

Ihr BrachioGraph läuft und zeichnet? Prima! Lassen Sie uns gerne Fotos seiner Werke per Mail an [mail@make-magazin.de](mailto:mail@make-magazin.de) zukommen. Es lohnen sich Experimente mit verschiedenen Stiften und Papieren und auch den Pa-

rametern beim Vektorisieren. Gibt man für `draw_contours` oder `draw_hatch` als Wert 0 an, erzeugt die Software keine Konturen oder Schraffuren. So kann man zwei getrennte Dateien für Konturen und Schraffuren anlegen und zwischendrin den Stift wechseln ... ob da am Ende eine schöne zweifarbige Grafik herauskommt, ist allerdings Glückssache, weil der BrachioGraph keine präzise Nullposition kennt.

Beim Bau der Hardware sind viele Varianten denkbar. Verwendet man unterschiedliche Servos aus der Bastelkiste, nimmt man für das Schultergelenk auf jeden Fall das kräftigste Exemplar. Eventuell spart man sich dann auch die Unterfütterung für die Schulter, falls die Servogehäuse unterschiedlich groß sind. Man kann problemlos BrachioGraphen mit anderen Armlängen und auch unterschiedlich langen Gliedern bauen, die Software ist frei konfigurierbar und es gibt sogar eine komplette Simulation für alle denkbaren Plotter als Python-Turtle-Grafik.

Das hier beschriebene Setup mit Tastatur, Maus und Monitor am Raspi empfehlen wir vor allem Einsteigern, weil man dann alles von der Installation der Software über die Aufbereitung der Fotovorlagen zum Plotten bis zum Betrieb des BrachioGraphen auf einem System erledigt. Wer den Plotter hingegen mitnehmen und mobil vorführen will, installiert die Software lieber *headless* auf einem Pi Zero, bereitet die Grafiken auf einem Laptop vor und schickt die Kommandos über USB oder WLAN zur Zeichenmaschine. Hier sind dann wiederum die eingangs erwähnten weiterführenden Anleitungen von Daniele Procida auf der Webseite zum BrachioGraphen äußerst hilfreich. —pek





# UNSER SORTIMENT VON MAKERN FÜR MAKER

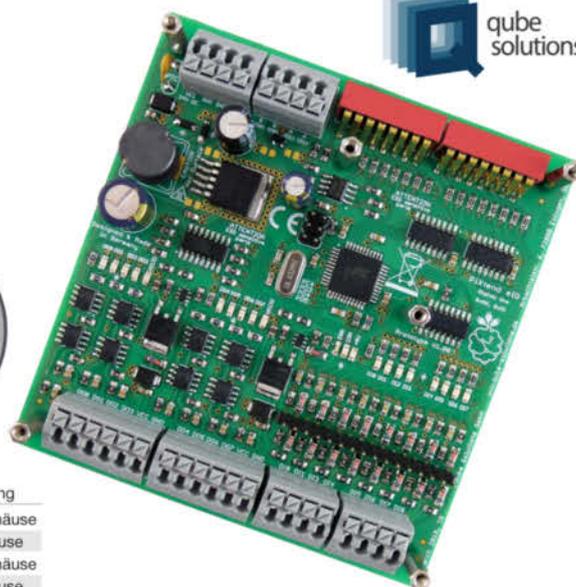
The best part of your project: [www.reichelt.de/sortiment](http://www.reichelt.de/sortiment)

Unsere Produktmanager sind selbst Techniker, Ingenieure und Maker. Wir wählen von allen Herstellern nur die besten Produkte aus. Für Sie machen wir Innovationen und Technikrends schnell verfügbar und für jeden bezahlbar.

## I/O-Erweiterungssysteme – SPS PiXtend eIO

PiXtend eIO (economic Input and Output) ist das I/O-Erweiterungssystem für alle, die auf der Suche nach preiswerten, Allzweck Ein- und Ausgängen sind - digital & analog. Die Einhaltung des weltweiten Industriestandards hat große Vorteile im Bezug auf Stabilität und Störuneempfindlichkeit. Alle gängigen Sensoren & Aktoren finden an PiXtend eIO leicht Anschluss.

- mit Ein- und Ausgängen, digital oder analog
- mit und ohne hochwertigem Hutschienengehäuse
- nach Industriestandard IEC/EN 61131-2 (SPS-Norm)



**NEU**

ab **99,50**

Bestell-Nr.:	eIO-Modul	Ausführung
<b>PIXTEND EIO DIGB 99,50</b>	digital	ohne Gehäuse
<b>PIXTEND EIO DIGP 129,50</b>	digital	mit Gehäuse
<b>PIXTEND EIO ANAB 209,50</b>	analog	ohne Gehäuse
<b>PIXTEND EIO ANAP 259,50</b>	analog	mit Gehäuse

## Raspberry Pi 4

Der Raspberry Pi hat sich seit der ersten Veröffentlichung Anfang 2012 weltweit schon millionenfach verkauft. Doch der aktuelle Pi 4 übertrifft noch einmal alles!

- 1,5 GHz Quad-Core-CPU
- 2x microHDMI 4k@60fps
- Gigabit LAN & USB 3.0
- WLAN AC & BT 5.0
- USB Type-C (5V/3A)



Bestell-Nr.:		RAM
<b>RASP PI 4 B 1GB 36,90</b>		1 GB
<b>RASP PI 4 B 2GB 43,90</b>		2 GB
<b>RASP PI 4 B 4GB 57,90</b>		4 GB

## Ergonomisches Raspberry Pi 4 Gehäuse

Stilvolles Gehäuse aus Aluminiumlegierung

- Kühlung des Prozessors mit Kühlpad über das Gehäuse
- alle Anschlüsse an der Rückseite
- programmierbarer Power-Button zum sicheren Herunterfahren
- Änderung der Lüfterdrehzahl



Bestell-Nr.:	
<b>RPI CASE ARGON</b>	<b>24,90</b>

- Top Preis-Leistungs-Verhältnis
- über 110.000 ausgesuchte Produkte

- Zuverlässige Lieferung – aus Deutschland in alle Welt.

Bestellservice: +49 (0)4422 955-333

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

**reichelt**  
elektronik – The best part of your project

Es gelten die gesetzlichen Widerrufsregelungen. Alle angegebenen Preise in € inkl. gesetzlicher MwSt. zzgl. Versandkosten für den gesamten Warenkorb. Es gelten ausschließlich unsere AGB (unter [www.reichelt.de/agb](http://www.reichelt.de/agb), im Katalog oder auf Anforderung). Abbildungen ähnlich. Druckfehler, Irrtümer und Preisänderungen vorbehalten. reichelt elektronik GmbH & Co. KG, Elektronikring 1, 26452 Sande, Tel.: +49 (0)4422 955-333

TAGESPREISE! Preisstand: 22. 1. 2020

# Umweltsensoren einfach eingesetzt

Ob Feinstaubbelastung oder Geräuschpegel – Einschätzungen der Luft- und Umweltqualität treiben derzeit viele um. Verschiedene Bausätze vereinfachen den Bau einer eigenen Messtation. Doch welcher eignet sich für wen?

von Helga Hansen



Wer herausfinden möchte, wie gut die Luft auf dem Balkon ist und wie viel Sonne die Chillies im Garten bekommen, setzt als Maker natürlich auf eine Eigenbaulösung. Doch vom einfachen Sensor auf dem Breadboard bis zum wetterfesten Endprodukt mit Echtzeitdaten auf dem Handy ist es ein weiter Weg. Inzwischen gibt es einige Projekte, die ihn verkürzen, aber dennoch Raum für eigene Anpassungen lassen. Hintergrund ist meist die Citizen-Science-Bewegung, mit der das Messen von Daten für jedermann und -frau einfacher werden soll – Wissenschaft für alle statt im Elfenbeinturm. Viele Citizen-Science-Projekte beschäftigen sich mit dem Erheben von Belastungen durch Feinstaub, Lärm, Gasen oder sogar Strahlung.

Je nach Messgröße und -geräten sind die Projekte derzeit unterschiedlich weit, was ihren praktischen Einsatz angeht. Um auch Einsteigern das Mitmachen zu erleichtern, müssen Hard- und Software sowie die Auswertungsmöglichkeiten möglichst niederschwellig sein: Die Sensoren und ein Schutzgehäuse sollten günstig und gut erhältlich und mit vorbereiteter Software schnell einsetzbar sein. Um die Daten auswerten zu können, sind interaktive Karten, Apps oder durchsuchbare Datenbanken nötig. Im Bereich Feinstaub sowie bei der Messung von Temperatur, Luftfeuchte und Helligkeit gibt es bereits einige Lösungen, weitere Projekte etwa zu Radioaktivität und Lärmmessungen sind in Arbeit.

Doch warum überhaupt selber bauen, wenn es kommerzielle Produkte und staatliche Sensorsysteme gibt, die man stattdessen nutzen könnte? Neben dem Erfassen von Daten ist ein Schwerpunkt der Citizen-Science-Bewegung, sich mit der verwendeten Technik auseinanderzusetzen. Wer seinen Sensor selbst zusammengesteckt hat, kann ihn reparieren oder verbessern. Einige Projekte verstehen sich auch als Signal an die Politik, dass im Bereich Umwelt- und Klimaschutz noch mehr getan werden muss, und nutzen ihre Webseite und Workshops für Aufklärungsarbeit.

### Lohnt der Eigenbau?

Schwieriger wird es bei der Frage nach der Zuverlässigkeit der Daten. Offizielle Messstationen, etwa zur Feinstaubbestimmung, stehen an repräsentativen Orten in Städten, auf dem Land, an Straßen und in Industriegebieten. Sie werden regelmäßig kalibriert und ihre Funktion mithilfe von Qualitätsmanagementsystemen kontrolliert. Dagegen beeinflussen zum Beispiel Temperatur und Luftfeuchte die Messergebnisse der günstigen Feinstaubsensoren wie dem SDS011. Bereits bei Standardbedingungen von 25 Grad Celsius und 50 Prozent relativer Luftfeuchte sind Abweichungen

## Kurzinfo

- » Übersicht: Bausätze mit Umweltsensoren
- » Einsatzgebiete für Anfänger und Fortgeschrittene
- » Auswertung der Daten

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x5fb](http://make-magazin.de/x5fb)

### Mehr zum Thema

- » Daniela Metz, Arduinos erklimmen die Zugspitze, Make 4/15, S. 106
- » Florian Schäffer, Umweltsensoren für Mikrocontroller, Make 1/19, S. 8
- » Helga Hansen, CoMoS-Sensorstation, Make 3/19, S. 82

bis zu 15 Prozent möglich, mit steigender Luftfeuchte wird es noch ungenauer.

Die offiziellen Ergebnisse sind sehr abstrakt und bürokratisch: Die Umweltämter veröffentlichen gemittelte Tages- und Jahreswerte. Kurzzeitige Überschreitungen sind dabei kein Problem, solange die Mittelwerte über das Jahr passen. Und wo keine Station steht, wird einfach die Belastung eines vergleichbaren Ortes angenommen. Gerade bei der Luftqualität können kurze Strecken aber unterschiedliche Belastungen bedeuten und vermeintlich kleine Vorfälle können wichtig sein. Eigene Stationen und deren Einbindung in Citizen-Science-Projekte liefern mit ihren minutenaktuellen und hyperlokalen Messwerten eine konkrete Einschätzung für die eigene Umgebung. So empfiehlt eine Studie des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), die Ergebnisse von DIY-Sensoren als qualitative Ergänzungen zu streng wissenschaftlich erhobenen Daten zu betrachten. Das bedeutet in der Praxis zum Beispiel, die Auswirkungen eines Grillabends mit dem eigenen Sensor zu verfolgen, auch wenn er für offizielle Messstationen und die Berechnung der Jahresbelastung im Dorf kaum eine Rolle spielt. Ferner lässt sich ermitteln, ob lokale Belastungen zu bestimmten Tageszeiten, Wochentagen oder Temperaturen auftreten.

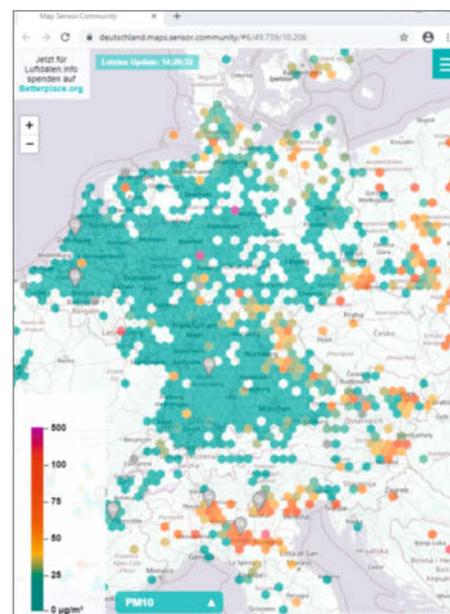
### Die Kandidaten

Wir haben uns daher vier Open-Source-Projekte näher angeschaut, die den Einsatz von Umweltsensoren einfacher machen. *Sensebox* und *Smart Citizen* bieten Kits zum Selberbauen an, die einfach bestellt werden können. Wer das *Airrohr* von Luftdaten.info oder die *HackAIR*-Sensoren nachbaut, kann jeweils auf eine vorbereitete Bauteilliste, Anleitungen und Software zurückgreifen.

Wer möchte, kann auch eigene Software einsetzen, seine Daten herunterladen und individuell aufbereiten. Alle vorgestellten Projekte messen die Feinstaubbelastung – je

nach Projekt sind zusätzliche Sensoren, etwa zur Messung der UV-Strahlung, der Temperatur oder Bodenfeuchte enthalten. Ein gemeinsames Problem beim Außeneinsatz ist das Anbringen und die Spannungsversorgung. Wer seine Daten zeitnah über das WLAN verschicken möchte, kommt mit einem Akku nämlich nicht weit. Stromhungrige ESP-Boards mögen außerdem keine langen Stromleitungen. Maker mit Balkon oder gar eigenem Haus und Garten sind hier klar im Vorteil.

Wie hilfreich sind die Kits abseits dieser Schwierigkeiten? Wie werden die Daten aufbereitet? Und welches Projekt ist für wen geeignet? Neben Antworten stellen wir Ihnen zum Schluss noch weitere Projekte vor, an denen derzeit in den Bereichen Lärmmessung, Gase und radioaktiver Strahlung gearbeitet wird. Spannend ist natürlich auch der Langzeittest. Auf unserer Webseite werden wir daher Updates aus dem Betrieb vorstellen.



Die Messergebnisse von Citizen-Science-Projekten werden meist auf Karten angezeigt.

# Sensebox

Die komfortabelste Lösung sind die Sensebox-Bausätze, die seit einigen Jahren im Schüler- und Forschungslabor GI@School am Institut für Geoinformatik der Uni Münster entwickelt werden. Auf dem Sensebox-Mikrocontroller-Modul lassen sich über JST-Stecker viele Umweltsensoren und Zubehör einstecken, ganz ohne Lötarbeit. Ein Sensebox-Prototyp nahm 2015 bereits den Dienst als Wetterstation auf der Zugspitze auf (siehe Make 4/15, S. 106). Inzwischen gibt es die damals angesprochene *senseBox:home* tatsächlich zu kaufen, ebenso die *senseBox:edu*, mit der Schülerinnen und Schüler ab der 7. Klasse über Sensoren lernen und gleichzeitig programmieren üben können.

Zum Bausatz der Home-Edition gehören die Teile zum Gehäusebau, ein Temperatur- und Luftfeuchtesensor und das Mikrocontroller-Modul, das auf dem Prozessor ARM Cortex-M0+ basiert und über die Arduino-IDE programmiert werden kann. Dazu muss man ein Modul zum Übertragen und Speichern der Daten auswählen. Die sogenannten Bees sind im XBee-Formfaktor gehalten und bringen WLAN-, LAN- oder LoRa-Anbindung mit, außerdem gibt es ein SD-Karten-Bee. Ferner bietet Sensebox weitere Module mit JST-Anschlüssen und einheitlicher Größe, die auf das Mikrocontroller-Modul gestapelt werden können.

Je nach Wunsch misst die Sensebox dann UV-Strahlung, die Feinstaubbelastung oder Bodenfeuchte. Bei dem Bodenfeuchtesensor SMT50 handelt es sich um einen kapazitiven Sensor mit integrierter Temperaturkompensation, der nicht korrodiert und eine Messgenauigkeit von +/-3 Prozent aufweist. Sowohl der stets mitgelieferte HDC1080-Temperatur- und Luftfeuchtesensor als auch der erweiterbare Luftdrucksensor BMP280 arbeiten ähnlich genau. Der Feinstaubsensor basiert auf dem bereits angesprochenen SDS011, der in den meisten DIY-Projekten genutzt wird. Weiteres Zubehör sind ein GPS-Modul, ein Display, eine Solaranlage und ein Expanderboard zum Anschließen von noch mehr Modulen.

Wer es ganz einfach möchte, bekommt mit der *senseBox:mini* seit kurzem eine Einsteiger-Box mit einem Sensor für Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte und flüchtige Gase sowie Display, WLAN-Modul und Mikrocontroller. Alle Boxen gibt es über den Shop von reedu – einer Firma, die aus dem Forschungsprojekt entstanden ist. Die *senseBox:mini* kostet 99 Euro und die günstigste *senseBox:home* mit SD-Modul beginnt bei 111 Euro. Wer WLAN nutzen möchte, Feinstaub misst und sich noch ein Solarmodul gönnt, ist schnell bei einem Preis von 240



Die Sensebox mit dem Türmchen für den Feuchtigkeitssensor

Euro. Die Boxen für Bildungseinrichtungen enthalten neben vielen Sensebox-Modulen noch weitere elektronische Bauteile wie Widerstände und kosten ebenfalls 240 Euro. Innerhalb weniger Tage sind die Boxen da.

## Die Stabile

Für den Aufbau gibt es online für jede Box ein deutschsprachiges Buch mit Anleitungen und weiteren Erläuterungen. Das Edu-Buch ist sogar gedruckt erhältlich. Darin werden der Zusammenbau und die erste Programmierung beschrieben. Nach dem Zusammenstecken der Komponenten können diese mit vorbereiteten Sketches getestet werden. Dazu wird die Programmierumgebung von Arduino genutzt und einige Boardtreiber heruntergeladen. Dabei werden einige Beispiel-Sketches mitinstalliert. Wer seine Sensebox dann auf OpenSenseMap registriert und die verbauten Komponenten angibt, bekommt einen eigens angepassten

Sketch zugemailt. Auch eine noch einfachere Programmieroption ist nach der Anmeldung möglich: eine passende BIN-Datei, die mit Drag-and-Drop auf den Sensor gezogen werden kann. An einigen Stellen bezog sich die Anleitung noch auf eine frühere Version des Bausatzes, das soll aber bald aktualisiert sein. Angekündigt, aber noch nicht umgesetzt ist der Punkt „Verschlüsselung“.

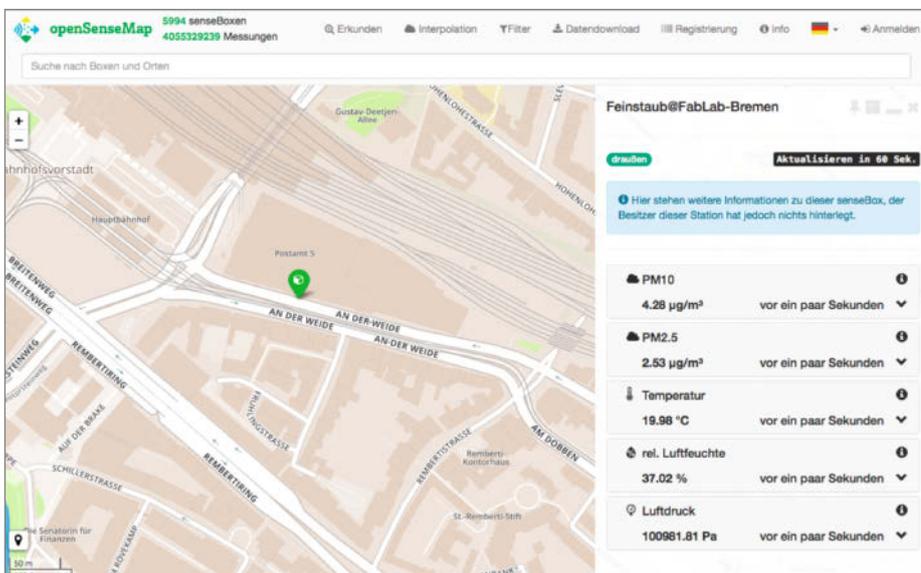
Einen großen Pluspunkt sammelt die Sensebox mit ihrem Gehäuse. Gummidichtungen schützen die Elektronik vor Insekten und Feuchtigkeit. Durch den transparenten, einfach aufschraubbaren Deckel lässt sich der Zustand der Elektronik schnell überprüfen, während der Feuchtigkeitssensor nebenan in einem eigenen Türmchen werkelt, das durch Schlitze Luft einströmen lässt. Der Feinstaubsensor ist ebenfalls in einem eigenen Gehäuse untergebracht. Durch ihr einheitliches Rasterformat werden zusätzliche Sensor-Module schnell und passend eingesteckt.

## OpenSenseMap

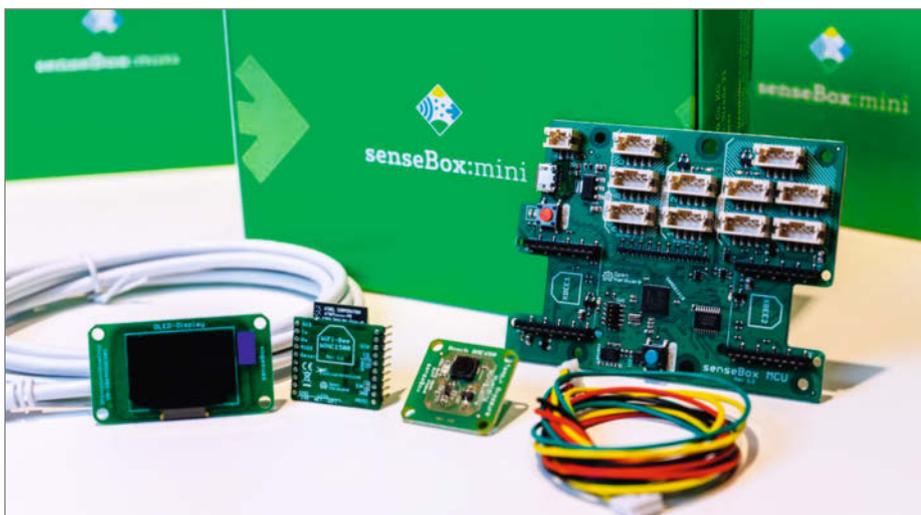
Für die Sammlung und Auswertung der Umweltdaten ist die OpenSenseMap vorgesehen, eine offene Plattform für Sensordaten. Sie wurde zusammen mit der Sensebox 2015 am Institut für Geoinformatik entwickelt. Aktuell laufen dort Messungen von beinahe 6000 Boxen zusammen, wobei auch inaktive Boxen gezählt werden. Die gerade gemessenen Sensordaten sind auf der Karte zu sehen. Dazu gibt es tägliche Datendumps und die Daten ausgewählter Boxen können separat heruntergeladen werden. Wer einen Sensor mit SD-Karte betreibt, kann diese Daten natürlich auch hochladen. Wenn die Sensebox ihren Standort nicht über ein GPS-Modul bestimmt, trägt man den Standort selbst ein,

der anschließend als Pin auf der Karte zu sehen ist.

Unter den hier gezeigten Bausätzen ist die Sensebox die teuerste Option und das Rundum-Sorglos-Paket, das gleichzeitig individuell angepasst werden kann. Schön für Einsteiger: Die vorgefertigten Module lassen sich einfach zusammenstecken und sind mit zuverlässigen Sensoren ausgestattet. Da Standards wie I<sup>2</sup>C genutzt werden, könnten mit etwas Bastelarbeit weitere handelsübliche Sensoren verbaut werden. Als Projekt mit Schwerpunkt auf Bildungseinrichtungen gibt es viel Hilfestellung für alle, die eigene Programme schreiben wollen. Selbst eine eigene grafische Blockly-Oberfläche kann man nutzen. Und schließlich ist die Sensebox das einzige Projekt, das von Haus aus eine Solaranlage mitbringt.



Der Feinstaubsensor des Fablabs Bremen auf der OpenSenseMap



Der neue Bausatz senseBox: mini

## ROCKPI

Single Board Computer (SBC)



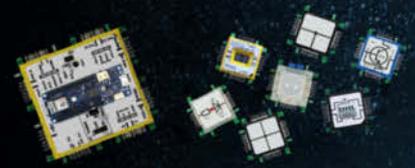
## Makeblock

Programmierbare Roboter



## Brick 'R' knowledge

Experimentiersystem Elektronik & Physik



## matata lab

Coding ab 4 Jahren



## 3D SIMO

4-in-1 3D Stift



## ARDUINO

Computing-Plattform



# Smart Citizen

Smart Citizen ist ein Projekt des Fablabs Barcelona und aktuell in der Version 2.1 auf dem Markt. Der Schwerpunkt ist die Überwachung der Luftqualität, weshalb die Sensoren vor allem Feinstaub, Temperatur und Feuchtigkeit überwachen. Neben einem *Smart Citizen Kit* für den Privatgebrauch wird mit der *Smart Citizen Station* eine Lösung für Städte und Forschungseinrichtungen entwickelt, die noch weitere Gas-Sensoren enthält.

Grundlage ist das sogenannte Data Board: Darauf arbeitet der ARM-Chip M0+, der die Sensordaten erfasst. Der gleiche Chip ist auch auf den Arduino-MKR-Boards zu finden. Zusätzlich verfügt das Board über den WLAN-Mikrocontroller ESP8266, um die Daten gleich ins Netz zu laden. Ein Mikro-SD-Slot und weitere 4MB Flashspeicher sind verbaut für den Fall, dass das Gerät offline geht. Dazu gibt es das Urban Sensor Board, mit Umweltsensoren zum Messen von Temperatur, Feuchtigkeit, Helligkeit, flüchtigen organischen Verbindungen und dem Luftdruck, sowie den Feinstaubsensor PMS 5003.

Je nach Messgröße unterscheidet sich die Zuverlässigkeit der Sensoren: Der PMS 5003 ist dem SDS011 sehr ähnlich, mit einer etwas geringeren Auflösung, aber höherer Messgenauigkeit mit Abweichungen bis zu 10 Prozent. Ausdrücklich nur für Abschätzungen geeignet ist der AMS CCS811, der flüchtige organische Verbindungen erkennt und den CO<sub>2</sub>-Anteil der Luft berechnet. Dagegen ist der Temperatur- und Feuchtigkeitssensor SHT31 der schweizerischen Firma Sensirion aufgrund seiner Zuverlässigkeit unter Makern sehr beliebt.

## Alles an Board

Das Smart Citizen Kit 2.1 gibt es in zwei Ausführungen beim chinesischen Hardware-Hersteller Seeed zu bestellen. Die Hardware, bestehend aus den Boards, Kabeln und Feinstaubsensor, kostet 99 US-Dollar (ca. 89 Euro), wobei Versand und Steuern dazukommen. Das Smart Citizen Starter Kit, das zusätzliche nötige Kleinteile wie Spannungsversorgung und SD-Karte mitbringt, kostet 119 US-Dollar (ca. 107 Euro). Wer höhere Versandkosten in Kauf nimmt, bekommt das Kit innerhalb einiger Tage. Demnächst soll bei Seeed auch das Gehäuse für den Außeneinsatz erhältlich sein. Bis dahin kann man nur selbst eines selbst bauen: mit 3D-gedruckten Teilen und einer abgeschnittenen Plastikflasche.

Das Data Board wird vorprogrammiert geliefert und die Teile müssen nur zusammengesteckt werden. Dabei hilft eine englischsprachige Anleitung im Internet. Eine

Test-LED bestätigt am Ende, ob der Zusammenbau funktioniert hat. Hilfestellung bei Problemen gibt es in der Anleitung leider kaum. Für die endgültige Einrichtung muss der Sensor bei Smart Citizen registriert werden. Über das WLAN des ESP des Boards kann man mit einem Handy oder Rechner die Konfigurationsseite aufrufen. Hat der Sensor am Aufstellort keinen Internetzugang, kann er seine Daten auf der SD-Karte speichern.

Für die Auswertung stellt Smart Citizen ebenfalls eine Weltkarte zur Verfügung, auf der die Messwerte der Kits und Stationen angezeigt werden. Die Daten der eigenen Station kann man sich als CSV-Datei zumailen lassen oder über die Smart Citizen API im JSON-Format abrufen und aufbereiten, wenn man nicht die SD-Karte nutzt. Die API-Dokumentation ist ebenso online abrufbar wie Anleitungen zum Anpassen der Firmware. Schließlich hat das Projekt das Python-basierte Sensor Analysis Framework entwickelt, das man über ein Programm zur Datenanalyse, Jupyter Notebook, installieren und nutzen kann. Es hilft beim Bereinigen der gesammelten Daten und bringt Modelle zur Berechnung von Schadstoff-Konzentrationen sowie für verschiedene Visualisierungen mit.

Die größere Smart Citizen Station verfügt zusätzlich über einen zweiten Feinstaubsensor und das Gas Pro Sensor Board, auf dem Sensoren für die Gase Kohlenstoffmonoxid, Stickstoffdioxid und Ozon arbeiten. Damit ist die Smart Citizen Station näher an die Ausstattung offizieller Messstationen angelehnt. Zu kaufen gibt es sie derzeit nicht – für Fablabs ist sie aber eine Option, denn bei der

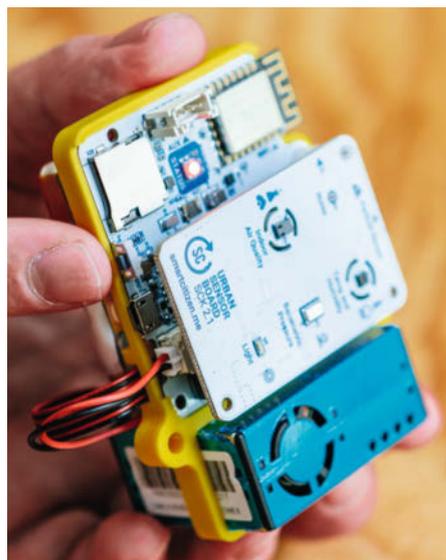
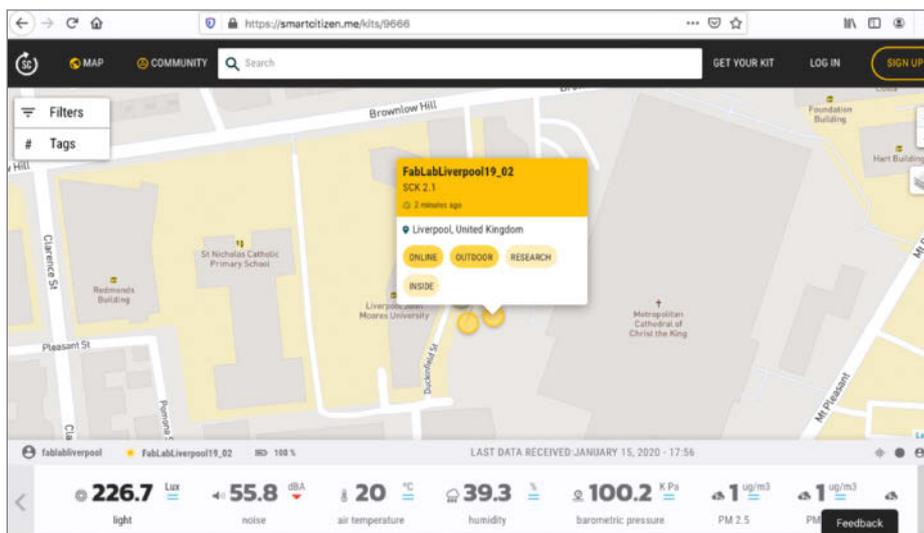


Bild: Smart Citizen Kit (Fab Lab Barcelona)

## Die Smart-Citizen-Boards mit Feinstaubsensor

Entwicklung wurde auf Nachbaubarkeit geachtet und die Dateien von der Materialliste über das Platinendesign bis zur Firmware sind auf Github zu finden.

Das Smart Citizen Kit bietet wie die Sensebox ein umfangreiches Komfortpaket, das einige bisher kaum von Makern genutzte Sensoren mitbringt, aber wenig Auswahl- und Erweiterungsmöglichkeiten lässt. Wer es längerfristig draußen einsetzen möchte, sollte auf das Kit mit Gehäuse warten. Aufgrund der vielen unterschiedlichen Sensoren ist auch der Einsatz in Gebäuden interessant – dank der ausführlichen Dokumentation lassen sich die Sensoren schließlich ohne Lötarbeiten oder Hardware-Modifikationen in eigene Bastelprojekte einbinden.



Das Fablab Liverpool hat gleich zwei Smart-Citizen-Kits aufgestellt.

# Das Airrohr

„Wirklich einfach!“ bewirbt das Projekt luftdaten.info seinen Feinstaubsensor-Bausatz, für dessen Zusammenbau nur sieben Käbelchen und zwei Kabelbinder nötig sind und keine Lötarbeiten. Im Vergleich zu den kompletten Kits ist beim Bau des sogenannten *Airrohrs* mehr Eigeneinsatz nötig. Denn für den im Stuttgarter Open Knowledge Lab (OK Lab) entwickelten Bausatz gibt es zwar eine Bauteilliste mit Links auf chinesische Versandhändler – die Teile muss man aber einzeln selbst besorgen. Beim Bau helfen eine Anleitung und fertige Software für den Mikrocontroller und die erhobenen Daten lassen sich auf luftdaten.info aufbereitet ansehen.

Tatsächlich sind auch nur wenige Teile zum Bau notwendig: der WLAN-fähige Mikrocontroller ESP32 NodeMCU, der Feinstaubsensor SDS011, zwei HT-Bogen und ein Stück Schlauch aus dem Baumarkt, die angesprochenen Kabel und ein Netzteil. Ein Temperatursensor ist optional für den Bau, wird aber empfohlen. Wer vor dem Baumarktbesuch die Elektronik in China bestellt, kommt auf Kosten von rund 30 Euro. Neben der teilweise langen Wartezeit gibt es dort kaum Rückgabemöglichkeiten. Für rund 60 Euro gibt es vom deutschen Versandhändler Eckstein ein Komplett-Angebot mit allen Elektronikteilen.

Der vorgesehene DHT-22 zeigt bis zu zehn Prozent Abweichung bei seinen Messergebnissen und geht bei höherer Luftfeuchtigkeit schnell kaputt. Wer genauere Werte möchte, kann sowohl Sensoren gegen zuverlässigere Modelle wie den Feuchtigkeitsmesser BME280 oder den neuen Feinstaubsensor Sensirion SPS30 austauschen.

## Vom Baumarkt zum Balkon

Die deutschsprachige Anleitung mit Text und Bildern und die Video-Tutorials sind gut verständlich und umsetzbar. Zum Programmieren des Mikrocontrollers gibt es sogar ein Tool (für Windows-, Mac- und Linuxrechner), das den Upload mit einem Klick erledigt. So spart man sich den Weg über die Arduino-IDE und notwendige Änderungen der Einstellungen – wer eigene Software einsetzen möchte, kann das natürlich trotzdem. Anschließend werden die Teile zusammengesetzt und nach etwa einer Stunde hat man einen einsetzbaren Sensor mit Gehäuse gebaut, der seine Daten über das lokale WLAN an luftdaten.info sendet. Mit zwei kleinen Stücken Fliegengitter lässt sich das Rohr gegen fliegende Insekten schützen. Wer trotzdem Hilfe möchte, kann in Stuttgart zu den monatlichen Workshops und Treffen des OK Labs gehen. Andere Fablabs und Hacker-



Das Airrohr von luftdaten.info

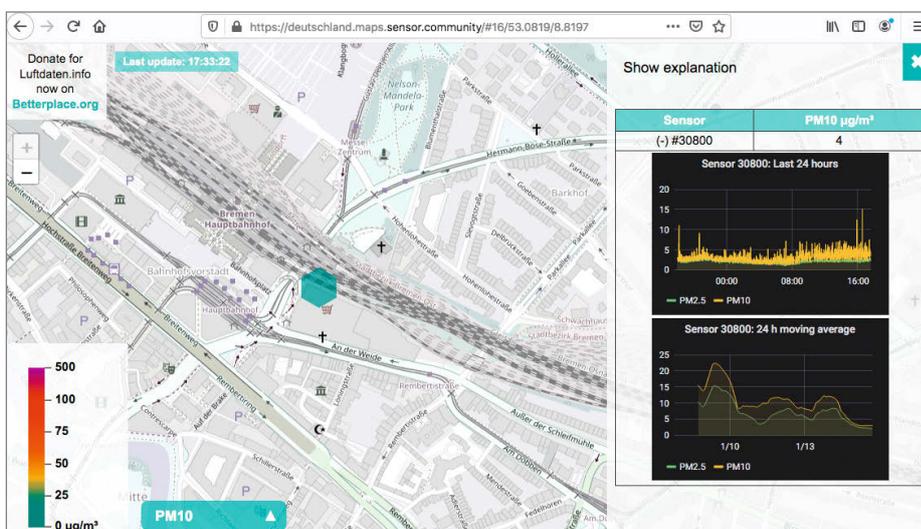
spaces bieten ebenfalls ab und an Aufbau-Workshops an.

Hilfestellung für das Anschließen weiterer Komponenten wie Displays oder anderer Temperatursensoren gibt es in den FAQ. Dort findet man außerdem Software, um mit einem Raspi oder The-Things-Network-Projekten erhobene Daten an luftdaten.info zu schicken. Auch die Einbindung des Airrohrs an die OpenSenseMap ist möglich. Wer einen 3D-Drucker hat, kann schließlich vom Gehäuse bis zum Montagerahmen einige Druckvorlagen nutzen. Weniger Hilfe gibt es leider beim Aufstellen und bei der Fehlersuche. Nach 24 Stunden kompletten Ausfalls kommt von luftdaten.info immerhin eine Hinweismail mit der Bitte um einen Reboot, sofern der Sensor auf der Webseite registriert wurde.

Mit einem eigenen Account kann man dort angeben, wo der Sensor sich befindet, inklusive Angaben zur Anbringungshöhe und Verkehr in der Umgebung. Auf der Karte werden

die Sensoren über einen Hexgrid an ihrem ungefähren Standort gezeigt. Außerdem werden die Sechsecke eingefärbt und zeigen so die Sensorwerte von der Feinstaubbelastung bis zur Luftfeuchte grafisch aufbereitet an, wie man es vom Wetterbericht im Fernsehen kennt. Zusätzlich gibt es Kurvendiagramme für den letzten Tag, Woche, Monat und Jahr auf der Webseite madavi.de – sowie die Möglichkeit zum Download der Datenarchive. Alternativ oder zusätzlich kann man einen eigenen Webserver aufsetzen und seine Daten selbst aufbereiten.

Wenn alles funktioniert, ist der Feinstaubsensor eine bequeme Lösung, die auch für Bastelfaule geeignet ist. Sobald etwas schiefliegt oder der Maker-Ehrgeiz erwacht, wird daraus schnell ein eigenes Projekt. So stehen derzeit eine Akku- oder Solarlösung für die Spannungsversorgung auf dem Wunschzettel des Projekts, um Airrohre auch unabhängig vom Stromnetz aufstellen zu können.



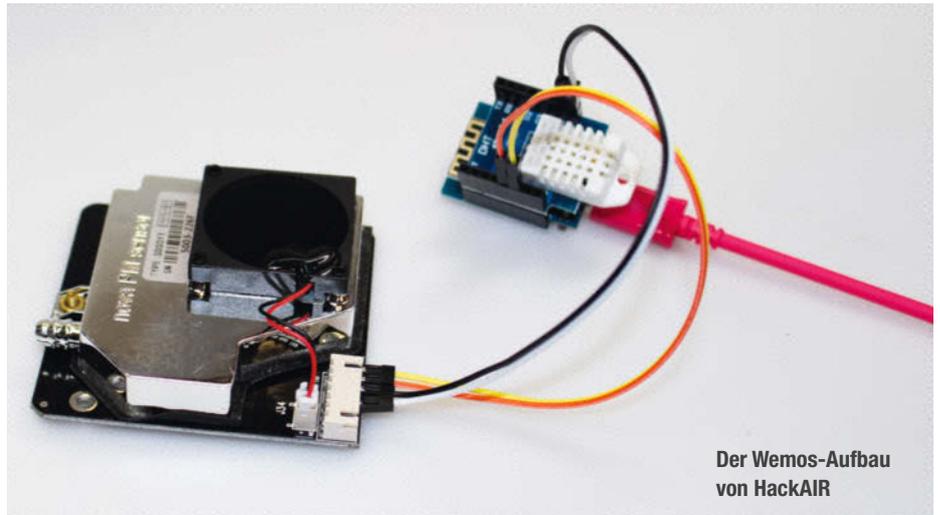
So sieht die Auswertung des Feinstaubsensors des Fablabs Bremen auf der Karte von luftdaten.info aus.

# HackAIR

Mehr Aufmerksamkeit für Luftverschmutzung durch Feinstaub hatte sich das Projekt HackAIR auf die Fahnen geschrieben, das von sechs europäischen Umweltorganisationen, darunter dem Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) betrieben wurde. Seit dem Projektende im Dezember 2018 wird es allerdings nicht mehr weiterentwickelt. Noch sind alle Inhalte des Projekts aber online: Es gibt englischsprachige Anleitungen für verschiedene Sensorlösungen, eine Infoseite zu Luftverschmutzung, eine weitere Karte und App (für iOS und Android) zur Auswertung der Sensordaten, ein Toolkit für Workshops zum Sensorbau.

Abseits elektronischer Lösungen schlägt das Projekt zunächst ganz einfache Ideen vor. So können über die HackAIR-App auch Bilder und subjektive Bewertungen der Luftqualität hochgeladen werden. Ein Stück Tetra-Pak kann man mit Vaseline zum „Sensor“ umfunktionieren und für 24 Stunden drauhen lassen. Die eingesammelten Partikel lassen sich mit einer Makro-Linse fotografieren. Nach dem Hochladen analysiert die App das Foto und gibt eine grobe Einschätzung der Belastung.

Die drei elektronischen Projekte mit dem SDS011 kosten zwischen 30 und 50 Euro. Leider ist ein Vorschlag mit dem Arduino Uno nicht mehr nachbaubar, da das HackAIR-WLAN-Board nicht mehr erhältlich ist. Übrig bleiben eine Variante mit dem ESP8266-Modul Wemos D1 mini und ein portable Sensor, der auf dem Mikrocontroller PSoC BLE CY5671 basiert. Zum Kauf der elektronischen Bauteile werden der chinesische Online-Marktplatz Aliexpress angegeben oder Preisvergleiche der großen Elektronik-Distributoren – für Einsteiger wären lokale Shops



Der Wemos-Aufbau von HackAIR

in verschiedenen europäischen Ländern eine hilfreiche Ergänzung. Ein DHT22-Sensor zur Messung von Temperatur und Feuchtigkeit, der zur Kontrolle der Daten sinnvoll ist, ist nur bei einem Aufbau vorgesehen.

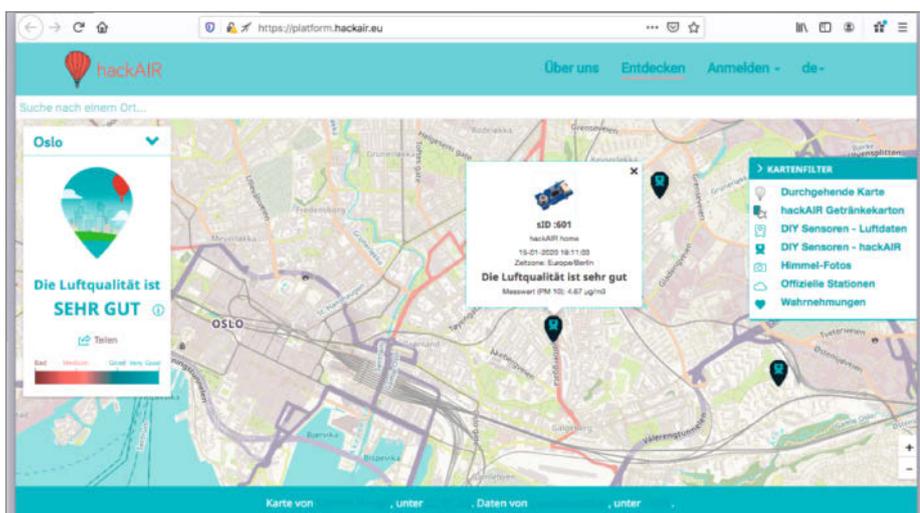
## Zusammenbau mit Hürden

Für den Zusammenbau gibt es englischsprachige Anleitungen auf der Webseite, Druckvorlagen und Video-Tutorials, die allesamt Lötkenntnisse erfordern und leider wenig einsteigerfreundlich sind. Für den Bau des ESP-Sensors sind viele Bau- und Konfigurationsschritte nötig, die damit auch viele Fehlerquellen bieten. Eines der Bilder zum Bau des mobilen CY5676-Sensors zeigt sogar ein Bauteil, das weder in der Bauteilliste noch im Videotutorial auftaucht und auch die Wemos-Anleitung ist

für Einsteiger nicht mehr nachvollziehbar. Während der ESP-Sensor über die Arduino-Softwareumgebung programmiert werden kann und Unterstützung für die OpenSenseMap bietet, benötigt der CY5676-Sensor ein eigenes Programmierwerkzeug und eine eigene Softwareumgebung. Für den Gehäusebau wird auf verschiedene Anleitungen im Netz verwiesen, die im Zweifelsfall an den eigenen Aufbau angepasst werden müssen. Ohne Gehäuse sind sowohl der Außen- wie auch der portable Einsatz aber fast unmöglich.

Fertige Sensoren können über die App und die Webseite registriert werden, um die Messwerte anzuzeigen und Daten der vergangenen Woche herunterzuladen. Inzwischen funktioniert bei der Registrierung aber die Standortbestimmung schon nicht mehr. Immerhin ist die gesamte HackAIR-Dokumentation, inklusive einer Rest-API, online frei verfügbar. Die HackAIR-Karte enthielt beim Start der Recherche dieses Artikels zusätzlich Daten von Luftdaten.info und dem US-amerikanischen Projekt OpenAQ, die offene Daten von Umweltämtern aus der ganzen Welt aufbereiten. Später wurden diese nicht mehr angezeigt.

Leider wirkt das Projekt von den Anleitungen bis zu den Apps an vielen Stellen unausgereift. Interessant sind der portable Sensor und das Einbinden qualitativer Daten wie Fotos über mobile Apps. Da die Förderung beendet ist, sind allerdings keine Verbesserungen oder Weiterentwicklungen zu erwarten. Längerfristig nützlich ist immerhin das Workshop-Toolkit, das Hintergrundinfos zu Luftqualität, Planungs-Checklisten und Beispielpräsentationen beinhaltet und für das Abhalten anderer Workshops adaptiert werden kann.



Auswertung eines HackAIR-Sensors in Oslo

## CoMoS überwacht Innenräume

Wie sieht es mit der Luftqualität in Gebäuden aus, etwa am Arbeitsplatz? Dafür gibt es die Comfort Monitoring Station (CoMoS) der TU Kaiserslautern, die wir bereits in Heft 3/19 vorgestellt haben. Die ESP32-basierte überwacht Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Helligkeit und die Strahlungstemperatur der umgebenden Oberflächen. Sie kann sowohl einzeln eingesetzt werden wie auch als System mit mehreren Geräten. Die Umweltdaten werden über WLAN an einen Server übertragen und können über eine App ausgewertet werden. Die Materialkosten liegen bei rund 50 Euro.

## Lärm- und Geräusche

Ende Oktober stellte Luftdaten.info einen günstigen Lärmsensor vor, der für 70 Euro selbst gebaut werden kann. Grundlage sind das digitale Mikrofon ICS-43434 und Mikrocontroller von Teensy. Nötig ist noch eine Platine, auf der Mikro und Controller Platz finden. Wichtig sei hierbei, so das Projekt, vor allem die Software, die aus den Schallsignalen verschiedene Pegelwerte berechnet. Bei deren Entwicklung habe man mit der Stuttgarter Hochschule für Technik zusammengearbeitet – weitere Details sollen später veröffentlicht werden. Ebenso wie beim Airrohr geht der Zusammenbau des Lärmsensors ohne Löten vonstatten und setzt auf Teile aus dem Baumarkt. Mit einem flächendeckenden Netz an Sensoren sollen die offiziellen Lärmkarten überprüft werden, die derzeit vor allem auf Modellen beruhen.

Für Untersuchungen von Lärm und Geräuschen ist auch das Gerät von *Hear How You Like to Hear* der Uni Oldenburg gedacht. Mit einer Soundkarte, Vorverstärker, Mikro und Kopfhörer wird dabei der Einplatinenrechner Raspberry Pi umgerüstet. Ursprünglich ist die Box ein Citizen-Science-Hörgerät: Mit einer Begleit-App können Nutzerinnen und Nutzer ihre Hörgerätealgorithmen ohne professionelle Hilfe anpassen. Inzwischen soll es zusätzlich für die Erforschung von Geräuschen in Wald und Wiesen eingesetzt werden. Für den Einsatz gibt es ein 3D-druckbares Gehäuse und die Kosten liegen bei rund 250 Euro.

## Geigerzähler

Nach dem Tsunami und der folgenden Atomkatastrophe 2011 in Fukushima gründeten zahlreiche Freiwillige aus der ganzen Welt *Safecast*, um offene Daten der Radioaktivität zu sammeln. Die Gruppe entwickelte dafür mit dem *bGeigie Nano* einen mobilen

Open-Hardware-Geigerzähler, der auf dem Arduino basiert. Mit 1500 Euro ist das Gerät aber immer noch sehr teuer. Derzeit ist der Bausatz ausverkauft und sind nur vorgefertigte Geräte zu bekommen.

Zahlreiche DIY-Varianten von Geigerzählern sammelt auch die Seite *opengeiger.de*, darunter Detektoren mit Szintillator-Kristall und Geigerzählern mit Teilen aus Einwegkameras. Besonders günstig ist der Zähler mit einer pin-Diode, das „Stuttgarter Geigerle“. Die Schaltung aus BPW24-Diode als Strahlungsdetektor sowie Messverstärkern, Komparator und LED-Anzeige kostet unter 20 Euro und kann mit einem 9-Volt-Block betrieben werden. Recht neu ist der *Maker-Geiger* mit Geiger-Müller-Zählrohr und Anbindung an das „The Things Network“.

Einen günstigen Geigerzähler zum Selbstbauen sowie eine Karte mit den ermittelten Daten ist das Ziel von *Multigeiger*, einem Projekt der Tübinger Bastler-Gruppe *EcoCurious*. Sie wollen damit verschiedenen Atomkraftwerken und Castortransporten in der Gegend auf den Zahn fühlen. Einen ersten Prototyp mit dem WLAN-Mikrocontroller ESP32 und Si22g-Zählrohr gibt es bereits, der auf dem Chaos Communication Congress 2019 (36C3) im Dezember in Workshops selbstgebaut wurde. Jetzt wollen die Bastler noch eine Platine entwerfen und ein Messnetz und eine visuelle Aufbereitung entwickeln.

## Stickstoffoxide

Ebenfalls auf dem 36C3 stellte ein Chemiker sein Projekt *OpenNOx* zum Messen von Stickstoffdioxid vor, das mit der Dieseldebatte als Schadstoff stärker bekannt wurde. Auch *OpenNOx* soll eines Tages wie das Airrohr funktionieren: mit günstiger Bauanleitung, vorbereiteter Software und einer Übersichtskarte, da ihm die Anzahl der staatlichen Messstellen nicht ausreicht. Für den flächendeckenden Einsatz muss allerdings noch das Messsystem verbessert werden, um Querempfindlichkeiten zu verringern.

## Ausblick

Derzeit sind Citizen-Science-Projekte als qualitative Ergänzungen offizieller Messwerte zu sehen, wie beim Thema Feinstaub. Bei weiteren Belastungen kann dies künftig anders aussehen. Denn etwa die Lärmbelastung wird in Deutschland bisher wenig gemessen, sondern vor allem theoretisch modelliert. Insbesondere Lärmspitzen fallen dabei raus. Auch einklagbare Grenzwerte zum Schutz der Bevölkerung fehlen. Hier wären Citizen-Science-Projekte nicht nur ein Zeichen an die Politik, sondern würden tatsächlich neue Messergebnisse und Zahlen liefern. —hch

3dktop  
HITZEBESTÄNDIG BIS 230°C

HITZEBESTÄNDIG  
BIS 230°C

3dk.berlin  
Kunststoffe für 3D Drucker

www.3dk.berlin  
3dk.berlin

PRO  
PROFESSIONAL LINE

Anwendungsbeispiel:  
Prepreg Kohlefaserlaminierung

# Tragbarer Blitzwarner

Dieser tragbare Blitzdetektor kann Blitzeinschläge in der Nähe erkennen und anzeigen, wie weit sie entfernt sind.

von Alex Wulff (Übersetzung Niq Oltman)



Der selbst gebaute Blitzdetektor erkennt die für Blitze charakteristische elektromagnetische Strahlung. Er verwendet einen speziellen Algorithmus, um diese Informationen in eine Entfernungsmessung umzuwandeln. Das Projekt basiert auf dem Blitzsensor AS3935. Der Sensor kann Blitzeinschläge bis zu einer Entfernung von 40km erkennen und bestimmt die Distanz des Einschlags mit einer Genauigkeit von 4km. Die einzelnen Bauteile sind günstiger als ein kommerzieller Blitzwarner – und man lernt beim Aufbau noch was über Schaltungen.

### Planen der Schaltung

Da das Projekt nur wenige Bauteile benötigt, sind nur die Datenleitungen SCL und SDA für den Blitzsensor und eine Verbindung für den Summer wichtig. Das Gerät wird von einem LiPo-Akku mit Strom versorgt, für den ich ein Lademodul in den Schaltkreis integriert habe. 1 zeigt den gesamten Schaltungsaufbau. Man beachte, dass die Verbindung zwischen dem LiPo-Akku und dem Akku-Lademodul über einfache Steckverbinder erfolgt und daher ohne Löten auskommt.

### Zusammenbau der Schaltung

Beim Aufbau des Projekts bietet sich die sogenannte *Freeform-Technik* an: Anstatt die Teile auf eine Grundplatte zu montieren (zum Beispiel auf einer Lochrasterplatine), verbindet man sie einfach direkt mit Drähten 2. Hierdurch wird das Projekt viel kleiner und der Aufbau geht schneller. Leider ist das Ergebnis ästhetisch nicht unbedingt ansprechend. Ich verpacke meine *Freeform*-Schaltungen meistens in ein 3D-gedrucktes Gehäuse.

### Beetle und Lademodul verlöten

Zunächst verbinde ich den Beetle und das Lademodul. Dafür löte ich zuerst die grünen Anschlussblöcke des LiPo-Laders ab, da sie nicht benutzt werden und nur Platz verbrauchen. Dann verbindet man die Plus- und Minuspole des LiPo-Lademoduls mit den gleichpoligen Anschlüssen an der Vorderseite des Beetle. Der Mikrocontroller wird also direkt durch den Akku versorgt. Tatsächlich benötigt der Beetle eine Versorgungsspannung von 5 Volt, aber er läuft auch mit den knapp 4 Volt aus dem Akku.

### Anschließen des Blitzsensors

Das beigelegte 4-Pin-Kabel kürzt man auf circa 5cm Länge. Die Enden isoliert man ab

## Kurzinfo

- » Elektromagnetische Strahlung von Blitzen messen
- » Beetle-Mikrocontroller mit Arduino programmieren
- » Entfernung der Blitze durch Pieptöne anzeigen

### Checkliste

-  **Zeitaufwand:**  
3 bis 4 Stunden
-  **Kosten:**  
40 bis 60 Euro
-  **Programmieren:**  
Grundkenntnisse Arduino
-  **Löten:**  
einfache Lötarbeiten
-  **3D-Druck:**  
Optional: Gehäuse drucken

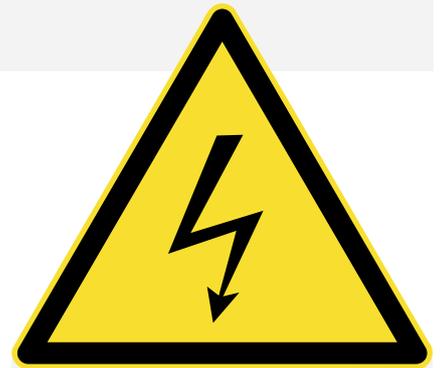
↓ Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x9q8](http://make-magazin.de/x9q8)

### Material

- » Beetle-Mikrocontroller von DFRobot Art.-Nr. DFR0282
- » Gravity Blitz-Entfernungssensor von DFRobot Art.-Nr. SEN0290
- » LiPo-Akku 500mAh
- » Lademodul für den Akku von DFRobot Art.-Nr. DFR0208
- » Piezo-Summer 5 Volt
- » Schiebeschalter
- » Schaldraht oder Litze

### Werkzeug

- » LötKolben und Lötzinn
- » Heißklebepistole
- » Abisolierzange
- » 3D-Drucker (optional)

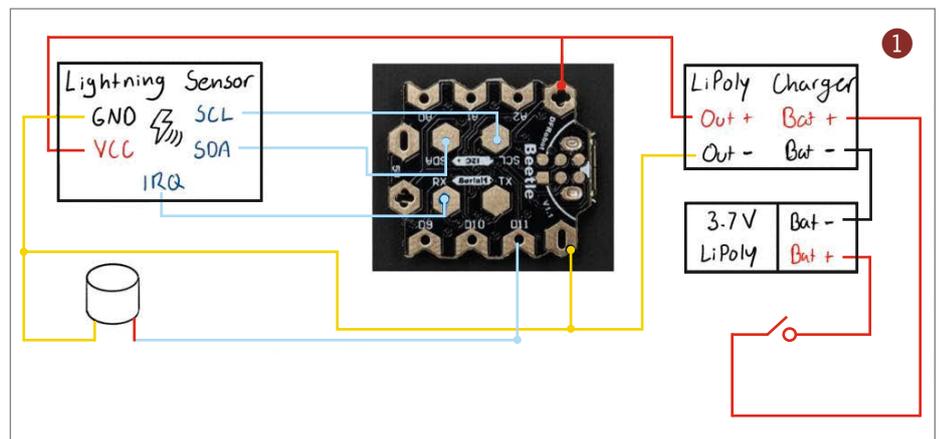


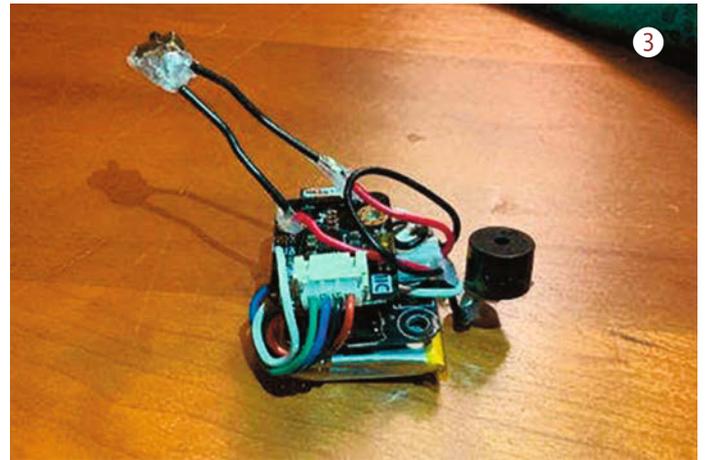
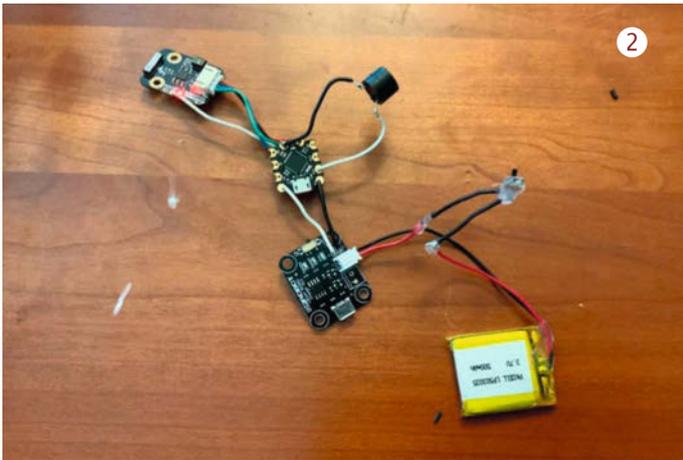
Obwohl der Sensor zuverlässig ist, sollte man sich nicht ausschließlich auf ihn verlassen, um sich vor Blitzeinschlägen zu schützen. Ein selbst gebauter Sensor ist nicht so verlässlich wie ein kommerzieller Blitzdetektor.

und verbindet sie folgendermaßen mit dem Blitzsensor:

1. Pluspol (+) am Blitzsensor mit Pluspol (+) am Beetle
2. Minuspol (-) am Blitzsensor mit Minuspol (-) am Beetle
3. Clock-Pin (C) am Blitzsensor mit SCL-Lötfeld am Beetle
4. Data-Pin (D) am Blitzsensor mit SDA-Lötfeld am Beetle

Zusätzlich muss der IRQ-Pin am Blitzsensor mit dem RX-Lötfeld am Beetle verbunden werden. Es muss eine Verbindung mit einem Hardware-Interrupt am Beetle hergestellt werden, und das RX-Lötfeld (Pin 0) ist der einzige freie Interrupt-fähige Kontakt.





## Anschließen des Summers

Den kurzen Anschluss des Summers verbindet man mit dem Minuspol, also der Masse des Beetle. Den langen Anschluss verbindet man mit Pin 11. Der Signal-Pin des Summers sollte idealerweise mit einem PWM-Pin verbunden sein, wofür sich Pin 11 am besten eignet.

## Anschließen des Schalters

Der Schalter wird in Reihe mit dem Akku angeschlossen und dient als Hauptschalter. Dazu lötet man zunächst zwei Drähte an benachbarte Kontakte des Schalters. Diese Verbindungen habe ich mit Heißkleber fixiert, da sie bruchanfällig sind. Die rote Leitung des Akkus trennt man etwa in der Mitte und verlötet sie mit den Drähten vom Schalter (in 2 rechts). Die Lötverbindungen sollten mit Schrumpfschlauch oder Heißkleber abgedeckt werden, um Kurzschlüsse zu vermeiden. Jetzt kann man den Akku mit dem Lademodul verbinden.

## Zusammenbau

Im letzten Schritt bringt man das Gewusel aus Bauteilen und Drähten in eine ansehnlichere Form 3. Hierbei muss man vorsichtig hantieren, um keine Verbindungen abzubrechen. Als Erstes wird der LiPo-Lader mit Heißkleber auf den Akku montiert, dann kommt der Beetle oben drauf. Den Blitzsensor klebt man dann ganz oben fest. Den Summer habe ich seitlich montiert 3. Das Ergebnis ist ein kompakter Stapel aus Boards, die Kabel sind dazwischen fixiert. Die Zuleitungen des Schalters habe ich für den späteren Einbau in ein 3D-gedrucktes Gehäuse frei gelassen.

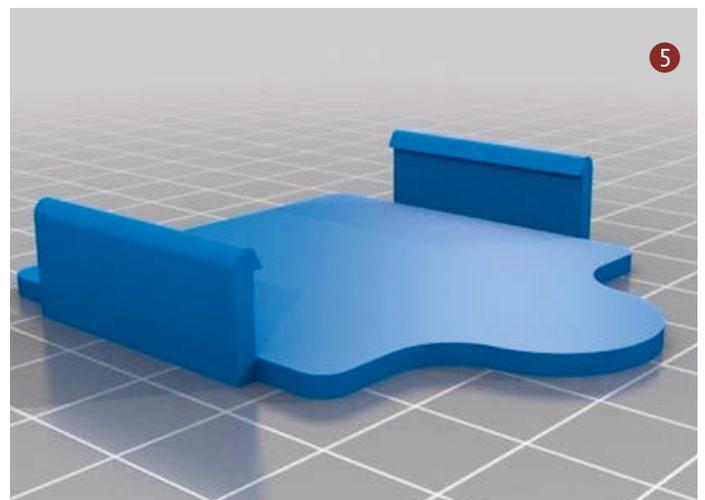
## Programmieren des Mikrocontrollers

Zuerst startet man die Arduino-IDE und stellt sicher, dass *Leonardo* als Board eingestellt ist. Dann lädt man die Blitzsensor-Library aus dem Link in der Kurzinfo herunter und installiert sie. Jetzt fehlt noch der Projektcode: Diesen erst herunterladen und dann auf den

Beetle hochladen. Die Software ist nicht kompliziert und kann schnell an die eigenen Wünsche angepasst werden.

Wenn das Gerät einen Blitzeinschlag erkennt, piept es zunächst mehrere Male als Warnung. Anschließend zeigt es die Distanz durch weitere Pieptöne an: Bei einer Entfernung unter 10km ertönt ein einziger langer Piepton. Bei mehr als 10km Distanz wird die Entfernung durch 10 geteilt, aufgerundet und das Ergebnis als Folge von Pieptönen ausgegeben. Schlägt zum Beispiel ein Blitz in 26km Entfernung ein, piept das Gerät dreimal.

Die Software ist auf Interrupts vom Blitzsensor ausgelegt. Wenn der Blitzsensor die elektromagnetische Strahlung eines Blitzeinschlags erkennt, setzt er den IRQ-Pin auf high, wodurch ein Interrupt im Mikrocontroller ausgelöst wird. Der Sensor erzeugt auch für andere Situationen Interrupts, zum Beispiel, wenn zu starkes Rauschen oder Interferenzen vorliegen. In so einem Fall muss der Detektor von anderen elektronischen Geräten entfernt werden, da Störungen aus diesen Geräten die relativ schwache Strah-



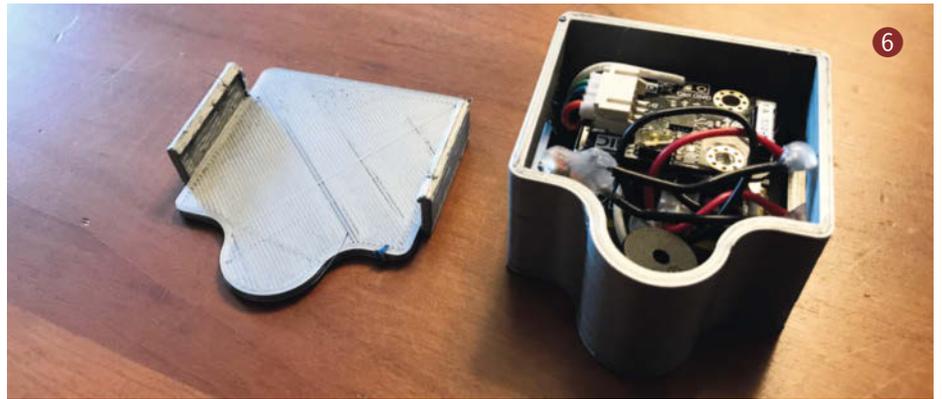
lung eines entfernten Blitzschlags leicht überdecken können.

### Optional: Gehäuse 3D-drucken

Für mein Gerät habe ich ein Gehäuse wie in 4 und 5 modelliert. Der Link zu den 3D-Druckdateien befindet sich in der Kurzinfor. Die Oberseite des Gehäuses rastet in die Unterseite ein, man braucht also kein besonderes Werkzeug. Mein Gehäuse ist ausreichend groß für den Blitzsensor 6, aber im Zweifelsfall kann man sich auch ein eigenes Gehäuse entwerfen. Dazu muss man nur die Abmessungen des Geräts bestimmen. Dann modelliert man den Blitzsensor in einem CAD-Programm und generiert ein Gehäuse, indem man ein *Offset-Profil* vom Modell erzeugt. Ich empfehle eine Toleranz von 2mm.

### Blitzeinschläge erkennen

Nach dem Zusammenbau besitzt man einen voll funktionsfähigen Blitzdetektor. Jetzt muss man nur noch herausfinden, ob das selbst gebaute Gerät wirklich Blitze erkennen kann. Dazu bleibt leider nichts anderes übrig, als



auf ein echtes Gewitter zu warten. Mein Detektor hat beim ersten Versuch funktioniert.

Um das Gerät aufzuladen, muss man nur ein Mikro-USB-Kabel in das LiPo-Lademodul stecken. Der Akku ist voll geladen, wenn das Licht grün ist. Zum Laden muss der Hauptschalter eingeschaltet sein, sonst bekommt der Akku keinen Strom.

### Mögliche Anpassungen

Es gibt viele Möglichkeiten, um den Blitzdetektor benutzerfreundlicher zu machen.

Bisher klingt der Blitzwarner eher unangenehm. Mit der Arduino-Bibliothek *Tone.h* kann man für das Gerät wohlklingendere Töne erzeugen.

Will man Strom sparen, ist ein Ruhemodus nützlich: Der ATmega32u4-Mikrocontroller (das Herzstück des Beetele) unterstützt nativ Hardware-Interrupts im Ruhemodus. So kann das Gerät in den Ruhemodus versetzt werden und aufwachen, sobald ein Ereignis vom Blitzsensor eintritt. Mit dieser Technik kann man die Akkulaufzeit stark verlängern.

—rehu



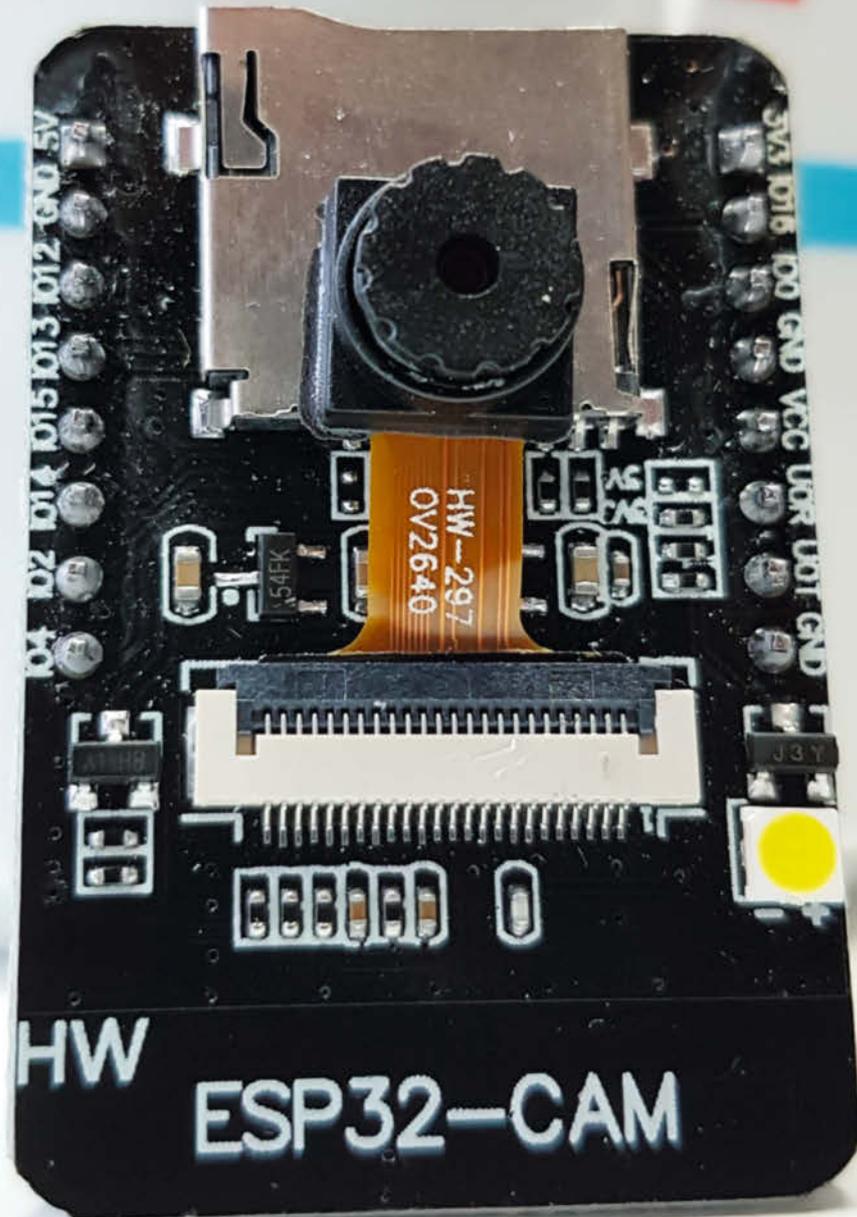
# Besuchen Sie Mouser auf der embedded world

25.-27. Februar 2020

Nürnberg

Halle 3A, Stand 111





# Intelligente Webcam für 5 Euro

Kombiniert man den ESP32 mit einer Minicam, erhält man eine kostengünstige WLAN-fähige Webcam, die mit der passenden Software sogar Gesichtserkennung beherrscht. Wir zeigen, wie man sie konfiguriert, installiert und bedient.

von Daniel Bachfeld

**D**ank seiner vielen Funktionen, der vergleichsweise hohen Rechenleistung und des geringen Preises hat der ESP32 die Arduinos in vielen Projekten ersetzt. Einzig gegen den Raspberry Pi konnte er bislang kaum konkurrieren, etwa wenn es um Video-Anwendungen (mangels Schnittstelle) und Gesichtserkennung (mangels passender ML-Modelle für Mikrocontroller) ging. Mit dem Evaluierungs-Board ESP-EYE und der Software ESP-WHO stellt der Hersteller Espressif zwei Plattformen zur Verfügung, die eine stromsparende und kostengünstige Alternative zu Pi-Lösungen bieten. Den Videostream aus dem Nistkasten oder die Gesichtserkennung an der Haustür könnte nun künftig der ESP32 übernehmen – aber mit voller Kompatibilität zur Arduino-Welt.

Als konkretes Produkt aus der Kombination von ESP-EYE und ESP-WHO haben diverse chinesische Hersteller die ESP32-CAM realisiert. Sie besteht aus einem Board mit ESP32, Spannungsreglern, Speicher, SD-Karten-Slot, einer Flash-LED und einem Verbinder zum Anschluss flacher Kabel (FPC, Flexible Printed Circuit) **1**.

Das Board unterstützt die Kamera-Module OV2640 (2 Megapixel) und OV7670 (0,3 Megapixel). In der Regel liegt den Angeboten von eBay, AliExpress und den anderen Anbietern das Modul OV2640 bei, das eine maximale Auflösung von 1632 x 1232 (1600 x 1200 in der Praxis) unterstützt. Das Ganze kostet bei einer Bestellung in China inklusive Fracht und Verpackung unter 4 Euro plus 4 Wochen Wartezeit **2**. Ungeduldige bestellen bei Amazon, wo die Preise bei rund 11 Euro zuzüglich Versand beginnen.

Dem Board fehlen allerdings ein USB-zu-seriell-Konverter sowie eine USB-Buchse, um Software von einem PC aus zu installieren. Stattdessen muss man – wie in den Anfangszeiten des ESP8266 – einen separaten Konverter an das Board anschließen. Die Standardbezeichnung auf eBay und Co. lautet für

## Kurzinfo

- »ESP32-CAM verkabeln
- »Arduino-IDE vorbereiten
- »Gesichtserkennung nutzen

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
etwa 1 Stunde



**Kosten:**  
etwa 5–20 Euro

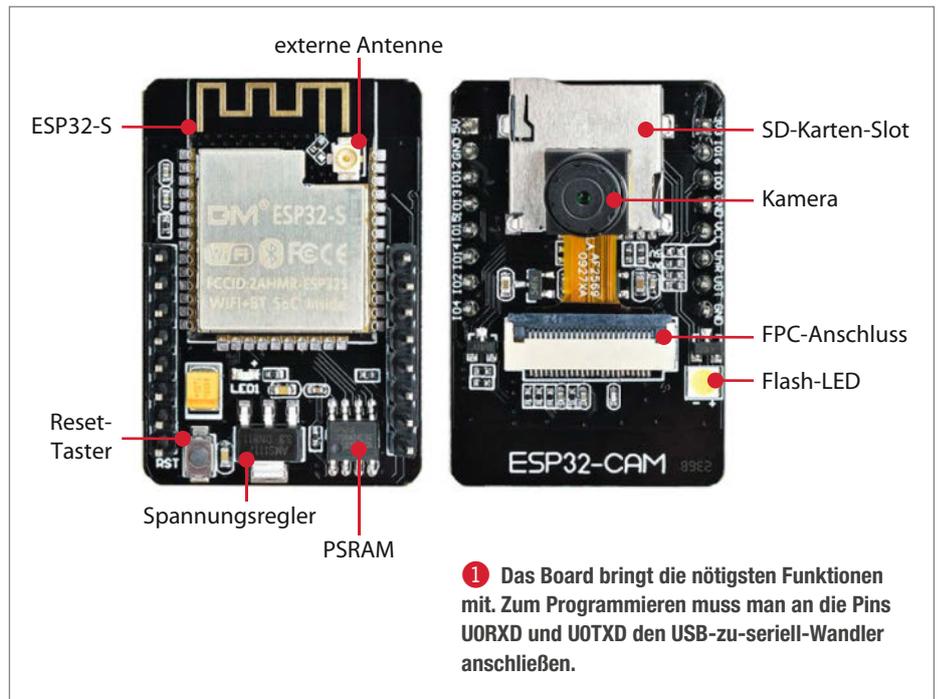


**Programmieren:**  
Bedienung der Arduino-IDE

### Material

- »ESP32-CAM (AI Thinker)
- »USB-zu-seriell-Konverter
- »Jumperkabel female/female

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xh2g](https://make-magazin.de/xh2g)



**1** Das Board bringt die nötigsten Funktionen mit. Zum Programmieren muss man an die Pins U0RXD und U0TXD den USB-zu-seriell-Wandler anschließen.

I/O	HS2_DATA1	GPIO4
I/O	HS2_DATA0	GPIO2
I/O	HS2_CLK	GPIO14
I/O	HS2_CMD	GPIO15
I/O	HS2_DATA3	GPIO13
I/O	HS2_DATA2	GPIO12
POW		GND
POW		SV



**1**

GND		POW
GPIO1	U0TXD	I/O
GPIO3	U0RXD	I/O
3,3V/5V		P_OUT
GND		POW
GPIO0	CSI_MCLK	I/O
GPIO16	U2RXD	I/O
3,3V		POW

esp32-cam ansehen

			
ESP32-CAM ESP32 WIFI ... 2,79 € eBay DE +0,95 € Vers... Von RedBrain	ESP32-CAM WiFi WiFi 1,49 € AliExpress.com +1,07 € Vers... Von Google	ESP32-CAM WiFi + BT ... 12,79 € Amazon.de Versand gratis Von Google	1 stücke ESP32-CAM 1,36 € AliExpress.com +1,11 € Vers... Von Google

Listing 1

```
// Select camera model
#define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT
#define CAMERA_MODEL_ESP_EYE
#define CAMERA_MODEL_M5STACK_PSRAM
#define CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER
```

Listing 2

```
const char* ssid = "meinWLAN";
const char* password = "meinPasswort";
```

2 Die ESP32-CAM ist im Internet unfassbar günstig zu bekommen.



3 Fünf Jumperkabel genügen, um die ESP32-CAM zu programmieren.

derartige Platinen FT232 oder FTDI USB to TTL, deren Preise irgendwo zwischen 1 und 15 Euro liegen.

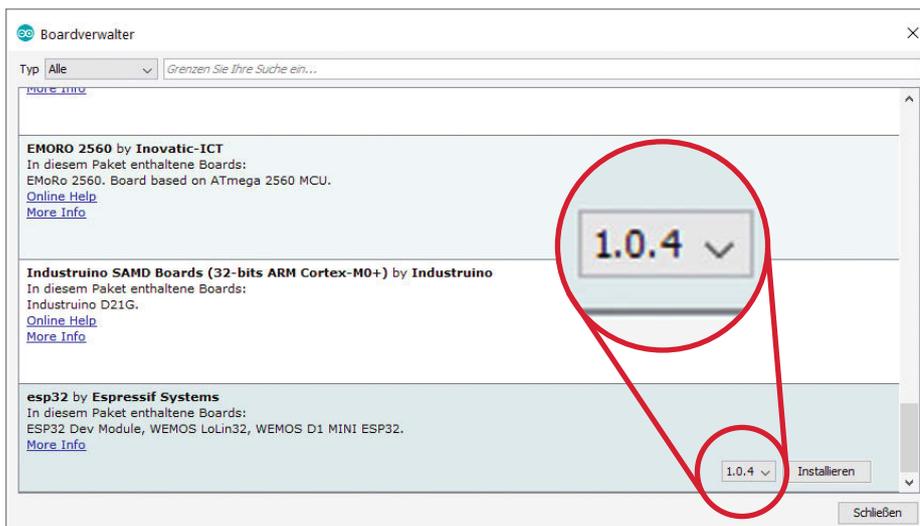
### Inbetriebnahme

Um die ESP32-CAM zu programmieren, muss man einige der GPIOs mit dem USB-zu-seriell-Konverter verbinden und den Pin

GPIO0 des Boards (dort ist nur IO0 aufgedruckt) mit GND verbinden, um ihm quasi Programmierbereitschaft zu signalisieren. Die Verkabelung dazu ist in 3 zu sehen: **GND** kommt an **GND**, **5V** an **5V**. Die Verbindung **TxD** des Konverters schließt man an **U0RXD** (auf der Platine meist nur als U0R erkennbar) und **RxD** an **U0TXD**.

Nun kann man im Prinzip mit der Programmierung der Kamera beginnen, wenn die Arduino-IDE mit der ESP32-Unterstützung bereits installiert ist. Wenn nicht, finden Sie unter dem Link eine Anleitung, wie das geht. Wenn Sie bereits die ESP32-Unterstützung installiert haben, müssen sie unter Umständen die Version auf den neuesten Stand bringen. Unter dem Punkt „Werkzeuge/Boards/Boardverwalter“ 4 sollte das ESP-Paket auf dem Stand 1.0.4 sein. Wenn nicht, aktualisieren Sie es einfach.

Unter dem Punkt „Werkzeuge/Boards“ wählt man nun das „AI Thinker ESP32-CAM“ aus 5. Damit hat man nun auch Zugriff auf die im ESP-Paket mitgelieferten Beispiele. Unter „Datei/Beispiele“ findet sich unter „ESP32/Camera“ der Sketch „CameraWebserver“ 6. Diesen lädt man nun in die IDE. Im Sketch selbst sind noch einige Änderungen notwendig. So legt man das benutzte Board über #define-Anweisungen fest. Konkret muss es wie in Listing 1 aussehen. Zudem muss man das WLAN an seine eigene Konfiguration anpassen, ähnlich Listing 2.



4 Mit Version 1.0.4 des ESP-Paketes werden auch aktuellere Boards mit den Chips von Espressif unterstützt, darunter auch das hier benutzte Board.

### Statische IP-Adresse

Unpraktischerweise bezieht der Original-Sketch nach dem Start und dem Einbuchens ins WLAN per DHCP eine dynamische IP-

Adresse. Wenn man sich später mit der ESP-CAM zum Auslesen des Videostreams verbinden will, könnte man zwar diese Angaben am seriellen Monitor der Arduino-IDE mitlesen. Allerdings ist das unpraktisch, besser ist es, selbst eine statische IP-Adresse im Sketch zu vergeben. Dazu dient die Konfiguration in Listing 3, dessen Zeilen man im Sketch direkt hinter die Zeilen zur Definition der SSID und des Passwortes einfügt. Keine Bange, den vollständig modifizierten Sketch stellen wir über den Link zum Download zur Verfügung. Allerdings müssen Sie prüfen, ob die IP-Konfiguration in ihr heimisches Netz passt und Sie eventuell von 192.168.2.250 auf 192.168.1.250 oder ein anderes Netz umstellen müssen. Welche Netzwerkadressen ihr Router benutzt, erfahren Sie in dessen Bedienoberfläche.

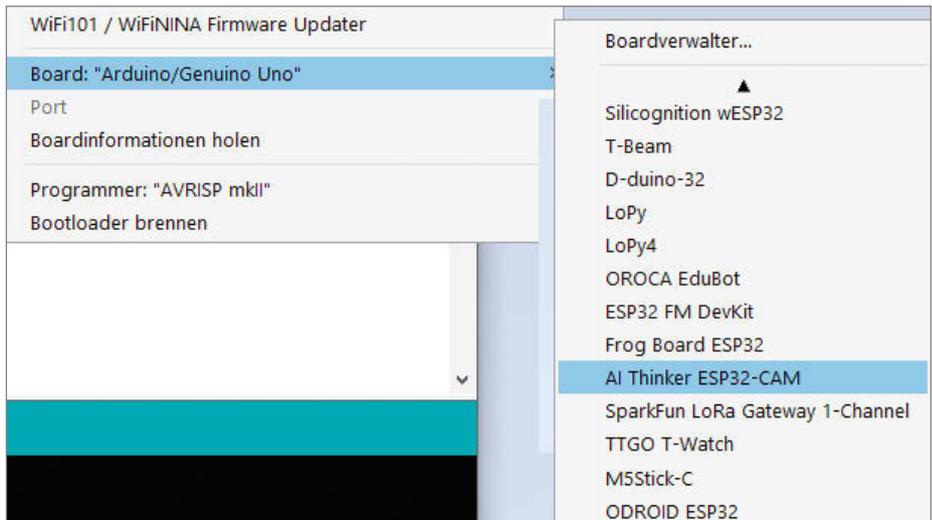
Damit der ESP32 nun auch weiß, dass er eine statische Adresskonfiguration nutzen soll, muss man zusätzlich die Zeile in Listing 4 direkt vor der Direktive `WiFi.begin(ssid, password);` eintragen.

Nun ist der Sketch fertig und kann übersetzt und auf die ESP32-CAM geladen werden. Beachten Sie, dass Pin **IO0 dafür an GND** angeschlossen sein muss. Nach dem Hochladen trennt man den Jumper von IO0 und drückt die Reset-Taste. Nach einer kurzen Zeit sollte sich die Kamera ins WLAN eingebucht haben. Ruft man die im Sketch eingetragene Adresse in einem Browser auf, sollte sich das in 7 zu sehende Bild (allerdings noch ohne Videobild) aufbauen. Erscheint die Oberfläche nicht, muss man mit dem seriellen Monitor prüfen, ob sich die Kamera auch wirklich mit dem WLAN verbunden hat. In unseren Tests lag das Modul beispielsweise zwar nur 3 Meter von einem Repeater entfernt, verband sich aber trotzdem nicht. 10 Zentimeter weiter links lief es dann. Auch die Verbindungsgeschwindigkeit des ESP32 variierte je nach Ort zwischen rasant und „Ich glaub, jetzt ist es kaputt!“

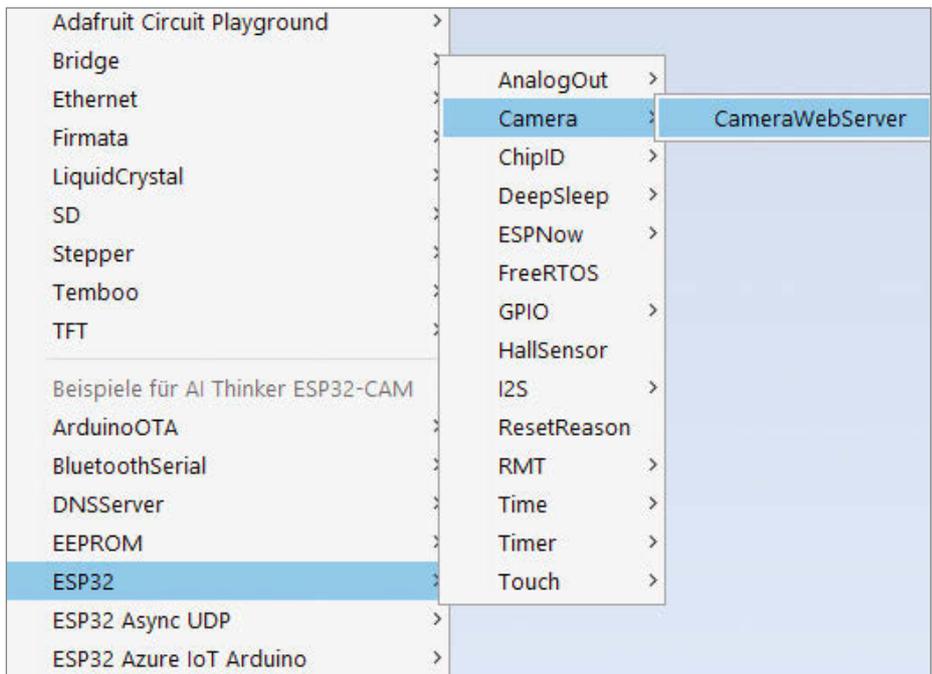
## Bedienung

Zum Starten der Bildübertragung im Browser klickt man unten den Button „Start Stream“ (der sich dann in einen „Stop Stream“-Button verwandelt). Wem die Auflösung zu gering ist, kann sie ganz oben auf maximal UXGA (1600 × 1200 Pixel einstellen). Allerdings sinkt dann die Framerate auf unter 5fps ab. Die vielen Schieber und Schalter dienen im Wesentlichen der Anpassung der Bildqualität und Orientierung. Mit diesen Funktionen ist bereits der Betrieb als Webcam zur Überwachung von Räumen oder Außenbereichen möglich.

Besonders spannend sind jedoch die Schalter „Face Detection“ und „Face Recognition“. Ist „Face Detection“ aktiviert (wie in 7 zu sehen), sucht die ESP32-CAM im auf-



5 In früheren Versionen des ESP-Pakets ist das Board von AI Thinker noch nicht enthalten.



6 Schon der Beispiel-Sketch enthält alle wichtigen Anwendungen, die sich mit der ESP32-CAM umsetzen lassen.

### Listing 3

```
// Set your Static IP address
IPAddress local_IP(192, 168, 2, 250);
// Set your Gateway IP address
IPAddress gateway(192, 168, 2, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 0, 0);
IPAddress primaryDNS(8, 8, 8, 8);
```

### Listing 4

```
if (!WiFi.config(local_IP, gateway, subnet, primaryDNS)) {
  Serial.println("STA Failed to configure");}
```

☰ Toggle OV2640 settings

Resolution CIF(400x296)

Quality 10 1063

Brightness -2 -22

Contrast -2 -22

Saturation -2 -22

Special Effect No Effect

AWB

AWB Gain

WB Mode Auto

AEC SENSOR

AEC DSP

AE Level -2 -22

AGC

Gain Ceiling 2x 2x128x

BPC

WPC

Raw GMA

Lens Correction

H-Mirror

V-Flip

DCW (Downsize EN)

Color Bar

Face Detection

Face Recognition

Get Still
Stop Stream
Enroll Face



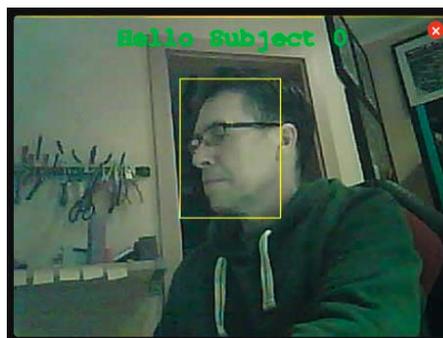
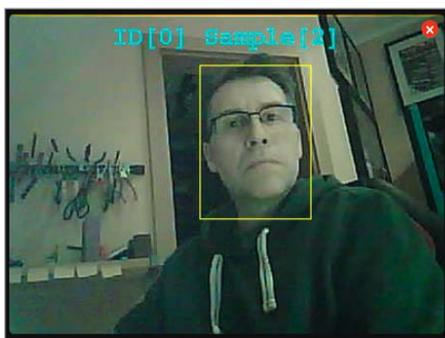
7 Der Sketch implementiert einen Streaming- und einen Webserver, mit dem sich die Einstellungen im laufenden Betrieb anpassen lassen.

```

MJPG: 17477B 642ms (1.6fps), AVG: 464ms (2.2fps), 204+179+0+220=604 DETECTED 0
MJPG: 11981B 371ms (2.7fps), AVG: 464ms (2.2fps), 205+144+0+0=349 0
MJPG: 18068B 655ms (1.5fps), AVG: 478ms (2.1fps), 206+188+0+219=614 DETECTED 0
MJPG: 17596B 738ms (1.4fps), AVG: 495ms (2.0fps), 204+200+0+219=624 DETECTED 0
MJPG: 18422B 651ms (1.5fps), AVG: 508ms (2.0fps), 205+179+0+220=605 DETECTED 0
MJPG: 18261B 651ms (1.5fps), AVG: 523ms (1.9fps), 206+178+0+222=607 DETECTED 0
MJPG: 18243B 661ms (1.5fps), AVG: 538ms (1.9fps), 204+193+0+220=617 DETECTED 0
MJPG: 17205B 648ms (1.5fps), AVG: 554ms (1.8fps), 203+190+0+218=611 DETECTED 0
MJPG: 17042B 631ms (1.6fps), AVG: 569ms (1.8fps), 208+169+0+220=598 DETECTED 0
MJPG: 17485B 696ms (1.4fps), AVG: 588ms (1.7fps), 206+215+0+221=643 DETECTED 0
    
```

Autoscroll  Zeitstempel anzeigen Neue Zeile

8 Der Sketch gibt über den seriellen Port aus, wie hoch die aktuelle Framerate ist und ob ein Gesicht im Bild zu erkennen ist.



9 Man kann der Kamera das eigene und andere Gesichter beibringen, auf die es später mehr oder minder angemessen reagiert.

genommenen Bild nach beliebigen Gesichtern und malt ein Rechteck drumherum. „Face Detection“ funktioniert leider nur bei der Auflösung 400 x 296. Zudem sinkt die Bildrate stark ab. Dass ein Gesicht erkannt wurde, teilt das Modul zusätzlich über seinen seriellen Port mit „DETECTED 0“ 8 mit.

Prinzipiell kann diese Daten ein anderer Microcontroller auslesen und für weitere Steuerungszwecke nutzen. Der ESP32 ist aber selbst leistungsfähig genug, um bei Erkennen eines Gesichts Aktionen einzuleiten und etwa die LED anzuschalten oder die Koordinaten des Gesichts auszuwerten und damit dann eine Pan-Tilt-Halterung zu steuern.

Aktiviert man zusätzlich „Face Recognition“, kann die ESP32-CAM ein erkanntes Gesicht sogar einer bestimmten Person (respektive „Subject“) zuordnen. Dazu muss man zuerst ein Gesicht eintrainieren, und zwar über den Button „Enroll Face“. Die Kamera nimmt dann mehrere Bilder des Gesichts auf 9 und legt sie temporär (bis zum nächsten Reset) im RAM ab. Nach dem Enrollment erkennt die Kamera eintrainierte Gesichter und kennzeichnet sie im Bild mit „Hello Subject“. Nicht erkannte Gesichter markiert sie mit „Intruder Alert!“ 9.

Für die Interessierten: Die Gesichtserkennung beruht auf einem neuartigen Neuronalen Netz, das speziell für Embedded Systeme konzipiert ist. Es kombiniert ein bereits von Smartphones bekanntes vormodelliertes MobileNetV2 mit einem „Multi-task Cascaded Convolutional Network“, um eine hohe Geschwindigkeit und dennoch akzeptable Erkennungsrate zu erreichen. Damit können auch eher schwachbrüstige Mikrocontroller Aufgaben übernehmen, für die bislang schnellere Prozessoren notwendig waren.

Die ESP32-CAM bietet viele Funktionen für wenig Geld. Dieser Artikel bietet nur einen kurzen Einstieg in den Umgang mit dem Board. Um die Funktionen in eigenen Projekten besser nutzen zu können, muss man sich intensiver damit beschäftigen. Im nächsten Heft zeigen wir, wie man trainierte Gesichter permanent abspeichert und mit der Gesichtserkennung GPIOs steuert. —*dab*

# 3D-Kurs für Maker: Konstruieren mit Blender 2.8

Zwei neue (und längere) Folgen unserer Tutorial-Serie bei Vimeo zeigen, wie man mit kostenloser Software selbst Ersatzteile konstruiert und in 3D druckt.

von Peter König

Einer der äußerst praktischen Aspekte beim 3D-Druck ist, dass man sich selbst Ersatzteile drucken kann, die man nicht mehr vom Hersteller bekommt (oder die dort sehr teuer sind). Das Problem: Man braucht ein exaktes 3D-Datenmodell des Teils, das ersetzt werden soll – und das muss man in aller Regel selber konstruieren. Deshalb zeigt der Blender-Tutor und Buchautor Carsten Wartmann in zwei neuen Folgen der Make-Video-Serie *3D-Kurs für Maker: Konstruieren mit Blender 2.8*, wie man so ein Reparaturprojekt ganz praktisch angeht – von den ersten Vorüberlegungen über die Konstruktion mit der kostenlosen 3D-Software Blender bis hin zum 3D-Druck.

## Projekte ...

Im Video *Projekt: Bedienknöpfe* (40:50 Minuten, 4 Euro) sieht man im Detail, wie man mit Blender Ersatz-Bedienknöpfe für Geräte konstruieren kann, um sie auf dem 3D-Drucker zu fertigen. Als Beispielanwendung soll ein Synthesizer mit Ersatzknöpfen versehen werden, was gar nicht so trivial ist, denn die Knöpfe müssen später fest, aber nicht zu stramm auf einer runden Achse sitzen, die an

einer Seite abgeflacht und am Übergang noch abgefast ist. Und natürlich sollen auch die Knöpfe aus dem 3D-Drucker die typische Markierungskerbe aufweisen wie die Originalteile. Wie man im Tutorial sieht, ist das mit Blender aber alles kein Problem.

## ... und Werkstattvideos

Im Video *Werkstatt: Klemmplatte* (50:46 Minuten, 5 Euro) wird eine weitere typische Reparaturaufgabe aus der Werkstatt angegangen – diesmal muss die Klemmplatte des Mikrofonstativs ersetzt werden, das bei den Videoaufnahmen von Carsten Wartmann selbst zum Einsatz kommt. Das ist kein ganz simples Teil – vielmehr besteht die Klemmvorrichtung aus zwei unterschiedlichen Kunststoffstücken, durch die Stativstangen laufen und bei denen Schrauben für den nötigen Anpressdruck sorgen, die wiederum als Gegenstück Einpressmuttern aus Metall erfordern, die natürlich eine passende Aufnahme im Ersatzteil finden müssen.

Dieses Werkstatt-Video entstand praktisch unter Live-Bedingungen: Die Konstruktion wurde vorher nicht durchgespielt und erprobt, sondern unser Tutor Carsten Wart-

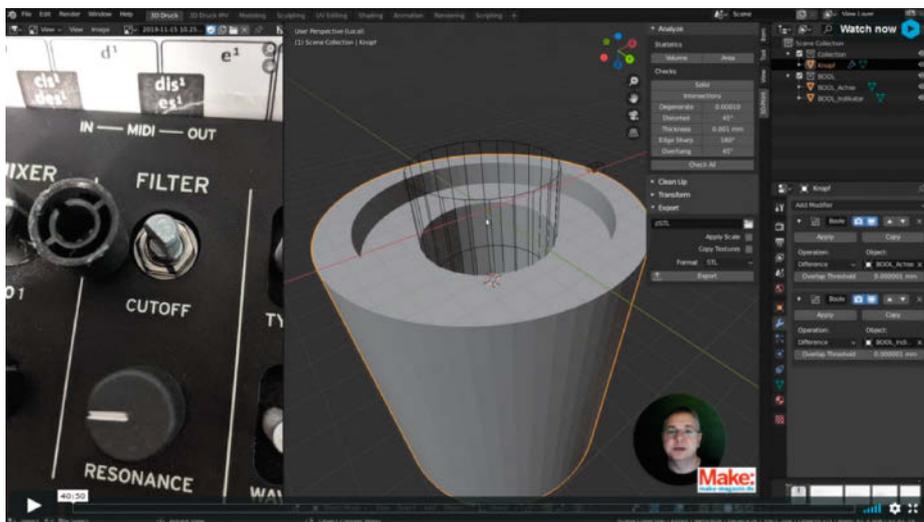
mann startete nur mit der Aufgabe und ohne festen Plan. Deshalb zeigt das Video realistisch, wie man beim Konstruieren denken, vorgehen und unvorhergesehene Probleme lösen kann – nebst einiger Irrwege und Sackgassen, die wir für das Video allerdings stark gestraft haben. Ein solches Video erklärt nicht ganz so viel im Detail wie die Basistutorials und die Projekt-Videos unseres Kurses, weshalb sich solch ein Werkstatt-Video eher für fortgeschrittene Blender-Nutzer eignet.

## Speziell für Maker

Unsere Blender-Tutorial-Serie bei Vimeo besteht aus Video-Lektionen zwischen 12 und gut 50 Minuten Länge, die man einzeln kaufen, jederzeit online anschauen und auch herunterladen kann. Kostenlos zum Streamen gibt es vorab eine ausführliche Übersicht, was sich zwischen den Blender-Versionen 2.79 und 2.8 geändert hat – das ist eine ganze Menge. Da mittlerweile schon das nächste kleinere Release Blender 2.81 herausgekommen ist, gibt es als Bonus-Feature auch noch ein Update-Video für diese Version kostenlos.

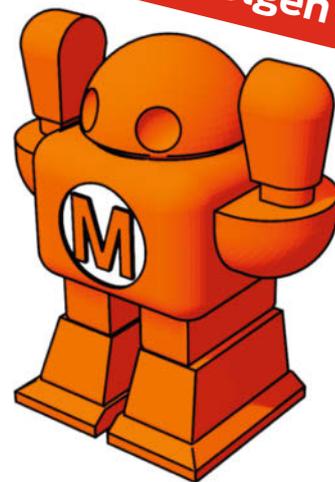
Unser Ziel ist es, in Zukunft regelmäßig neue Video-Tutorials nachzuliefern, sodass nach und nach ein immer breiteres Spektrum der Einsatzmöglichkeiten von Blender abgedeckt wird. Dabei nehmen wir über unser Forum zur Tutorial-Serie gerne Ihr Feedback und Ihre Fragen, Ihre Wünsche und Anregungen zu weiteren Projekten und Themen entgegen.

—pek



Das 40-minütige Projekt-Video zu den Ersatz-Bedienknöpfen zeigt den kompletten Weg von der ersten Konzeption über die Konstruktion bis zum Export für den 3D-Druck.

Neue Folgen



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



Das Abacus Theater macht die Maker Faire Ruhr unsicher.

Bilder: Andreas Wahlbrink

# Kommende Maker Faires

Das Festivaljahr 2020 beginnt: Den Start macht am 7. März 2020 die Mini Maker Faire in der Experimenta in Heilbronn. Vom 20. bis 21. März findet die zweite Maker Faire in Minden-Lübbecke statt. Am 16. und 17. Mai geht es zur größten Erfindermesse Österreichs, der Maker Faire Vienna. Eine eintägige Maker Faire findet am 13. Juni im *Dussmann das Kulturkaufhaus* statt. Die größte Maker Faire feiern wir mit über 200 Ständen am 12. und 13. September in Hannover.

## Maker Faire Ruhr

Am 28. und 29. März trifft Games of Thrones auf den Meister der Elektrizität, Nikola Tesla – wenn sich in Dortmund SteampunkernInnen, Upcycling-Spezis und Tüftelbegeisterte ein Stelldichein geben. Zum fünften Mal präsentiert die DASA Arbeitswelt Ausstellung in diesem Jahr die Maker Faire Ruhr. Hier bekommen Maschinenfreaks und Fotofans glänzende Augen, wenn die abgefahrenen Modelle des Abacus Theater oder die fantastischen Monsterjäger-Fahrzeuge vom Dampfzirkus Papenburg das Gelände um die DASA unsicher machen. Am Start ist der neue Hackerspace aus Recklinghausen ebenso wie die Spaces aus Iserlohn und Unna. Das Projekt „Ruhrwerke“ baut mit den Besuchern und Besucherinnen Monster. Die Wuppertaler Luftschiffwerft, das FabLab „Dingfabrik“ aus Köln und die Kölner Neugründung „Wilde Kulturtechniken“ zeigen, was alles mit Köpfchen und Kreativität geht. Die Maker Faire Ruhr mit über 60 Ausstellern hat an beiden Tagen von 10 bis 18 Uhr geöffnet.

► [makerfaire-ruhr.com](http://makerfaire-ruhr.com)



Auf der Maker Faire Ruhr lernen die kleinen Gäste nicht nur Lötten, sondern auch die Kunst des Schönschreibens und wie man Zeitungen neues Leben einhaucht.

# Maker Faire Berlin



Wer die Kosmotronik von Seite 55 einmal live bewundern möchte, der darf sich die sechste Maker Faire Berlin nicht entgehen lassen: Der Künstler Harry Arling bringt seine futuristischen Maschinen aus den Niederlanden mit dorthin. Doch die Aussteller kommen nicht nur aus den Niederlanden und Deutschland – bei der Maker Faire Berlin präsentieren Maker aus über 20 Ländern ihre Projekte. Nicolas Bras aus Paris musiziert auf ungewöhnlichen selbstgebaute Musikinstrumenten aus recycelten Materialien. Aus Österreich kommt nicht nur der Amalattomat – ein Roboter, der köstliche Crêpes macht –, sondern auch Oskar, die mobile Braille-Tastatur mit ESP32. Der Berliner YouTuber Uri Tuchman baut Miniaturwerkzeuge und Sebastian Beutler fertigt imposante pedalbetriebene Fahrzeuge aus Stahl und Schrott. Das Projekt „Auxilio para Deficientes Visuais“ bringt eine intelligente Brille für Menschen mit Sehschwäche mit und die 3D-gedruckte Eismaschine von Roberto Colucci lädt zum Naschen ein. Einen weiten Weg nach Berlin hat auch der Roboter Norby aus Australien: Er hilft Kindern beim Programmieren lernen. Und natürlich ist die Redaktion der Make dabei und präsentiert den Lesern ihre Projekte.



Bild: Sebastian Beutler

Bild: Nicolas Bras

## Jetzt Tickets besorgen

Die sechste Maker Faire Berlin öffnet am 18. und 19. April in der neuen Location Arena Berlin ihre Türen für alle Interessierten. Noch bis zum 12. April gibt es 15 Prozent Rabatt auf alle Tickets.

► [maker-faire.de/berlin](http://maker-faire.de/berlin)

## Jetzt anmelden!

Wer auf der Maker Faire Berlin selbst ausstellen will, kann sich noch bis zum 29. Februar anmelden: [maker-faire.de/berlin](http://maker-faire.de/berlin)

**Ticket-Aktion:** In diesem Heft finden Sie eine Beilage, mit deren Vorlage Sie beim Kauf eines Maker-Faire-Tickets an der Tageskasse vor Ort für die Maker Faire Berlin ein weiteres Ticket mit gleichem oder geringerem Wert gratis dazuerwerben können (alle Informationen dazu auf der Beilage). Sollte diese Beilage nicht im Heft sein, wenden Sie sich bitte an: [info@maker-faire.de](mailto:info@maker-faire.de)

# Maker Faire Sachsen



Im Mittelpunkt der vierten sächsischen Maker Faire in Chemnitz steht das kreative Kräfteressen beim Murmelbahn-Contest „Fidibus“. Schüler und Azubis aus der Region entwickeln Murmelbahnen aus Materialien wie Papier, Holz, Metall und Glas. Auf der Maker Faire können die Gäste die verrückten Bauten dann ausprobieren. Ein weiterer Eyecatcher der Maker Faire Sachsen sind mit Sicherheit die legendären Timecruiser – riesige fahrende Zeitmaschinen –, in denen sich Technik der Vergangenheit mit Technik der Zukunft verbindet. Die drei Meter hohen mobilen Kunstwerke aus recycelten Materialien werden natürlich von Zeitreisenden gesteuert. Zum Auftakt der Maker Faire Sachsen findet eine experimentelle Kindervorlesung mit Shary Reeves statt. Die TV-Moderatorin hat jahrelang die Sendung „Wissen macht Ah!“ präsentiert.

Die Maker Faire Sachsen findet am 28. und 29. März in der Stadthalle Chemnitz statt. An über 60 Ständen können die Besucher unter Anleitung der Aussteller 3D-drucken, eigene Roboter kreieren, Fahrzeuge konstruieren und Möbel aus recycelten Fundstücken bauen. —rehu

► [maker-faire-sachsen.de](http://maker-faire-sachsen.de)

Auf der Maker Faire Sachsen gibt es Wissenschaft zum Anfassen, wie diese Plasmakugel.



Hier stellen private Erfinder und Tüftler ihre neuesten Produkte und Lösungen vor.

## Neue Räume in Gütersloh

Der Makerspace Gütersloh hat seit Anfang Dezember einen Vereinsraum im 1. Obergeschoss des Kultur- und Bürgerzentrums Weiberei. Dort finden Samstags von 11 bis 16 Uhr zusätzliche Basteltreffen statt.

[makerspace-gt.de](http://makerspace-gt.de)

## Maker-Termine

### Hack im Pott

28. Februar – 1. März

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

Falkenzentrum Süd

### Jugend Hackt München

6.–8. März

Werk3 München

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

### Pi and More 12 1/2

14. März

Uni Stuttgart

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

### Informatiktage Zürich

23.–28. März

In und um Zürich

[informatiktage.ch](http://informatiktage.ch)

### Easterhegg

10.–13. April

Kampnagel Hamburg

[eh20.easterhegg.eu](http://eh20.easterhegg.eu)

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)



## Schmieden in Langenau

### Neuer Makerspace in einzigartigem Zuhause

In die letzte verbliebene Schmiede des Dorfes Langenau bei Ulm ist seit einiger Zeit wieder Leben eingezogen. Derzeit arbeiten dort drei Leute, die die Werkstatt von 200 Quadratmetern zu einem richtigen Makerspace erweitern. Das Highlight der komplett eingerichteten Schmiede ist die einsatzfähige Esse, also die Feuerstelle. Außerdem gibt es in der Metallwerkstatt Bereiche für Auto- und Fahrradreparatur, Schweißen, Schleifen und Bohren. Im Dachgeschoss sollen künftig eine Holzwerkstatt sowie Elektronikarbeitsplätze folgen. Auch 3D-Dru-

cker und Nähmaschinen sollen dort eine Heimat finden. Eine eigene Photovoltaikanlage auf dem Dach sowie ein Pausenraum vervollständigen den Makerspace.

Interessierte können am Mittwoch und Freitag von 9 bis 12 Uhr und von 14 bis 18 Uhr vorbeischauen. Montags ist der Makerspace in der Alten Steige 34 ebenfalls nachmittags offen. Eine Webseite gibt es derzeit noch nicht. —hch

► [heise.de/-4599919](http://heise.de/-4599919)

## Mehr Hackdays in Schulen

### Initiative Make Your School baut regionale Netzwerke auf

Seit dem Schuljahr 2016/17 organisiert das Projekt „Make Your School“ an Schulen in Deutschland sogenannte Hackdays: Schülerinnen und Schüler ab der 8. Klasse haben dabei zwei bis drei Tage Zeit, eigene Maker-Projekte umzusetzen. Hilfe bekommen sie von Mentorinnen und Mentoren aus Bereichen wie Informatik, Design, Elektrotechnik und Maschinenbau. Im aktuellen Schuljahr sind bereits 26 Veranstaltungen geplant.

Um künftig noch mehr Hackdays anbieten zu können, sollen nun regionale Make-Your-School-Netzwerke entstehen, bei denen lokale Organisationen die Koordination in ihrer Region übernehmen. Dabei werden sie weiterhin von Make Your School unterstützt, die die deutschlandweite Koordination übernehmen und bei der Finanzierung helfen. Potentielle Partnerinnen und Partner sind etwa Bildungsinitiativen, Science Center und Makerspaces,



Bild: Gerd Kopatz/Wissenschaft im Dialog

aber auch Handwerkskammern und Sozialunternehmen. Make Your School ist ein Projekt der gemeinnützigen Organisation Wissenschaft im Dialog und der Klaus Tschira Stiftung. —hch

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

# Roboter im Ring

In Lübeck geht die Sumobot Competition in die zweite Runde

Nach dem Erfolg der ersten Sumobot Competition im Fablab Lübeck gibt es in diesem Jahr eine Neuauflage. Am 16. Mai werden sich wieder kleine Kampfroboter gegenseitig durch eine runde Arena schubsen. Gewinner ist, wer alle Konkurrenten aus dem Ring geschoben oder kampfunfähig auf den Rücken gedreht hat. Dabei dürfen keine Waffen oder scharfen Gegenstände genutzt werden. Die Bots können autonom agieren oder dürfen ferngesteuert werden.

Dieses Jahr gibt es allerdings einige Regeländerungen: So sollen die Runden künftig nur noch drei statt fünf Minuten dauern. Außerdem wird der Poller in der Mitte der Arena während des Kampfes unregelmäßig hoch- und runtergefahren und sorgt so für noch mehr Action. Schließlich werden in den Vorrunden gleich drei Bots durch den Ring fahren.

Andere altbewährte Dinge bleiben dagegen gleich, wie etwa ein Livestream für alle, die nicht vor Ort dabei sein können. Zur Vorbereitung werden im Fablab auch wieder zahlreiche Workshops angeboten, die den Bau von der Konstruktion bis zur Verkabelung umfassen. Die Workshop-Reihe beginnt im



März mit einer Einführung. Anschließend ist bis zum 2. Mai Zeit, sich für den Wettkampf anzumelden. Weitere Hilfestellung gibt es immer Freitagabend beim OpenLab Day. Die Workshops werden zeitnah über die Facebookseite und das Forum des Fablabs angekündigt. —hch

► [sumobot.fablab-luebeck.de](http://sumobot.fablab-luebeck.de)

## Umzug in Trier

Zum 1. Februar ist das Maschinendeck Trier umgezogen und nun in der Karl-Marx-Str. 18 zu Hause. Der Hackerspace freut sich über doppelt so viel Platz wie zuvor.

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

## Computer-Kram und Frauen

Eine neue Gruppe von F.U.C.K (Frauen Und Computer Kram) trifft sich seit Januar im Verschwörhaus Ulm.

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

35

Brachiograph

# Kolophonium

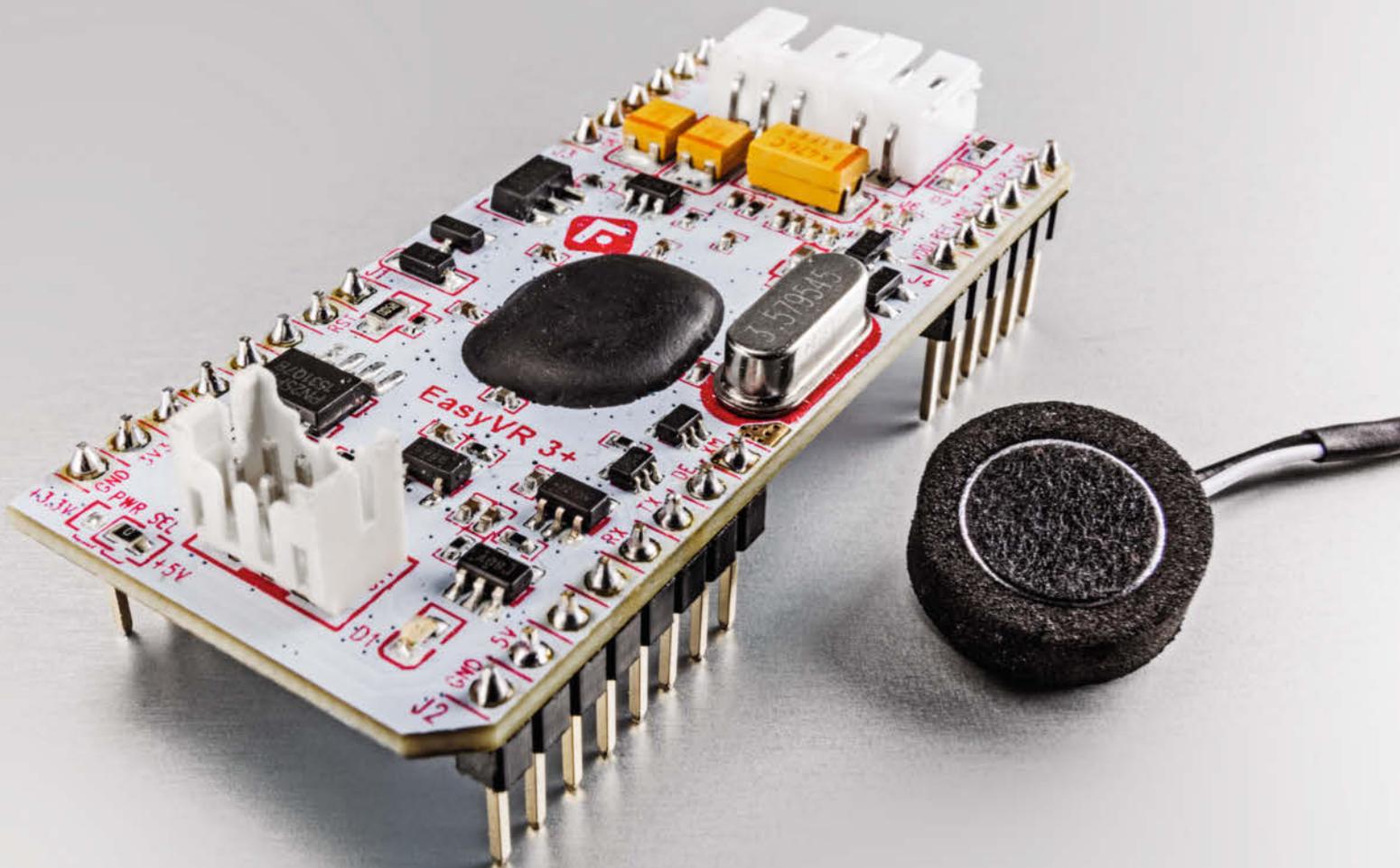
von und mit @beetlebum 



# Voice Recognition

Fernbedienungen suchen, nur um den Fernseher einzuschalten, ist Ihnen das auch lästig? Dann steuern Sie doch Ihre Geräte per Sprachbefehl. Wir zeigen, wie Sie das erreichen – und zwar, ohne dass jemand übers Netz heimlich zuhören kann.

von Heinz Behling



Immer öfter hört man Sätze wie *Alexa, mach das Licht an!*. Geräte im eigenen Heim per Sprache zu steuern ist in, weil bequem und beeindruckend. Haben Sie sich auch schon einmal gewünscht, dass Ihnen daheim aufs Wort gehorcht wird, zumindest, was Elektrogeräte angeht, oder? Die Technik dahinter heißt Spracherkennung (Voice Recognition). Das bedeutet, dass ein Computer über ein angeschlossenes Mikrofon Ihre Sprache aufnimmt und analysiert.

## Enormer Rechenaufwand

Diese Analyse kann von der einfachen Suche nach wenigen, dem Rechner eintrainierten Worten bis zur Sinnerkennung komplexer Sätze reichen. Letzteres macht etwa Amazon, wenn jemand deren Echo-Lautsprecher auffordert: „Alexa, such ein portugiesisches Restaurant in der Nähe!“ Das ist aber ein sehr aufwendiger Prozess (siehe Kasten „So funktioniert Voice Recognition“ unten), denn erstens muss Alexa den Text erkennen, egal wer ihn gesprochen hat.

Und zweitens ist man beim Äußern seiner Wünsche nicht an festgelegte Formulierungen gebunden. Alexa soll also auch auf „Bitte suche einen Portugiesen!“ oder „Ich suche ein portugiesisches Restaurant in der Nachbarschaft!“ in gleicher Weise reagieren. Die dazu erforderliche Rechenpower ist enorm und entsprechende Hardware hat in den kleinen Echo-Gehäusen sicher nicht genug Platz.

## Kurzinfo

- » Wie erkennt der Computer Sprache?
- » Unterschiede zwischen Spracherkennung und Sprachsteuerung
- » Vier Module für Raspberry Pi und Arduino



Solche Systeme arbeiten daher online, das heißt, sie nehmen lediglich Ihre Sprache auf und senden sie in diesem Beispiel an das Amazon-Rechenzentrum. Dort sitzen dann leistungsfähige Computer, die die Sprachanalyse vornehmen und dann die entsprechenden Aktionen auslösen, also etwa die Internetrecherche für ein passendes Restaurant in der Nähe des Standortes des anfordernden Echo-Geräts.

Vorteil dieses Umwegs: Sie brauchen zu Hause nur eine kleine und preiswerte Hardware. Nachteil: Es besteht unter Umständen die Möglichkeit, dass jemand von außen mithört (siehe Kasten „Online – Offline“ auf Seite 40). Vielen ist das aber ein Dorn im Auge, denn Amazon, Google und Co. sammeln schon genug Daten über

uns, da müssen wir sie nicht auch noch ins Haus einladen.

## Rechenzentrum oft unnötig

Für die Steuerung von Fernsehern, Lampen und Ähnlichem im eigenen Heim ist dieser Aufwand aber gar nicht nötig. Eine Gerätesteuerung per Sprache erfordert höchstens einige zig genau festgelegte Befehls Worte, zum Beispiel: „TV einschalten“. Dazu ist also keine Volltextanalyse in einem Rechenzentrum nötig. Außerdem sollen Ihre Geräte in der Regel auch nur von Ihnen und eventuell einigen Familienmitgliedern gesteuert werden. Sprecher-unabhängige Spracherkennung muss daher auch nicht sein. Daher kommt man mit deutlich leistungsschwächeren

## So funktioniert Voice Recognition

Spracherkennung ist ein sehr komplexer Vorgang, den unser Gehirn zwar (nach einer mehrjährigen Lernphase) praktisch ohne Zeitverzögerung ausführt, der für Computer jedoch eine echte Herausforderung darstellt. Eine genaue Beschreibung der Arbeitsweise würde den Umfang dieses Artikels sprengen. Über den Kurzinfo-Link erhalten Sie jedoch Adressen für weitergehende Erläuterungen. Hier folgt nur ein kurzer Anriss des Arbeitsablaufs innerhalb eines Spracherkennungssystems.

Zwischen der Mikrofonaufnahme, deren Digitalisierung und der eigentlichen Erkennung findet bereits einiges statt, um die Daten für den Computer bekömmlicher zu machen. Zunächst gibt es eine Filterung, die Störgeräusche (zum Beispiel Umweltlärm oder Nachhall) beseitigt.

Anschließend werden die enthaltenen Frequenzen und deren zeitlicher Verlauf sowie weitere Merkmale der Sprachaufnahme errechnet. Mit diesen Eigenschaften lassen sich dann zum Beispiel die Laute, die von den Stimmbändern erzeugt werden (Vokale), von denen durch den oberhalb des Kehlkopfes sitzenden Vokaltrakt bestehend aus Rachen, Mundraum, Lippen und Zähnen erzeugten Lauten (zum Beispiel Zischlaute von Konsonanten) unterscheiden. Letztere sind für die Spracherkennung besonders wichtig.

Nach dieser Aufbereitung beginnt die eigentliche Spracherkennung. Die Aufnahme wird anhand der ermittelten Merkmale auf charakteristische Laute (Phoneme) untersucht. Diese Laute wurden dem System zuvor beim Training beigebracht. Sie stimmen übrigens nicht mit den Buchstaben eines Wortes überein, das wäre zu ungenau. Es gibt erheblich mehr Phoneme, denn Buchstaben werden in Kombination mit anderen oft sehr unterschiedlich ausgesprochen: So gibt ein doppeltes *s* einen harten Zischlaut wie in *Hass*, in Kombination mit *ch* jedoch ist es mehr ein Rauschen wie im Wort *schön*.

Anschließend werden die so gefundenen Lautfolgen in die entsprechende Buchstabenfolge übersetzt. Bei der Sprachsteuerung ist nun bereits das jeweilige angelernte Befehls Wort gefunden. Die Volltexterkennung macht weiter: Sie prüft noch, ob die Worte zusammen auch einen Sinn in der jeweiligen Sprache ergeben und ob die Grammatik stimmt. Entweder werden dann noch kleine Korrekturen bei der Schreibweise vorgenommen oder der Text als *nicht erkannt* gekennzeichnet. Auch diese Stufe ist sehr aufwendig, denn sie muss nicht nur die jeweiligen Worte in ihrer Grundform, sondern auch in all ihren Abwandlungen kennen.

Wenn dies alles dann auch noch Sprecher-unabhängig erfolgen soll, vervielfacht sich der Rechenaufwand nochmals.

rer Hardware aus. Das kann sogar ein Arduino mit einem kleinen Zusatzmodul direkt bei Ihnen daheim erledigen, ohne dass Gespräche aus Ihrem Heim ins Internet gelangen können.

### Was gibt's für Arduino & Co.?

Damit wird das Ganze interessant für eigene Anwendungen und wir sind wieder am

Anfang dieses Artikels, dem Wunsch, sich zu Hause Gehör zu verschaffen (bei den Elektrogeräten wohlgermerkt).

Auf den folgenden Seiten stellen wir die entsprechenden Zusatzplatinen vor, die mit Arduino und Co. zusammenarbeiten können und aktuell lieferbar sind. Dazu kommt dann noch eine reine Software-Lösung für den Raspberry Pi, die zusätzlich nur ein passendes Mikrofon braucht.

Mit dem unserer Meinung nach besten System haben wir schließlich eine Sprachfernbedienung gebaut. Damit lassen sich daheim Infrarot-gesteuerte (etwa TV, Receiver oder DVD-Player) sowie an billigen Baumarkt-Funksteckdosen angeschlossene Geräte per Sprache steuern. Die Bauanleitung dazu finden Sie ab Seite 44. Zusätzliche Tipps zur Verbesserung gibt es online (siehe Kurzinfo-Link).

## Online – Offline

Viele Benutzer der verschiedenen Sprachassistenten (Alexa, Siri etc.) denken, dass die nach dem jeweiligen Triggerwort (zum Beispiel *Alexa*) gesagte Anweisung übers Internet nur an den Anbieter übertragen wird, damit der dortige Großrechner die Voice Recognition ausführt. Ansonsten bekäme niemand sonst, insbesondere kein Mensch, das Gesprochene zu hören.

Doch dem ist nicht so. Standardmäßig ist beispielsweise beim Einrichten eines Echo-Lautsprechers unter „Legen Sie fest, wie Ihre Daten Alexa verbessern sollen“ die Option „bei der Entwicklung neuer Funktionen mithelfen“ gewählt. Klingt doch nach Fortschritt, da hilft man gerne. Amazon jedoch versteht darunter die Einwilligung, Aufnahmen des von Ihnen Gesprochenen zu machen und zu speichern. Bei Google ist es ähnlich.

Die Aufnahmen werden dann von Menschen (das sind nicht unbedingt Amazon-Mitarbeiter, sondern können auch Personen in anderen Firmen oder freie Mitarbeiter im In- und Ausland sein) angehört und ausgewertet. Insbesondere soll damit die Trefferquote bei der Spracherkennung verbessert werden. Bis zu 1000 Audio-Clips sollen so in einer 9-Stunden-Schicht angehört werden (Quelle: Bloomberg). Den Datenschutz sollen Verschwiegenheitsverpflichtungen der beteiligten Personen sicherstellen. Außerdem sei ja auch durch die Verwendung der Triggerworte sichergestellt, dass nur die an das System gerichteten Texte aufgenommen würden.

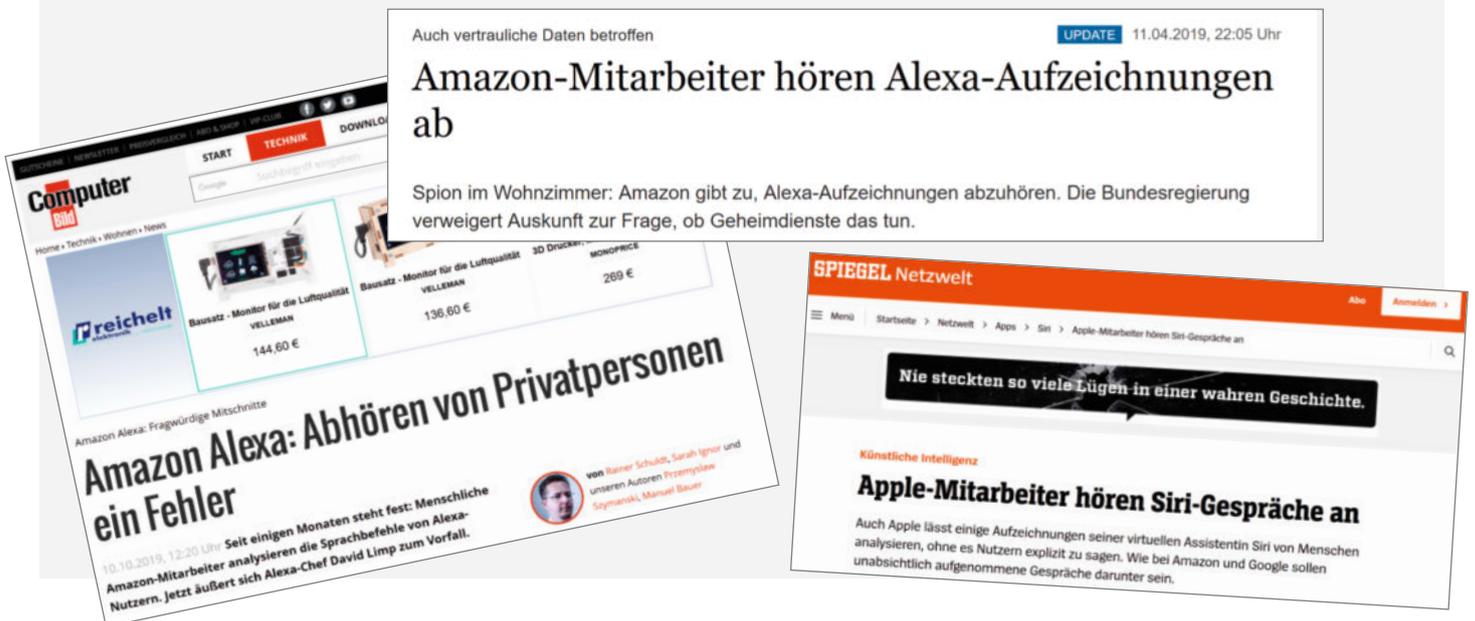
Das kann man glauben, muss es aber nicht. Da ist zum Beispiel die nicht unwahrscheinliche Möglichkeit, dass auch ein im Extase-

rausch gerufener Vorname des Geliebten namens Alexander eine Aufnahme von Schlafzimmengesprächen auslösen könnte. Da sie mangels folgender sinnvoller Anweisung ans System längere Zeit andauern und voraussichtlich nicht sinnvoll verstanden würde, wäre solch ein Liebesgeflüster ein potenzieller Kandidat zur Aufnahme zwecks „Funktionsverbesserung“.

Im Nutzerkonto kann man sich anschauen, welche Aufnahmen von Ihren Geräten gemacht wurden, und diese auch löschen. Dort finden sich unter Umständen sogar solche mit dem Zusatz „Text nicht verfügbar – Audio war nicht für Alexa bestimmt“. Aufgenommen wurden sie aber trotzdem und automatisch gelöscht werden sie auch nicht. Das überlässt der Riese dann doch seinen Nutzern.

Abhilfe bringt hier das Abschalten der oben genannten Verbesserungsfunktion. Dass Amazon sich daran hält, müssen Sie wiederum glauben. Oder Sie verzichten auf Online-Spracherkennung und führen das bei Bedarf offline in den eigenen vier Wänden durch. Für den Fall, dass Sie lediglich einige Geräte per Sprache steuern möchten, erhalten Sie ab Seite 44 eine Bauanleitung für Ihren wirklich privaten Sprachassistenten. Der ist dann nebenbei auch gegen jeden Hackerangriff geschützt.

In der nächsten Ausgabe befassen wir uns dann mit der Volltext-Spracherkennung. Da die aber erheblich aufwendiger ist, erfordert das schon mindestens einen Raspberry Pi 3 oder 4. Was die dazu angebotenen Systeme können, erfahren Sie in der Make 2/20.



## EasyVR 3+

Diese kleine Platine kann durch das im Set enthaltene Shield direkt auf einen Arduino Uno gesteckt werden. Vor der Inbetriebnahme steht aber erst einmal das Einlöten der mitgelieferten Steckkontakte sowie der Download der Software *EasyVR Commander* sowie der entsprechenden Arduino-Bibliothek und des 87-seitigen Manuals. Das Modul kann bis zu 256 Sprecher-abhängige Kommandos lernen. Daneben beherrscht es auch von Haus aus 25 Sprecher-unabhängige Kommandos in sieben Sprachen (englisch, italienisch, deutsch, französisch, spanisch, chinesisch und japanisch) wie etwa Zahlen, Bewegungsrichtungen und Ähnliches. Um ihm weitere Sprecher-unabhängige Befehle beizubringen, ist die zusätzliche Software *Quick T2Slite* zu kaufen (etwa 200 Euro). Notwendig ist sie jedoch nicht, man kann auch ohne sie eine Menge mit dem Platinchen anfangen.

Mit der Software *EasyVR Commander* legt man die Befehlsörter fest und führt das personalisierte Sprechtraining durch. Zweimaliges Sprechen pro Wort reicht bereits für eine sehr gute Wiedererkennung, die sogar zwischen kaum unterscheidbaren Wörtern wie *ein* und *eins* zuverlässig unterscheidet. In den Einstellungen lässt sich der Mikrofonabstand sowie die Genauigkeit der Worterkennung einstellen. Damit gelang es im Test, auch aus 5 bis 6 Meter Entfernung mit normaler Lautstärke das Gerät zu steuern.



Das Spracherkennungsmodul wird mit Arduino-Shield, Mikrofon und Lautsprecherkabel geliefert.

Der besondere Clou: Per Mausklick liefert die Software ein fertiges, an die zuvor gespeicherten und trainierten Wörter angepasstes Arduino-Programm. Dort müssen Sie nur noch die Befehle einfügen, die beim Erkennen eines Wortes ausgeführt werden sollen. Dabei helfen zahlreiche Kommentarzeilen, die Ihnen die jeweiligen Stellen genau zeigen. Das ist wunderbar einfach: Für die Steuerung einer Funksteckdose (Ein- und Ausschalten) sind beispielsweise insgesamt nur fünf zusätzliche Programmzeilen erforderlich, drei davon für das Einfügen der Bibliothek und der Schaltfunktion. Jede weitere braucht dann nur noch zwei Befehle.

Daneben kann *Easyvr* auch Sounds aufnehmen und natürlich auch wiedergeben. Ein Lautsprecher (nicht mitgeliefert) lässt sich direkt am Modul anschließen. Sechs IO-Pins können per Software gesteuert Schaltungsaufgaben übernehmen und sogar die lippen-synchrone Steuerung von sprechenden Spielzeugen soll damit möglich sein. Allerdings gelang es uns im Testzeitraum nicht, entsprechende Soundmodule zu erhalten. Daher konnte dies nicht überprüft werden.

Auf Befehl legt sich das Modul auch schlafen und reduziert so den Stromverbrauch. Aufgeweckt werden kann es per Software-Befehl, Klatschen oder Befehlswort.

## Geeetech Voice Recognition Module

Um diese kleine Platine mit einem Arduino (oder einem anderen Controller/Computer) benutzen zu können, braucht sie eine serielle Verbindung. Das Sprachtraining erfolgt von einem Computer aus. Das zum Anschluss erforderliche Interface (USB – seriell) liegt nicht bei. Leider gibt es auch keine eigene Trainings-Software. Vielmehr müssen in einem Terminalprogramm die Steuerbefehle in hexadezimaler Schreibweise eingegeben werden, etwa *0x11* für den Beginn einer Sprachaufnahme. Komfort sieht sicher anders aus (siehe Bild).

Das Modul kann maximal 15 Befehle lernen, die sich aber auf drei Befehlsgruppen aufteilen müssen. Für den Gruppenwechsel müssen wieder eigene Hex-Befehle eingegeben werden.

Aber nicht nur beim Training ist man auf die kryptischen Befehls-codes angewiesen: Auch in der späteren, selbst zu schreibenden Anwendungssoftware müssen die Befehle



Das Geeetech Voice Recognition Module wird mit einem kleinen Mikrofon geliefert und erkennt die antrainierten Worte recht gut. Leider kann es sich nicht mehr als 15 merken.

für Gruppenwechsel, Start der Erkennung und so weiter wieder auf gleiche Weise an die serielle Schnittstelle des Moduls übermittelt werden. Diese Software zu erstellen ist nicht einfach, denn man erhält in dem neunseitigen Manual (per Download erhältlich) kaum Hilfe dazu. Schnelle Ergebnisse sind daher nicht möglich. Dass so etwas auch deutlich komfortabler geht, beweist das Easy-VR-Modul mit seiner Commander-Software.

Die Erkennungsleistung des Moduls ist zwar gut, aber bis man so weit ist, braucht es viel Zeit. Fazit daher: Nicht empfehlenswert.

**Die Befehlscodes müssen Sie beim Trainieren des Geetech-Moduls mangels eigener Programmier-Software in einem Terminalprogramm als Hexadezimal-Zahlen eingeben.**

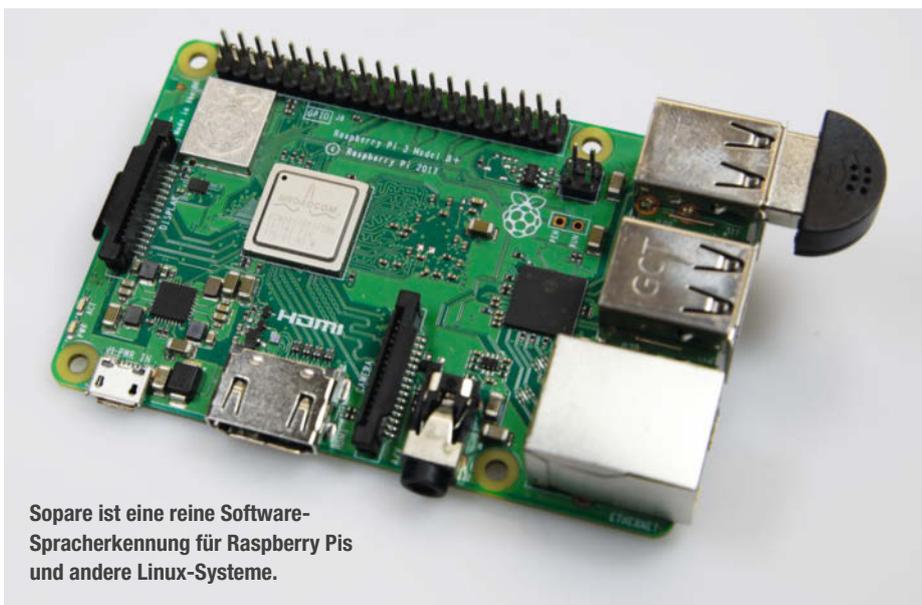
Key (HEX format)	Description	Respond in Common Mode	Respond in Compact Mode
0x00	Enter into "Waiting" state	"Waiting! \n": successful "ERROR! \n": Instruction error	0xcc : successful 0xe0 : Instruction error
0x01	Delete the instructions of group 1	"Group1 Deleted! \n": successful "ERROR! \n": Instruction error	0xcc : successful 0xe0 : Instruction error
0x02	Delete the instructions of group 2	"Group2 Deleted! \n": successful "ERROR! \n": Instruction error	0xcc : successful 0xe0 : Instruction error
0x03	Delete the instructions of group 3	"Group3 Deleted! \n": successful "ERROR! \n": Instruction error	0xcc : successful 0xe0 : Instruction error
0x04	Delete the instructions of all the 3 groups	"All Groups Deleted! \n": successful "ERROR! \n": Instruction error	0xcc : successful 0xe0 : Instruction error
0x11	Begin to record instructions of group 1	"ERROR! \n": Instruction error "START \n": Ready for recording, you can speak now "No voice \n": no voice detected "Again \n": Speak the voice instruction again. Do not speak until getting the START message "Too loud \n": Too loud to record "Different \n": voice instruction confirming failed. Voice for the second chance is different with the first one. "Finish one \n": recording one voice instruction successfully "Group1 finished! \n": finish recording group 1	0xe0 : Instruction error 0x40 : Ready for recording, you can speak now 0x41 : no voice detected 0x42 : Speak the voice instruction again. Do not speak until getting the START message 0x43 : Too loud to record 0x44 : voice instruction confirming failed. Voice for the second chance is different with the first one. 0x45 : recording one voice instruction successfully 0x46 : finish recording group 1

## Sopare

Etwas außer Konkurrenz läuft dieses reine Software-System. Es ist ursprünglich für den Raspberry Pi gedacht und in Python geschrieben. Der Raspi sollte eine Version mit mehr als einem Prozessorkern sein. Empfehlenswert ist ein 3er oder 4er. Ein Zero ist nicht empfehlenswert. Da er nur zwei Prozessorkerne hat und mit geringerer Taktfrequenz läuft, können die Reaktionszeiten recht lang sein. Laut Programmierer soll *sopare* aber auch auf allen anderen Linux-Systemen laufen.

Außer dem Raspi braucht man ein Mikrofon mit eingebauter Soundkarte, da der Raspi selbst keinen analogen Mikrofoneingang besitzt. Die Qualität dieses Mikrofons hat erheblichen Einfluss auf die Erkennungsleistung. Ein einfaches in Form eines USB-Steckers wie auf dem Foto funktioniert bei sehr geringem Sprechabstand und geringen Störgeräuschen. Deutlich besser funktionierenden USB-Mikrofone mit längerem Kabel, die etwas weiter entfernt vom Einplatinen-Computer aufgestellt werden können. Offenbar kann es andernfalls zu Störeinstrahlungen durch die Raspi-Elektronik kommen. Empfehlenswerte, von uns ausprobierte Mikros finden Sie über den Kurzinfo-Link.

Die Dokumentation, die der Programmierer in Form eines Blogs online bietet, ist sehr gut: Installation und Training sind damit rasch erledigt. Jedes Wort muss *sopare* einzeln lernen. Aber schon nach dreimaligem Training erkannte die Software die ihm bekannten Worte sicher. Die Anzahl der lernbaren Wörter ist dabei nur vom vorhande-



**Sopare ist eine reine Software-Spracherkennung für Raspberry Pis und andere Linux-Systeme.**

nen Platz auf der Speicherkarte des Raspis begrenzt. Allerdings kann die Erkennung bei einem sehr großen Wortschatz etwas länger dauern.

Auch bei der Weiterverwendung der erkannten Wörter leistet der Blog Hilfe: Für jedes Wort muss ein Python-Plugin geschrieben werden, das den Befehl enthält, der beim Erkennen des Wortes ausgeführt werden soll. Beispiel-Plugins zeigen, dass dies recht einfach und auch für Anfänger in Python nach ein paar Übungen machbar ist. Unser Urteil daher: Empfehlenswert.

Von den Leistungen her wäre daher auch *sopare* ein Kandidat für unser Selbstbau-Projekt gewesen. Nur der höhere Stromverbrauch der geeigneten Raspberry-Versionen hielt uns davon ab.

Wir haben uns daher für EasyVR 3+ als Spracherkennungs-Baustein für unser Selbstbauprojekt entschieden. Mit ein paar preiswerten zusätzlichen Teilen (siehe Seite 44) ist daraus in kurzer Zeit eine Sprach-Fernbedienung zusammengesetzt. Viel Spaß beim Bau und bei Ihrer künftigen Tätigkeit als Kommandeur!

# Elechouse Recognition Module V3

Von der Geeetech-Platine unterscheidet sich dieses Modul durch zusätzliche IO-Pins: sieben digitale Ausgänge und vier Eingänge stehen zur Verfügung. Ansonsten gilt für die Programmierung und das Training dasselbe wie für das Geeetech-Modul: Verbindung über serielle Schnittstelle, Interface fehlt, Befehlseingabe im Terminalprogramm in hexadezimaler Eingabe. Die Erkennungsrate ist ebenfalls genauso gut, der Weg dahin aber steinig. Schade, denn mit einer komfortablen Software wäre diese Platine, die wegen der IO-Ports auch ohne Arduino auskommt, für einfache Schalt- und Steuerzwecke gut einsetzbar.

Das Online-Manual ist nahezu identisch mit der Geeetech-Version, offenbar sitzt unter der Vergussmasse beider Module derselbe Chip. Dementsprechend liefert es auch genauso viel oder besser wenig Hilfe. So konnte auch hier das Urteil nur lauten: Nicht empfehlenswert. —hgb



**Das VR-Modul von elechouse besitzt 7 digitale Ausgänge und 4 Eingänge, mit denen Schaltaufgaben erledigt werden können.**

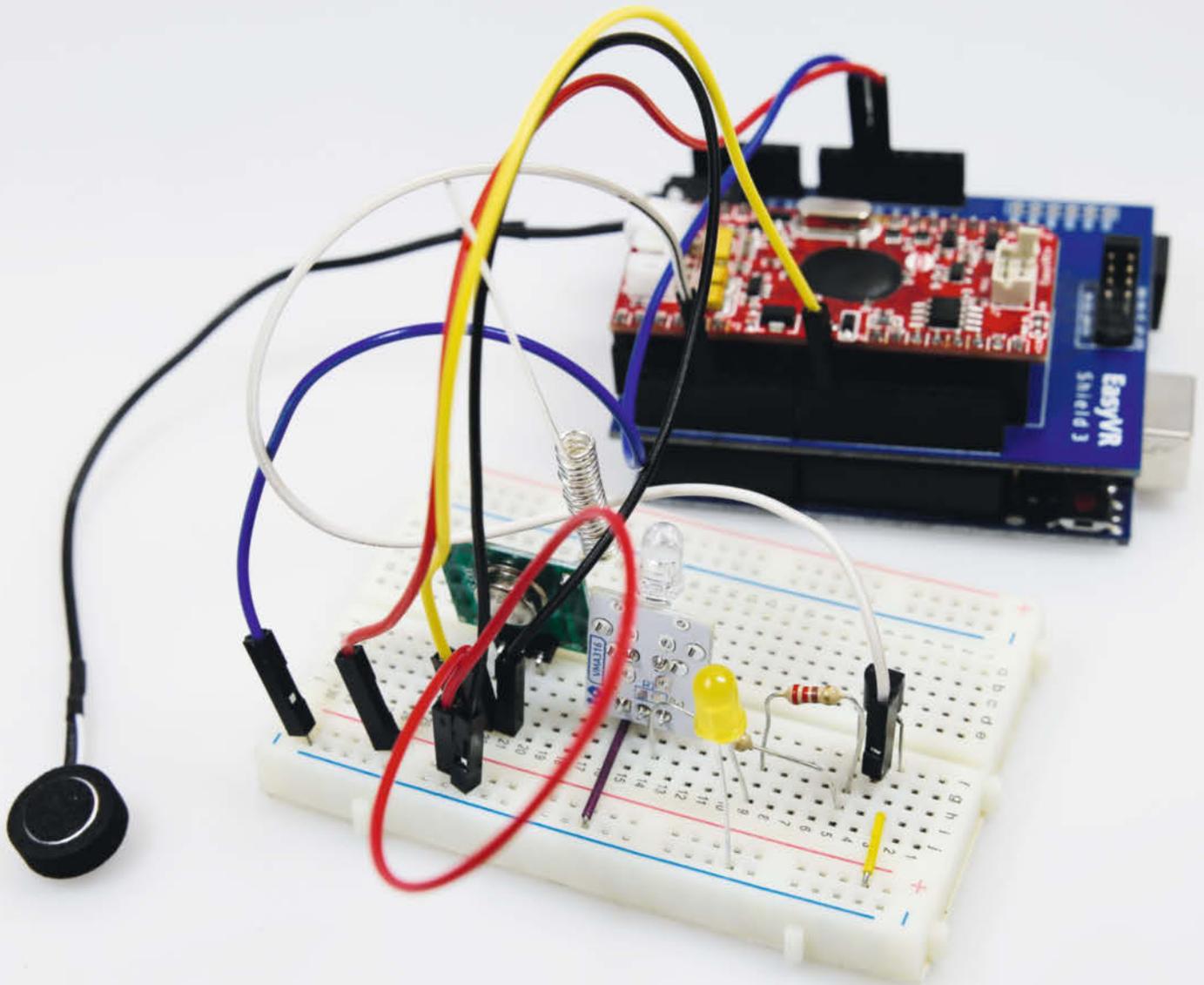
## Sprachsteuerungssysteme

Name	EasyVR3+	Elechouse Recognition Module V3	Geeetech Voice Recognition Module	Sopare
geeignet für	Arduino	Arduino	Arduino	Raspberry ab Version 2
maximale Anzahl Befehls- worte Sprecher-unabhängig	256 (nur mit Zusatz-Software)	–	–	–
maximale Anzahl Befehls- worte Sprecher-abhängig	256	15	15	unbegrenzt
Triggerwort/Anzahl	2	–	–	–
Passwort/Anzahl	5	–	–	–
max. Anzahl Befehlsgruppen	32	3	3	–
Schnittstelle zur Befehls- übermittlung	Seriell (3,3–5V)	seriell (5V)	seriell (5V)	per Software an Python- Plugin
Anschlüsse seriell/ Mikrofon/Lautsprecher/ IO	1/1/1/6	1/1/–/–	1/1/–/8	alle Raspberry- Anschlüsse
programmierbar über	grafische Software	Hex-Befehle via serielle Schnittstelle	Hex-Befehle via serielle Schnitt- stelle	Python-Konsolenbefehle
Sprachen für Sprecher-unab- hängige Worterkennung	7 D/I/USA/F/E/J/CHN	–	–	–
Im Preis enthaltene mit- gelieferte/downloadbare Software	EasyVR Commander	–	–	–
Preis	49 Euro	36 Euro	20 Euro	gratis
Lieferumfang	EasyVR-Platine, Arduino- Shield, Mikrofon, LS-Kabel	Platine, Mikrofon	Platine, Mikrofon, 6 Jumper- kabel	–
Sonstiges	MikroBUS-kompatibel, Soundaufnahme und Wiedergabe, NF-Verstär- ker onboard	–	–	–

# Der Befehlsempfänger

Mit dieser Sprach-Fernsteuerung hören Fernseher, DVD-Player oder an Funksteckdosen angeschlossene Lampen aufs Wort. Dazu sind nur eine Handvoll Bausteine nötig.

von Heinz Behling



Das EasyVR-Modul erwies sich in unserem kurzen Test auf den Seiten zuvor als das leistungsfähigste, was den Wortschatz betrifft, und am einfachsten zu bedienende Voice-Recognition-Modul. Deshalb haben wir es für unser Selbstbau-Projekt ausgewählt, die sprachgesteuerte Fernbedienung für Fernseher und Funksteckdosen. Im Folgenden zeigen wir Ihnen, wie Sie die notwendigen Codes der Fernbedienungen sammeln, das EasyVR-Modul trainieren und das von seiner Trainingssoftware ausgegebene Arduino-Programm um die Fernsteuerbefehle erweitern.

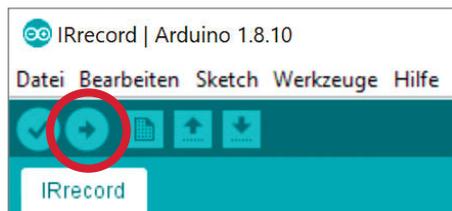
### IR-Codes auslesen

Vorher jedoch müssen wir erst die Codes herausfinden, mit denen die entsprechenden Geräte gesteuert werden. Dazu brauchen wir deren Fernbedienungen. Wir bauen jeweils einen kleinen Empfänger für Funk- und IR-Signale, mit denen wir beim Betätigen der einzelnen FB-Tasten die ausgesendeten Signale auffangen und dekodieren. Diese Aufgabe erledigen wir ebenfalls mit einem Arduino Uno.

Das von uns benötigte Programm *IRrecord* zum Empfang und Dekodieren der Fernbedienungscodes ist Bestandteil der Arduino-Bibliothek *IRSwitch*. Normalerweise sollte die bereits mit der IDE zusammen installiert sein. Laden Sie es per Klick auf *Datei, Beispiele, IRremote* und *IRrecord*. Sollte *IRremote* fehlen, müssen Sie die Bibliothek erst noch installieren. Eine Anleitung dazu finden Sie ebenfalls über den Kurzinfo-Link.

Kontrollieren Sie anschließend, ob unter *Werkzeuge* als *Board* ein *Arduino/Genuino Uno* gewählt ist. Unter *Port* muss außerdem der richtige Anschluss gewählt sein. Bei modernen PCs ist das fast immer der mit der höchsten Nummer. Dann können Sie mit dem Übersetzen (Kompilieren) und Übertragen des Programms auf den Arduino starten. Dazu genügt ein Klick auf den Pfeil 1. Der Arduino ist damit bereits einsatzbereit und das Programm startet automatisch. Um zu sehen, was es macht, starten Sie nach einem Klick auf *Werkzeuge* den *seriellen Monitor*.

Schließen Sie das Empfänger-Modul wie im Schaltbild 2 gezeigt an. Danach brau-



1 Mit einem Klick auf den Rechtspfeil wird die Programmübertragung auf den Arduino gestartet.

## Kurzinfo

- » Sprachgesteuerte Infrarot- und Funk-Fernbedienung zum Selbstbau
- » Auslesen von IR-Fernbedienungscodes
- » Auslesen von Funk-Codes
- » Trainieren des Spracherkennungs-Moduls

### Checkliste

- Zeitaufwand:** ein bis zwei Stunden (ohne Gehäusebau)
- Kosten:** ab 60 Euro (ohne Gehäuse)
- Löten:** einfache Lötarbeiten
- Programmieren:** Bedienung der Arduino-IDE, Anpassen eines Arduino-Programms

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

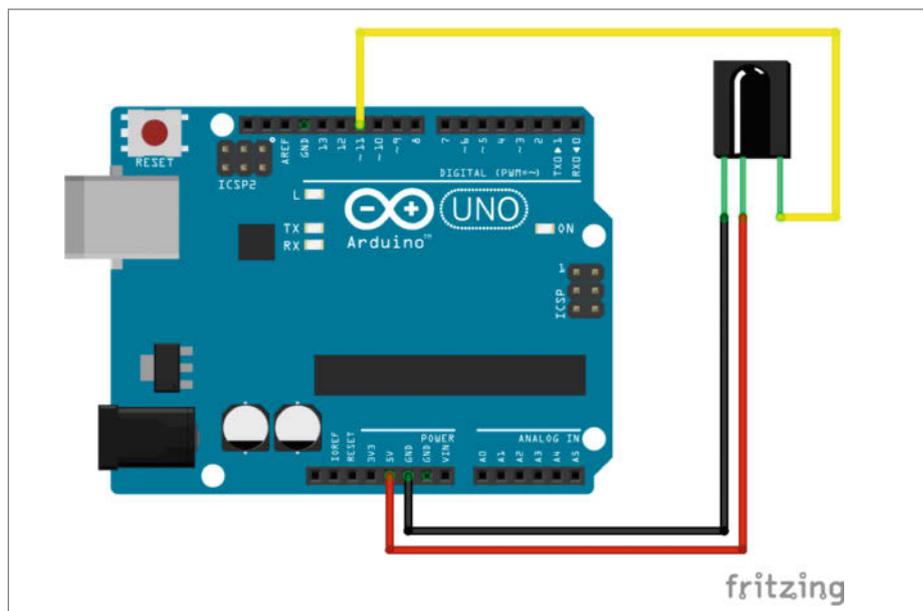
### Material

- » EasyVR 3+-Spracherkennungs-Modul mit Arduino-Shield mit eingelöteten Steckverbindern
- » Arduino Uno oder kompatibles Board
- » Netzteil für Arduino Uno 12V, 1000mA, Hohlstecker 5,1mm
- » IR-Fernbedienungsempfänger als Modul KY-022 oder VMA 317
- » IR-Fernbedienungssender als Modul (Conrad Best.-Nr. 11612772 – 62 ) oder IR-LED 5mm, 940nm, 100mA
- » Widerstand 10 Ohm, 0,25 Watt
- » 433MHz-Set Sender FS1000A und Empfängermodul XD-RF-5V
- » Transistor BC 547C
- » Lautsprecher 50mm, 8 Ohm nur, falls Soundausgabe gewünscht
- » Schalllitze, Lötendraht, Jumper-Kabel male-female
- » Passendes Gehäuse als Eigenbau, 3D-Druck oder Lasercut

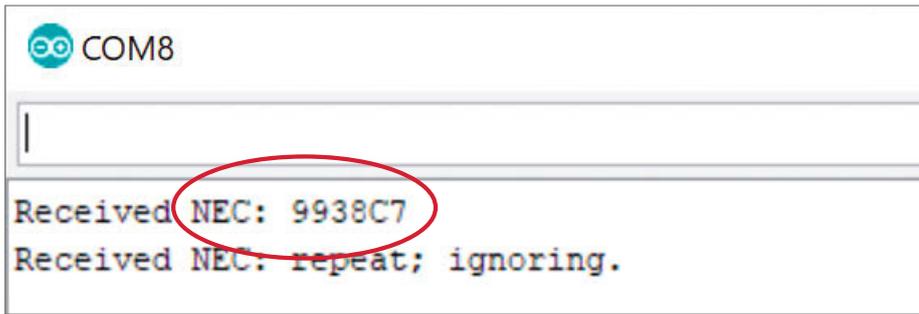
chen Sie zur Programmierung des Arduino einen Computer, auf dem die Programmier-Oberfläche *Arduino-IDE* installiert ist. Falls Sie dies noch nicht gemacht haben: Eine Anleitung dazu finden sie über den Kurzinfo-Link. Nach der Installation starten Sie die Software

und schließen Sie den Arduino per USB-Kabel an den Computer an.

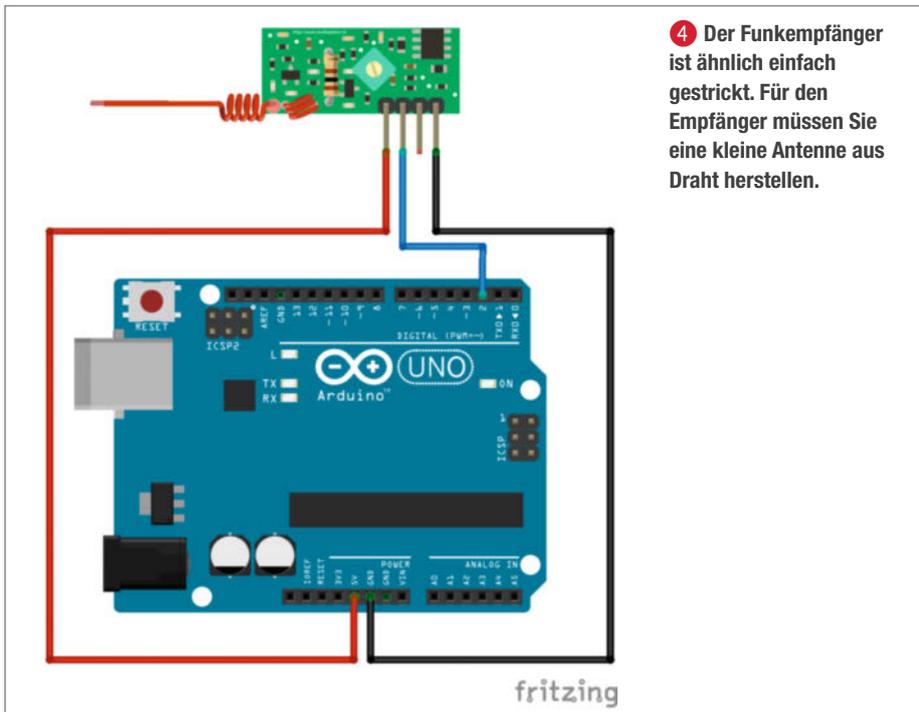
Nun brauchen Sie die IR-Fernbedienung(en) der Geräte, die Sie künftig per Sprache steuern möchten, sowie Notizblock und Stift zum Aufschreiben der Codes. Das



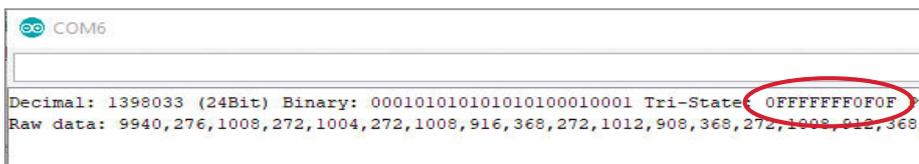
2 Mit dieser kleinen Schaltung können Sie die Codes aus einer IR-Fernbedienung auslesen.



3 Das Ergebnis der Dekodierung: Das Kürzel NEC steht für das Kodierverfahren, der Zahlenwert dahinter ist der Tastencode. Beides müssen Sie zusammen mit dem Tastennamen notieren. Die zweite Zeile können Sie ignorieren.



4 Der Funkempfänger ist ähnlich einfach gestrickt. Für den Empfänger müssen Sie eine kleine Antenne aus Draht herstellen.



5 So sieht der Code einer Funkfernbedienung aus.

können Sie natürlich auch mit einem Editor auf dem Computer per Kopieren und Einfügen machen. Legen Sie die Fernbedienung vor den IR-Sensor und drücken Sie die erste Taste, zum Beispiel *Ein*. Im seriellen Monitor erscheint nun eine Meldung wie in 3. Schreiben Sie den Tastennamen, die Kodierung, zum Beispiel *NEC*, und den Zahlencode, etwa *9938C7*, auf.

Wiederholen Sie das mit den Tasten, deren Funktion Sie künftig ebenfalls per Sprache steuern möchten. Beim Fernseher sind beispielsweise die Zifferntasten (inklusi-

ve der Null), lauter, leiser sowie Programmwechsel rauf und runter wichtig. Haben Sie eine Fernbedienung durch, können Sie die nächste auf gleiche Weise behandeln, etwa die der Sound-Anlage. Nicht vergessen: Notieren Sie sich alle Tastencodes!

In seltenen Fällen kann das Programm das IR-Signal nicht dekodieren, weil es den Code nicht kennt. Dies kann man umgehen, indem man die nicht dekodierten Raw-Daten zeichnet und später sendet. Was dazu zu machen ist, können Sie bei Bedarf online lesen (siehe Kurzinfor-Link).

Wenn Sie mit allen Fernbedienungen durch sind, brauchen Sie den IR-Empfänger nicht mehr. Der Arduino kann sich nun neuen Aufgaben widmen, entweder zunächst als Funkempfänger, falls Sie auch Funksteckdosen steuern möchten. Falls nicht, dient er als Basis der neuen Fernsteuerung. Lesen Sie dazu beim Kapitel „Sprachmodul trainieren“ unten weiter.

### Funk-Codes auslesen

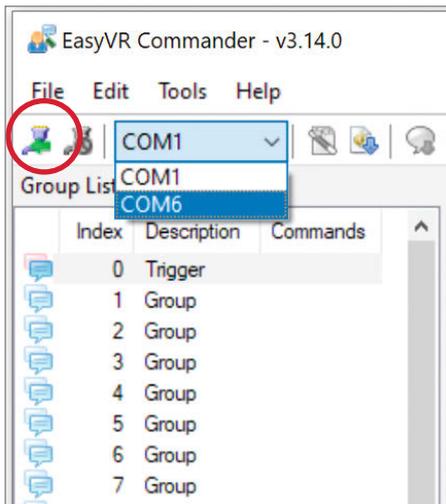
Die Codes der Funk-Fernbedienung(en) lesen Sie ähnlich aus. Allerdings braucht der Arduino dazu einen Funkempfänger (für die gebräuchlichsten Funksteckdosen aus dem Baumarkt oder vom Discounter mit einer Empfangsfrequenz von 433MHz) sowie die entsprechende Software. Den Empfänger schließen Sie wie im Schaltbild 4 an. Die Antenne besteht lediglich aus einem etwa 15cm langen Stück Schaltdraht. Sie können ihn wie im Bild gezeigt zu einer kleinen Spule aufwickeln, dann nimmt er nicht so viel Platz weg und stört weniger bei diesem fliegenden Aufbau.

Das erforderliche Programm heißt *ReceiveDemo\_Advanced* und ist in der Arduino-Bibliothek *rc-switch* enthalten. Sie müssen diese Bibliothek zunächst als ZIP-Datei von Github auf Ihren Computer überspielen (Adresse siehe Kurzinfor-Link). Danach klicken Sie in der Arduino-IDE auf *Sketch, Bibliothek einbinden* und *.ZIP-Bibliothek hinzufügen*. Anschließend können Sie die zuvor gespeicherte ZIP-Datei auswählen und installieren.

Unter *Datei, Beispiele* und *rc-switch* finden Sie dann *ReceiveDemo\_Advanced*. Nach dem Laden können Sie es gleich auf den Arduino überspielen wie im Kapitel „IR-Codes auslesen“ bereits beschrieben. Öffnen Sie dann wieder den seriellen Monitor und greifen Sie zur Funk-Fernbedienung. Drücken Sie die gewünschten Tasten und notieren Sie sich die Codes 5. Denken Sie daran, für jede Steckdose jeweils den Ein- und Ausschaltcode zu ermitteln, denn im Gegensatz zu IR-Fernbedienungen sind die beim Funk nicht gleich!

### Sprachmodul trainieren

Jetzt beschäftigen wir uns mit dem EasyVR-Modul: Wenn Sie die Steckkontakte auf dem Modul und dem Arduino-Shield eingelötet haben, stecken Sie das Modul aufs Shield und den Doppelpack dann auf den Arduino Uno. Die Download-Adresse für das Modul-Manual finden Sie ebenfalls über den Kurzinfor-Link. Stecken Sie den Mikrofonstecker in die zweipolige Buchse des Moduls. Auf dem Shield setzen Sie den MOde-Jumper auf die Position *SW*.



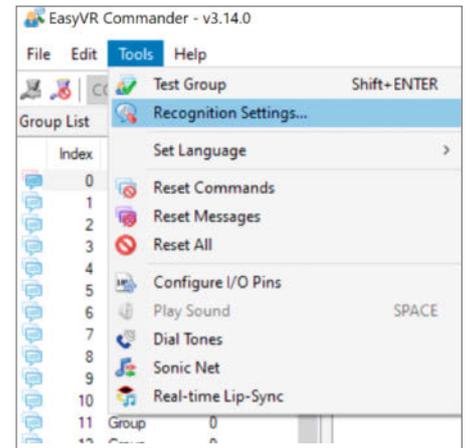
6 Im EasyVR 3 Commander müssen Sie die richtige serielle Schnittstelle wählen, sonst klappt der Kontakt zum Modul nicht. Der grüne Pfeil dient zur Verbindungsaufnahme.

Überspielen sie dann den EasyVR 3 Commander und die gezippte EasyVR-Bibliothek auf Ihren Computer. Installieren Sie die Bibliothek in der Arduino-IDE. Entpacken Sie den EasyVR 3 Commander und installieren

Sie die Software auf dem Computer. Schließen Sie den EasyVR-Arduino-Pack per USB-Kabel an den Computer an. Falls noch nicht geschehen, beenden Sie den seriellen Monitor der Arduino-IDE. Laden Sie das Programm EasyVRBridge, das Sie in den Beispielen zur EasyVR-Bibliothek finden. Überspielen Sie es auf den Arduino. Es dient nur dazu, die Verbindung zwischen Computer und Spracherkennungsmodul herzustellen.

Starten Sie den EasyVR 3 Commander. Wählen Sie wie in Bild 6 die serielle Schnittstelle aus, mit der der Arduino verbunden ist. Es sollte die gleiche wie zuvor beim Auslesen des Codes sein. Mit einem Klick auf den grünen Pfeil wird die Verbindung hergestellt. Das Programm liest daraufhin die im Modul gespeicherten Befehle aus. Das dauert eine Weile, weil bereits ab Werk einige Sprecher-unabhängige Worte im Modul vorhanden sind, die wir aber nicht benutzen werden.

Unter Tools wählen Sie die Recognition Settings 7. Im Settings-Fenster wählen Sie den Abstand zum Mikrofon aus, den Sie künftig verwenden werden. Wenn die Sprach-Fernbedienung künftig auf dem Wohnzimmer Tisch neben den Knabbersachen stehen soll, ist eine Armlänge der rich-

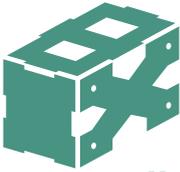


7 Bei den Tools finden Sie wichtige Einstellungen, die die Erkennungsqualität verbessern können.

tige Wert. (Keine Angst: Den Wert kann man später auch nachträglich ändern, ohne alle Worte neu trainieren zu müssen.) Ebenfalls unter den Tools finden Sie den Punkt zur Wahl der richtigen Sprache (gemeint ist die für die zu erkennende Sprache, nicht für die Commander-Software). Diese Einstellung wirkt sich nur auf den Sprecher-unabhängi-

# Make:markt

## ELEKTRONIK / ZUBEHÖR



Mein Gehäuse des Monats!

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



... /aktuell

## BÜCHER / ZEITSCHRIFTEN



**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)

## LASER



Der einfache Weg zu lasergeschnittenen Teilen. Vom Einzelstück bis zur Serie. Für Tüftler, Maker und Profis.

Bei uns kann sich jeder seine eigenen Teile aus Acrylglas oder Sperrholz schneiden lassen. Einfach eine Anfrage mit Datei an [info@plexilaser.de](mailto:info@plexilaser.de) schicken oder das Online-Formular benutzen.

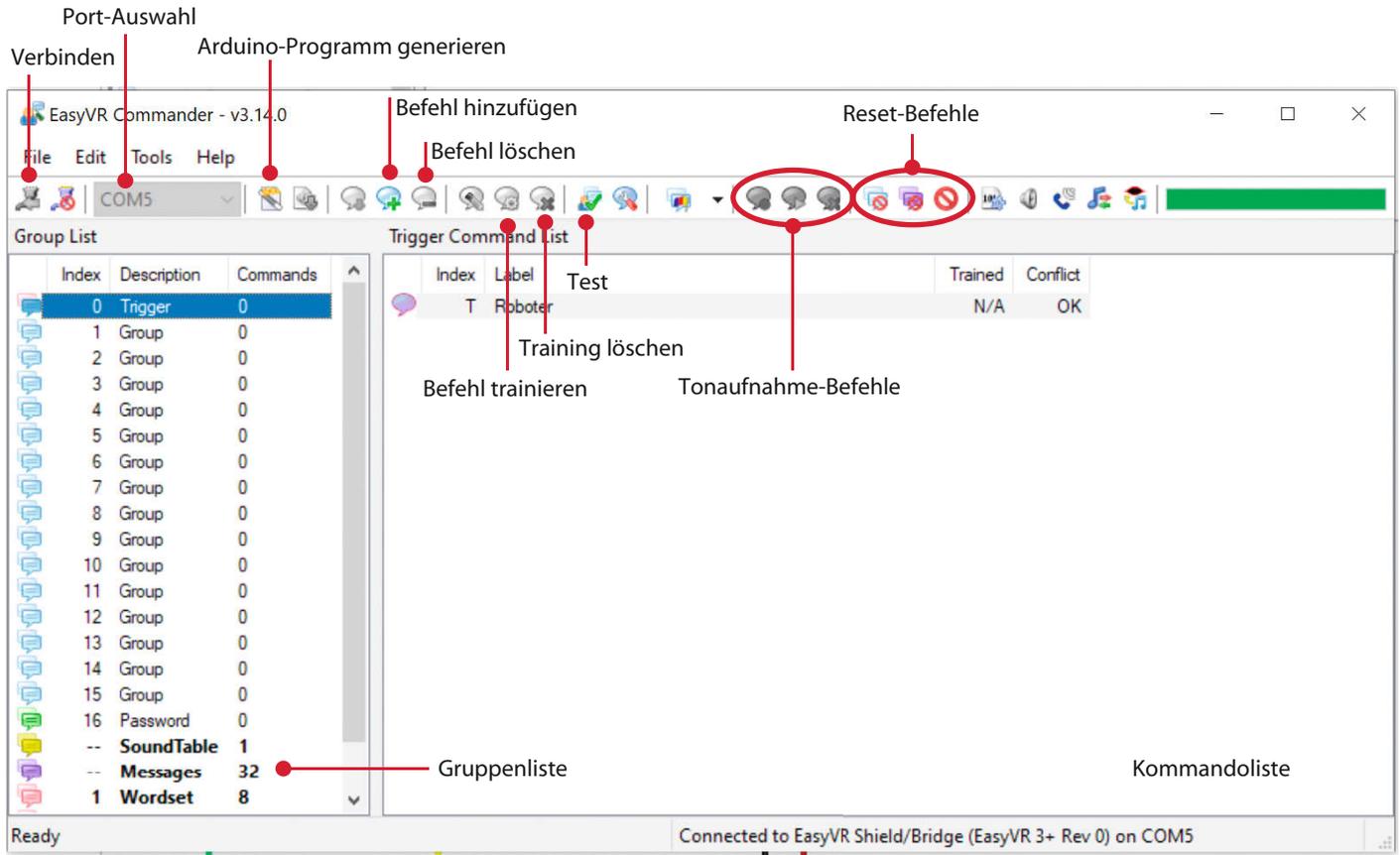
[www.plexilaser.de](http://www.plexilaser.de)



**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)



8 Die Funktionen im Commander-Fenster

gen Wortschatz aus (Wordset 1 – 3). In dieser Anwendung benutzen wir sie zwar nicht, aber falls Sie einmal eigene Projekte programmieren möchten, stimmt schon einmal die Sprache.

Nun legen Sie das Triggerwort fest (entspricht Alexa), zum Beispiel *Makey*. Dazu müssen Sie in der linken Liste auf *Trigger* klicken und dann auf *Add Command*. In der Kommandoliste erscheint nun ein Eingabefenster für das Triggerwort. Tippen Sie *MAKEY* ein (Groß- und Kleinschreibung spielt keine Rolle, das Programm zeigt alles in Großbuchstaben an).

Dieses Wort müssen Sie künftig vor jeder Befehlseingabe sagen, damit die Fernbedienung auf Zuhören schaltet.

Trainieren Sie nun dieses Wort. Klicken Sie auf das zu trainierende Wort und klicken Sie dann auf *Befehl trainieren* 8. Folgen Sie den Anweisungen des Programms. Zweimaliges Sprechen des Wortes genügt, und das Modul kennt das Wort.

Alle Befehle, die eine Aktion auslösen sollen, also zum Beispiel den Fernseher einschalten, bringen wir in der Befehlsgruppe 1 (Group 1) unter. Klicken Sie daher in der lin-

ken Liste die Gruppe mit dem Index 1 und geben Sie dann im rechten Fenster alle Befehlswoorte ein wie zuvor beim Triggerwort beschrieben. Ebenso trainieren Sie die Wörter. Für die Steuerung eines TV-Gerätes braucht man den Einschalter, den Programmwechsel rauf und runter, die Ziffern und lauter beziehungsweise leiser. Im Beispiel schalten wir außerdem noch eine Lampe und ein Radio aus und ein 9.

Übrigens: Der Fernbedienungsbefehl zum Ein- und Ausschalten des Fernsehers ist gleich. Sie müssen ihn daher nur einmal in der Kommandoliste haben, das spart Speicherplatz. Dann jedoch müssen Sie künftig die Glotze mit „EIN“ sowohl ein- als auch wieder ausschalten. Oder Sie speichern zusätzlich ein Kommando „AUS“ und trainieren es entsprechend. Das löst zwar später denselben IR-Code aus, klingt aber besser.

Group 1 Command List				
	Index	Label	Trained	Conflict
	0	EIN	2	OK
	1	PROGRAMMHOCH	2	OK
	2	PROGRAMMRUNTER	2	OK
<hr/>				
	14	LEISER	2	OK
	15	LICHTAN	2	OK
	16	LICHTAUS	2	OK
	17	RADIOAN	2	OK
	18	RADIOAUS	2	OK

9 Mit diesen Befehlen steuern wir künftig den Fernseher, schalten das Licht und das Radio an.

Arduino-Sketch anpassen

Das Training ist somit bereits abgeschlossen. Jetzt können Sie eine richtig luxuriöse Funktion des EasyVR 3 Commanders genießen: Klicken Sie auf den Button zum Generieren des Arduino-Programms 8 und speichern Sie den Sketch mit einem geeigneten Namen auf Ihrem Computer. Er enthält bereits die gesamte Programmstruktur, die Befehlswoorte

```

tv3 | Arduino 1.8.10
Datei Bearbeiten Sketch Werkzeuge Hilfe

tv3
1 #include "Arduino.h"
2
3 #include <IRremote.h>
4 #include <RCSwitch.h>
5 #define irsend;
6 RCSwitch mySwitch = RCSwitch();
7
8 #if !defined(SERIAL_PORT_MONITOR)
9 #error "Arduino version not supported. Please update your IDE"
10 #endif
    
```

10 Diese Befehle laden die Fernsteuer-Funktionen.

```

139 // use negative group for wordsets
140 int8_t group, idx;
141
142 void setup()
143 {
144     mySwitch.enableTransmit(9);
145     // setup PC serial port
146     pcSerial.begin(9600);
    
```

11 Dieser Befehl aktiviert den Funksender.

und -gruppen. Es fehlen nur noch die Befehle, die beim Erkennen eines Wortes ausgeführt werden sollen. Die fügen wir nun ein. Dazu beenden Sie zunächst einmal den EasyVR Commander und starten die Arduino-IDE. Laden Sie den gerade gespeicherten Sketch.

An den Anfang des Programms fügen Sie die in 10 markierten Zeilen ein. Damit werden die Bibliotheken und Befehle für die Fernsteuerungen geladen. Scrollen Sie danach im Programmtext nach unten bis zur Zeile void setup(). Darunter befindet sich eine geschweifte Klammer, unter der Sie die in 11 markierte Zeile eingeben.

Suchen Sie danach die Zeile void action(). Dort beginnt der Programmteil mit den Anweisungen für die jeweils erkannten Worte. Zunächst geben Sie ein, was beim Triggerwort („MAKEY“) geschehen soll. Es ist im Grunde nicht viel: Das Modul soll auf die Kommandogruppe 1 umschalten. Damit wir wissen, dass unser Makey nun auf Kommandos wartet, lassen wir zusätzlich einen Piepton erklingen. Fügen Sie die Befehle wie in 12 ein. Vergessen Sie nicht die geschweiften Klammern!

Nun folgen die Befehle für jedes einzelne Kommando. Bei jedem erkannten Wort muss die Befehlsgruppe wieder auf 0 gesetzt werden, damit die Fernbedienung anschließend wieder auf das Triggerwort wartet. Außerdem muss natürlich der entsprechende Fernbedienungsbefehl gesendet werden. Dazu brauchen Sie Ihre Liste mit den Fernbedienungs-codes. Suchen Sie im Arduino-Programm den jeweiligen Programmabschnitt für das Kommando. Die Abschnitte beginnen immer mit case G1\_ gefolgt vom jeweiligen Kommandowort, zum Beispiel ein.

Für Infrarot-Befehle müssen Sie die Befehle wie in 13 eintragen. Für Funksteckdosen lauten die Befehle 14.

Wenn Sie alle Kommandos mit den entsprechenden Befehlen versorgt haben, kompilieren Sie das Programm und übertragen es auf den Arduino. Danach entfernen Sie das USB-Kabel vom Arduino. Bauen Sie dann entsprechend dem Schaltplan 15 die komplette Fernbedienung auf. Wir empfehlen, die Drahtverbindungen anzulöten. Steckverbindungen sind auf Dauer unzuverlässig und führen zu Wackelkontakten.

```

322
323 void action()
324 {
325     switch (group)
326     {
327     case GROUP_0:
328         switch (idx)
329         {
330         case G0_MAKEY:
331             // write your action code here
332
333             group = GROUP_1;
334             easyvr.playSound(1, EasyVR::VOL_FULL);
335         }
336         break;
337     }
338     break;
    
```

12 Beim Triggerwort „Makey“ wird auf die Kommandogruppe 1 umgeschaltet und ein Ton ausgegeben.

Jetzt ist es Zeit, sie in Betrieb zu nehmen: Versorgen Sie den Arduino mit Strom (per Hohlbuchse). Nach ein paar Sekunden ist die Schaltung einsatzbereit. Sprechen Sie das Triggerwort. Mit einem kurzen Pieps meldet Ihr Befehlsempfänger, dass er auf ein Kommando wartet. Sprechen Sie dann das gewünschte Kommando, zum Beispiel „Radio an“. Nichts passiert? Haben Sie etwa vergessen, die Funksteckdose in die Stromzuführung des Radios einzustecken? Falls nicht, er-

Es gibt **10** Arten von Menschen. iX-Leser und die anderen.



3x als Heft



Jetzt Mini-Abo testen:  
3 Hefte + Leiterplatten-Untersetzer nur 16,50 €  
[www.ix.de/testen](http://www.ix.de/testen)

```

tv3 | Arduino 1.8.10
Datei Bearbeiten Sketch Werkzeuge Hilfe

tv3 $
337     }
338     break;
339     case GROUP_1:
340     switch (idx)
341     {
342     case G1_EIN:
343     {
344     // write your action code here
345     group = GROUP_0;
346     irsend.sendNEC(0x4FB4AB5, 32);
347     }
348     break;
349     case G1_AUS:
350     {
351     // write your action code here
352     group = GROUP_0; //<-- or jump to another group or wordset for composite commands
353     irsend.sendNEC(0x4FB4AB5, 32);
354     }
355     break;

```

13 Im irsend-Befehl müssen Sie den zuvor notierten Fernbedienungscode eintragen.

```

tv3 | Arduino 1.8.10
Datei Bearbeiten Sketch Werkzeuge Hilfe

tv3 $
463     // write your action code here
464     group = GROUP_0; //<-- or jump to another group or wordset for composite commands
465     mySwitch.sendIrState("000FFFFFF0F0");
466     }
467     break;
468     case G1_RADIOAN:
469     {
470     // write your action code here
471     group = GROUP_0;
472     mySwitch.sendIrState("0FFFFFF0F0F");
473     }
474     break;
475     case G1_RADIOAUS:
476     {
477     // write your action code here
478     group = GROUP_0; //<-- or jump to another group or wordset for composite commands
479     mySwitch.sendIrState("0FFFFFF0F0");
480     }
481     break;
482     }

```

14 Der Funkbefehl sieht so aus.

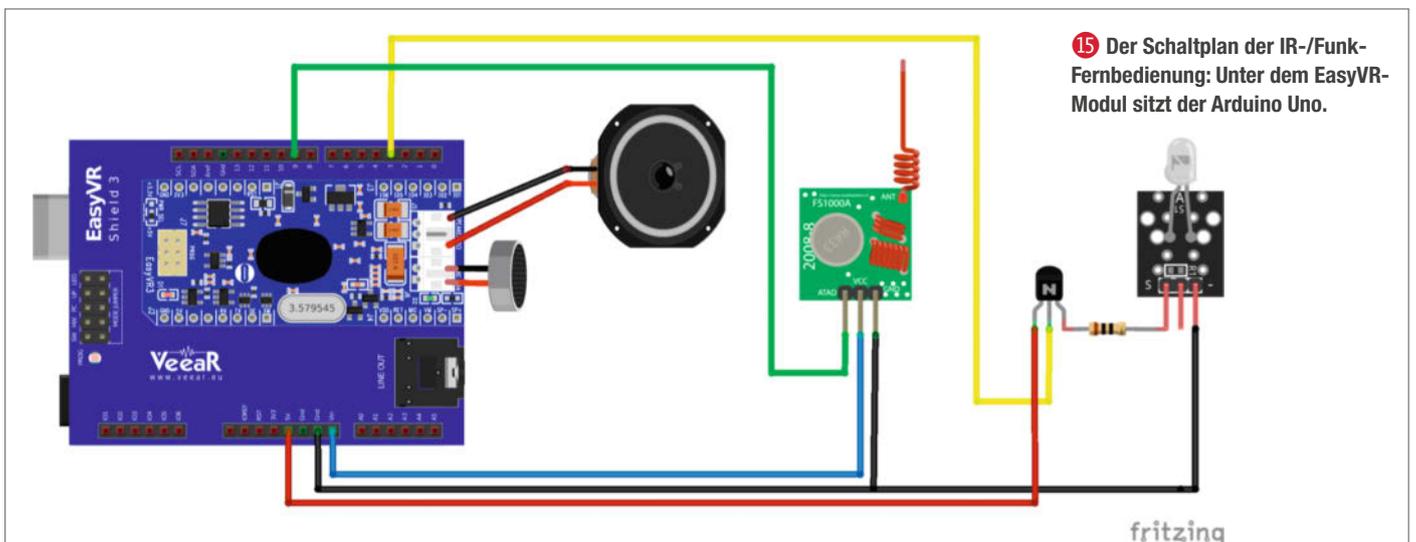


16 So passen die Einzelteile ins 3D-Druck-Gehäuse.

tönt nun Ihr Rundfunkempfänger. Probieren Sie auch die anderen Kommandos aus. Ihre gehorsame Fernbedienung erwartet, dass Sie sie wieder namentlich mit „Makey“ ansprechen, bevor sie ein Kommando annimmt und ausführt.

Wichtig: Stellen Sie die Fernbedienung so auf, dass sie nicht direkt von den Lautsprechern des Fernsehers beschallt wird. Dann ist sie nämlich etwas schwerhörig. Das Mikrofon sollte außerdem zu Ihnen weisen. Weitere Tipps zum Fernbedienungs-Makey gibt es online. Unter anderem, wie Sie das mitgelieferte Mikrofon gegen ein Richtmikrofon tauschen, das Umgebungsgeräusche etwas ausblendet.

Übrigens: Über den Kurzinfo-Link können Sie sich auch eine 3D-Druckdatei für ein passendes Gehäuse 16 downloaden. Die kleine Schaltung passt aber auch prima in diverse, im Billigladen erhältliche Schachteln und Kistchen. Oder Sie bauen sich selbst etwas Schönes. Vielleicht schicken Sie uns dann ein Bild davon. Im Link finden Sie auch die Adresse zu weiteren Online-Tipps zur Sprachfernbedienung. Viel Spaß! —hgb



15 Der Schaltplan der IR-/Funk-Fernbedienung: Unter dem EasyVR-Modul sitzt der Arduino Uno.



**Make:**  
make-magazin.de



## Workshop

# KI / Hacking / New Media

13.-14. März 2020

dazu laden Heise Medien und Maker Media 30 Teilnehmerinnen/Teilnehmer des BWINF und verantwortliche Lehrerinnen/Lehrer ein.

## Ihr habt offensichtlich was auf dem Kasten.

Glückwunsch zu deiner erfolgreichen Teilnahme am Bundeswettbewerb Informatik. Wir von Heise Medien und Maker Media leben IT. Als Verlagshaus sind wir mit unseren Fachzeitschriften c't und Make am Puls der Zeit und betreiben mit Heise online das wichtigste deutschsprachige IT-Portal.

## Wir wollen euch kennenlernen.

Bei unserem Workshop KI / Hacking / New Media habt ihr an zwei Tagen die Möglichkeit, gemeinsam mit anderen Schülerinnen und Schülern aus Niedersachsen uns und unsere Arbeit kennenzulernen. Ihr erhaltet einen Blick hinter die Kulissen von Europas größtem IT-Magazin c't und dem Make-Magazin. Zusätzlich bieten wir Mini-Workshops zu den Themen KI oder Hacking an und man kann Zeit in unserem Maker-Space verbringen. Kosten für Übernachtung und Verpflegung übernehmen wir, um die Anreise nach Hannover müsst ihr euch kümmern. Die Anzahl der Plätze ist begrenzt: Eure Anmeldung richtet bitte an [ct@ct.de](mailto:ct@ct.de).

## Und eure LieblingslehrerInnen?

Hinter einer erfolgreichen Wettbewerbsteilnahme stehen oftmals engagierte und begeisternde Lehrkräfte. Auch die wollen wir nach Hannover einladen - am Samstag den 14. März. c't öffnet die Labore von Heise Medien und gibt einen Einblick in die Redaktionsarbeit. Das Make-Magazin zeigt, wie man MINT-Themen auf spannende Weise in den Unterricht einbringen kann. Die Teilnahme belohnen wir mit einem einjährigen Zugang zu unserem Premium-Angebot heise+, das den digitalen Zugriff auf unsere Verlagserzeugnisse ermöglicht.

**Was:** Heise Workshop \* **Wann:** 13. bis 14. März 2020 \* **Wo:** Heise Medien / Hannover \*  
**Wer:** TeilnehmerInnen des BWINF aus Niedersachsen \* **Bonus:** Lehrkräfte willkommen  
 am 14. März \* **Kontakt:** [ct@ct.de](mailto:ct@ct.de)



# Was uns inspiriert

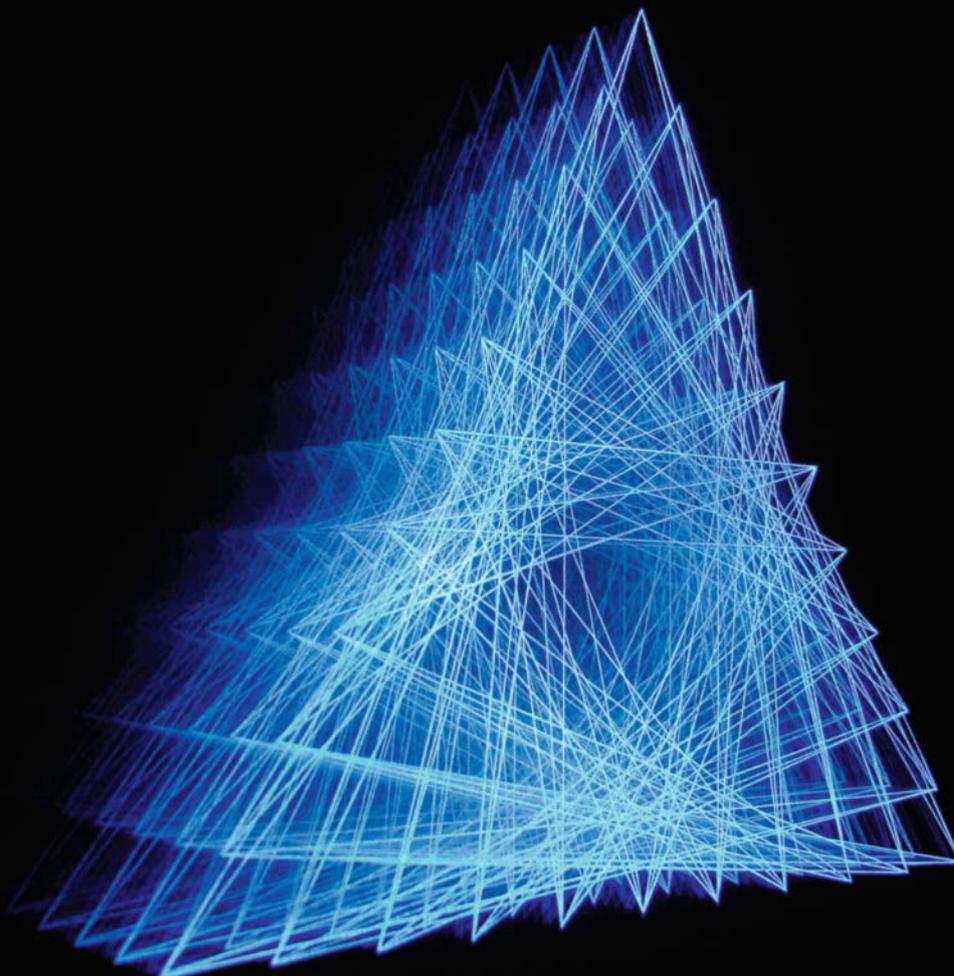
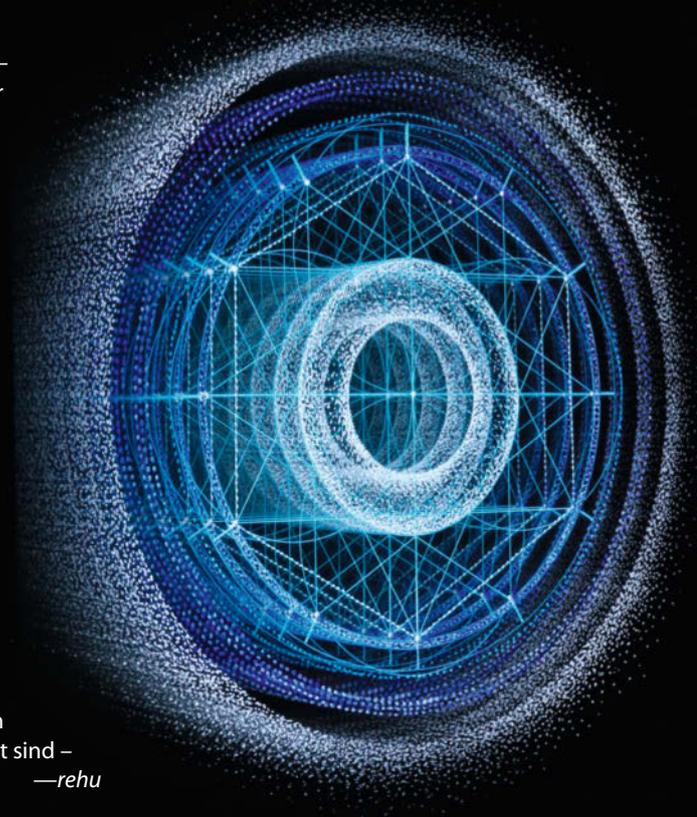
# Infinity Art

Kaleidoskopisch und geheimnisvoll sehen sie aus – doch wie die unendlichen Lichtspiegelungen ihrer Infinity Art entstehen, will die Künstlerin Simona Petrauskaite nicht verraten. 2015 hat das Thema Lichtillusionen Petrauskaite gepackt und seitdem feilt sie an ihrer Technik – immer mit dem Fokus auf perfekter Geometrie. LEDs, Spiegel, Glas, Plexiglas und Holzrahmen sind auf jeden Fall Teil der faszinierenden Illusion. Aber da gibt es noch eine geheime Zutat, die ihre Infinity Mirror von den üblichen Selbstbau-Variationen unterscheidet. Sie sind detaillierter und facettenreicher, man kann nur noch erahnen, dass irgendwo in der Tiefe kleine LED-Köpfchen leuchten.

Die Infinity Mirror der Künstlerin sind überraschend groß: Der Durchmesser liegt bei den meisten zwischen 50cm und 100cm. In etwas abgedunkelten Räumen kommen die Unendlichkeitsspiegel am besten zur Geltung. Auf Petrauskaites Webseite suchen noch einige der Kunstwerke einen neuen Besitzer. Selbst wenn wir nicht wissen, wie die Leuchtobjekte konstruiert sind – inspirieren können sie uns allemal.

—rehu

► <https://www.cube999.de/>





Bilder: Kitty Yeung

# Leuchtendes Saturnkleid

Wie lassen sich die Ringe des Saturn in Kleidung umsetzen? Diese Frage stellte sich die Physikerin Kitty Yeung, die mit programmierbarer Kleidung an der Verbindung von Wissenschaft und Kunst arbeitet. Sie entwickelte einen Tellerrock, der beim Tanzen nicht nur wunderbar hochfliegt, sondern auch noch aufleuchtet. Grundlage des Projekts ist Stoff, den Yeung eigens bedrucken ließ: Saturn selbst taucht auf zwei Teilen auf, aus denen die Vorder- und Rückseite eines schmalen Kleids genäht werden. Dazu gibt es einen doppellagigen Überrock, auf dem die Ringe aufgedruckt sind und der beim Drehen durch die Luft fliegt.

Die Elektronik basiert auf dem runden Mikrocontroller Flora von Adafruit, der speziell für Wearable-Projekte entwickelt wurde und über die runden Pins am Rand einfach vernäht werden kann. Hilfreich sei auch der integrierte Schalter, der das Testen und Tragen des Projekts einfacher macht, erklärt Yeung. An das Flora-Board wird ein Sechs-Achsen-Sensor angeschlossen. Er erkennt, wenn der Rock sich durch die Luft bewegt. Für die Lichteffekte sorgt eine Drahtlichterkette, die der chinesische Shop DFRobot mit bunten LEDs für Mikrocontrollerprojekte anbietet. Die Anleitung zum Nachschneiden inklusive dem verwendeten Programmiercode hat Yeung auf der Anleitungseite Hackster.io veröffentlicht. Den Stoff bietet sie in mehreren Größen in ihrem eigenen Shop an, wobei die Schnittkanten und Nahtzugaben bereits mit aufgedruckt sind. —hch

► <https://artbyphysicistkittyYeung.com/>



Die ganze Pracht des Saturnkleids zeigt sich erst, wenn Kitty es in Schwung bringt.

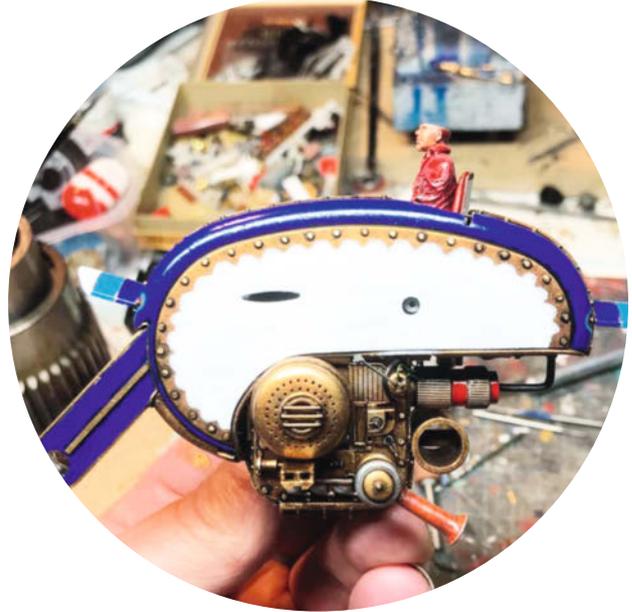
# Kosmotroniks

Harry Arling baut futuristische Maschinen: Mal fliegen sie, mal fahren sie, manche segeln und manche können sogar schwimmen. Sie symbolisieren einen uralten Wunsch des Menschen – mithilfe von selbst geschaffenen Fahrzeugen in der Luft zu fliegen. Er nennt seine Kreationen Kosmotroniks. Als Material dienen dem niederländischen Künstler Kunststoffabfälle und alte Modellbauteile, denen er für seine Modelle neues Leben einhaucht. Jede Kosmotronik-Skulptur baut Arling einzeln von Hand zusammen und bemalt sie mit viel Liebe zum Detail.

Die Kosmotroniks können sich nicht nur bewegen, sie können auch leuchten: In den Modellen sind LEDs verbaut, die mit einer 9-Volt-Batterie betrieben werden. Für die Herstellung eines Kosmotroniks braucht Arling zwischen einem und sechs Monaten – und einen ganzen Haufen Plastikschratt. Oft ist es ein einzelnes Kunststoffteil, das den Funken für eine Skulptur zündet. Den Bauprozess plant der Künstler nicht, er bastelt instinktiv drauf los und lässt sich vom Material inspirieren. Seine Technik hat Arling in 30 Jahren Kosmotroniks perfektioniert.

—rehu

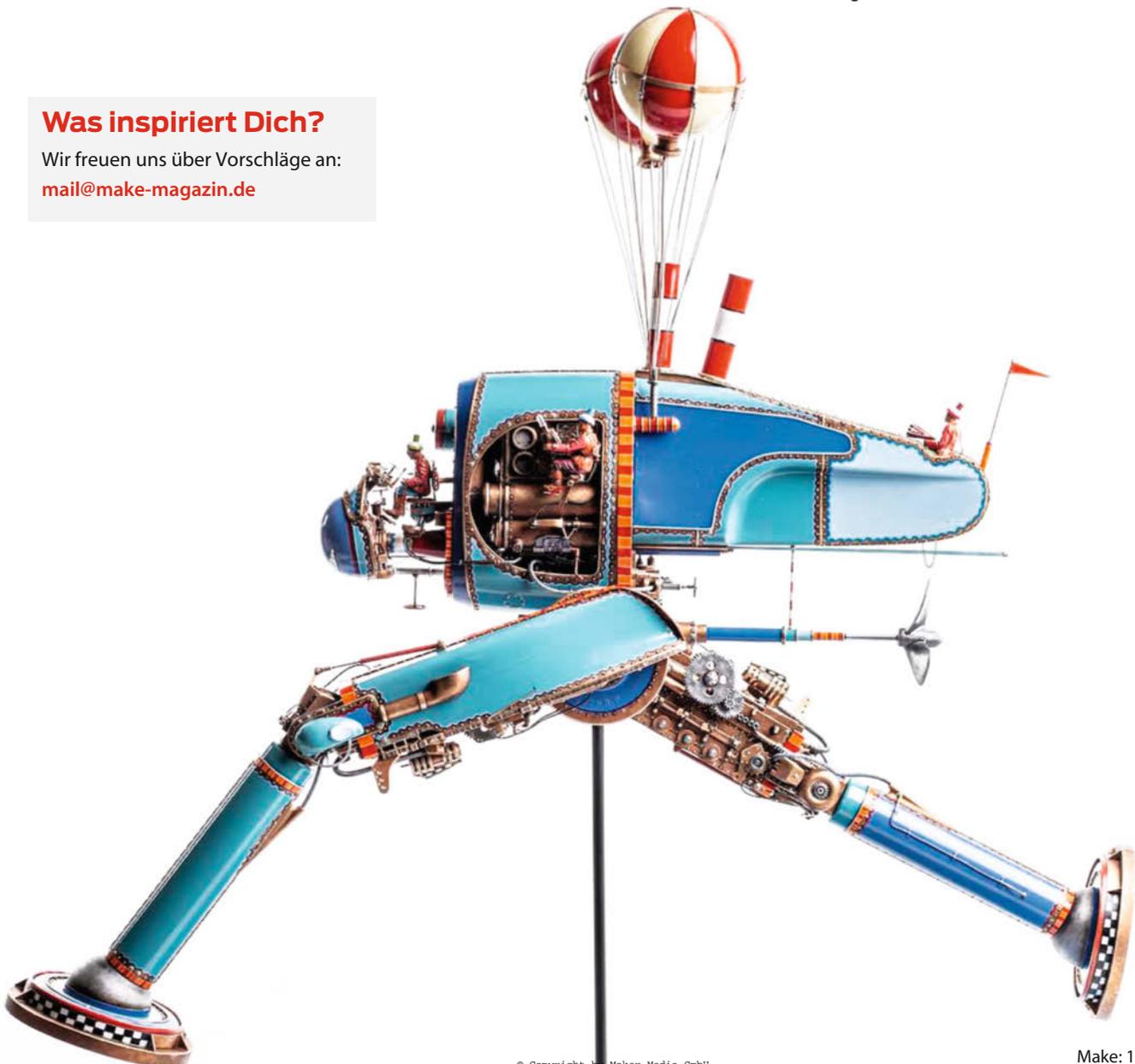
► <https://www.instagram.com/kosmotroniks>



Harry Arling baut seine Kosmotroniks aus winzigen Modellbau-Abfällen.

## Was inspiriert Dich?

Wir freuen uns über Vorschläge an:  
[mail@make-magazin.de](mailto:mail@make-magazin.de)

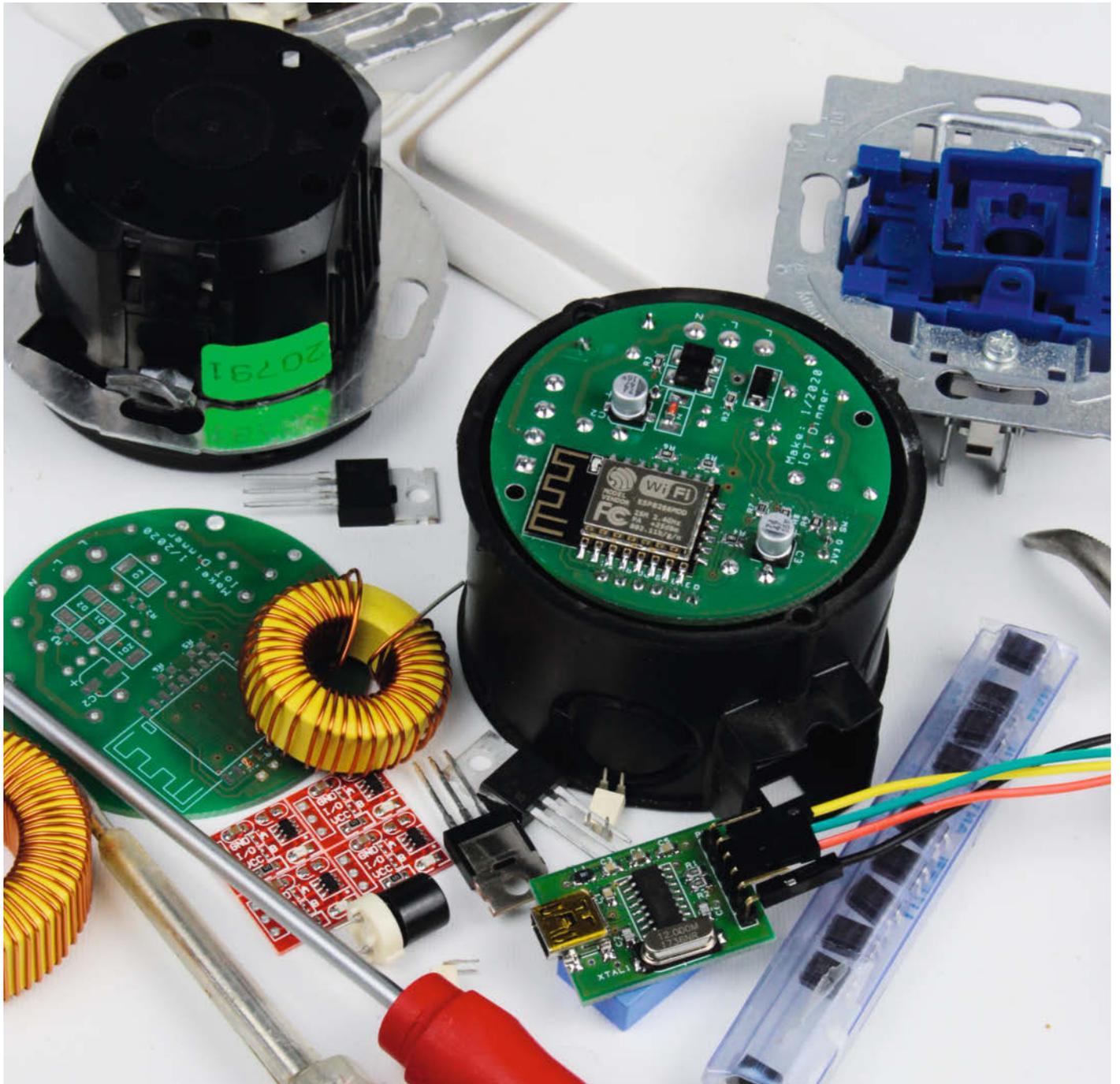


Bilder: Harry Arling

# Smarter Dimmer fürs DIY-IoT

Unser intelligenter 230V-Dimmer lässt sich dank MQTT-Kompatibilität mit überschaubarem Aufwand in ein eigenes Smart-Home-Konzept integrieren. Ein ESP8266 übernimmt nicht nur die LAN-Aufgaben, sondern auch eine raffinierte PWM-Erzeugung, die sogar den störungsarmen Phasenabschnitt-Betrieb beherrscht.

von Uwe Rohne



**E**s ist schwierig, den Überblick im zunehmend unübersehbaren Smart-Home-Angebot zu behalten; die Anbieter übertreffen sich mit Leistungsaussagen; beim zweiten Blick wird man eher enttäuscht, oft auf Grund von proprietären Protokollen und Gateways. Auch macht es nur bedingt Sinn, für jede einzelne Aufgabe eine individuelle App mit einer eigenen Bedienlogik zu installieren und sich von den Servern der Anbieter abhängig zu machen.

Diesem Trend entgegen wirken konfigurierbare Lösungen zur Gebäudeautomatisierung, wie zum Beispiel FHEM, Node-Red und ioBroker auf einem eigenen Server. Diese Baukästen bringen für viele etablierte Lösungen Bausteine zur Integration mit und bieten Raum zur Nutzung von Standards. Den optimal zu nutzen und dabei mit einem geringen Budget aus zu kommen, wollen wir im Folgendem aufzeigen. Wer es ganz einfach haben möchte, kommt bereits mit einer App auf seinem Smartphone aus, wie wir im Laufe des Artikels zeigen werden.

Ein Smart Home besteht aus mindestens drei Komponenten:

- Dem zu steuernden Gerät, beziehungsweise im Falle eines Thermostaten einem messenden und damit Daten lieferndem Gerät, zum Beispiel die Temperatur
- Einem Server in Form eines Raspberry Pi und MQTT-Broker als Nachrichten-Handler
- Einem Smartphone mit MQTT-App, um Nachrichten von den Geräten über den Broker zu empfangen beziehungsweise zu senden.

Richtig interessant wird es allerdings erst, wenn eine Komponente „Hausautomatisierung“ dazukommt, die in der Lage ist, auf Abhängigkeiten bestimmte Aktionen auszuführen. Das sind Systeme wie zum Beispiel NodeRed, FHEM oder ioBroker. Hier sind dann auch Gateways vorhanden, um etwa eine Kopplung mit Sprachassistenten wie Alexa herzustellen.

Um eigene Komponenten zu entwickeln, bedarf es einiger Vorauswahlen, wie zum Beispiel Übertragungsstandard (433MHz, 834MHz, 2,4GHz usw.), dem darauf verwendeten Protokoll und des zu implementierenden Gateways/Servers. Wir haben unter Berücksichtigung der Sicherheit, der Latenz, der Nachbausicherheit und der Kosten wie folgt entschieden:

- Übertragung via WLAN TCP/IP. Dieser Standard ist in fast allen Haushalten bereits jetzt anzutreffen und erreicht in der Regel jede Ecke der Wohnung beziehungsweise des Hauses. Sollte es doch Bereiche ohne Abdeckung geben, schafft ein Repeater Abhilfe.
- Aufsetzend auf TCP/IP das Protokoll MQTT. MQTT ist zunehmend weit verbreitet.

## Kurzinfo

- » Smart-Home-Konzept zum Selberbauen
- » Phasenanschnittsteuerung für Lampen
- » Raspberry Pi mit MQTT aufsetzen

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
ein Wochenende



**Kosten:**  
etwa 30 bis 40 Euro



**Programmieren:**  
Kenntnisse mit Raspberry Pi, Arduino-IDE und ESP8266



**Messen:**  
Multimeter, Oszilloskop, Trenntrafo



**Hochspannung:**  
Umgang mit 230V-Installationen



**Löten:**  
SMD-Lötarbeiten



**Elektronik:**  
Bestückungsarbeiten, Grundkenntnisse

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

### Material

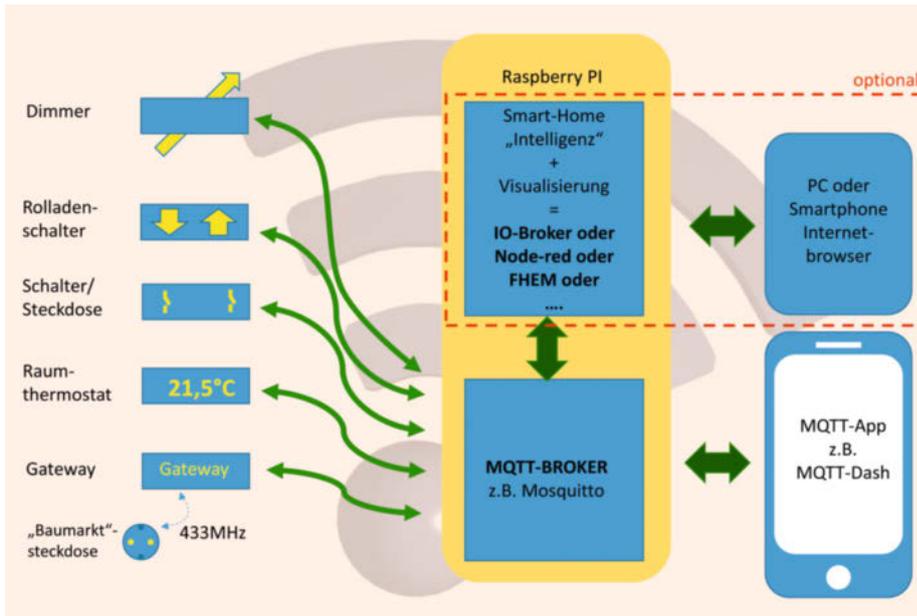
- » Raspberry Pi als Server
- » Platine IoT-Dimmer, Bauteile laut Stückliste

### Mehr zum Thema

- » Rainer Radow, Einstieg in HQT, Make 7/2016 (Sonderheft IoT), S. 120
- » Markus Ulsaß, Philips-Hue-Lampen mit Node-RED, Make 7/2016 (Sonderheft IoT), S. 66



Der Nachbau der Komponenten erfordert Erfahrungen beim Umgang mit 230-Volt-Installationen; auf der beschriebenen Platine treten lebensgefährliche Spannungen auf. Sollten hierzu keine Kenntnisse (u. a. VDE0100) vorliegen, raten wir dringend von einem Nachbau ab.



Zu einem Smart-Home-Konzept gehört neben App und Stell-/Messgliedern (Dimmer, Rolladenmotor, Thermostate) auch immer ein Server als Protokoll-Manager. Wir haben uns für das MQTT-Protokoll entschieden.

tet, enthält optional Security-Features und hat konfigurierbare End-to-End-Zustellungsoptionen.

- Die dezentrale Intelligenz soll natürlich leicht programmierbar sein, einen erträglichen Stromverbrauch haben, preiswert sein und WLAN bereits an Board haben. In Frage kommen ESP8266-Module wie das Modell ESP-12E.
- Der zu verwendende Server soll natürlich TCP/IP sowie MQTT unterstützen und für eine optionale IoT-Zentrale geeignet sein. Unsere Lösung – Sie ahnen es – heißt Raspberry Pi.

Ferner erheben wir den Anspruch, dass die Smart-Home-Komponenten neben der Remote-Fähigkeit auch offline bedienbar bleiben sollen. Somit ist sichergestellt, dass auch ohne Server eine Basis-Bedienung möglich ist.

## Dimmer mal anders

Unser erster Baustein, den wir im Folgenden näher vorstellen möchten, ist ein universeller Dimmer für den Einbau in übliche Schaltdosen, umschaltbar für Phasenanschnitt (für induktive Lasten, wie z. B. traditionelle Trafos) oder Phasenabschnitt (elektronische Trafos, LED-Leuchtmittel) mit einer Leistung von bis zu 300 Watt. Mit einem kapazitiven Touch-Sensor lässt sich der Dimmer unter

einer Blindplatte, wie es sie für fast alle Schalterserien von Markenherstellern (Busch-Jaecker, Jung, Gira) gibt, dezent verstecken.

Die prinzipielle Steuerung des Dimmers ist im Blockschaltbild dargestellt. Um eine Phasenabschnitt-Steuerung (Bild 2) zu ermöglichen, kam die Verwendung eines sonst üblichen Triacs nicht in Betracht – damit wäre nur eine Phasenanschnitt-Steuerung möglich. Wir haben uns daher für die Verwendung eines Brückengleichrichters entschieden, dessen Wechselstromseite mit dem zu steuernden Verbraucher in Reihe geschaltet wird. Solange sein Gleichstromkreis (Plus und Minus) offen ist, passiert nichts. Bei einem Kurzschluss von Plus und Minus fließt der volle Strom durch den Verbraucher. Wir verwenden nun einen Leitungs-MOSFET als Schalter, um diesen Kurzschluss herbeizuführen. Natürlich ist es hierbei wichtig, den MOSFET synchron zur Netzspannung ein- und auszuschalten; nur so ist durch Pulsweitenmodulation (PWM) ein flackerfreier Betrieb der Leuchten möglich.

Damit sich der MOSFET nicht aufheizt, sind steile Flanken bei der Ansteuerung wichtig, denn ein nur teilweise leitender Transistor würde die an ihm abfallende Leistung in Wärme umwandeln. Außerdem ist zu beachten, dass auch ein voll durchgesteuerter MOSFET einen kleinen Restwiderstand besitzt. Im Fall des von uns verwendeten

IRF740 beträgt dieser laut Datenblatt ca. 0,5 Ohm. Bei einer Leistung von maximal 300 Watt fließen ca. 1,3 Ampere, womit 0,85 Watt in Wärme umgesetzt werden. Dazu kommt die Verlustleistung aus dem „Schalterbetrieb“, da die Flanken in der Praxis auf Grund kapazitiver Einflüsse keine ideale Steilheit haben.

Wir haben die Schaltung übrigens so ausgelegt, dass der MOSFET möglichst schnell abgeschaltet wird, weil beim (bei ohmschen und kapazitiven Lasten zu bevorzugenden) Phasenabschnittsbetrieb hier die höchstmögliche Spannung anliegt. Bei zu langsamem Anschalten würde hier die meiste Verlustleistung „verbraten“.

## Im Takt bleiben

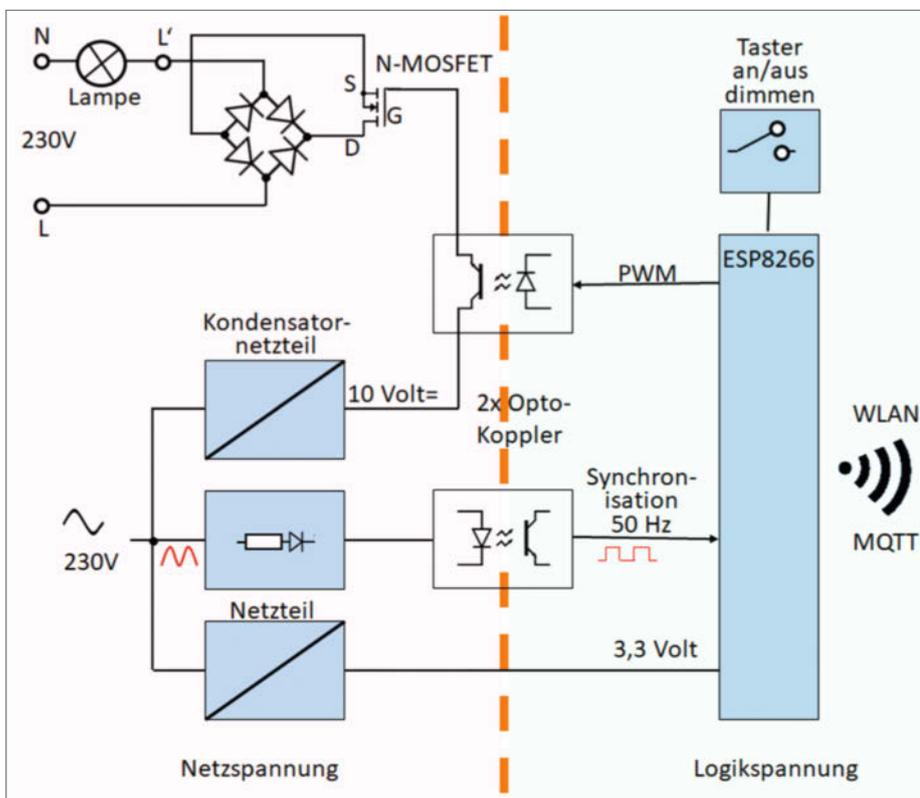
Für die galvanische Trennung der PWM- und Sync-Signale zwischen dem 230V-Bereich und der Mikroprozessorsteuerung sorgen zwei Optokoppler (im Schaltbild U1 und U2). Kondensator C1 dient als verlustarmer „kapazitiver Vorwiderstand“. Aus den 50Hz-Impulsen an D1 wird zum einen über D2 die mit ZD1 stabilisierte Gate-Steuerspannung gewonnen, zum anderen über D3 die Synchronisationsimpulse für den ESP8266.

Die Stromversorgung des ESP12-Moduls übernimmt dagegen ein kleiner AC/DC-Wandler mit 3,3V Ausgangsspannung. Der ESP samt seiner Programmierschnittstelle ist somit nicht mit dem Lichtnetz verbunden, und er darf für die Programmierung mit einem PC oder Notebook verbunden werden. Allerdings sind die vorhandenen „Kriechstrecken“ zwischen Netz- und Niederspannungsseite mit 2mm wegen des gedrängten Aufbaus auf der Platine für einen schutzisolierten, nicht geerdeten Betrieb zu knapp bemessen. Der Anschluss des Programmierkabels darf deshalb nur auf dem Labortisch (möglichst unter Verwendung eines Trenntrafos) erfolgen; im regulären Betrieb darf kein Teil der Schaltung, auch nicht die Niederspannungsseite, berührt werden können.

Um den Dimmer in einer Schaltdose verbauen zu können, haben wir eine runde Platine mit etwa 52 mm Durchmesser entworfen. Um den Platz optimal zu nutzen, wird sie beidseitig bestückt: Die bedrahteten Bauteile auf der einen, die SMD-Bauteile auf der anderen (Löt-)Seite. Keine Angst vor letzteren: Keines der Bauteile weist ein unhandlich kleines Gehäuse auf, die Handlötung ist für jeden Lötkundigen kein Problem. Bestücken Sie zunächst die SMD-Bauteile, dann die bedrahteten.

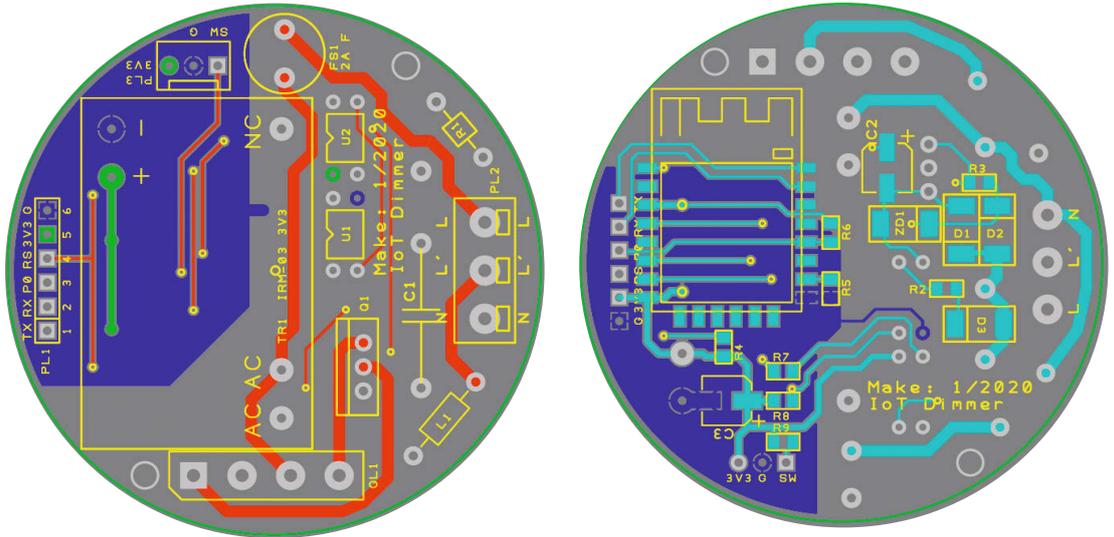
## Nahsteuerung

Soll der Dimmer mit einem Taster betrieben werden, ist dieser einfach an den PL3,



Im Blockschaltbild erkennt man den MOSFET-Schalter, die Stromversorgung, die galvanische Trennung durch zwei Optokoppler und auf der rechten Seite den ESP8266 als steuerndes Element.

Bestückung der Platine von der Ober- (links) und Unterseite (rechts). Beginnen Sie mit den SMD-Bauteilen auf der Rückseite; die vollständige Stückliste finden Sie unter dem Link im Info-Kasten.



Pin 1 und Pin 2 anzuschließen. Ein kapazitiver Sensor wie beispielsweise der von uns verwendete Typ TTP223 benötigt zusätzlich noch den Pin3 zur Spannungsversorgung mit 3,3 Volt. Den TTP223 gibt es auch fertig auf einem Breakout-Board aufgelötet, verschiedene eBay-Angebote liegen im zweistelligen Cent-Bereich.

Der Touch-Sensor kalibriert sich beim Einschalten selbst, eine Erhöhung der Empfindlichkeit durch Vergrößern der (rückseitigen) Touch-Fläche mit Alufolie oder blanken FR4-Platinen ist möglich. Hier ist Ausprobieren angesagt; eine elektrische Verbindung von Folie zum Sensor ist nicht nötig, die kapazitive Kopplung reicht. In unseren Tests funktio-

nierte der Sensor selbst durch 5mm starkes Plexiglas hindurch. Wir haben den Sensor deshalb ohne Modifikation mit doppelseitigem Klebeband hinter eine Blindabdeckung der Firma Gira geklebt. Zur besseren Orientierung kann man auf der Sichtseite einen Aufkleber anbringen, auch eine schwach leuchtende LED ist hilfreich.

## Für Maker & Bastler



C. Rattat  
**CNC-Fräsen für Maker und Modellbauer**

Grundlagen – Technik – Praxis

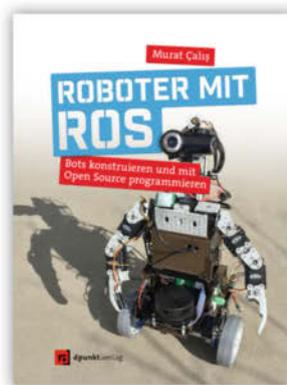
2. Auflage  
2020, 314 Seiten  
€ 32,90 (D)  
ISBN 978-3-86490-752-4



G. Wostrack  
**Digitale Modellbahn selbstgebaut**

CANguru-Steuerung mit ESP32 in Arduino-Umgebung

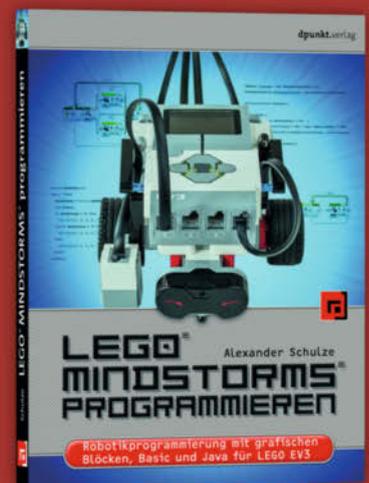
2020, 202 Seiten  
€ 29,90 (D)  
ISBN 978-3-86490-711-1



M. Çaliş  
**Roboter mit ROS**

Bots konstruieren und mit Open Source programmieren

2020, 308 Seiten  
€ 34,90 (D)  
ISBN 978-3-86490-567-4



A. Schulze  
**LEGO® MINDSTORMS® programmieren**

Robotikprogrammierung mit grafischen Blöcken, Basic und Java für LEGO EV3

2020, 278 Seiten  
€ 29,90 (D)  
ISBN 978-3-86490-741-8

## Software

Unter der im Info-Kasten angegebenen Internetadresse ist neben dem Schaltplan und dem Platinenlayout auch die Software hinterlegt. Die Software kann mit der kostenfreien Arduino-IDE und der obligatorischen ESP8266-Erweiterung übersetzt und via USB-Adapter aufgespielt werden; bitte den USB-Adapter unbedingt auf 3,3 Volt einstellen. Wer das noch nie gemacht hat, sollte sich zunächst die unter dem Link im Info-Kasten verfügbaren Beiträge zu Gemüte führen.

Im Setup-Bereich wird bei erstmaligem Starten oder bei veränderter WLAN Konfiguration ein eigenständiger Access Point (AP) gestartet. Der Name lautet „Auto-connect\_Apxxxx“, wobei xxxx für die letzten vier Stellen der MAC-Adresse des verwendeten ESP8266-Moduls steht. Nach Anmeldung an diesen Access Point mit zum Beispiel einem Smartphone kann unter der Adresse 192.178.4.1 und dem Passwort „qwertzui“ der gewünschte eigentliche SSID-Name des WLANs, das Passwort des WLANs, die IP-Adresse und der Port des MQTT-Servers sowie der gewünschte MQTT-Name eingegeben werden. Die Werte werden im EEPROM des Prozessors dauerhaft gespeichert.

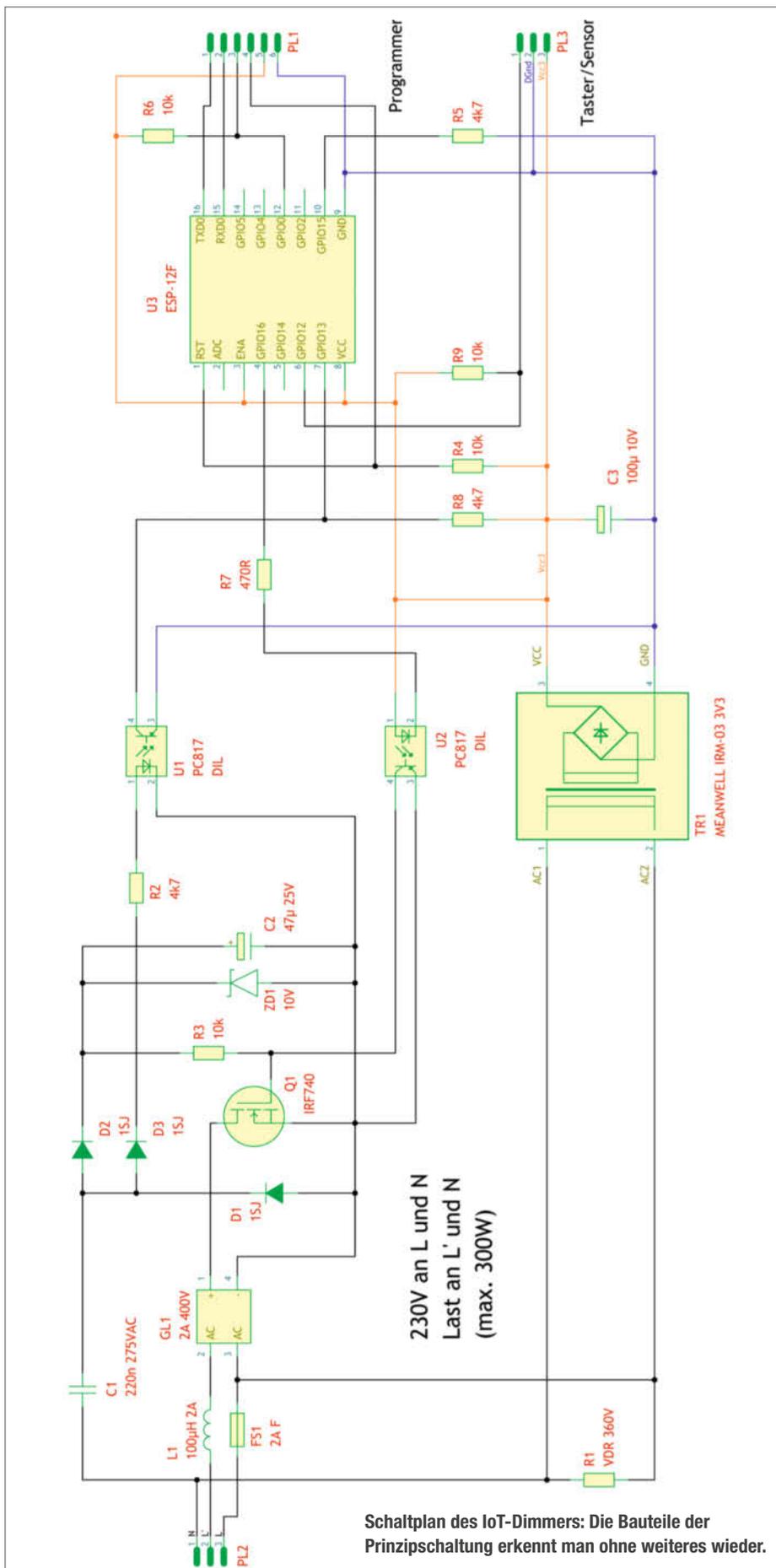
Die beschriebene Funktionalität wurde mit der Bibliothek *Wifimanager* erreicht. Vor dem Kompilieren ist diese daher unter der im Artikel-Link angegebenen Github-Adresse herunterzuladen und zu installieren; eine Anleitung finden Sie dort ebenfalls. Auch die *pubsub*-Bibliothek für die MQTT-Funktionalität ist auf diese Weise zu installieren.

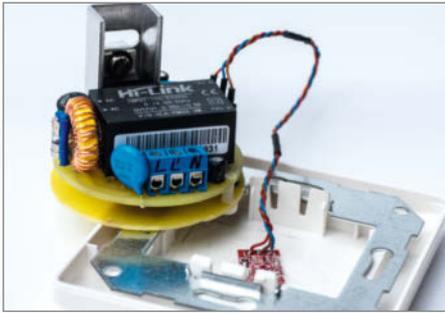
In der *main*-loop ist neben der MQTT-Funktionalität besonders die zentrale Funktion „sync\_und\_dim“ von Bedeutung. Da das Sync-Signal nur von den positiven Halbwellen des Optokoppler erzeugt wird und dieser auch wegen einer Hysterese etwas verzögert durchschaltet, muss hier die Verzögerung berechnet und das Signal für die negative Halbwellen erzeugt werden. Auf dieser Basis wird dann das benötigte PWM-Signal generiert. Die Länge liegt zwischen 10 Millisekunden = Volle Helligkeit und bis zu 0,5 Millisekunden = kleinste noch sichtbare Helligkeit je Halbwellen.

Um nicht durch Aktivitäten des WLANs ein Flackern zu erhalten, wird dessen Bearbeitung gezielt mit der *yield()*-Funktion freigegeben – und zwar dann, wenn der Prozessor sonst nichts zu tun hat. *yield()* verhindert zudem, dass das WLAN durch einen fehlerhaften Sketch blockiert wird.

## Erstkonfiguration

Um Phasenan- oder -abschnitt einzustellen, die Phasenverschiebung des Sync-Signals feinzutunen und die gewünschte minimale





Der mit doppelseitigem Klebeband befestigte Touch-Sensor wird über ein dreipoliges Kabel mit PL3 verbunden. Hier ist noch unser Dimmer-Prototyp mit anderem Layout abgebildet.

Helligkeit anzupassen, sind einmalig über MQTT die gewünschten Werte einzustellen. Da nicht alle Leser über einen Trenntrafo und ein Oszilloskop verfügen dürften, empfehlen wir nachfolgende Vorgehensweise zum Abgleich des Sync-Signals:

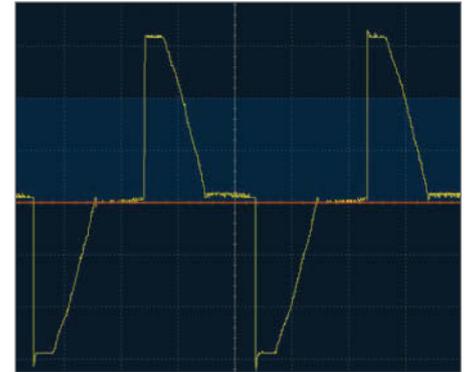
- Dimmer mit einer klassischen Glühfadenlampe, Klarsicht, 60 Watt in Betrieb nehmen
- Geringe Helligkeit einstellen
- Den Synchronisationsversatz von default 3200 Mikrosekunden in Hunderter-Schritten reduzieren beziehungsweise erhöhen. Ziel hierbei ist, das schon schwache Glimmen der Lampe weiter zu reduzieren.
- Ab einem bestimmten Wert wird das Glimmen der Lampe wieder heller, dann ist bereits die optimale Einstellung überschritten und der Wert muss in die andere Richtung angepasst werden.

Für alle Leser mit Trenntrafo und Oszilloskop (bei Messungen an der Netzspannung Spannungsteiler oder Hochspannungstastkopf verwenden!) ist bei Phasenanschnitt das Abschalten genau auf den Nulldurchgang zu legen, bei Phasenabschnitt entsprechend das Einschalten beim Nulldurchgang (siehe Oszillogramm).

```

178 void sync_und_dim() {
179     ti_n1=micros();
180     if(digitalRead(SYNC_50HZ) == LOW) {
181         if(sync_fl_alt == false) {
182             if( (ti_n1 - sync_test) < 19700 || (ti_n1 - sync_test) > 20300 || testcounter1++ >1500) {
183                 sprintf(inf_mqtt_topic,"info/%s/%s",sub_mqtt_topic,"Microsekunden");
184                 mqtt_test_publish(inf_mqtt_topic,long (ti_n1-sync_test)); testcounter1 =0;
185             }
186             sync_test = ti_n1;
187             syn_fl_alt = true;
188             ti_n0 = ti_n1 - dim_ersatz;
189         }
190     }
191     else {
192         if(sync_fl_alt == true && ti_n1 - ti_n0 >9000) {
193             syn_fl_alt = false;
194             if( testcounter++ >2501) {
195                 sprintf(inf_mqtt_topic,"info/%s/%s",sub_mqtt_topic,"Pulselaenge");
196                 mqtt_test_publish(inf_mqtt_topic,long (ti_n1-sync_test)); testcounter = 0;
197             }
198         }
199     }
200     int ti_n2 = int (ti_n1 - ti_n0);
201     if(ti_n2 > 10000) { // Sync 2. Halbwellle
202         ti_n0 += 10000;
203         int ti_n2 = int (ti_n1 - ti_n0);
204         //yield();
205     }
206     if(an_oder_abschnitt == false) { //Phasenanschnitt
207         if(ti_n2 > (10000-ti_dimmer)&& ti_n2 <10000 && dim_on == true) pwm(HIGH);
208         else pwm(LOW);
209     }
210     else { //Phasenabschnitt
211         if(ti_n2 < ti_dimmer && dim_on == true) pwm(HIGH);
212         else pwm(LOW);
213     }
214 }
    
```

Programmausschnitt der ESP8266-Firmware: Die Routine *sync\_und\_dim()* erledigt den Phasenan- beziehungsweise -abschnitt mit einstellbarem Versatz („Totzeiten“).



Ohne Abgleich (links) wird der Strom nicht im Nulldurchgang der Netzwechselfspannung einbeziehungsweise ausgeschaltet, es entstehen Störungen. Das Bild rechts zeigt den optimalen Abgleich bei Phasenanschnitt.

# Smarte Gadgets

**Sensoren & Aktoren**

**BBC micro:bit**

**ePaper-Displays**

**Calliope mini**

**Arduino UNO**

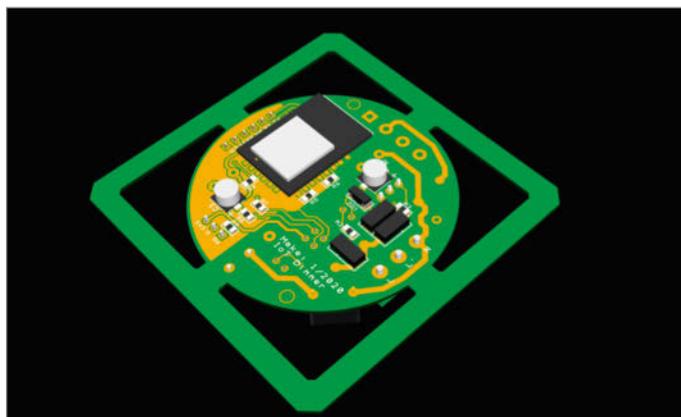
**PORTOFREI AB 15 € BESTELLWERT**

**heise shop**  
shop.heise.de/hardware

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)



So sollte unsere Platine nach der Bestückung auf der Bauteilseite aussehen. Der Kühlkörper für Q1 ist ein kurzes Stück Aluprofil.



Zur leichteren Montage in Schalterdosen ist die Platine mit einem abtrennbaren Rand versehen.

## MQTT-Nachrichten

MQTT	Nachricht zum Dimmer	Bedeutung	im EEPROM dauerhaft gespeichert
xxx	xxx = Wert in Prozent	0–100 für Lampenhelligkeit	nein
n	aNschnitt	schaltet Dimmer auf Phasenanschnittbetrieb	ja
b	aBSchnitt	schaltet Dimmer auf Phasenabschnittbetrieb	ja
vxxxx	Versatz des Sync-Signals vom Nulldurchgang	default xxxx = 3200 Mikrosekunden	ja
mxxxx	Minimale Lampenhelligkeit	xxxx = Wert in Mikrosekunden vom Nulldurchgang	ja

Ein kurzes Drücken des Tasters/Sensors schaltet den Dimmer mit voller Helligkeit ein, ein nochmaliges schaltet ihn wieder aus. Drückt man nun den Taster/Sensor länger als 400 Millisekunden, wird das angeschlossene Leuchtmittel gedimmt. Ein nochmaliges längeres Drücken kehrt die Richtung um. Soll die Helligkeit ferngesteuert über MQTT eingestellt werden, muss man den gewünschten Wert in Prozent „publishen“.

Das Protokoll MQTT wurde unter anderem im Make-IoT-Sonderheft 2016 ausführlich vorgestellt. Dort wurde auch die Software MQTTfx beschrieben, ebenso die Bedienung mit der App MQTT Dash. —cm

## Rezept: Raspi mit MQTT aufsetzen

Auf der Adresse <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/Raspbian-Buster-Lite> in der Zip-Version downloaden. MicroSD-Card mit mindestens 8GByte in den Kartenslot des Windows-PC. Etcher aufrufen und die Zip-Datei „2019-06-20-raspbian-buster-lite.zip“ als Quelle angeben (das Datum im Dateinamen kann natürlich ein aktuelleres sein). Als Ziel das SD-Kartenlaufwerk angeben.

Wenn Etcher fertig ist, mit dem Explorer in das SD-Kartenlaufwerk wechseln. Rechter Mausklick und NEU →Textdokument wählen. Als Dateiname *ssh* wählen und die Endung *.txt* löschen. Es ist eine 0 Byte große Datei mit dem Namen *ssh* angelegt worden. Wieder rechter Mausklick und NEU →Textdokument wählen. Als Dateiname *wpa\_supplicant.conf* wählen und mit Editor öffnen. Folgenden Inhalt in die Datei kopieren:

```
ctrl_interface=DIR=/var/run/wpa_supplicant GROUP=netdev
update_config=1
country=DE
network={
  ssid= DEINE-SSID
  psk= PASSWORT
  key_mgmt=WPA-PSK }
```

und die SSID und das WLAN-Passwort mit den eigenen Namen ersetzen. Jetzt die Micro-SD Karte auswerfen und in den Pi (ge-

testet mit Raspberry 3B und Zero) stecken. Den Raspberry Pi mit einem Netzteil 5V, 2A über ein USB-Kabel anschließen. Die Kontrolllampe flackert und der Pi startet, ca. 2–5 Minuten warten. Im Router nach einem neuen Gerät suchen und sich die vergebene IP-Adresse merken. Unter Windows ein „MS-DOS“-Fenster aufrufen, indem man unten links *cmd* eintippt.

Dann *ssh pi@192.168.178.65* eingeben, wobei die IP-Adresse natürlich anders lauten dürfte. Der Pi gibt einmalig einen Sicherheitshinweis aus, den wir mit *yes* bestätigen. Das Standardpasswort *pi@192.168.178.65's password: raspberry* (wird im Fenster nicht gezeigt, auch keine Sterne) ändern wir sofort wie nachfolgend:

```
pi@raspberrypi:~ $ passwd Changing password for pi.
Current password: raspberry New password:
neuesPasswort Retype new password: neuesPasswort
```

Dann mit

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get update
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install -y mosquitto
mosquitto-clients
```

die Installation aktualisieren und den Mosquitto-Broker installieren. Fertig!

# Maker Faire®

TECHNOLOGIE. INNOVATION. COMMUNITY.

# Where it's cool to be smart

Präsentieren Sie Ihr Unternehmen auf der Maker Faire, entdecken Sie neue Talente, Ideen und bereichern Sie Ihre Unternehmenskultur.

Die Maker Faires zelebrieren Technologie, Innovation und Community auf eine einmalige Art und Weise. Profitieren Sie davon und stellen Sie aus – atmen Sie die Unternehmenskultur von morgen ein!



Ihr Ansprechpartner

**Jens Ahlers**

Manager Sales & Strategy

Tel.: +49 511 5352-133

jeah@maker-media.de

## Werden Sie Aussteller!

Lernen Sie alle Vorteile kennen:

[www.maker-faire.de/Aussteller](http://www.maker-faire.de/Aussteller)

© Copyright by Maker Media GmbH

# Vom Abfall zum Einfall

Ist das schon Müll oder kann das noch Kunst? In Zeiten von Ökoapokalypse und Müllexporten bieten Creative Reuse Center eine Alternative zum Recycling.

von Grace Dobush



**K**aum betritt man den Kunst-Stoffe-Laden, flitzen schon die Ideen rein.

Eine Pappkiste mit leeren Diarahmen. Eine Kiste mit Konferenzschlüsselbändern, noch eine mit Weinkorken und eine mit Plastikflaschen, die einst Tetrapaks versiegelt haben. Hier gibt es all die Bastelmaterialien, die man sich wünschen könnte – und viele, von denen man nicht mal ahnte, dass man sie braucht. Maker wie wir denken oft: „Daraus könnte man doch noch was machen!“ Und genau dafür ist der Kunst-Stoffe e. V. da. Kunst-Stoffe ist eine Sammelstelle für wiederverwendbare Materialien, ein sogenanntes Creative Reuse Center. 2006 in Berlin gegründet, war Kunst-Stoffe der erste Recyclinghof speziell für Kunst- und Bastelmaterialien in Deutschland. Alles im Laden – von Babykostgläschen bis zu alten Fenstern – ist gespendet oder gesammelt und wird für Kleingeld verkauft. Es ist eine anspruchsvolle Aufgabe, Müll zu verwerten und weiterzuverkaufen, doch „es lief irgendwie so leicht“, sagt Gründerin Dr. Corinna Vosse.

In Zeiten des Müllexports können Creative-Reuse-Zentren viele Probleme lösen: Sie retten Ungeliebtes aus Müllbergen, sie bieten günstige und sogar kostenlose Materialien für Kreativschaffende und Schüler an und sie sparen die Energie, die für Müllexporte verbraucht wird. Dazu schaffen sie neue Jobs, da die Sammlung und Verwertung des Materials sehr zeitintensiv ist. All das ist Teil der sogenannten Kreislaufwirtschaft, bei der materialspezifische Lebenszyklen im Mittelpunkt stehen. Dazu gehören eine kreislaforientierte Produktgestaltung, die Verwendung und Wiederverwendung von Materialien und als Mittel letzter Wahl das Recycling. Mit diesem Konzept soll weniger verbraucht und mehr weiterverwendet werden.

Eine Studie der EU-Kommission im Jahr 2015 ergab, dass eine verstärkte europäische Kreislaufwirtschaft eine große Wirkung hätte: Bis 2030 könnten Unternehmen mehr als 600 Milliarden Euro einsparen, 580.000 Arbeitsplätze schaffen und CO<sub>2</sub>-Emissionen um 450 Millionen Tonnen reduzieren. Ein wichtiger Teil davon ist die Modernisierung der Abfallbewirtschaftungssysteme. Doch manche Menschen wollen nicht abwarten, bis die Politik handelt. Sie starten einfach selbst.

## In Berlin

Man merkt sofort, wie liebevoll Kunst-Stoffe organisiert ist. Das Geschäft liegt wenige Schritte vom S-Bahnhof Pankow im Nordosten Berlins entfernt. Nur Mittwochs und Freitags öffnet Kunst-Stoffe seine Türen. Durch den Laden zieht sich eine klare Linie: Für Kunststoffschaum jeglicher Art gibt es ein eigenes Zimmer, ein Raum ist nur für Papier,

## Kurzinfo

- » Übriggebliebene Materialien direkt verarbeiten statt recyceln
- » Creative Reuse Center in Deutschland und in anderen Ländern
- » Günstiges Bastelmaterial für Schulen und Vereine

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x3xx](https://www.make-magazin.de/x3xx)

ein anderer nur für Holz, andere sind ausschließlich für Metalle oder für Stoffe und Kurzwaren.

Die Geschäftsführerin Dr. Corinna Vosse hat viel zu tun, denn sie führt zahlreiche Projekte innerhalb und außerhalb Berlins. Die Idee für Kunst-Stoffe ist ihr in New York City begegnet. Als sie dort in den späten neunziger Jahren wohnte, war sie Teil einer Performance-Kunstgruppe. Für diese brauchte sie immer wieder seltsame und

sperrige Materialien für Inszenierungen – dafür war das *Materials for the Arts* geschaffen.

Seit 1978 ist *Materials for the Arts* ein Teil der Kulturlandschaft in New York City. Es ist eines der ersten Creative Reuse Center in den USA und wurde von Beginn an durch die Stadt finanziert. Die Anfänge waren klein, doch mittlerweile dürfen sich 4000 angemeldete Organisationen und Schulen im Riesenlager gratis bedienen. Und Vosse



Willkommen bei Kunst-Stoffe

## Diese Materialien nimmt Kunst-Stoffe an

**Metalle** wie Draht, Bleche, Rohre und Profile

**Holz** als Meterware und Plattenware

**Textilien und Gewebe** wie Lkw-Plane, Stoffe, (Kunst-)Leder und Siebdruck-Gewebe

**Farbe** in fest verschlossenen Dosen

**Gummi** wie zum Beispiel Fahrrad-schläuche

**Folien** wie Klebefolien, Abdeckfolien und Verpackungsfolien

**Plattenware** wie Acrylglas, Kapa und Hartschaum

**Schaumstoff und Styropor**

**Büromaterial**

**Künstlerbedarf** wie Skizzenpapier, Karton, Acrylfarben und Ölkreiden

**Werkzeuge und Malersachen** wie Pinsel, Roller und Teleskop-Stangen

**Theaterdekoration und Requisiten**

**Eisenwaren**



Jedes Material hat bei Kunst-Stoffe einen eigenen Raum.



hat sich gefragt, warum es so eine Initiative nicht auch in Deutschland gibt.

Darauffin hat sie im Jahr 2000 das alternative Kulturprojekt *RAW-Tempel* in Berlin mitgegründet. Im *RAW-Tempel* gibt es unter dem Motto „hochwertige Kultur niedrigschwellig bereitstellen“ Räume für Ateliers, Clubs und Jugendprojekte. 2006 folgte die Gründung des Kunst-Stoffe e. V., gemeinsam mit Frauke Hehl. „Sie hat mir das Konzept der Nachhaltigkeit beigebracht“, ergänzt Vosse. Der Bezirk Pankow war von der Idee begeistert und stellte prompt 10.000 Euro zur Verfügung. Schon konnte das Projekt starten: Nicht nur mit dem Warenverkauf, sondern auch mit Bildungsmöglichkeiten und einem der ersten Reparatur-Cafés Deutschlands. Parallel hat Vosse an der Humboldt-Universität zu Berlin promo-

viert und an mehreren Studien zum Thema kulturelle Infrastruktur mitgewirkt.

Für Kunst-Stoffe ist Bildung sehr wichtig: Der Verein will Kreativität fördern, aber auch die Beziehung der Menschen zu Objekten und zu Müll verändern. Dank des Geldes von verschiedenen Stiftungen kann der Verein kostenlose Workshops an Schulen anbieten. Kinder und Jugendliche können dort zum Beispiel lernen, wie man Fahrradschläuche in Schmuck oder Taschen verwandelt. *Upcycling* als Begriff dafür mag Vosse eher nicht. Dabei denken Leute zu oft ausschließlich an Portemonnaies, die Kinder aus Tetrapaks basteln. Sie will, dass sich beim Basteln auch die Einstellung der Menschen verändert.

2012 hat der Kunst-Stoffe e. V. ein zweites Lager eröffnet. Es befindet sich in einer alten

Brauerei in Neukölln, neben dem legendären Club Schwuz. Insgesamt arbeiten 15 Leute regelmäßig für Kunst-Stoffe. Auch die Arbeit soll nachhaltig sein. Nachhaltig bedeutet zum Beispiel, dass die Mitarbeiter sich wohlfühlen: „Alle arbeiten so, wie es ihnen passt“, so Vosse. Preisschilder gibt es meistens nicht. Wenn man im Lager einkauft, schaut der Mitarbeiter kurz in den Warenkorb und schlägt einen fairen Preis vor. Bei mir waren es zuletzt nur zwei Euro für ein Sortiment von Büro-papier und Stempel.

Ihre größte Konkurrenz? Baumärkte. Der Ort, „wo die ökologischen Kosten externalisiert werden“, sagt Vosse. Baumärkte bieten neues Material in Hülle und Fülle an – mit der Frage, wie man die Reste entsorgt, lassen sie ihre Kunden allerdings alleine. Leider ver-



Bild: SCRAP USA

Selbst wenn diese Stifte nicht mehr zum Malen taugen – Kunst kann man mit ihnen immer noch machen.



Bild: Materials for the Arts

Im Materials for the Arts können Künstler nach Herzenslust nach Schätzen suchen.

lockt das große Sortiment von Neuwaren die Kunden dazu, neues Material zu kaufen, statt altes wiederzuverwenden.

Kunst-Stoffe kann nicht alleine vom Verkauf überleben. Der Verein wird durch private Geldspenden und öffentliche Förderungen unterstützt. Sie wollen auch gar nicht verstecken, dass es teuer ist, etwas so Utopisches wie ihren Laden zu betreiben. Doch ihre Priorität ist klar: Die Materialien müssen für alle erschwinglich bleiben. Denn Wert – wie die Schönheit – liegt im Auge des Betrachters.

## In New York

„Wir können alles umsonst weggeben, weil die Stadt unsere Miete und unsere Gehälter bezahlt“, erklärt Harriet Taub, Geschäftsführerin des *Materials for the Arts* (MFTA). Seit 2000 leitet sie die Organisation, die in diesen Jahren stark gewachsen ist. „Für viele Jahre war unser Lager das bestgehütete Geheimnis von New York City. Aber das ist nicht der richtige Weg, um zu wachsen“, sagt Taub. Bis in die neunziger Jahre saß MFTA in einem kleinen Lager in Chelsea, auf etwa 930 Quadratmetern. Im Jahr 2000 ist das MFTA über den East River gezogen, ins damalige Arbeiterviertel Long Island City, im Bezirk Queens. Jetzt haben sie gut 3250 Quadratmeter zur Verfügung und jeden Zentimeter ausgenutzt. Es ist zwar nicht mehr das einzige Creative Reuse Center in New York City, aber immer noch das größte.

In den neunziger Jahren waren im MFTA traditionelle Kunstmaterialien besonders gefragt. „Da gab es für mich einen Glühbirnen-Moment,“ führt Taub aus. Ihr fiel auf, dass eine ihrer größten Zielgruppen das MFTA gar

nicht kannte: „Es gab viele Lehrer, die das Potenzial unserer Materialien noch nicht erkennen konnten.“ Sie sah es als eine Chance, um die Lehrer einzubeziehen und ihnen zu zeigen, dass aus allem Kunst werden kann. Im Gegensatz zu Kunst-Stoffe ist das MFTA nicht für individuelle Künstler oder Maker zugänglich. Um Materialien zu bekommen, muss sich ein Verein oder eine Organisation anmelden und nachweisen, dass sie gemeinnützig sind. Inzwischen sind mehr als 4300 Gruppen bei MFTA angemeldet, darunter auch 1800 Schulen. 2019 hat das MFTA 720 Tonnen Material gesammelt, im Wert von fast 8 Millionen Dollar. Zusätzlich können Spender und Organisationen direkt über ein Online-Portal besonders sperrige Güter austauschen. Leider ist das Leben in New York City seit 2000 teuflisch teuer geworden. Viele Künstler sind in günstigere Städte gezogen. „Da ist es leichter, dich auf deine Kunst zu konzentrieren“, erläutert Harriet Taub.

## Und überall

Zum Glück gibt es inzwischen überall Creative-Reuse-Zentren. In den USA existiert mittlerweile sogar eine Kette namens SCRAP mit sechs Filialen. In Portland, Oregon, fing es mit einem kleinen Laden an.

1999 gründeten Lehrerinnen SCRAP PDX – und den dazugehörigen öffentlichen Laden – als gemeinnützigen Verein. Elizabeth C. Start ist seit eineinhalb Jahren Geschäftsführerin der SCRAP USA Organisation, war aber vorher als Managerin in Portland tätig. „Ich könnte den ganzen Tag über Wiederverwendung quatschen.“ So sehr begeistert Start das Thema. „SCRAP ist mein Mekka. Warum habe

ich diesen Ort erst so spät entdeckt?“ Bei SCRAP hat sie als Berufseinsteigerin mit der Annahme und Sortierung der Materialien angefangen. Ihre Erfahrungen liegen im Bereich der klassischen Abfallwirtschaft.

Schon als Community-Managerin für eine Abfallfirma ging sie ihrer kreativen Neigung nach. „Was mich inspiriert hat, war diese trashige Modenschau, die wir vielleicht vor 14 Jahren veranstaltet haben. Sie hat mich daran erinnert, wie sehr ich das Machen genieße. Die Verwendung von Altmaterialien war so cool.“ Ihr Lieblingsmaterial sind Fahrradschläuche. „Ich kann ganz gut

## Creative-Reuse-Zentren

### In Deutschland

Hanseatische Materialverwaltung, Hamburg

▶ [hanseatische-materialverwaltung.de](http://hanseatische-materialverwaltung.de)

Kunst-Stoffe, Berlin

▶ [kunst-stoffe-berlin.de](http://kunst-stoffe-berlin.de)

Material Mafia, Berlin

▶ [www.material-mafia.net](http://www.material-mafia.net)

Remida, Hamburg

▶ [www.remida.de](http://www.remida.de)

Restlos-Werkstatt, Leipzig

▶ [muetterzentrumleipzig.de/index.php/restlos-das-upcyclingprojekt](http://muetterzentrumleipzig.de/index.php/restlos-das-upcyclingprojekt)

Systemfehler, Berlin

▶ [www.systemfehler-berlin.org](http://www.systemfehler-berlin.org)

### In Europa

Belgien: Ressources

▶ [www.res-sources.be](http://www.res-sources.be)

England: Scrapstores

▶ [www.reusefuluk.org/scrapstore-locations/directory](http://www.reusefuluk.org/scrapstore-locations/directory)

Frankreich: La Reserve des Arts

▶ [www.lareservedesarts.org](http://www.lareservedesarts.org)

Italien: Remida

▶ [remida.reggiochildren-foundation.org](http://remida.reggiochildren-foundation.org)

Österreich: ARGE

▶ [www.arge.at](http://www.arge.at)

Schweiz: OffCut

▶ [www.offcut.ch](http://www.offcut.ch)

Spanien: DrapArt

▶ [www.drapart.org](http://www.drapart.org)



Bild: Materials for the Arts

Besonders für Kinder und Jugendliche ist ein einfacher Zugang zu Bastelmaterialien wichtig.

## Do it yourself

### Was man braucht, um ein eigenes Creative Reuse Center aufzubauen:

**Geld:** „An Spenden, Platz und Freiwillige kommt man schnell, aber am Ende des Tags muss man sich finanzieren können“, so Harriet Taub, Geschäftsführerin der *Materials for the Arts*. Es ist unwahrscheinlich, dass der Verkauf allein das gesamte Unternehmen stützt, also braucht man die passende Förderung. Viele Städte haben lokale Förderprogramme für kulturelle Projekte – für die größten Erfolgchancen sollten die anderen Punkte dieser Liste schon geklärt sein.

**Zeug, Dinge, Kram und Klüngel:** Der Großteil der Spenden kommt von Einzel-

personen, aber die umfangreichsten Spenden bringen Firmen mit. Das MFTA hat mal 2000 Baseball-Bälle von einem Medienunternehmen bekommen, die nach einem Event nicht mehr benötigt wurden.

**Platz und einen Plan:** Gute Organisation ist ein Muss. Man kann ein Creative Reuse Center mit wenig Platz gründen, aber man muss alles sorgfältig organisieren, damit es nicht direkt ins Chaos stürzt. Spiel nicht den Helden und nimm Hilfe an. Viele Hände machen leichte Arbeit.

**Ein Annahmesystem:** Überleg dir ein gutes Annahmeverfahren für die Spenden. Behalte gut im Blick, wie viel Materi-

al du unterbringen kannst. Und trau dich, auch mal „Nein“ zu sagen.

**Transportmöglichkeiten:** Wenn man Sachen selber abholen kann, bekommt man gleich viel mehr gespendet. MFTA hat derzeit nur einen Transporter – der ist schon Wochen im Voraus ausgebucht.

**Anpassungsfähigkeit:** Jeder Ort hat individuelle Bedürfnisse. „Finde raus, wie du das kreative Wiederverwendungszentrum deinen lokalen Bedürfnissen anpassen kannst“, so Taub. „Schau dir an, wo du bist und wie es für euch funktioniert. Mach kein Duplikat der MFTA, sondern analysiere sie: Welche Aspekte sind für dich hilfreich?“

malen, aber erst das Basteln packt mich richtig. Am liebsten arbeite ich an Skulpturen mit vielen unterschiedlichen Materialien.“

SCRAP hat seit der Gründung andere Interessierte beraten, wie man ein kreatives Wiederverwendungszentrum gründet. 2011 öffnete dann ein zweiter Standort in Texas. Jetzt gibt es auch Läden in Maryland, Nordkalifornien, Virginia und Michigan. Die Geschäfte sind eher klein, das größte misst

gut 930 Quadratmeter. Der Materialverkauf deckt 85 bis 90 Prozent der Betriebskosten, schätzt Start. SCRAPs Preise für leicht gebrauchte Waren sind in der Regel 30 bis 50 Prozent niedriger als die Einzelhandelspreise. Schüttgüter, wie zum Beispiel Kronkorken, bekommt man für etwa 25 Cent pro Handvoll oder 5 Dollar pro Pfund.

Mehr als Recycling ist das schon. „Ich bin nicht kreativ, wenn ich eine Aludose in die Wertstofftonne lege“, sagt Harriet Taub von

*Materials for the Arts*. „Aber ich kann etwas neuen Zweck geben und es zu meinem Eigenen machen. Wenn wir über die Zukunft unserer Kinder und Enkelkinder nachdenken, müssen wir über Nachhaltigkeit nachdenken und die Wiederverwendung spielt dabei eine sehr große Rolle“, so Taub. „Schau mal, was du hast, und verschenke das, was du nicht brauchst. So kann jemand anders sich einen neuen Nutzen dafür einfallen lassen.“ —rehu



Bild: Laura Fuchs

Die schier endlosen Regale mit Materialien entfachen die Kreativität.

NEU  
+ portofrei

# 8 JAHRE BASTLER-KNOW-HOW KOMPAKT



## Make Know-how XXL auf 32 GByte USB-Stick

Endlich ist das komplette Make-Archiv verfügbar: Alle bisherigen Ausgaben der c't Hacks (von 2011 bis 2014) und Make (2015 bis 2019) auf einem USB-Stick! In den **47 Ausgaben** finden Sie Evergreens wie den Teehasen, die Fräse MaXYposi, die Low-Cost-Wärmebildkamera, Tetris, den DIY-Lötkolben, die Peltiereselampe, die Plotclock, Lixie-Anzeigen, die Reißzweckenorgel und viele weitere zeitlose Projekte zum Nachbauen.

[shop.heise.de/make-archiv](http://shop.heise.de/make-archiv)

99,- € >

> Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 15 €. Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.

© Copyright by Maker Media GmbH.

 heise shop

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



# Eine

# Kettenreaktions- maschine bauen

Stell dir vor, du willst das Licht in deinem Zimmer anmachen. Doch anstatt vom Bett aufzustehen und auf den Lichtschalter zu drücken, wirfst du einen Schuh auf den Boden, der eine Reihe von größer werdenden Holzklötzen umstößt. An den letzten ist eine Schnur gebunden, die jetzt einen Stift vom Tisch zieht, wodurch eine Kugel ins Rollen kommt, die ein Buch anstößt, das genau so fällt, dass es den Lichtschalter drückt. Voilà, du hast eine Kettenreaktionsmaschine gebaut.

von Elke Schick



In den USA werden sie Rube-Goldberg-Maschinen genannt, nach einem gelernten Ingenieur, der sein technisches Wissen für Comics über absurde Maschinen nutzte. Hier heißen sie Nonsens-, Unsinn- oder Kettenreaktionsmaschinen. Man findet sie nicht nur in Comics, sondern auch in vielen Büchern und Fernsehsendungen für Kinder. In der Sesamstraße heißen sie „Was-pas-siert-dann-Maschinen“, bei der Sendung mit der Maus ist es die „Eiermaschine“, im ersten Band der Sams-Buchreihe „Knackwurst-Bring-Anlage“ und Petterson aus den „Petterson und Findus“-Büchern erfindet eigentlich in jedem Band solch eine Apparatur. Gemeint sind hier Maschinen, die aus vielen Einzelteilen bestehen und bei denen unnötige und absurde Dinge geschehen, bevor sie am Ende eine ganz einfache Aufgabe lösen.

Kettenreaktionsmaschinen gibt es auch in Form von kinetischer Kunst. Sehr bekannt ist die Installation von Peter Fischli und David Weiss aus dem Film „Der Lauf der Dinge“ von 1987. Eher naturwissenschaftlich ausgedrückt beruhen die Kettenreaktionen dieser Maschinen auf dem Dominoeffekt: Man löst nur

## Kurzinfo

- » Physikalische Wirkungskräfte praktisch anwenden
- » Eine Idee in einen funktionierenden Ablauf umsetzen

### Checkliste

**Zeitaufwand:**  
je nach Größe der Maschine zwischen einer Stunde und dem Rest des Lebens

**Kosten:**  
meist nur Nerven und Zeit

### Material

» Alles geht, nichts muss

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x7bm](http://make-magazin.de/x7bm)



ein Ereignis aus, indem man beispielsweise eine Kugel anschiebt oder einen Dominostein umstößt, und dieses Ereignis löst ein weiteres Ereignis aus und so weiter und so fort. Im Gegensatz zu exponentiellen Kettenreaktionen, bei denen die aufeinander folgenden Ereignisse immer größer werden, steigern sich die Ereignisse hier nicht. Die Länge einer solchen Ereigniskette hängt allein von der Langmut der Erbauer ab.

Im Internet gibt es eine Vielzahl von Videos mit Kettenreaktionsmaschinen. Dort kannst du die größte, die langsamste, die beste, die beliebteste ... Kettenreaktionsmaschine der Welt finden. In den Links zu diesem Artikel haben wir eine Auswahl von Videos zusammengestellt. Die Möglichkeiten für eine solche Maschine sind im Prinzip unbegrenzt und es gibt nichts, was nicht geht – außer es geht nicht.



Den Weiterbau unserer Kettenreaktionsmaschine hat eine Gruppe von Schülerinnen und Schülern übernommen. Hier konstruieren sie eine schiefe Ebene.

## Schritt 1: Am Ende anfangen

Wenn du eine Kettenreaktionsmaschine baust, dann entscheide zuerst, was am Ende passieren soll. Im Sinne der zu Beginn vorgestellten Beispiele soll eine Kettenreaktionsmaschine eine alltägliche Aufgabe erfüllen. Das kann das Bedienen eines Schalters sein, das Eingießen eines Getränks, das Umschlagen einer Buchseite, das Knacken einer Nuss oder jedes andere Ereignis, das die folgenden Kriterien erfüllt:

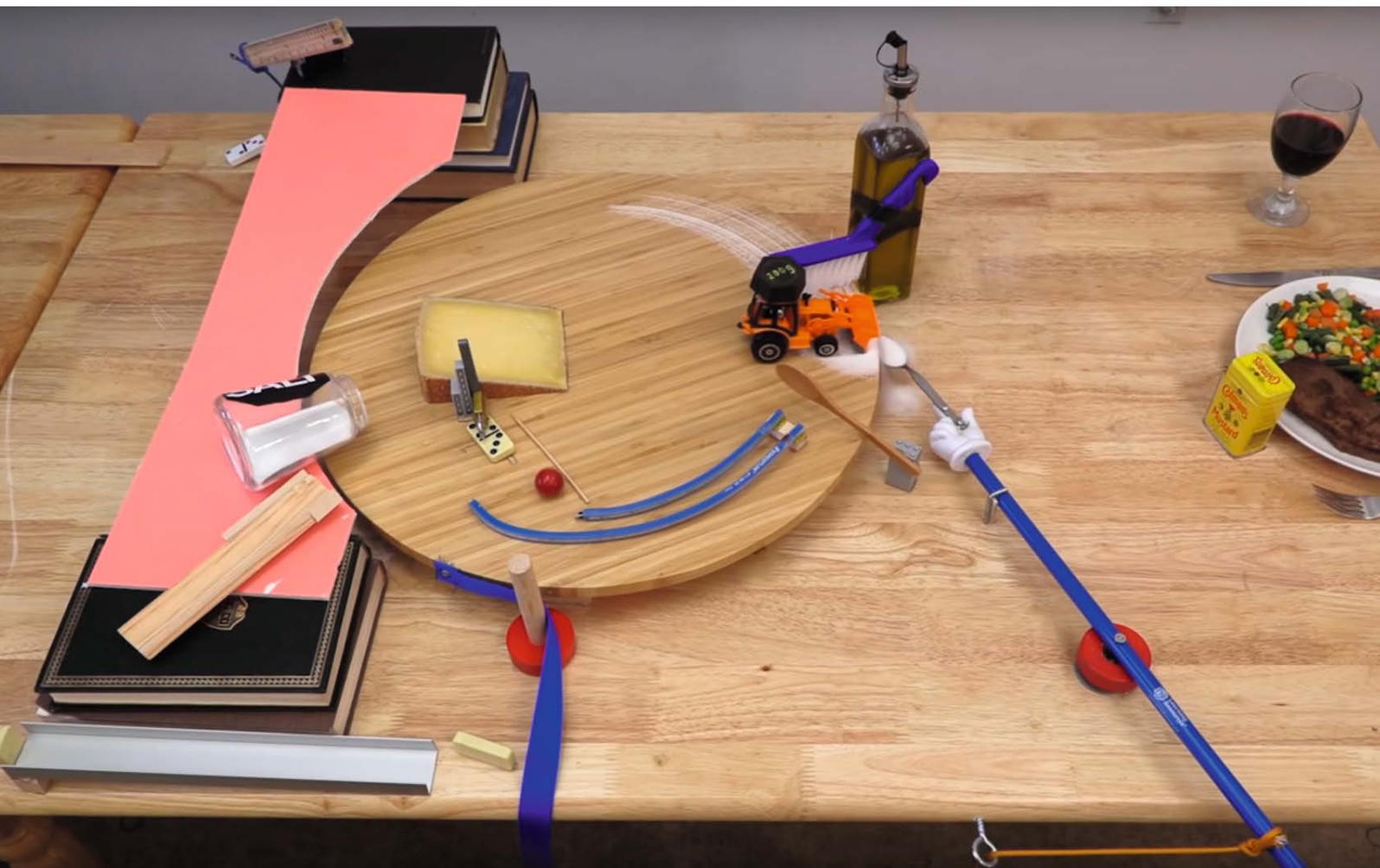
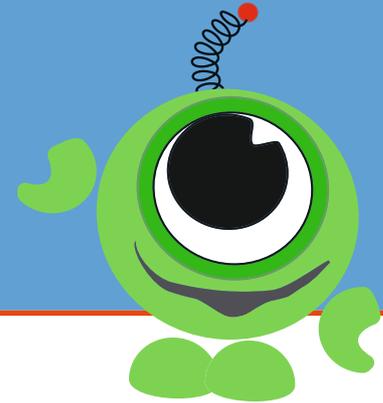
- Es wird durch eine Bewegung ausgelöst.
- Die Bewegung muss nur einmal ausgeführt werden.
- Es hat ein Resultat. Es reicht also nicht, dass etwas umfällt oder rollt.
- Es macht etwas anderes möglich. Eine geknackte Nuss kannst du essen,

bei eingeschaltetem Licht kannst du lesen, wenn der Wasserhahn aufgedreht ist, kannst du dir die Hände waschen.

Unten siehst du das Ende einer Kettenreaktionsmaschine des Künstlers Joseph Herscher. Diese Maschine heißt „Pass The Salt“. Auf diesem Bild steht das letzte Ereignis der Maschine unmittelbar bevor. Der orange Bagger schiebt das Salz gerade von dem drehbaren Holzbrett auf einen Teelöffel, der an einem Arm befestigt ist. Sobald der Löffel voll genug ist, wird er so weit nach unten gedrückt, dass sich der Arm aus der kleinen Metallklammer unterhalb der Plastikhand löst. Dann zieht das Gummiband das Ende des Arms nach links und das Salz wird mit Schwung auf den Teller geschleudert.

### NACHBAUEN

Wenn du nicht gleich voller Inspiration bist, kannst du auch erst einmal vorhandene Maschinen nachbauen. In den Links zum Artikel haben wir ein paar schöne, einfache Beispiele gesammelt.



Die letzte Ereigniskette der längsten Kettenreaktionsmaschine von Joseph Herscher

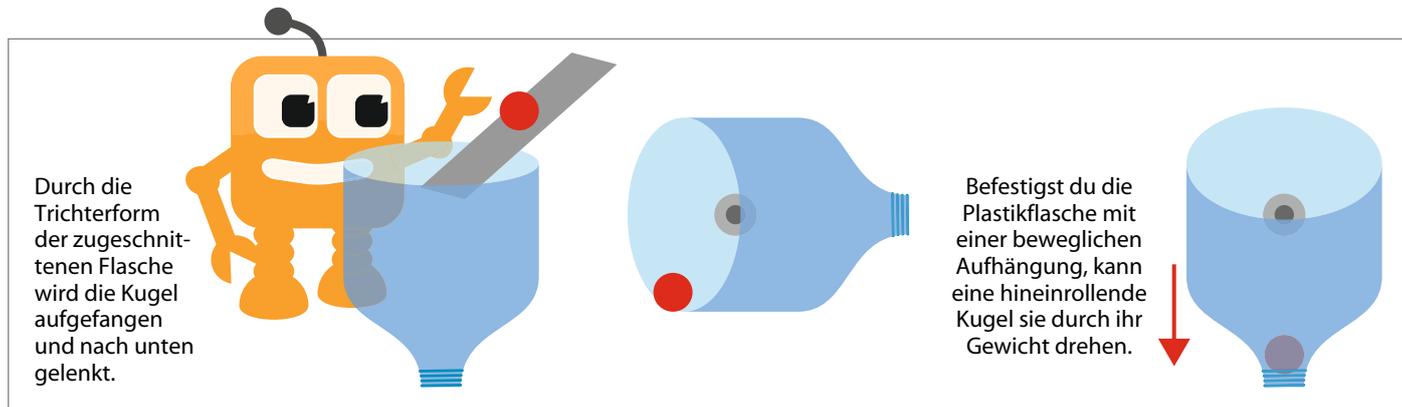
## Schritt 2: Materialien sammeln

Für deine Kettenreaktionsmaschine kannst du viele Dinge verwenden, die du bereits zuhause hast. Deine alten Bauklötze sind genauso gut geeignet wie die Matchbox-Autos, eine Papprolle, Murmeln und elektrische Geräte wie ein Ventilator. Daher lassen sich Kettenreakti-

onsmaschinen auch besonders gut in der Schule umsetzen – dort findet man einen wesentlich größeren Vorrat an Materialien als in jedem Kinderzimmer.

Wichtig ist, dass die Materialien einen weiteren Prozess anstoßen können. Deine Bauklötze können etwas umstoßen, wie

auch die Spielzeugautos oder die Murmeln. Außerdem brauchst du Dinge, die die Bewegung der beweglichen Teile lenken können. Eine aufgeschnittene Plastikflasche kann zum Beispiel eine Murmel aufnehmen und verhindern, dass die in die falsche Richtung rollt.



Du kannst gleich zwei Ereignisse miteinander kombinieren, wenn du die Flasche so montierst, dass sie sich um eine Achse bewegen kann und die Murmel durch ihr Gewicht eine Bewegung der Flasche auslöst.

## Eine Liste von möglichen Materialien

### Dinge, die rollen

- Murmeln
- Bälle
- Spielzeugautos
- Skateboards oder Rollschuhe
- Kisten auf Rollen
- Klopapier- oder Küchenpapierrollen
- Dosen

Hierbei kann man auch die verschiedenen Eigenschaften der einzelnen Bälle einkalkulieren. Ein Golfball ist schwer und kann daher eher etwas umstoßen oder nach unten bewegen, während ein Tischtennisball gut springt und gut von unten nach oben hüpfen kann.

### Dinge, die umkippen

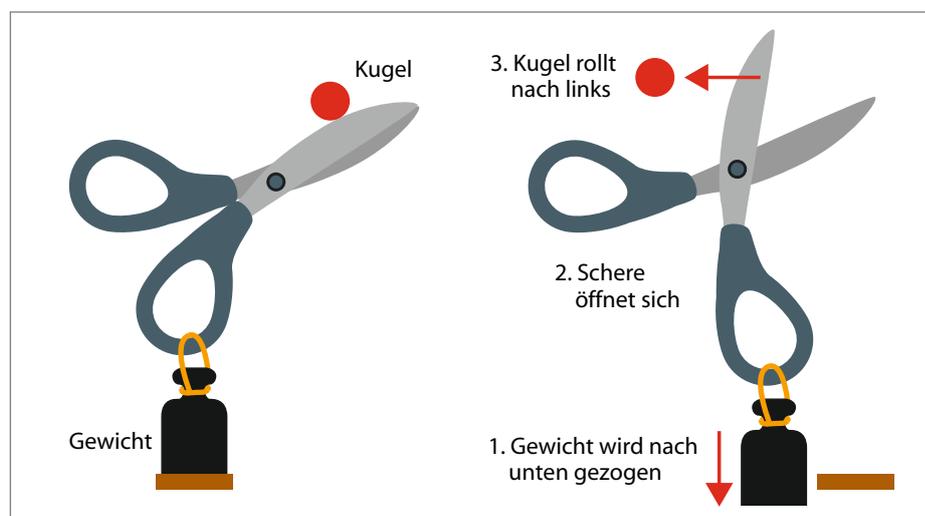
- Bauklötze, Dominosteine oder andere Holzstücke mit einer kleinen Standfläche
- Action-Figuren
- Bücher
- Bilderrahmen
- gefüllte Gläser, Becher oder Eimer
- alle schweren Dinge, die du auf eine schmale Seite stellen kannst

Alles, was umkippt, kannst du für den Dominoeffekt im eigentlichen Sinne verwenden. Stelle eine Reihe von gleichen Materialien hintereinander auf und lasse sie dann einander umstoßen und du hast ein ganz klassisches Element jeder Kettenreaktionsmaschine. Du kannst deine Dominoreihe in jeder beliebigen Form

anordnen: zum Beispiel als Reihe, Kurvenstrecke oder Spirale.

### Dinge mit einem Gelenk

- Scheren oder Zangen
- Wäscheklammern
- Nussknacker



Eine Schere kann die Ereigniskette in eine andere Richtung lenken.

## Make Family

Solche Materialien kannst du entsprechend ihrem eigentlichen Zweck einsetzen – eine Schere schneidet einen Faden durch, eine Zange drückt etwas zusammen und so weiter. Es ist aber auch möglich, mit ihnen die Richtung der Ereigniskette zu verändern. Wenn zum Beispiel eine Schere oder Zange durch das vorangehende Ereignis geöffnet wird, springt die Ereigniskette vom Ende der Schere oder Zange zu ihrer Spitze.

### Dinge, die sich drehen

- Fidget Spinner
- alte Räder oder Reifen
- Elektromotoren

An sich drehenden Materialien kannst du sehr gut einen Arm anbringen, der dann ein weiteres Ereignis auslöst. Oder die Drehscheibe wickelt einen Faden auf, der wiederum ein Hindernis beiseite zieht.

### Elektrische Geräte

- Ventilator
- Plattenspieler
- Vibrationsmotor (im Handy)
- Bohrmaschine

Das Einschalten eines elektrischen Geräts ist natürlich in jedem Fall bestens als Ende einer Kettenreaktionsmaschine geeignet. Wenn du elektrische Geräte mitten in deiner Maschine einbauen willst, lohnt es sich, genau zu schauen, woraus ihre Funktion besteht. Eine Kaffeemaschine zum Beispiel kocht ja nicht nur Kaffee, sondern erhitzt und pumpt Wasser. Sie kann also auch eingesetzt werden, um langsam einen Behälter mit warmem Wasser zu füllen, bis dieser umkippt und ein weiteres Ereignis auslöst. Genauso kann ein Ventilator in Kombination mit Papier, leichten Stoffen oder Segelbooten entsprechend seinem ei-

gentlichen Zweck eingesetzt werden oder du machst es dir zunutze, dass er sich dreht.

### Für besondere Effekte

- Feuer
- Streichhölzer
- Kerzen
- Wunderkerzen
- kleine Feuerwerkskörper
- Wasser
- Sand
- Luftballons
- Magnete

Feuer kannst du sehr gut dazu einsetzen, die Geschwindigkeit deiner Kettenreaktionsmaschine zu reduzieren. Egal, ob mit Feuer eine Schnur durchtrennt wird, abfließendes Kerzenwachs eine Wippe auslöst oder ein kleiner Feuerwerkskörper gezündet wird, der in den nächsten Aufbau hineinsaut – es dauert immer ein wenig, bis ein Ereignis mit Feuer ausgelöst wird. Natürlich brauchst du dann eine erwachsene Person, die dir beim Aufbau und Abfackeln hilft. Wasser und Sand kannst du gut von einem Behälter in einen anderen fließen lassen. Geeignet sind Gießkannen, Teekannen, Eimer, Gläser oder Becher. Luftballons kannst du platzen oder aufpusten lassen. Sie verändern in beiden Fällen den Abstand zwischen Gegenständen und können so ein weiteres Ereignis auslösen. Außerdem kannst du Luftballons, wenn du sie nicht verknotest, sondern mit einer Klemme verschließt, als Antrieb verwenden. Dazu muss die Klemme geöffnet werden, sodass die Luft entweicht. Außerdem musst du den Luftballon durch ein Rohr oder eine andere Bahn steuern, sonst fliegt er irgendwohin. Einen nicht aufgepusteten Luftballon kannst du auch über Rohre spannen und so eine Sprungfläche bauen.

### Begrenzungen, die die Richtung der bewegten Teile steuern

- Gleise der Holzeisenbahn
- Murrelbahn
- alles, was lang und schmal ist und nicht verschoben wird
- aufgeschnittene Plastikflaschen
- PVC-Rohr



Diese leere Rolle kann als Drehelement dienen und zum Beispiel eine Schnur auf- oder abwickeln.

- größere Schläuche
- Papprohre wie von Klopapier- oder Küchenpapierrollen
- offene Dosen

Damit du auch steuern kannst, wo dein nächstes Ereignis ausgelöst wird, benötigst du Materialien, die als Bande oder Rollbahn dienen können. Als Bande ist im Prinzip alles geeignet, was groß und schwer genug ist. Als Rollbahn kannst du alles verwenden, was eine mittige Vertiefung hat. In einer Experimentierstunde mit achtjährigen Kindern funktionierte beispielsweise auch ein Spielfeld aus einer Brettspielesammlung ganz wunderbar. Rohre kannst du hierfür der Länge nach halbieren oder als Ganzes verwenden. In letzterem Fall kann man aber einen Teil deiner Ereigniskette nicht sehen. Gut geeignet sind auch Plastikflaschen. Die musst du nicht einmal halbieren, weil sie durchsichtig sind.

### Befestigungen und Hebel

- Schnur
- Draht (zum Beispiel Kleiderbügel)
- Nägel und Schrauben

Die Befestigung deiner beweglichen Materialien hängt immer mit dem vorhergehenden Ereignis zusammen. Eine Schnur ist beweglich und bringt kaum zusätzliches Gewicht mit. Sie kann leicht gelöst werden und ist sehr gut zur Aufhängung von Dingen geeignet, die herunterfallen sollen. Draht ist besser für die stabile Befestigung von Dingen geeignet, die Wucht brauchen, um ein weiteres Ereignis auszulösen.

Das PVC-Rohr kann Kugeln oder Bälle an die richtige Stelle leiten.



## Schritt 3: Tüfteln

Sammele also erst einmal alles, was irgendwie sinnvoll ist oder einfach nur interessant erscheint. Aussortieren kannst du später immer noch. Neben den Materialien brauchst du noch einen Ort, an dem du deine Maschine aufbaust. Dabei brauchst du nicht unbedingt nur freie Bodenfläche – wenn du willst, kannst du alle möglichen Möbel einbeziehen.

Auch beim Aufbau solltest du am Ende beginnen. Überlege dir, was das letzte Ereignis deiner Kettenreaktionsmaschine auslösen soll. In unserem Fall soll ein Hammer eine Walnuss knacken. Die Walnuss liegt auf einem Holzbrett und der Hammer soll schräg über der Nuss hängen, sodass er mit voller Wucht auftrifft. Wir brauchen also zwei Dinge: eine Befestigung für die Nuss und eine für den Hammer.

Unsere ersten Tests ergeben: Die Nüsse sind vom Hammer wenig beeindruckt. Um sie zu knacken, reicht es nicht, den Hammer einmal auf sie fallen zu lassen. Sie müssen so liegen, dass der Hammer auf ihre Seite trifft, dort, wo der obere und untere Teil der Schale aufeinander treffen. Damit unsere Nussbefestigung nicht beim Auftreffen des Hammers wegspringt, schlagen wir ein paar kleine Nägel in unser Brettchen.

Den Hammer befestigen wir mit einer Aufhängung – einer Schnur, die vom



Wenn wir die Schnur so um den Hammer winden, dass sie an beiden Seiten des Griffs nach hinten führt, ist der Hammer stabiler.

Die beste Aufhängung geht links und rechts am Griff vorbei. So wird der Hammer an beiden Seiten gehalten. Außerdem muss die Schnur direkt unter dem Kopf des Hammers sitzen, weil sich sonst das Ende des Griffs vom Boden abhebt.



Hammer aus nach oben verlaufen und am Ende mit einem Gewicht fixiert werden muss. Wir brauchen also erst einmal etwas, um die Schnur auf der richtigen Höhe zu befestigen. Das kann im Prinzip alles sein, was genauso hoch oder höher ist als die Aufhängung für den Hammer.

Da wir noch eine Möbelrolle und ein paar Holzreste haben, bauen wir uns einen Seilzug für unseren Hammer.

Dabei stoßen wir auf das nächste Problem: Der Griff des Hammers muss am unteren Ende befestigt werden, sonst rutscht er zur Seite weg. Außerdem könnte unsere Schnur zu glatt sein und auf der Rolle hin und her rutschen.

Da unser kleines Holzgestell nicht hoch genug ist, stellen wir es auf ein paar Bücher. Diese nutzen wir auch gleich, um den Griff des Hammers daran



Unsere fixierte Walnuss



Unser fertiger Aufbau ist bereit und kann um das nächste Ereignis erweitert werden.



Der aufgehängte Hammer von oben

zu hindern, zur Seite wegzurutschen. Außerdem führen wir unsere Schnur nicht durch die Rolle, sondern einfach über unseren kleinen Aufbau – durch das raue Holz wird die Schnur besser an Ort und Stelle gehalten und wir gewinnen auch etwas Höhe.

Nach der Aufhängung brauchen wir eine Befestigung in Form eines Gewichts. Dieses Gewicht muss durch das vorherige Ereignis beiseite geschoben werden. Es muss also schwer genug sein, um

einen Hammer in der Schwebe zu halten, und gleichzeitig beweglich genug, um verschoben werden zu können. Unter unseren Besitztümern befindet sich eine schwere Steinkugel mit ein paar abgeflachten Stellen – perfekt für diesen Zweck. Alleine hält sie die Schnur nicht, aber legt man ein Stück Holz über die Schnur und die Steinkugel oben drauf, funktioniert der Ablauf wunderbar.

Jetzt haben wir den ersten beziehungsweise letzten Teil unserer Non-

sens-Maschine gebaut. Du siehst, wie viele einzelne Schritte es für eine Station brauchen kann. Das muss nicht unbedingt so sein, manche Abschnitte lassen sich schneller umsetzen. Wichtig ist, sich nicht zu viel in zu wenig Zeit vorzunehmen. Der Bau solcher Maschinen soll Spaß machen, genauso, wie es Spaß macht, sie zu benutzen. Und je häufiger du dir solche Konstrukte ausdenkst, desto schneller kannst du ganze Maschinen aufbauen.



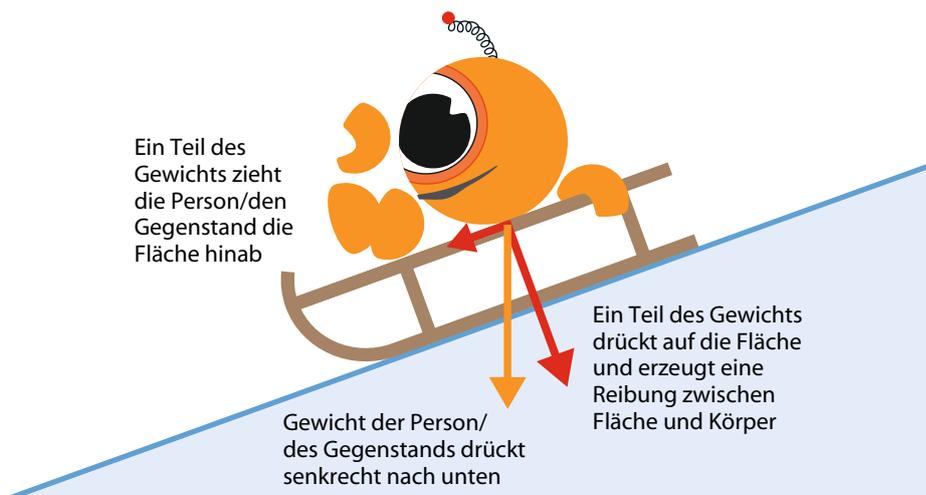
Diese Kugeln bringen verschiedene Eigenschaften mit: Der Tischtennisball und der rote Gummiball springen sehr gut, der Golfball und die Steinkugel sind schön schwer.



Sind zum Umkippen, aber auch zum Bauen von Bahnen oder Aufhängungen geeignet: Holzstücke. Bekannt ist das Prinzip von Dominosteinen.

# Die Physik der Nonsens-Maschine

Eine Kettenreaktionsmaschine besteht aus vielen einzelnen Teilen oder auch vielen einzelnen Maschinen. Diese einzelnen Maschinen werden auch Kraftwandler genannt. Ihr Zweck ist es meist, Menschen oder auch Motoren die Arbeit beim Transport von Lasten zu erleichtern. In den Nonsens-Maschinen werden sie eingesetzt, um Kraft umzulenken. Jeder Kraftwandler funktioniert nach bestimmten physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Hier zeigen wir in Kurzform, wie die verschiedenen Kraftwandler funktionieren und wie du sie in einer Kettenreaktionsmaschine einsetzen kannst.



Durch die Reibung zwischen der Fläche und dem Körper wird ein Teil des Gewichts aufgefangen und muss nicht mit angehoben werden. Der andere Teil wird nach unten gezogen.

## Hebel

Es gibt ganz verschiedene Hebel – du kennst sie bestimmt in der Form von Wippen, Zangen und Nussknackern. Hebel bestehen immer aus einem Dreh- oder Angelpunkt und mindestens einem Hebelarm. Alle genannten Beispiele haben jeweils zwei Hebelarme. Bei der Wippe sind die Arme gleich lang und der Angelpunkt befindet sich in der Mitte. Setzt man zwei gleich schwere Personen auf diese Hebelarme, dann können sie sich mit nur ein bisschen Krafteinsatz der Beine gegenseitig hochheben. In der Nonsens-Maschine kannst du eine Wippe zum Beispiel so einsetzen, dass du eine Kugel auf den einen Arm setzt und auf den anderen einen schwereren Gegenstand. Wenn dieser Gegenstand beiseite geschoben wird, sinkt der Arm mit der Kugel herunter und sie kann das nächste Ereignis auslösen.

Unser Hammer ist ein Hebel mit nur einem Arm. Der Angelpunkt ist das Ende des Griffs, das wir zwecks Fixierung zwischen die Bücher geklemmt haben. Auch hier ist der ursprüngliche Zweck des Hebels umgekehrt – es geht nicht ums Heben, sondern ums Senken.

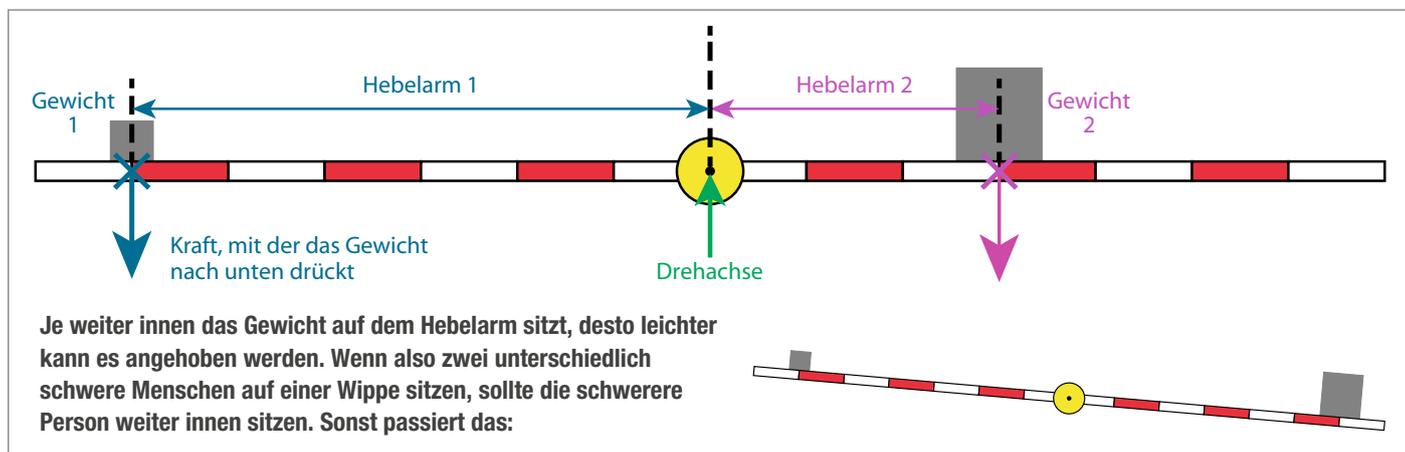
hinaufschieben. Für Letzteres braucht man weniger Kraft. In einer Nonsens-Maschine setzt man die schiefe Ebene eher andersherum ein: Man lässt etwas herunterrollen.

## Schiefe Ebene

Eine schiefe Ebene ist jede gleichmäßig ansteigende Fläche zwischen zwei verschieden hohen Punkten. Alle Rampen, die sich bei Bahnsteigen neben Treppen befinden, sind schiefe Ebenen. Will man ein Gewicht nach oben transportieren, kann man es entweder gerade nach oben heben oder eine schiefe Ebene

### BREMSEN EINBAUEN

Achte beim Aufbau deiner Kettenreaktionsmaschine darauf, dass du ein paar langsame Ereignisse einbaust. Wenn du deine Maschine dann vorführst, ist sie nicht schneller vorbei, als dein Publikum kucken kann.



Dinge eine schiefe Ebene herunterrollen zu lassen ist so selbstverständlich, dass man fast nie darüber nachdenkt, was es für Vorteile hat. Die schiefe Ebene ist für zwei Dinge von Nutzen. Zum einen bewegt man seinen Gegenstand nicht nur von oben nach unten, sondern auch von links nach rechts (oder umgekehrt). Man kann also das Gewicht einer Kugel in horizontale Bewegung umsetzen. Würde man den Gegenstand nur von oben nach unten bewegen – also fallen lassen –, müsste man den nächsten Abschnitt der Kettenreaktionsmaschine direkt darunter aufbauen.

Wenn man eine Kugel zuerst über eine flache und dann eine schiefe Ebene rollen lässt, sieht man den zweiten Nutzen dieses Kraftwandlers. Die Kugel beschleunigt auf ihrem Weg nach unten. Bei einer flachen Ebene wird die Kugel immer langsamer und hört irgendwann auf zu rollen.

Sie braucht also relativ viel Anschlag, um das Gleiche zu leisten wie eine Kugel, die von einer schiefen Ebene kommt.

### Seile und Flaschenzüge

Seile kann man einsetzen, um zu verändern, wo eine Kraft ansetzt. Das einfachste Beispiel dafür ist der Vergleich zwischen dem Schieben eines schweren Gegenstands und dem Ziehen desselben Gewichts mit einem Seil. Mit dem Seil bringst du einen Abstand zwischen dich und den Gegenstand, der es dir zum Beispiel erlaubt, den Gegenstand zu steuern oder umzulenken.

Zum Umlenken gehört zum Beispiel auch das Aufhängen mit dem Seil, wie wir es mit unserem Hammer gemacht haben. Benutzt man ein sehr langes Seil und lässt dieses über mehrere Rollen laufen, so reduziert sich die Kraft, die zum Anheben des Gegenstands verwendet werden muss. So kannst

**SENSOREN VERWENDEN**

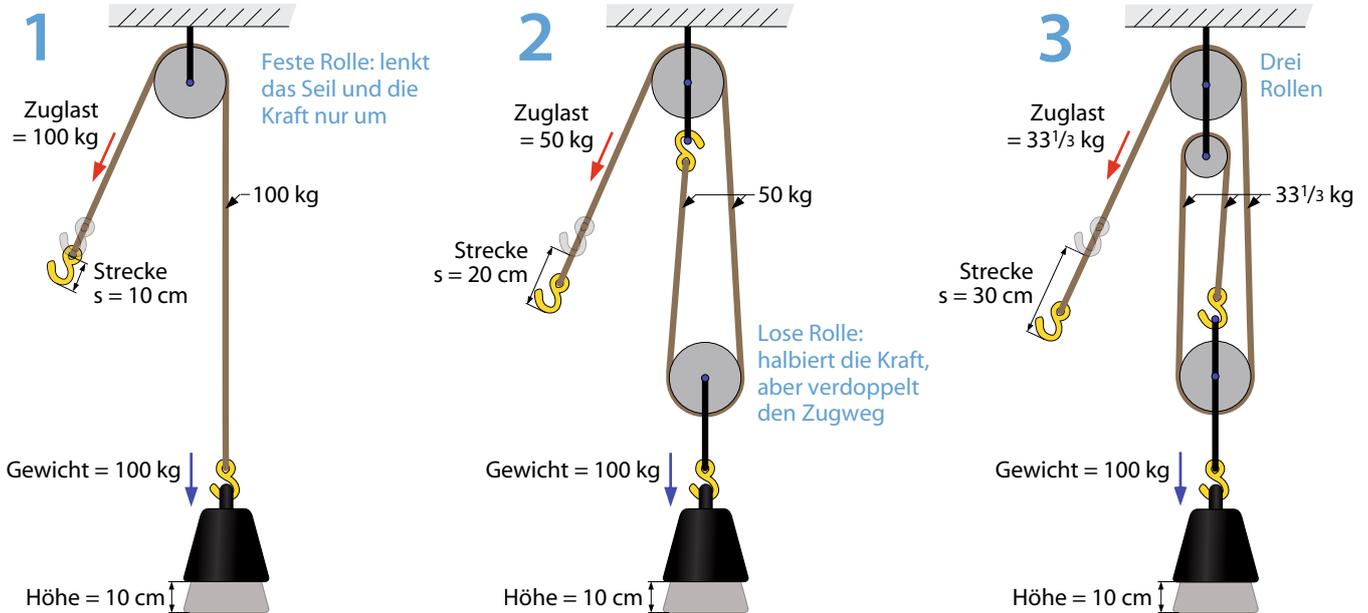
Maker können natürlich auch noch Maker-typische Materialien wie zum Beispiel Sensoren verwenden. Mit einem Sensor kannst du ein elektrisches Gerät beispielsweise über Licht, Temperatur oder Wasserstand einschalten.

du relativ große Gewichte aufhängen und sie mit leichteren Materialien fixieren, die sich einfach verschieben lassen.

Eine schöne Art, ein Seil anzuwenden, ist es auch, es um eine Stange zu wickeln und ein Gewicht daran zu befestigen. Wird das Gewicht dann angestoßen, dreht es sich mit dem Seil in immer größer werdendem Radius um die Stange. Das sieht gut aus und ist eine schöne Bremse im Ablauf der Kettenreaktionsmaschine. —esk



## Flaschenzug



Hier sind die Kraft, die man braucht, um das Gewicht anzuheben, und das Gewicht gleich hoch. Auch die Strecke  $s$ , die man das Seil ziehen muss, ist genauso lang wie die Höhe  $h$ , um die das Gewicht angehoben wird.

Nutzt man zusätzlich eine lose Rolle und ein doppelt so langes Seil, dann braucht man nur noch die Hälfte der Kraft, um das Gewicht anzuheben. Gleichzeitig muss man das Seil doppelt so weit ziehen, um das Gewicht genauso weit anzuheben wie im linken Beispiel.

Die Zugstrecke ist dreimal so lang, die Zuglast beträgt nur noch ein Drittel des Gewichts.

# DEVELOPER-KONFERENZEN + -WORKSHOPS 2020



## Die Konferenz für Python in Business, Web und DevOps

Termin: 26.05.2020  
Ort: Rosengarten Mannheim



## Machine Learning & Künstliche Intelligenz

Termin: 16. – 18.06.2020  
Ort: Darmstadium, Darmstadt

## DevOps, Continuous Delivery & Containerisierung

Termin: 16. – 18.06.2020  
Ort: Darmstadium, Darmstadt



## Java für die Community von der Community

Termin: 17. – 19.03.2020  
Ort: Phantasialand, Brühl



## Internet of Things & Industrie 4.0

Termin: 02. – 04.03.2020  
Ort: Haus der Technik, Essen

## Die Entwicklerkonferenz zur automatica

Termin: 16.06.2020  
Ort: Messe München

Veranstalter:



Weitere Informationen unter:

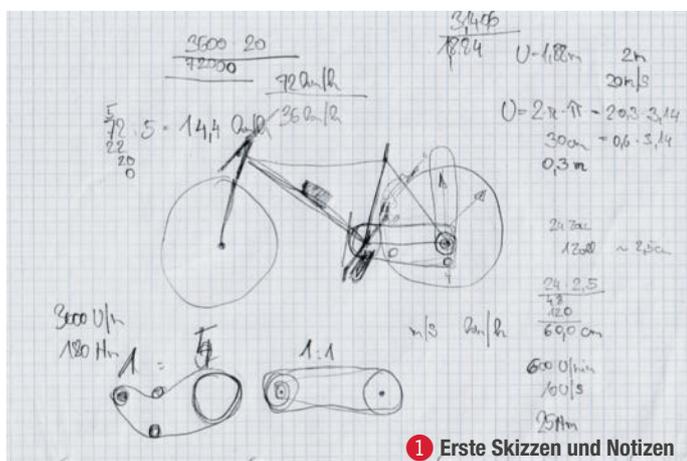
[www.heise.de/developer/](http://www.heise.de/developer/)

© Copyright by Maker Media GmbH.

# E-Bike mit Akkuschauberantrieb

Geht das wirklich – ein E-Bike selbst bauen? Noch dazu mit einem zweckentfremdeten Akkuschauber als Antrieb? Aber ja! Der erste Prototyp fuhr schon nach einem Werkstatt-Wochenende. Und die finale Version erwies sich als durchaus tourentauglich.

von Christian und Finn Koubek



Christian und Finn, die Maker und Autoren, bei der Arbeit

**K**lar kann man E-Bikes von der Stange kaufen, sehr leistungsfähig und sofort fahrbereit – und für nicht wenig Geld. Ein Selbstbauprojekt ist dagegen zeitaufwendig und man erreicht kaum die Qualität der Produkte eines großen Herstellers. Aber in unserem Vater-Sohn-Projekt ging es um den Weg, das Basteln, oder – Verzeihung, um das „Maken“ – eine Tätigkeit, die einen voll und ganz fordert und gefangen nimmt. Und es war das Ziel, dieses Virus auf einen jungen Menschen zu übertragen.

## Die Idee

Der Sommer war vorbei, für Winteraktivitäten war es noch zu warm und die Schule hatte gerade keine Herausforderungen zu bieten. So fehlte es meinem Sohn Finn an einem Zeitvertreib. Um ihn vom Internet mit seinen großen Verlockungen abzulenken, habe ich Finn angeboten, gemeinsam etwas zu bauen – ganz egal, was. Eine sehr gewagte Aussage von mir, wie sich schon wenig später herausstellen sollte.

Es sollte etwas Besonderes sein, bei dem man seine ganze Kreativität und sein handwerkliches Geschick anwenden konnte. Vielleicht auch etwas ausgefallen, um die Motivation anzufachen. Finn war sofort Feuer und Flamme, es sprudelte nur so aus ihm heraus.

## Finn

Nach dem Vorschlag von meinem Papa wollte ich sofort ein großes Fahrzeug mit Antrieb bauen. Schnell kam ich zum Schluss, dass ein Verbrennungsmotor nicht so gut wäre. Also suchte ich nach Alternativen. Dann fiel mir schließlich ein, dass man auch einen Akkuschauber benützen könnte. Denn ich hatte meinem Vater schon oft genug zugesehen und es auch selbst probiert, Schrauben im Holz zu versenken. Also wusste ich, dass Akkuschauber ordentlich Power haben.

Da musste ich erst einmal kräftig schlucken, in so großen Maßstäben hatte ich natürlich nicht gedacht und sogleich meine vorherige großspurige Ansage bereut. Glücklicherweise konnten wir uns dann aber nach kurzer Diskussion auf ein Fahrrad einigen, sehr zu meiner Erleichterung. Nachdem nun das Feuer entfacht war, konnte es Finn gar nicht mehr schnell genug gehen.

Sogleich stellte sich die Frage, wie man denn ein Fahrrad mit einem Akkuschauber antreiben könnte. Zum Glück wurde dieses Thema in vielen Internet-Videos dargestellt, in denen verschiedene Ideen verfolgt wurden – vom Einbau des Akkuschaubers am

## Kurzinfo

- » E-Bike aus Fahrrad, gebrauchtem Akkuschauber und Blei-Gel-Akkus selbst bauen
- » Fahren per Pedale, mit Tretunterstützung und rein elektrisch möglich
- » Erster Prototyp nach einem Wochenende fertig

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/xr18](https://make-magazin.de/xr18)



## Gesetzeslage

Die Autoren des Artikels leben in Österreich, deshalb beziehen sich Aussagen über die Gesetzeslage im Text nur auf dieses Land. In Österreich wird nicht unterschieden zwischen *Pedelecs*, deren Motor lediglich das Treten in die Pedale unterstützt, und *E-Bikes*, bei denen man ohne Treten Gas geben kann – sofern die Leistung und Geschwindigkeit unter bestimmten Werten bleibt, gelten beide gleichermaßen als Fahrräder.

Nicht so in Deutschland: Sofern die ohne eigenes Treten erreichte Geschwindigkeit über 6km/h liegt, handelt es sich laut §1, Absatz 3 des Straßenverkehrsgesetzes (STVG) um ein Kraftfahrzeug, das somit zugelassen werden muss und dafür eine Betriebserlaubnis, Einzelgenehmigung oder EG-Typgenehmigung braucht, von der Führerschein-, Versicherungs- und Helmpflicht sowie der Altersgrenze ganz zu schweigen, sofern man damit auf öffentlichen Straßen und Radwegen fahren will.

Lastenträger mit Direktantrieb über eine Kette aufs Hinterrad bis zum Einbau anstelle der Tretkurbel.

Doch alle diese Vorlagen hatten einen entscheidenden Nachteil: Nach dem Umbau war das Pedalieren nicht mehr möglich, der Antrieb erfolgte nur mehr über den Akkuschauber. Genau das wollten wir aber nicht, unsere Idee war eine Unterstützung des Tretvorgangs, so wie bei einem modernen E-Bike.

Und jetzt kam bei unserem Projekt noch etwas ins Spiel, ohne das die Welt einfach nicht funktionieren würde. Nämlich Glück! Selbst das Penicillin wurde so entdeckt. Wenngleich wir nun nicht die Medizinwelt revolutionieren mussten, brauchten wir noch ein Antriebskonzept ①. Wir hatten einige gebrauchte Fahrradteile in der Schrottkiste liegen und das große Glück war es nun, dass eine vorhandene Tretkurbel vom gleichen Typ und Hersteller war wie das Teil, das an unserem für das Projekt besorgten Bastelfahrrad verbaut war. Somit hatten wir einen identischen Kurbelsatz (die Zähne zeigten zwar schon ein wenig die Haifischflossen-Form, deshalb wurde sie ja ausgetauscht), ein altes Tretlager (noch ganz okay) und alte

Ketten (etwas abgenutzt) zur Verfügung. Und ab da ging es mit unserem Antriebskonzept steil bergauf. Die Randbedingungen waren in unseren Köpfen fixiert: Der Motor sollte das Treten nur unterstützen und das Fahrrad musste auch bei leerem Akku wie ein normales Fahrrad gefahren werden können.

## Finn

Zuerst überlegten wir, den Akkuschauber statt der Pedale anzubringen. Doch wir wollten weiterhin treten und so haben wir die Pedale belassen. Also mussten wir den Akkuschauber am Gepäckträger anbringen. Schließlich waren wir uns einig, den Motor an der rechten Seite des Rades zu montieren. Doch nun hatten wir das Problem mit der Umlenkung. So überlegten wir und erfanden eine zweite Kette, die die normale Kette antreibt. So drehen sich die Pedale, wenn der Motor läuft, und man ist gezwungen, zu treten.



2 Einbau des zweiten Kettenblatts am Tretlager



3 Zusätzliche Kette provisorisch angelegt



4 Altes Tretlager für die Umlenkung der Kette, hier nur provisorisch als Platzhalter

Am echten Objekt in der Garage versuchten wir sogleich, unser Konzept provisorisch zusammenzustellen. Dazu musste der Akkuschauber hinten am Lastenträger sitzen, den wir aber erst mal noch nachrüsten mussten. Angebracht in Fahrtrichtung längs dem Hinterrad sollte der Schrauber seine Kraft auf das Tretlager entfalten. Das ist aber nur mit einer 90°-Umlenkung über ein Winkelgetriebe möglich, sowie über eine zusätzliche Kette und einem weiteren Kettenblatt auf der linken Seite. Da der verfügbare alte Kurbelsatz genau auf die Aufnahme des eingebauten Tretlagers passte, konnten wir sogleich auf der linken Seite ein Kettenrad montieren 2.

Vorher zweifelten wir, ob die Kettenstrebe des Fahrradrahmens genügend Platz ließe, doch diese Sorge war unbegründet: Es passte, als ob schon immer vorgesehen war, auch auf der linken Seite eine Kurbel mit Kettenblatt anzubauen 3. Dann fehlte nur noch die zusätzliche Kette, die bis unter den Sattel laufen sollte. Das alte Tretlager war perfekt geeignet für die Umlenkung dort und wurde erst mal provisorisch mit Kabelbindern be-

festigt, um zu sehen, ob das Konzept vom Platz überhaupt passen könnte – alles fügte sich, fast wie bei einem Bausatz 4.

## Materialbeschaffung

Es fehlte aber noch der wichtigste Teil des Antriebs: der Akkuschauber. Für uns war wichtig, dass der Schrauber möglichst viel Drehmoment und einen Motor für 12V hatte – und natürlich musste er billig sein. Der restliche Zustand war egal. Den originalen Akku brauchten wir nicht, weil wir uns aus Preis- und Kapazitätsgründen für den Einsatz herkömmlicher Blei-Gel-Akkus entschieden. Diese haben zwar eine geringere Energiedichte und ein höheres Gewicht als andere Typen, dafür aber einen unschlagbar niedrigen Preis.

Rasch hatten wir im Internet einen leistungsstarken Schrauber gefunden, stark gebraucht und ohne Akku, für nur 20 Euro. Andere Dinge mussten wir hingegen neu beschaffen, auch wenn unser Vorhaben ein Low-Budget-Projekt sein sollte. Neu bestellten wir etwa einen Lastenträger, einen Seitenständer, ein neues Schaltseil sowie zwei Blei-Gel-Akkus 12V/7Ah als Energiespeicher. Damit der Akkuschauber im abgeschalteten Zustand das normale Fortkommen des Fahrers nicht bremste, musste zudem ein Leerlauf her. Das obere Zahnrad der zusätzlichen Kette bot sich als Ort dafür an. Wir brauchten also ein möglichst kleines Zahnrad mit einem Freilauf. Hier wurden wir bei den Einzelteilen für BMX-Fahrräder fündig. Inzwischen hatten wir auch eine Tabellenkalkulation erstellt, mit der wir die Übersetzungen berechnen konnten.

Ein großes Fragezeichen bis zuletzt war die Umlenkung des Antriebs um 90° zwischen dem zusätzlichen Radlager und dem Bohrfutter des Akkuschaubers. Ein billiges, aber belastbares Winkelgetriebe war gefragt. Das Getriebe sollte bis zu 60Nm Drehmo-

ment verkraften können, das war die höchste Stufe des Drehmomentbegrenzers am Schrauber. Im Online-Baumarktkatalog fand sich dann ein entsprechendes Winkelgetriebe eines hochwertigen Akkuschaubers. Die maximale Belastung war zwar nur 50Nm, aber der Preis war mit 40 Euro sehr gut. Aus Mangel an Alternativen wurde es dann auserkoren.

## Ein wenig Mathematik

Das Datenblatt des Schraubers verrät uns bereits vorab die wichtigsten Eckdaten für die Berechnungen, auf deren Ergebnis wir schon sehr gespannt waren. Aus der Tabellenkalkulation konnten wir die möglichen Geschwindigkeiten und Drehmomente am Hinterrad ablesen. Und unter Missachtung der Physik kamen dabei sehr wahnwitzige Werte heraus, etwa eine Maximalgeschwindigkeit von rund 100km/h im höchsten Gang und bei höchster Drehzahl des Motors – wobei dann aber das Drehmoment des Motors bei 0Nm läge. Also reine Fantasie, wenngleich auch eine sehr unterhaltsame Fantasie.

## Ran ans Werkzeug

Nachdem die schulischen Pflichten von Finn erledigt waren, konnten wir das erste Wochenende mit Basteln verbringen. Was galt es nun zu tun? Zuerst mussten wir die defekte Schaltung unseres ebenfalls gebrauchten erstandenen Bastelrads reparieren. Und um ein wenig Komfort zu bekommen, hat Finn einen Seitenständer an das Rad geschraubt. Der neue stabile Lastenträger wurde zur Basis für die Befestigung des Akkuschaubers.

## Azubi im Betrieb

Ich hatte das Projekt ursprünglich gestartet, um Finn eine lehrreiche Freizeitbeschäftigung zu ermöglichen. Die kreative Umset-

zung von Ideen in die Praxis sollte dabei im Mittelpunkt stehen. Was dafür aber noch fehlte, war die handwerkliche Grundausbildung. Daher beschränkte sich der praktische Anteil von Finn am Beginn auf das Schrauben und das Zusehen bei schwierigeren Arbeiten. Doch das änderte sich mit Fortgang des Projekts sehr rasch.

## Finn

Als schließlich der Gepäckträger und der Ständer angekommen waren, schraubte ich alles zusammen und montierte es am Rad. Danach lernte ich, wie man richtig anzeichnet, körnt und bohrt. Das Sägen und Feilen war auch nicht schwer **5**. Dinge wie Schweißen oder Flexen überließ ich aber doch meinem Papa **6**.

Den Halter für das alte Tretlager unter dem Sattel fertigten wir aus einigen Schrottstücken und Schrauben an. Er musste sehr stabil sein, da er die Kräfte des Kettenantriebs und des Akkuschaubers aufnehmen musste. Die Befestigung der BMX-Freilaufnabe auf dem Tretlager konnten wir mit sehr großen und dicken Unterlegscheiben lösen, dabei wird die Nabe nur zwischen den Scheiben eingeklemmt. Die Zentrierung gestaltete sich ein wenig schwierig, konnte aber mit ein wenig Herumprobieren zufriedenstellend gelöst werden **7**. Wie immer bewährte sich die gut gefüllte Schrottkiste als wertvoller Teilespender.

Der erste Testlauf des Akkuschaubers mit den neuen Blei-Gel-Akkus **8** brachte erstaunliche Messwerte. Das händische Abbremsen des Bohrfutters bei voller Drehzahl generierte eine Stromaufnahme von bis zu 80A, wobei natürlich die Spannung am Akku stark einbrach. Trotzdem ergab sich eine elektrische Leistung von mehr als 600W.

Am Ende blieb nur noch die Herausforderung der mechanischen Anbindung des Win-



**5** Ausbildung mit der Feile

kelgetriebes zu lösen. Der Akkuschauber koppelte über einen Standard-Sechskant direkt in das Winkelgetriebe ein, dieser war ins Bohrfutter eingespannt. Auf der andern Seite mussten wir die spezielle Schnellkupplung des Winkelgetriebes nachbauen. Dazu war ich gezwungen, ordentlich in die Hände zu spucken und die Kenntnisse aus meiner lange zurückliegenden mechanischen Grundausbildung mit der Feile gründlich aufzufrischen. Nach mehr als zwei Stunden war es dann geschafft und der selbstgebaute Adapter konnte in das Radlager geschraubt werden **9**.

Das Befestigen des Akkuschaubers am Lastenträger mit großen Kabelbindern war danach nur mehr ein Kinderspiel **10**. Um nun das Gleichgewicht auf der Hinterachse wiederherzustellen, fertigten wir für die linke Seite einen einfachen Akkuhalter an **11**.

## Es fährt wirklich!

Nach nur zwei Tagen in der Garage war dann das Werk vollbracht. Gespannt und sichtlich ungeduldig drängte Finn auf die erste Probefahrt. Die Probeläufe im Trockenbetrieb am Fahrrad-Montagegeständer waren vielversprechend – ein Video mit Szenen aus der Werkstatt und von den Testläufen gibt es über den Link in der Kurzinfo. Der noch fehlende Taster für die Bedienung des Akkuschaubers wurde kurzerhand mit einem Stück Schnur und einer einfachen Umlenkung improvisiert **12**. Für eine bessere Lösung war keine Zeit mehr, das Rad musste dringend auf die Straße und erprobt werden!

Finn machte als Testpilot die ersten Versuche. Das Hantieren mit der Schnur zum Beschleunigen war sehr umständlich, doch



**6** Gemeinsam in der Schweißkabine



**7** BMX-Freilaufnabe montiert am zusätzlichen Tretlager



8 Erster Testlauf des Akkuschraubers mit den Blei-Gel-Akkus



9 Selbst gefeilter Adapter für das Winkelgetriebe

wenn man es dann geschafft hatte, schob der Akkuschrauber ordentlich vorwärts. Nach etlichen Testrunden am Parkplatz kehrte der sichtlich gut gelaunte Testpilot dann zur Garage zurück.

## Finn

Nun kamen wir zur ersten Testfahrt – bei leichtem Schneefall und mit einer Schnur, die bei dem Taster des Akkuschraubers befestigt war. Eine Hand am Lenker und mit der zweiten Hand musste ich die Schnur über die Schulter ziehen. Ich hatte schnell den Trick raus und konnte losfahren, das machte großen Spaß. Doch schon nach fünf Minuten musste ich abbrechen, denn der Teil, an dem mein Papa zwei Stunden lang gefeilt hatte, konnte die hohe Belastung nicht aushalten.

## Fertig, oder?

Abgesehen von dem ersten Defekt waren wir von dem guten Resultat begeistert, welches wir innerhalb der kurzen Zeit erreicht hatten. Wir sprühten vor Elan und überlegten uns sogleich etliche Verbesserungen bei Funktion und Fahrkomfort. Eigentlich hatten wir unser Ziel schon erreicht: Das Fahrrad funktionierte. Jedoch war das tolle Ergebnis ein riesiger Ansporn, um es noch weiter zu verbessern und es nicht nur als netten Versuch wieder einzumotten.

Darum machten wir uns in den nächsten Tagen daran, eine kleine Liste mit Verbesserungen aufzustellen, die wir auch noch umsetzen wollten:

- Einen ordentlichen Gashebel – die Notlösung mit der Schnur hat sich natürlich nicht so gut bewährt.
- Einen Kettenspanner für die zusätzliche Kette – sie war zu locker und fiel bei schräg stehendem Rad manchmal heraus.
- Eine verbesserte Halterung für den Schrauber – bei der Testfahrt hatten die hohen Kräfte alle Antriebsteile zueinander verschoben.
- Eine Verbesserung der Verbindung vom Winkelgetriebe zum Radlager – die Selbstbau-Lösung hatte sich durch die harten Kraftstöße beim Beschleunigen beinahe komplett abgenutzt.

## Pause und Zeit für neue Ideen

Das war der Plan für das nächste Wochenende, doch dazu sollte es dann nicht kommen. Die Schule verlangte erst mal wieder vollen Einsatz für Schularbeiten und Tests und so verzögerte sich die Weiterarbeit dann bis zu den Weihnachtsferien.

Inzwischen waren mir einige Gedanken durch den Kopf gegangen, wie man das Fahrrad später vielleicht sogar legal auf der



10 Erste Montage des Akkuschraubers an der rechten Seite des Lastenträgers



11 Der Akku auf der linken Seite als Gegengewicht zum Akkuschrauber

Straße benutzen konnte. Das österreichische Gesetz stellt hier zwei Anforderungen:

- Motor-Unterstützung nur bis 25km/h
- Maximale Motorleistung 600W, mittlere Dauerleistung 250W

Die Umsetzung erfordert einiges an technischem Aufwand. Ein elektronischer Tacho mit Schaltausgang, der über 25km/h die Stromzufuhr unterbricht? Eine Leistungsüberwachung, die bei Überschreiten der maximalen Leistung den Motor abschaltet? Man könnte es zwar so realisieren, doch es wäre weder elegant noch schonend für den Antrieb. Schlagartige Sprünge der Motorleistung zwischen 0 und 100 Prozent führen zu jenen Problemen, die bei der ersten Probefahrt sofort ihren Tribut gefordert hatten. Also war der Lösungsweg vorgezeichnet: Ein Mikrocontroller musste alle diese Aufgaben lösen. Damit wären auch der Sanft-Anlauf und eine Mindestgeschwindigkeit des Rades vor der Zuschaltung des Motors machbar.

Wie das alles in die Praxis umgesetzt wurde und wie wir unseren seilzuggesteuerten Prototyp zum echten E-Bike verfeinerten, das sich auch auf einer mehrtägigen Tour als praxistauglich erwies, lesen Sie in der kommenden Make-Ausgabe. —pek



12 Vorbereitung für die Testfahrt, eine Schnur zum Gasgeben als besondere Herausforderung

**WIR MACHEN KEINE  
WERBUNG. WIR MACHEN  
EUCH EIN ANGEBOT.**

**ct**

[ct.de/angebot](http://ct.de/angebot)

Jetzt gleich bestellen:

 [ct.de/angebot](http://ct.de/angebot)

 +49 541/80 009 120

 [leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)

**ICH KAUF MIR DIE c't NICHT. ICH ABONNIER SIE.**

Ich möchte c't 3 Monate lang mit 35 % Neukunden-Rabatt testen.  
Ich lese 6 Ausgaben als Heft oder digital in der App, als PDF oder direkt im Browser.

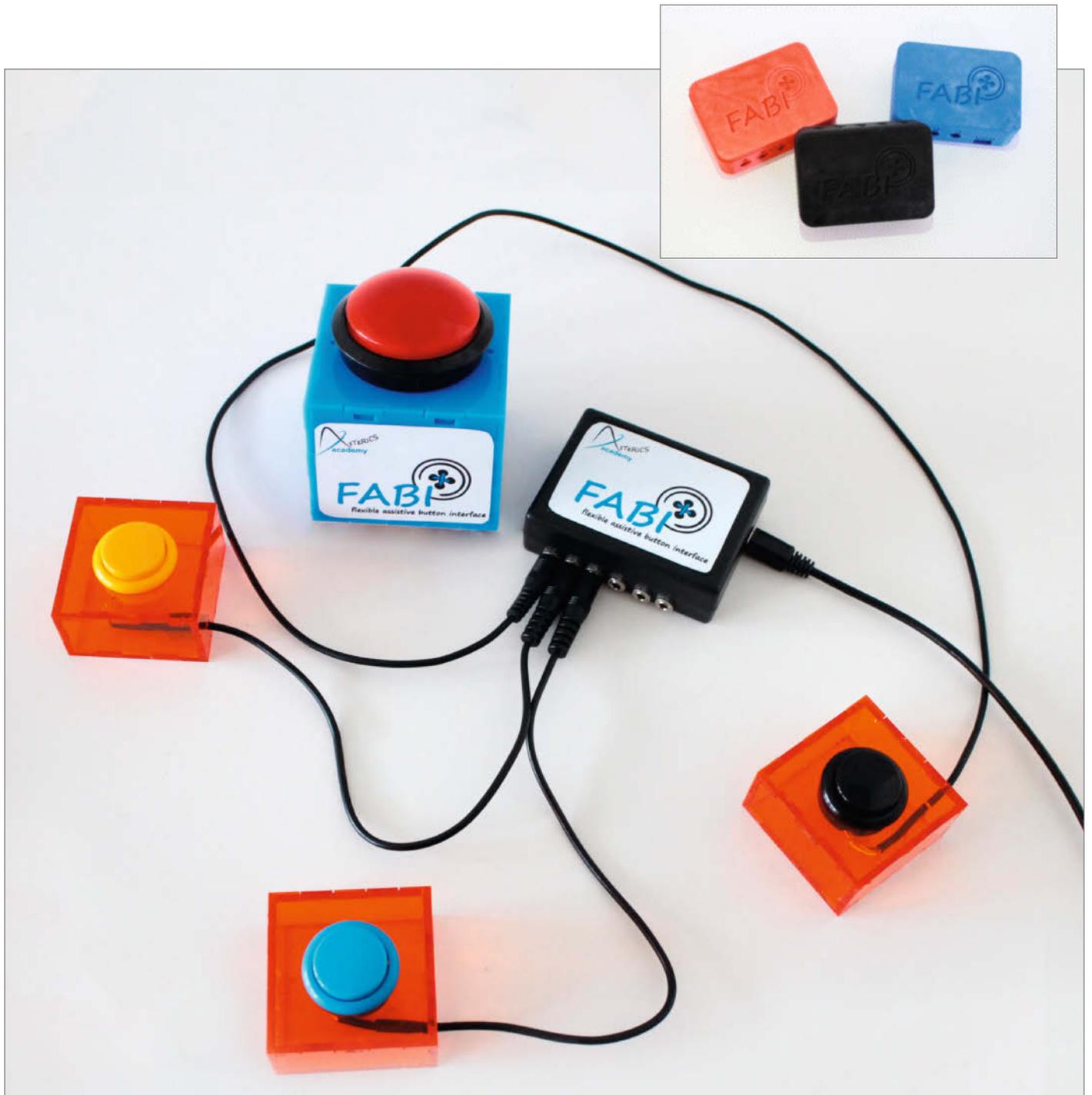
**Als Willkommensgeschenk erhalte ich eine Prämie nach Wahl,  
z. B. einen Bluetooth-Kopfhörer.**



# Interface-System FABI

Das Assistenz-Modul FABI ermöglicht behinderten Menschen die Rechnernutzung.  
Mit dem 3D-Drucker lassen sich die Teile einfach selbst bauen.

von Helga Hansen



Computerspiele zocken, E-Mails schreiben und im Internet surfen – das geht dank alternativer Eingabegeräte auch ohne Standardmaus und -tastatur. Ein günstiges Eingabesystem zum Selberbauen ist FABI (Flexible Assistive Button Interface), das mit Windows-, Mac- und Linux-Rechnern funktioniert. Seit kurzem ist es dank neuer 3D-Druckvorlagen noch einfacher zu bauen.

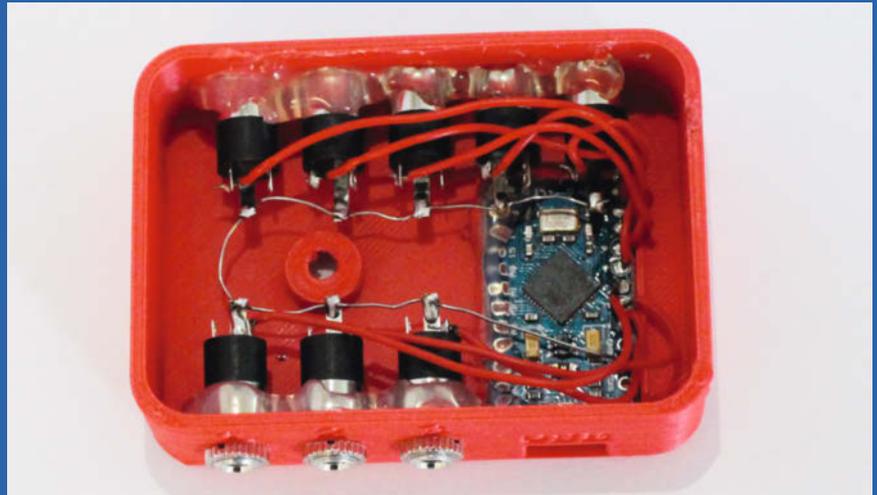
Das System besteht aus einer Kombination von Hard- und Software. Die Hardware umfasst einen Hub zur Steuerung und Buttons als Eingabegeräte. Im Hub-Modul werkelt der Mikrocontroller Arduino Micro, der mit seinem USB-Port eine Tastatur oder Maus vorgaukeln kann. Während als Gehäuse bisher ein umgebautes Plastik-Kästchen diente, gibt es nun eine Vorlage zum Selberdrucken. Über die acht Klinkensteckplätze können die FABI-Buttons eingesteckt werden, aber auch andere selbstgebaute Taster. Für das Buttongehäuse gibt es ebenfalls eine neue Druckvorlage – bisher konnte es nur mit dem Lasercutter aus Acrylglas geschnitten werden. Professionelle Assistenzsysteme wie Microsofts Xbox Adaptive Controller funktionieren übrigens ähnlich und setzen ebenfalls auf Eingaben über 3,5-mm-Klinkenstecker.

Auf der Softwareseite gibt es eine Firmware für den Arduino und ein Programm zur Konfiguration der Buttons. Über dessen grafische Benutzeroberfläche kann das Verhalten der Buttons festgelegt werden – möglich sind etwa hoch- oder runterscrollen oder das Aufrufen hinterlegter Tastenkombinationen. Diese Software ist derzeit nur für Windows verfügbar. Fertig konfigurierte FABI-Module können aber an jedem beliebigen Rechner genutzt werden.

FABI ist ein Open-Source-Projekt, das zunächst im Rahmen der Asterics Academy an der FH Technikum Wien entwickelt wurde. Inzwischen unterstützt die eigens gegründete Asterics Foundation die Weiterentwicklung. Das Ziel der Foundation sind günstigere und individuell einstellbare Lösungen im Bereich der technischen Hilfsmittel. Die Projekte sind Open Source, damit sie nachgebaut, angepasst und weiterentwickelt werden können. Die Dateien für FABI sind auf Github zum Herunterladen zu finden. Die aktuelle Bauanleitung gibt es sowohl auf Deutsch als auch auf Englisch.

Ein anderes Projekt der Asterics Foundation ist die FLipMouse: ein Bausatz für einen Null-Wege-Joystick, um Rechner mit dem Mund oder Fingern zu steuern. Außerdem bietet die Foundation Workshops zum Bau und dem Einsatz der Hilfsgeräte an. —hch

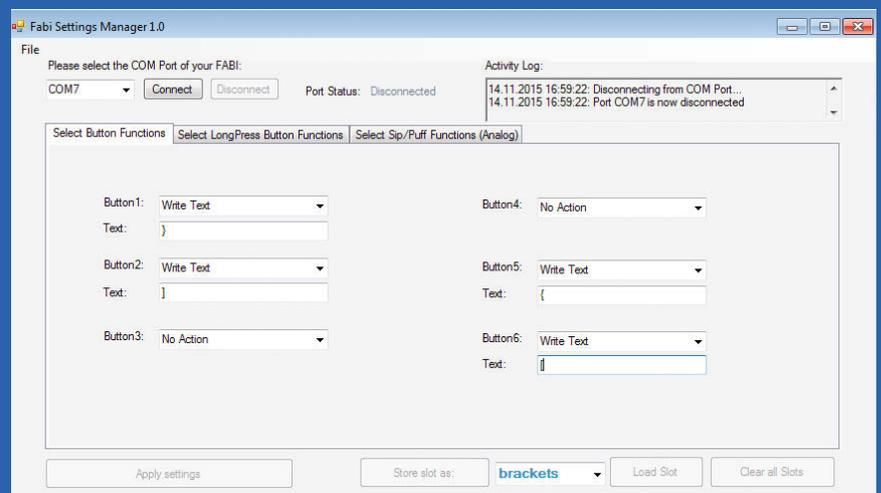
► [www.asterics-foundation.org/projekte-2/fabi](http://www.asterics-foundation.org/projekte-2/fabi)



Im Inneren des Steuermoduls sind der Arduino und die Klinkenanschlüsse eingebaut.



Auch die Buttongehäuse gibt es nun aus dem 3D-Drucker.

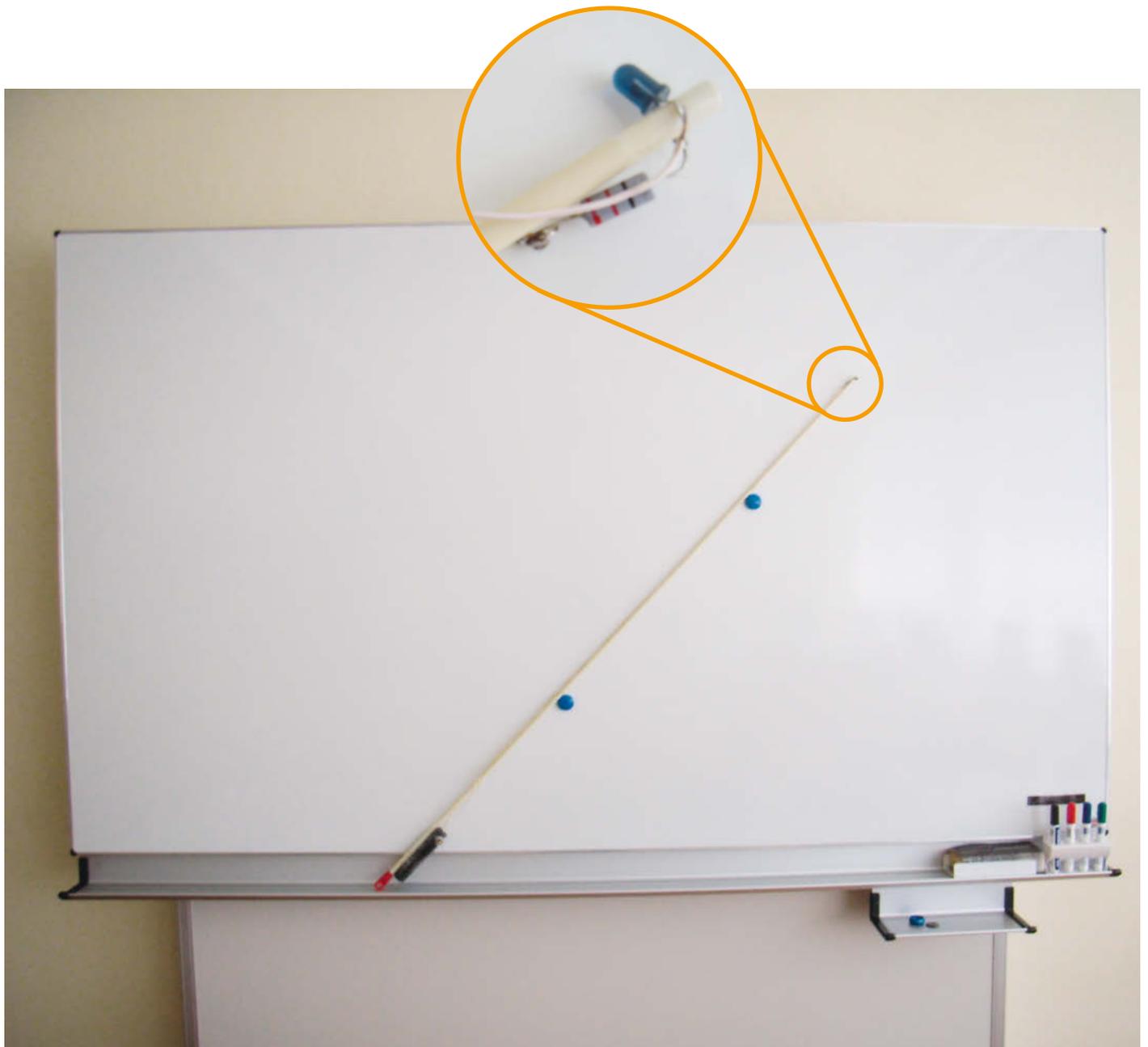


Im Konfigurationsprogramm werden die Aktionen der verschiedenen Buttons festgelegt.

# Das Schwabenboard

Mit einem Wii-Controller und einem Zeigestock wird jede Wand für 50 Euro zum interaktiven Screen. Ein Lehrer erklärt, wie das funktioniert.

von Helga Hansen



Schulen sind knapp bei Kasse, Spielkonsolen dagegen in fast jedem Haushalt zu finden. Lehrer Wolfgang Autenrieth macht aus der Not eine Tugend und nutzt die Fernbedienung der Nintendo-Spielkonsole Wii für sein Schwabenboard. Zusammen mit einem umgebauten Zeigestock mit einer Infrarot-LED in der Spitze wird aus einer Wand ein interaktives Board, das mit einem Rechner und Beamer genutzt werden kann. Der Infrarot-Stock ersetzt die Maus und ermöglicht es, über die Beamerprojektion den Rechner zu bedienen. Verschiedene Varianten zum Selberbauen zeigt der Schwabe Autenrieth auf seiner Webseite und hat dem Projekt gleich den Namen Schwabenboard verpasst.

Für den Bau muss der Wii-Controller unter dem Beamer befestigt werden und mit seiner Infrarotkamera die Projektionsfläche im Blick haben. Über Bluetooth wird er am Rechner als Maus angemeldet. Auf dem Rechner muss eine Kalibrierungs- und Whiteboardsoftware laufen, dann kann der Zeigestock genutzt werden, um etwa in einem Zeichenprogramm zu malen oder andere Programme zu bedienen. Der Wii-Controller erkennt, wo sich die LED befindet, und gibt dies per Bluetooth an den Rechner.

Die Idee an sich ist alt: Sie wurde 2007 von Johnny Chung Lee an der Carnegie Mellon University entwickelt, der die damals neue Wii-Fernbedienung zweckentfremdete. Eigentlich erkennt sie die Infrarotsignale der Sensorleiste, die über oder unter dem Fernseher befestigt wird, und gibt dann ihre eigene Position an die Konsole weiter. Autenrieth bastelte dies mit einer Infrarot-Diode aus einer Fernseher-Fernbedienung nach. Um einen handelsüblichen Schulzeigestock umzubauen, werden nur noch eine Batteriehalterung, ein Widerstand, ein Taster und Kabel benötigt.

Komfortabler wird es mit einem Kunststoffrohr aus dem Baumarkt, in der die Batterien für die LED verschwinden können. Für das Befestigen der Wiimote gibt es ebenfalls verschiedene Ideen. Selbst Tipps, um eine Wand mit weißer Farbe und Glasmehl zu einer reflektierenden Projektionsfläche zu optimieren, hält er bereit.

Die Anleitungen sowie zahlreiche Links zu weiteren Projekten und YouTube-Tutorials hat Autenrieth auf seiner Webseite zusammenggetragen. Mit dem Einplatinenrechner Raspberry Pi und dem Mikrocontroller Arduino seien inzwischen noch weitere günstige Eigenbaulösungen möglich. Dafür sucht der Lehrer nun Maker, die Interesse haben, das Schwabenboard weiterzuentwickeln. —hch

► [autenrieths.de/schwabenboard.html](http://autenrieths.de/schwabenboard.html)



So geht DIY-Digitalisierung im Klassenzimmer: Zeigestock mit Batteriefach



Die Bauteile für eine etwas komfortablere Version, Plastiksektkorken als Verschluss



Die Halterung für die Wii-Fernbedienung stammt aus einem alten Rechner.

# Ein Okularauszug für das Baumarkt-Teleskop

Mit einem „Baumarkt-Teleskop“ gelingt der Einstieg in die Astronomie. Um es komfortabel nutzen zu können, sollte man den Okularauszug durch unsere Maker-Variante ersetzen.

von Marc Latapie-Séré



Einfache HT-Abflussrohre sind die Ausgangsbasis für das günstige „Baumarkt-Teleskop“. Zusammen mit dem Bausatz eines Versandhändlers kann man sich daraus in kurzer Zeit ein hochwertiges Teleskop zum Preis einer CD selber bauen. Die optische Qualität der Linsen ist beeindruckend, nur das präzise Einstellen des Instruments für wirklich scharfe Bilder ist schwierig.

Denn beim Teleskop hängt die Bildschärfe von Abstandsänderungen zwischen Objektiv und Okular ab, wobei es auf jeden Millimeter ankommt. Diese Genauigkeit gibt das Baumarkt-Teleskop nicht her, weil das Okularzugrohr aus einer HT-Muffe mit Gummidichtung besteht, die sich nur sehr schwer am Haupttubus entlang verschieben lässt. Daher haben wir eine Alternative entwickelt und ersetzen den Muffenauszug mit einem selbstgebauten Zahnstangen-auszug, der dem Standard von Amateur-teleskopen entspricht.

Dafür bekommt der neue Okularauszug eine Zahnstange und Zahnräder aus einem Lego-Technic-Bausatz. Weitere Teile des Originalbausatzes ersetzen wir mit 3D-gedruckten Elementen und einem modifizierten Elektro-Stangenrohr. Die Bausatz-Linsen bekommen ein neues Zuhause in einem 3D-gedruckten Okular. Dieses wiederum wird in dem gekürzten Elektro-Stangenrohr untergebracht, das als Zugrohr dient. Dank einer angeklebten Zahnstange lässt es sich gut mit dem Getriebesystem aus Lego-Technic-Teilen kombinieren.

Ebenfalls aus dem 3D-Drucker ist der neue Führungskern, an dem wir das Getriebe anschrauben. Er wird in den Tubus eingesetzt – das HT-Rohr aus dem Baumarkt, von dem der Name des Teleskopes herührt. Dank des leichtgängigen Getriebes lässt sich nun das Okularzugrohr mit dem Okular bequem und sehr präzise einstellen.

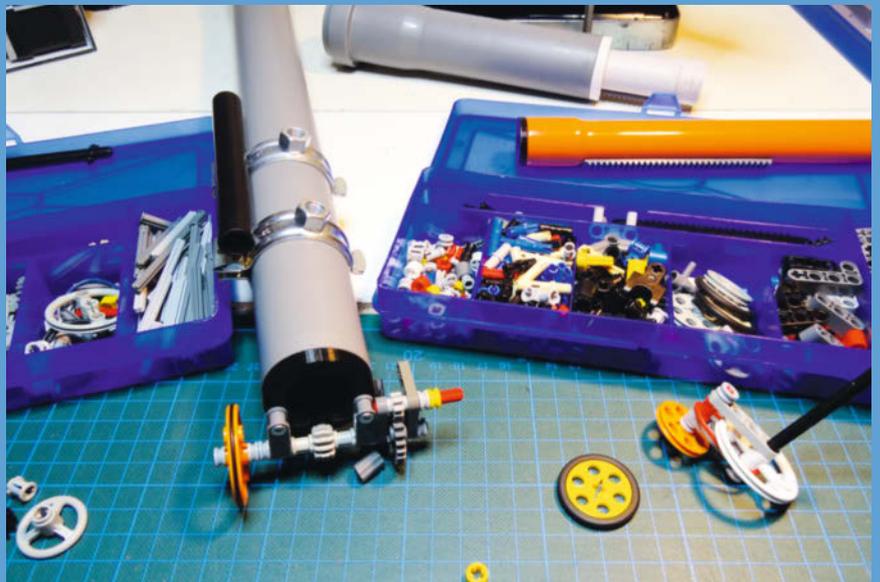
Diese Konstruktion ist eine spielerische und spannende Möglichkeit, sich den Bereichen Optik, Mechanik und Astronomie gleichzeitig zu nähern. Unabhängig von unseren technischen Verbesserungsvorschlägen ermöglicht das Baumarkt-Teleskop dank 30-facher Vergrößerung und hervorragender Bildschärfe dem Benutzer die Beobachtung der Mondkrater sowie die Entdeckung der Saturnringe und der Satelliten des Jupiters. Beeindruckende Bilder, die helfen, ein Bewusstsein für unsere Beziehung zu Welt, Raum und Zeit zu entwickeln.

—hch

► [geniusitineris.net/index.php/2019/04/04/okularauszug-baumarkt-teleskop](https://geniusitineris.net/index.php/2019/04/04/okularauszug-baumarkt-teleskop)



Der neue Okularführungskern aus dem 3D-Drucker im Haupttubus



Der Zahnstangenauszug wird mit Lego-Technic-Bauteilen umgesetzt.



Ein verkürztes Elektro-Stangenrohr wird das neue Okularzugrohr

# secIT by Heise

HANNOVER 2020

Ausstellungsfläche auf rund  
**3.400 m<sup>2</sup>**

bereits am Vortag  
**Schulungsseminare**

Fachvorträge auf  
**2 Bühnen**

kostenfrei und fachbezogen  
**Partner-Workshops**

kostenfrei und informativ  
**Partner-Expert-Talks**

unabhängige  
**redaktionelle Workshops**

## HIGHLIGHT:

Krypto-Experte  
aus den USA

**Bruce  
Schneier**



Die Partner der secIT by Heise



Weitere Informationen und Anmeldung unter

[sec-it.heise.de](https://sec-it.heise.de)

© Copyright by Heise Media Group

# Der Treffpunkt für Security-Anwender und -Anbieter!

25. – 26. März 2020  
Hannover



## Cyberangriffe gegen Unternehmen: Erste Ergebnisse einer repräsentativen Unternehmensbefragung in Deutschland

Prof. Dr. Gina Rosa Wollinger, Professorin für Kriminologie und Soziologie an der Fachhochschule für öffentliche Verwaltung NRW (Fhöv)



## Was tun, wenn's richtig knallt? Umgang mit Sicherheitsvorfällen im Datenschutz

Joerg Heidrich, Justiziar / Datenschutzbeauftragter  
Heise Medien GmbH & Co. KG



## Über die Verlässlichkeit von Software-Werkzeugen

Martin Wundram, Berater für IT-Sicherheit und IT-Forensik  
Geschäftsführer und Gründer der DigiTrace GmbH



## Durchbruch beim Quantencomputing – wie sieht die Verschlüsselung der Zukunft aus?

Klaus Schmeih, Consultant Cryptovision  
Dr. Reinhard Wobst, Softwareentwickler



Veranstalter



organisiert von

© Copyright by Maker Media GmbH



Eventpartner



# 400fach-CD-Wechsler flott machen

Der CD-Player Sony CDP CX450 ist eine Mega-Musikbox für 400 silberne Tonträger, aber nur noch gebraucht erhältlich. Die oft als defekt angebotenen Geräte lassen sich aber meist mit wenig Aufwand reparieren.

von Heinz Behling



**A**ls Liebhaber von klassischer Musik und Besitzer zahlreicher CDs erstand ich neulich auf eBay günstig ein Schätzchen, den 400fach-CD-Wechsler CDP CX 450 von Sony, gebaut im Jahr 2000. Darin finden alle Werke von Bach, Beethoven und Mozart gleichzeitig Platz und ein großer Teil meines Wohnzimmerchranks steht für anderes zur Verfügung.

Möglich macht dieses Fassungsvermögen eine raffinierte Mechanik im Inneren. Dort sitzen die CDs in einem Karussell aufrecht dicht nebeneinander. Eingelegt werden sie durch eine drehbare Tür an der Front. Das CD-Laufwerk sitzt senkrecht hinten links in der Ecke. Lichtschranken bestimmen die aktuelle Position des Karussells. Dadurch weiß die Elektronik, welche CD sich gerade am Einschubmechanismus vor dem CD-Laufwerk befindet. Ebenfalls durch Lichtschranken wird überprüft, welche Fächer noch frei sind. Bei der Endlos-Wiedergabe überspringt der Wechsler diese Fächer einfach. Möchten Sie eine CD wiedergeben, wählen Sie zunächst per Drehknopf deren Nummer und drücken auf *Play*. das Karussell dreht dann so lange, bis die gewünschte CD vor dem Laufwerk steht. Ein Greifer transportiert sie dann ins Laufwerk und sie wird abgespielt. So weit die Theorie, doch in der Praxis hatte diese fast 20 Jahre alte Musicbox doch ein paar kleine Macken. Hier meine Erfahrungen.

Nach dem Befüllen des CD-Speichers gab es beim Transport immer wieder Hängenbleiben: Ein Motorgeräusch war zwar zu hören, doch bewegte sich nicht immer etwas passend dazu im Gerät. Also griff ich zum Schraubendreher und entfernte die Gerätehaube. Deutlich war dann zu hören, dass die Motorgeräusche von der Rückseite des Wechslers kamen. Von oben ließen sich durch einen Spalt zwischen der viertelkreisförmigen

## Kurzinfo

- » Die häufigsten Fehlerquellen des Sony CDP CX 450
- » Austausch des Treibriemens für das CD-Laufwerk
- » Wechsel des Treibriemens für den CD-Wechsel-Mechanismus

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
etwa 1 Stunde



**Kosten:**  
etwa 10 Euro

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

### Werkzeug

- » Kreuzschlitz-Schraubendreher
- » Wattestäbchen
- » Alkohol

**1** Die wichtigsten Ersatzteile (Riemen und Lasereinheit) sind für den 400fach-Wechsler noch preiswert erhältlich.



Kunststoffwand des CD-Fachs und der Geräterückwand einige Motoren, Treibriemen und Riemenscheiben erkennen, von denen sich nur wenige drehen. Da musste die Ursache der Ladehemmung liegen. Nach Entfernen weiterer Teile fand ich dann die Täter.

Insgesamt drei Motoren sorgen für den CD-Transport (Türöffner, Karusselldrehung und Einlegemechanismus) und treiben ihre Mechanik jeweils über sehr dünne Treibriemen an. Zwei davon sind die Schwachpunkte dieser Musicbox. Der Treibriemen für den Einlegemechanismus läuft auf einer Riemenscheibe, deren Achse vom Hersteller reichlich mit Schmierfett versorgt wurde. Irgendwann im Laufe der Zeit musste dieses Fett einen Weg auf den Riemen gefunden haben und sorgte nun für gänzlich reibungs-

losen Betrieb. Da fand dann keine CD mehr erfolgreich ihren Weg ins Laufwerk.

Falls denn überhaupt die ausgewählte Scheibe den Weg vor das Laufwerk fand. Denn auch der Riemen des Karussellantriebs war marode. Er ist schlicht zu schwach, muss er doch bei voller Bestückung mit 400 CDs



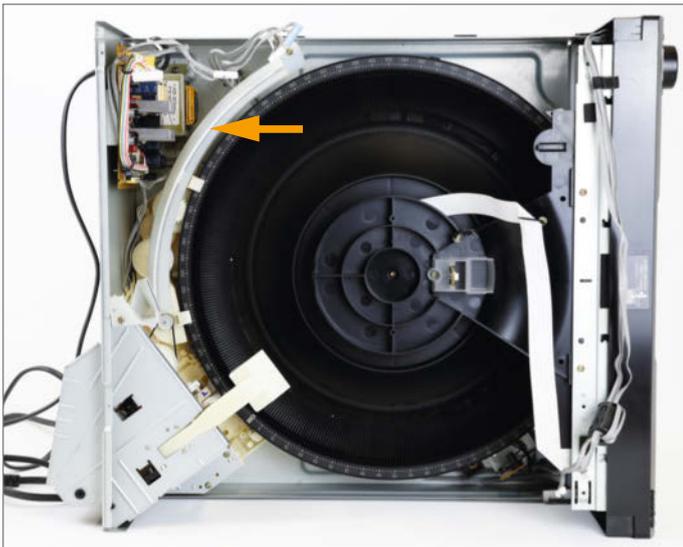
### Vorsicht

Beide Teile sind eingefettet!

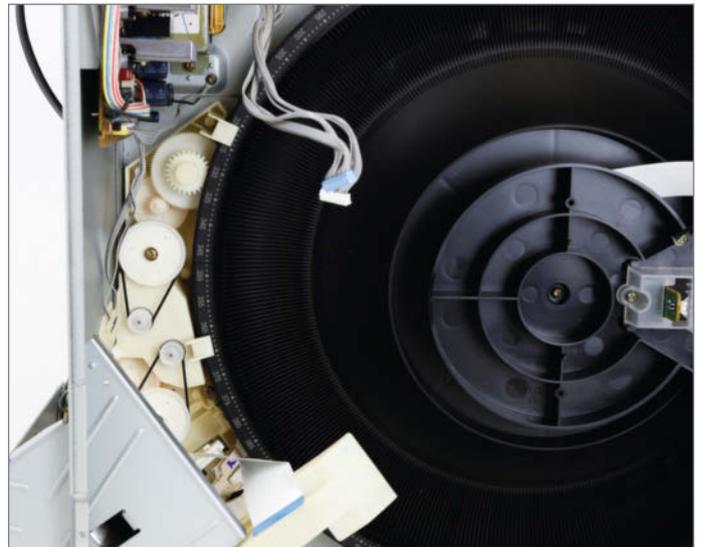
**2** Der Treibriemen fürs Einlegen der CD ins Laufwerk arbeitet in einer für ihn ungesunden, weil fettreichen Umgebung.



**3** Beim Ausbau der Platine nur diese vier Schrauben lösen.



**4** Nur dieses Plastikteil hindert uns noch am Zugang zum Karussell-Treibriemen.



**5** Darunter kommt der Karussellantrieb zum Vorschein.

ein mehrere Kilo schweres Teil bewegen und abbremsen! Das quittiert er nach einiger Zeit mit Ausleiern, später wäre er wohl sogar gerissen.

Die Riemen sind jedoch preiswert erhältlich (kompletter Satz mit drei Riemen bei eBay um die 10 Euro, einfach nach der Typenbezeichnung *CDP CX450* suchen) und die hinten am Gerät herausragende Abdeckung des CD-Laufwerks entfernt werden (9 Schrauben). Die Kappe dann leicht nach unten schieben und vom Gehäuse abnehmen.

Danach ist der Treibriemen frei zugänglich **2**. Entfernen Sie den alten. Vor dem Aufsetzen des neuen Riemens reinigen Sie die beiden Riemenscheiben mit einem in Alkohol getränkten Wattestäbchen. Beim Einlegen dürfen Sie mit dem Riemen keines der reichlich gefetteten Teile dort berühren.

Danach schrauben Sie die Abdeckung und die Haube wieder ans Gehäuse – fertig.

Dieser Riemen sitzt etwas tiefer in den Eingewiden des Geräts. Um an ihn zu gelangen, sollte das Karussell maximal zur Hälfte mit CDs gefüllt sein. Entnehmen Sie daher gegebenenfalls entsprechend viele Scheiben. Sie können das bei ausgeschaltetem Gerät machen, denn die Tür lässt sich von Hand öffnen und das Karussell ist dann ebenfalls von Hand drehbar.

Danach nehmen Sie die Haube des Wechslers ab (drei Schrauben hinten, zwei Schrauben oben und jeweils zwei Schrauben an jeder Seite lösen).

Außerdem muss die Elektronik ausgebaut werden. Dazu lösen Sie vier Schrauben an den Enden der längs eingebauten Platinenhalter **3**. Heben Sie die Platine mit den Haltern leicht an und ziehen Sie die Stecker der Kabel ab. Keine Angst beim späteren Wiederanschluss: Die Stecker sind unverwechselbar und lassen sich nur in einer Richtung einstecken. Wer dennoch vorsichtig sein will: Ein Foto mit dem Handy schadet sicher nicht.

Nach Abnehmen der Platine drehen Sie das Karussell so, dass die leere Hälfte zur Geräterückseite zeigt. Dann entfernen Sie die weiße Kunststoffführung **4** (zwei Schrauben). Nun liegt der Riemenantrieb frei und Sie können den neuen einsetzen **5**.

Anschließend müssen Sie alles in umgekehrter Reihenfolge wieder zusammensetzen. Fertig – das heißt bis auf die Kleinigkeit, die zuvor entnommenen 200 CDs wieder einzulegen. Das ist nun aber bei eingeschaltetem Gerät möglich, denn der Karussellantrieb funktioniert ja wieder.

Für Elektronik-Bastler bietet das Gerät noch ein Schmäckerl: An der Rückseite befinden sich Klinkenbuchsen **6**, die nichts anderes als eine Art von serieller Schnittstelle sind. Darüber lässt sich der Wechsler auch von einem Computer aus steuern. Links zu den Befehls-codes und vielen anderen Informationen haben wir für Sie gesammelt. Damit wäre es nicht schwierig, eine Datenbank mit den CD-Titeln anzulegen, eine Auswahlfunktion zu programmieren und den CD-Wechsler dann entsprechend der Wahl die richtige CD abspielen zu lassen. Dabei reicht zur Ansteuerung auch ein Raspberry locker aus. Vielleicht ein lohnendes Projekt für die langen Winterabende. —hgb

## Einlegeriemen

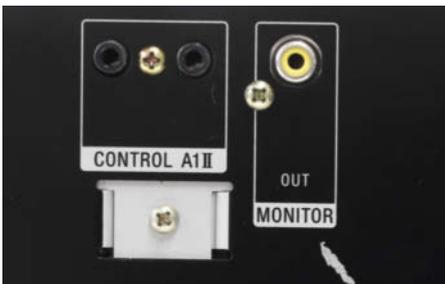
Dreht der Wechsler nach der Wahl einer CD zwar das Karussell, spielt sie jedoch nicht ab! Hört man stattdessen immer wieder die Be-

## Karussellmechanismus

Dreht sich das CD-Karussell nur ruckweise oder gar nicht beziehungsweise zeigt das Display einen *Table error* an, dann rutscht der Treibriemen des Karussellantriebs.

Dieser Riemen sitzt etwas tiefer in den Eingewiden des Geräts. Um an ihn zu gelangen, sollte das Karussell maximal zur Hälfte mit CDs gefüllt sein. Entnehmen Sie daher gegebenenfalls entsprechend viele Scheiben. Sie können das bei ausgeschaltetem Gerät machen, denn die Tür lässt sich von Hand öffnen und das Karussell ist dann ebenfalls von Hand drehbar.

Danach nehmen Sie die Haube des Wechslers ab (drei Schrauben hinten, zwei Schrauben oben und jeweils zwei Schrauben an jeder Seite lösen).



**6** Über die *Control*-Buchsen kann der Wechsler von außen gesteuert werden. Die gelbe Buchse ist ein Videoausgang. Ein daran angeschlossenes TV-Gerät/Monitor zeigt die CD-Namen an.

Make-  
Abonnenten  
lesen bis zu  
**50%**  
günstiger



heise +

## Das digitale Abo für IT und Technik.

**Exklusives Angebot für Make-Abonnenten:** Lesen Sie zusätzlich zum Make-Magazin unsere Magazine bequem online auf [heise.de/magazine](http://heise.de/magazine) und erhalten Sie Zugang zu allen heise+ Artikeln.

- ✓ Für Make-Abonnenten 5 €/Monat
- ✓ Jeden Freitag Leseempfehlungen der Chefredaktion im Newsletter-Format
- ✓ 1. Monat gratis lesen – danach jederzeit kündbar
- ✓ c't, iX, Technology Review, Mac & i, Make, c't Fotografie direkt im Browser lesen

**Sie möchten dieses Exklusiv-Angebot nutzen?  
Unser Leserservice hilft Ihnen gern beim Einrichten.**

✉ [leserservice@heise.de](mailto:leserservice@heise.de)

☎ 0541 80009 120



Weitere Informationen zum  
Abo-Upgrade finden Sie unter:

[heise.de/plus-info](http://heise.de/plus-info)

Ein Angebot von: Heise Medien GmbH & Co. KG • Karl-Wiechert-Allee 10 • 30625 Hannover

# Tipps & Tricks

Die preiswerteste Abisolierzange der Welt, ein Selbstbau-Schraubenhalter aus Büroklammern, Remote-Desktop für Raspberry, Abkühlung für heiß laufende 3D-Drucker und ein Kniff für den Picaxe-Editor stehen diesmal auf der Speisekarte der Make-Tipps-Bar.

## Im Picaxe-Editor spaltenweise markieren

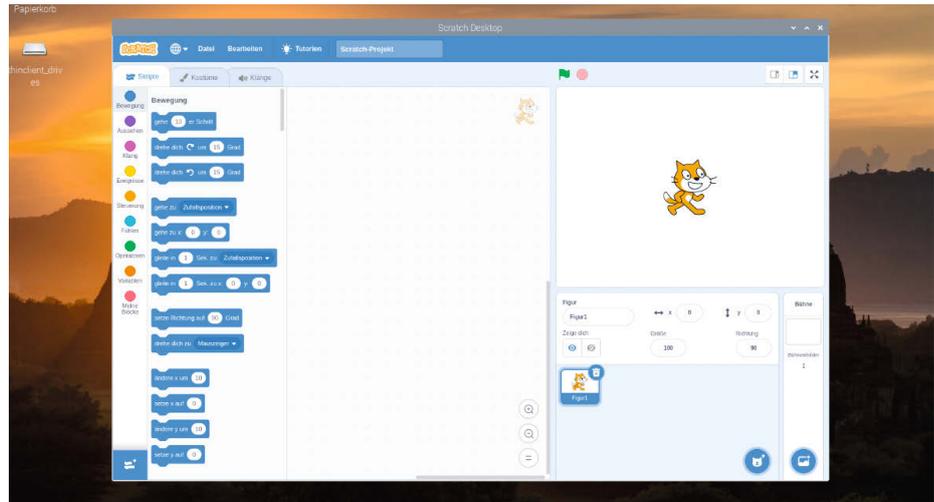
Beim Schreiben von Quellcode ist eine spaltenweise Markierung oft hilfreich, etwa um in mehreren Zeilen gleichzeitig einen Teilblock editieren oder löschen zu können. Im Picaxe-Editor ist dies mit einem kleinen Kniff auch möglich. Zunächst platziert man den Cursor an die gewünschte Stelle, hält die **Alt**-Taste gedrückt und zieht mit gedrückter linker **Maus**-Taste einen rechteckigen Rahmen um den gewünschten Bereich. Nun lässt man erst die **Maus**-Taste und danach die **Alt**-Taste los.

Nun kommt der entscheidende Schritt: Aufgrund der zuvor gedrückten **Alt**-Taste erscheinen oben im Menü des Picaxe-Editors ein paar Buchstabenfelder zur Auswahl, die durch nochmaliges kurzes Drücken der **Alt**-Taste zuerst wieder deaktiviert werden müssen. Nun kann im markierten Bereich editiert werden, sodass sich die Eingaben oder das Löschen von Zeichen jeweils für alle Zeilen im selektierten Spaltenbereich gleichzeitig auswirken. Beispielsweise kann man für einen per **Copy&Paste** eingefügten Codeteil mit Initialisierungswerten, der von einem externen Tool generiert wurde, jeweils einen Unterstrich am Zeilenende anfügen, sodass der Picaxe-Editor dies als zusammenhängende Codezeile mit Zeilenumbrüchen erkennt. Durch anschließendes Betätigen der **ESC**-Taste wird die Markierung wieder aufgehoben.

Miguel Köhnlein und Michael Gaus

```
hi2cout (0x40,
0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
)|
```

Mit diesem Trick wurden alle Unterstriche an den Zeilenenden in einem Arbeitsgang eingefügt.



Der Raspberry-Desktop auf dem Monitor des Windows-PCs

## Schalt draht abisolieren mit Krokodilklemme

Für die Verdrahtung auf Steckboards eignet sich sehr gut isolierter Schalt draht mit 0,5mm Durchmesser, der auf Rollen oder als Meterware verfügbar ist. Solch ein Draht muss aber beschädigungsfrei abisoliert werden, damit er nicht im Steckboard abbricht.

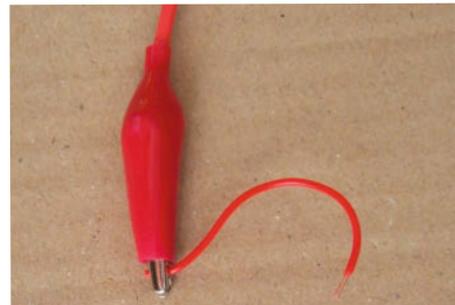
Dazu braucht man jedoch nicht unbedingt eine spezielle (und meist teure) Zange, sondern man kann auch einfach eine herkömmliche Krokodilklemme nehmen. Die wird auf die Isolierung des Drahts gedrückt und dann Richtung Drahtende abgezogen, so dass die Isolierung entfernt wird und in der Klemme

verbleibt. Die Zacken durchschneiden die Isolierung problemlos, sind aber zu stumpf, um den Draht zu beschädigen.

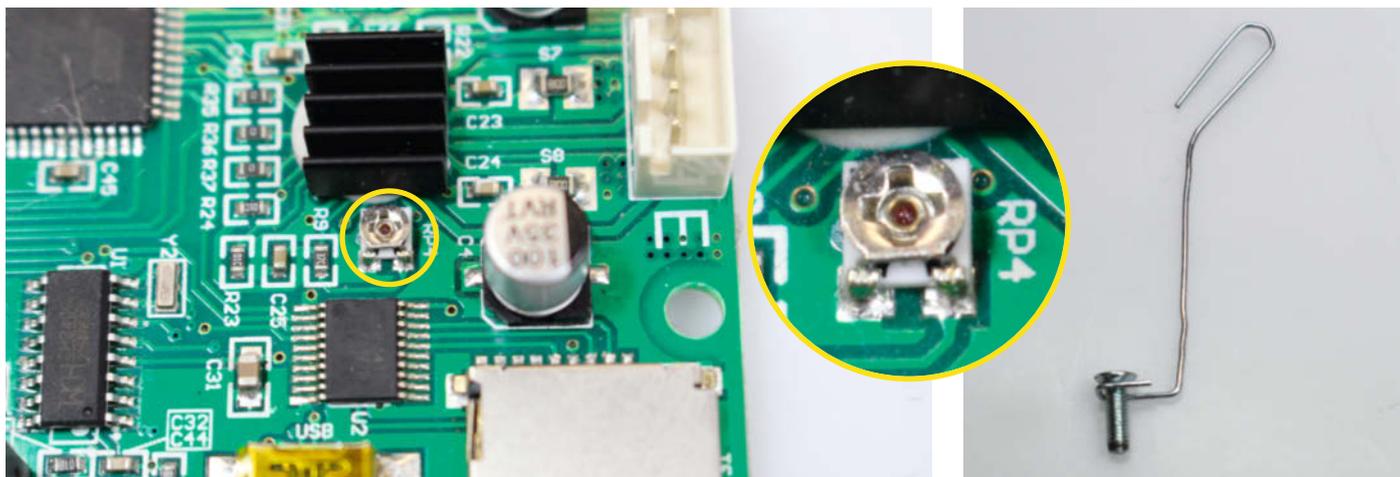
Miguel Köhnlein und Michael Gaus

## Remote-Desktop vom Raspberry

Per SSH kann man die Textkonsole der Raspberry Pis vom PC aus steuern. Das ist



Keine Angst: Dieses Krokodil beißt nur die Isolierung durch, schont aber den Kupferdraht.



Dieser Trimmer legt den Strom durch die Schrittmotorwicklung des Extruder-Motors fest.

Mit diesem Selbstbau-Werkzeug finden Schrauben sicher ihr Ziel.

sehr bequem, wenn man am Raspi keinen Monitor angeschlossen hat und beispielsweise Programme dort testen möchte.

Was aber, wenn die Programme die Grafik-Oberfläche des Raspis brauchen? Da kann die Remote-Desktop-Verbindung vom Windows-PC aus helfen. Allerdings fehlt den Raspis oder besser gesagt dem Betriebssystem Raspbian von Haus aus die erforderliche Software. Sie ist aber schnell nachträglich installiert mit

```
sudo apt-get install xrdp
```

Danach kann Windows den Desktop des Raspis aus der Ferne anzeigen und bedienen.

Heinz Behling

## Heiße Motoren am Creality Ender mit Silent-Board

Mit dem neuen Elektronikboard Version 1.1.5 arbeitet der 3D-Drucker Creality Ender sehr leise. Bei einigen Exemplaren kommt es aber zu einem Fehler: Nach längerer Druckzeit (1 bis 3 Stunden) wird kein Filament mehr transportiert. Bei genauem Hinsehen ist zu erkennen, dass sich jedoch die Achse des für den Transport zuständigen Schrittmotors dreht.

Berührt man den Motor jedoch mit der Hand, erkennt man, dass er sehr heiß ist (über 70°). Verursacht wird dies durch einen viel zu großen Strom, der durch seine Wicklungen fließt. Dieser Strom heizt zunächst das Motorgehäuse auf, greift aber nach einiger Zeit auch auf dessen Rotor und die Achse über. Wenn die Hitze dann das Zahnrad für den Filamenttransport erreicht, erweicht das Filament und rutscht schlicht durch, statt sich weiter in Richtung Druckkopf zu bewegen.

Abhilfe bringt hier die Neueinstellung des Motorstroms. Dazu sitzen auf dem Board vier Trimpotentiometer, je eines für jeden Schrittmotor. Das vordere, dem USB-Anschluss am nächsten gelegene, ist für den Extrudermotor zuständig. Die Spannung an dessen Schleifer legt den Motorstrom fest. Bei meinem Exemplar war dort eine Spannung von 1,2V eingestellt. Eine Reduzierung auf 0,9V ließ den Extrudermotor immer noch kraftvoll genug laufen, er wurde jedoch nur noch handwarm. Der Filamenttransport funktioniert damit auch viele Stunden lang ohne Unterbrechung.

Die Spannung misst man am besten direkt am Schleifkontakt gegen Masse (Abschirmung des USB- oder SD-Kartenanschlusses). Zum Einstellen braucht man einen feinen Schlitz-Schraubendreher. Sollten auch die anderen Motoren zu heiß werden, können Sie deren Strom mit den entsprechenden Potis verringern.

Heinz Behling

## Büroklammern-Schraubenhalter

Sie sind zum Verzweifeln: Tief im Gehäuse sitzende Schraubenlöcher, die man mit Finger, Zange und selbst einer Pinzette nicht erreichen kann, um die dazugehörige Schraube hineinzubekommen.

Dagegen hilft ein schnell aus einer Büroklammer angefertigtes Spezialwerkzeug. An dessen Ende biegen Sie eine Öse. Darin sollte die Schraube mit leichter Klemmung passen. Sie lässt sich damit mühelos in ihr Ziel stecken und der Schraubendreher kann sie auch noch erreichen. Schon nach einer Umdrehung kann man das Büroklammer-Werkzeug entfernen und die Schraube endgültig festziehen.—hgb

Heinz Behling

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

## Machen Sie mit!

Bei der Gestaltung dieser Tipps- und Tricks-Seiten können Sie mitmachen. Kennen Sie auch einen raffinierten Trick? Wissen Sie, wie man etwas besonders einfach macht? Dann haben Sie die Chance, eine Make-Tasse und 50 Euro zu verdienen. Schicken Sie uns Ihren Tipp gleichgültig aus welchem Bereich (zum Beispiel

Raspberry, Arduino, 3D-Druck, Platinenherstellung, Lasercutting usw. ...). Wenn wir ihn veröffentlichen, erhalten Sie die versprochene Belohnung. Ihr Tipp

sollte aber nicht länger als eine Drittel Heftseite sein und maximal ein von Ihnen angefertigtes Bild enthalten. Senden Sie Ihren Tipp mit der Betreffzeile *Lesertipp* an:

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

... und Sie erhalten bei Veröffentlichung die Make-Tasse plus 50 Euro!





# Kapazitätsmessgerät für Powerbanks und Akkuzellen

Wie viel Energie kann ich meiner Lithium-Ionen-Akkuzelle oder meiner Powerbank tatsächlich entnehmen? Unser Kapazitätsmessgerät bringt Klarheit, entlarvt mAh-Lügner und schwachbrüstige Zellen.

von Clemens Verstappen

Mit dieser Schaltung lässt sich die Kapazität und die gespeicherte Energie einer USB-Powerbank oder eines einzelnen Lithium-Ionen- oder NiMH-Zelle-Akkumulators messen. Den Entladestrom und die Entladeschlussspannung kann man vor dem Entladen im Menü per Tastendruck einstellen. Auf dem LC-Display wird während des Entladevorgangs die Spannung, der Entladestrom sowie die bereits genommene Kapazität und Energie angezeigt. Wird die Entladeschlussspannung unterschritten, schaltet der Laststrom ab und der Entladezyklus ist beendet.

Die Kapazität einer Powerbank bezieht sich üblicherweise auf die Gesamtkapazität der in ihr verbauten Lithium-Ionen-Zellen. Ein Aufwärtswandler erzeugt die 5V und hält sie stabil, bis die Zellen erschöpft sind. Die Angabe der entnehmbaren Energie ist hier von größerer Bedeutung, denn sie beinhaltet die Verluste durch den Schaltwandler.

Der aufgedruckte Energieinhalt in Wh ist allerdings oft nur das Produkt aus Zellenkapazität und nominaler Akkuspannung; der Wert beinhaltet dann keine Wandlerverluste. Mit der Angabe der Kapazität in Ah sind Powerbanks besser untereinander vergleichbar; man findet sie vereinzelt auf Akkupacks von Laptops oder auf den Zellen selber.

Doch erst einmal zurück zur Kapazität von Lithium-Ionen-Zellen: diese wird in mAh angegeben. Für eine Zelle im üblichen Format 18650 sind derzeit Werte von 3000 bis 3500mAh Stand der Technik. Lade- und Entladeströme werden gerne mit dem Faktor „C“ auf die nominale Kapazität bezogen. Beispiel: Ein Akku mit 3Ah und einem maximalen Ladestrom von 0,5C darf mit 1,5A geladen werden. Die Entladekurve rechts zeigt den Spannungsverlauf über die entnommene Kapazität an. 100% entsprechen in unserem Beispiel der nominalen Kapazität von 3000mAh. Oben in der Abbildung findet sich hier das „C“ wieder. Dieser Wert wird als Parameter in Form von unterschiedlichen Farben im Diagramm dargestellt. Der obere Graf in schwarz entspricht einer Entladung mit 0,2C, dies entspricht einem Strom von 0,6A. Zwei wesentliche Faktoren lassen sich unmittelbar entnehmen: Zum einen kann die maximale Kapazität bei einer Entladung mit 2C nicht entnommen werden, zum anderen ist die Spannung deutlich geringer und somit auch die zu entnehmende Energie.

Möchte man die Kapazität einer Zelle messen und mit einem Datenblatt vergleichen, ist eine Entladung mit einem konstanten Strom notwendig. Diagramme wie die abgebildete Entladekurve sind unter diesen Bedingungen entstanden. Der Entladestrom sollte zwischen 0,1C und 0,2C gewählt werden, um möglichst viel Energie entnehmen zu können. Um dies schaltungstechnisch zu realisieren, scheidet eine Entladung über einen Widerstand aus;

## Kurzinfo

» Messung der Kapazität und der gespeicherten Energie mittels Stromsenke

» Geeignet für Powerbanks, Lithium-Ionen und NiMH-Zellen

» Aufbau und Löten der Schaltung auf einer Platine

### Checkliste



**Zeitaufwand:**  
ein Tag



**Kosten:**  
35 Euro



**Programmieren:**  
Kenntnisse in C++ und Arduino-IDE



**Löten:**  
Aufbau und Verlöten auf doppel-seitiger oder Lochrasterplatine



**Elektronik:**  
Kenntnisse in Analog- und Digital-technik

### Material

» Platine Kapazitätsmessgerät,  
Bauteile laut Stückliste (siehe Link)

### Mehr zum Thema

» Clemens Verstappen, Handgestrickte Lochrasterplatinen, Make 1/2018, S. 106

» Florian Schäffer, Akkutechnik, Sonderheft 2018 Energie, S. 68

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xm1h](http://make-magazin.de/xm1h)

bei diesem würde sich der Entladestrom mit abnehmender Spannung ebenfalls verringern. Stattdessen bietet sich hierfür eine Stromsenke an; dazu später mehr.

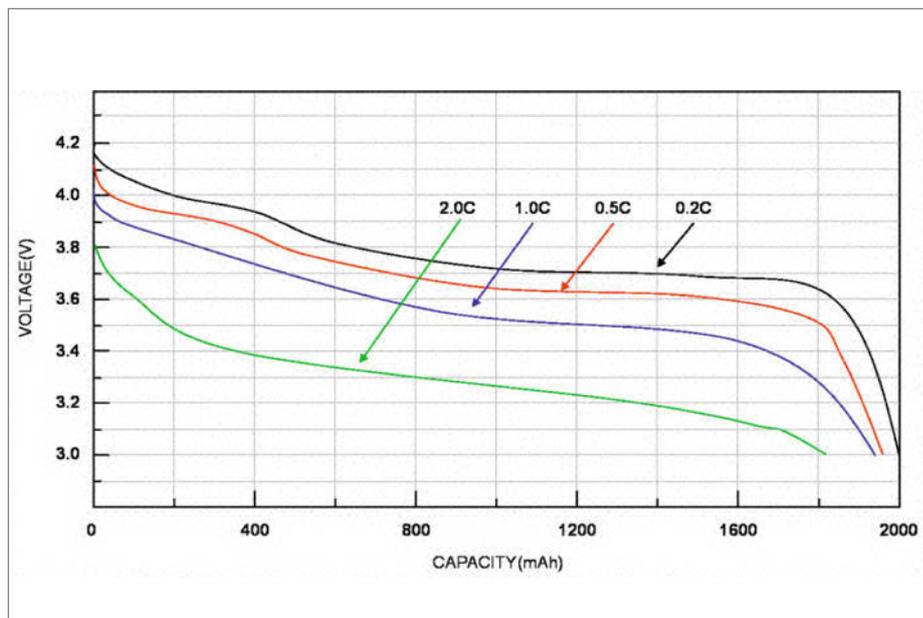
## Kapazität und Energie

Für die Messung der Kapazität einer Akku-Zelle muss man den Stromfluss und die Dauer kennen und über die Zeit miteinander

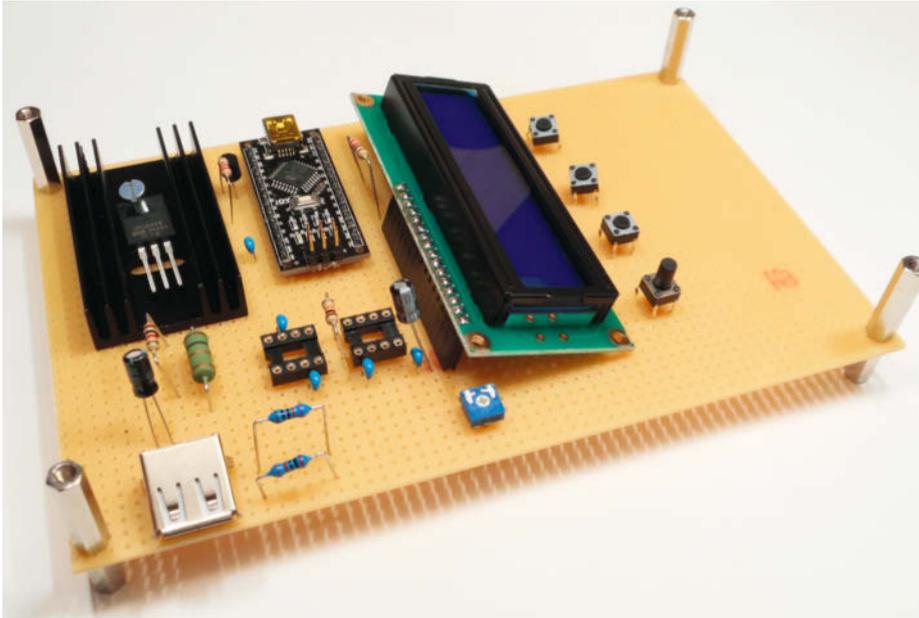
der multiplizieren (d. h. integrieren). Ist der Strom konstant, reicht es, die Entladezeit zu bestimmen. Die Kapazität errechnet sich wie folgt:

$$\text{Kapazität (Ah)} = \text{Entladestrom (A)} \times \text{Entladedauer (h)}$$

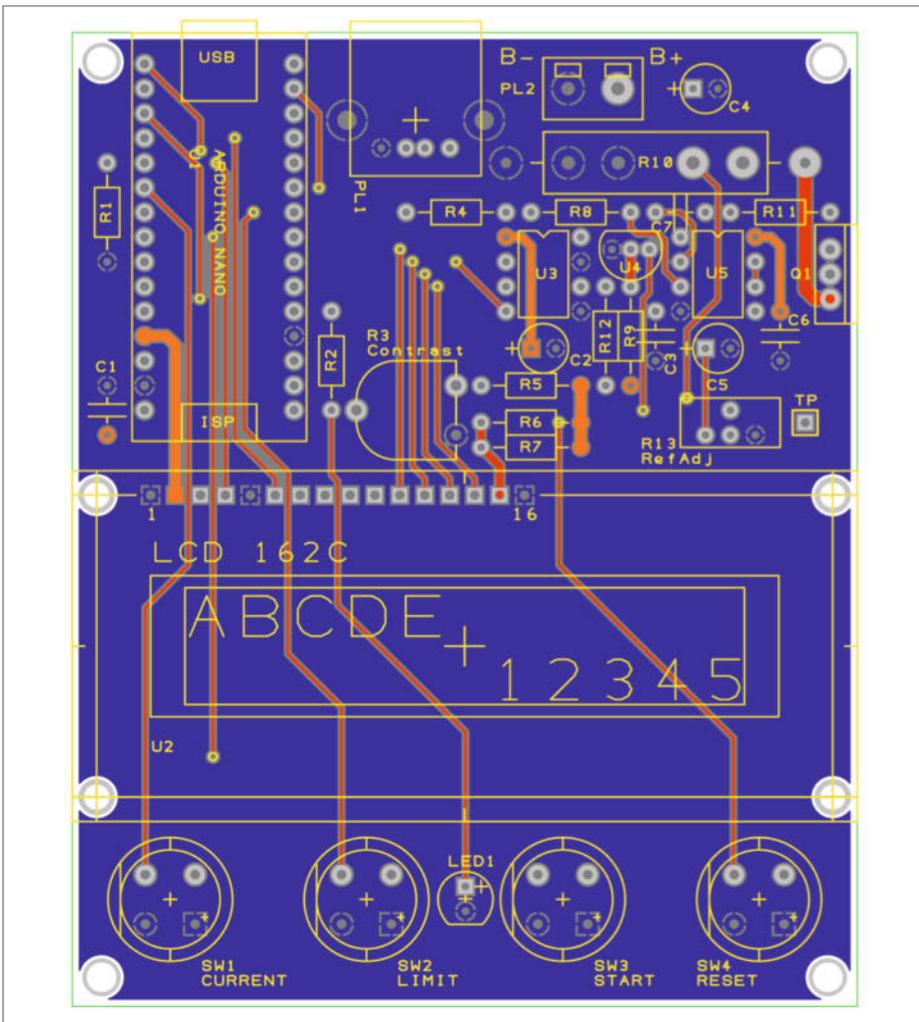
Für die Berechnung der Energie ist zusätzlich die Zellspannung erforderlich, mit der die bereits ermittelte Kapazität multipliziert wird:



Beispiel der Entladekurve einer Lithium-Ionen-Zelle für verschiedene Entladeströme



Wir haben die Schaltung zunächst auf einer Lochrasterplatine im Europakartenformat von 100 × 160mm aufgebaut. Um das LC-Display besser ablesen zu können, haben wir es mit Hilfe eines Steckverbinders schräg montiert.



Bestückung der Platine: Wie üblich beginnt man mit den flachen Bauteilen (IC-Fassungen, Widerstände). Viele Maker werden begrüßen, dass keine SMD-Teile verwendet werden.

Energie (Wh) = Zellenspannung (V) × Entladestrom (A) × Zeit (h)

Die Zellenspannung ist nun leider nicht konstant über den Entladeprozess, sodass in kleinen Zeitintervallen die Spannung mit dem Strom multipliziert und aufsummiert werden muss.

## Schaltungsbeschreibung

Bevor der Entladeprozess gestartet wird, teilt man dem Controller den Entladestrom und die dem Datenblatt der Zelle zu entnehmende Entladeschlussspannung mit. Nach dem Start der Entladung misst er sekundlich die Zellspannung und den aktuell fließenden Strom. Die bereits entnommene Kapazität und Energie werden berechnet auf dem Display angezeigt, bis die Entladeschlussspannung unterschritten wird und der Entladeprozess stoppt. Hierbei ist es unerheblich, ob eine Powerbank oder eine Lithium-Ionen-Zelle angeschlossen ist. Die Powerbank schaltet ohnehin selbstständig ab, wenn ihre Zellen erschöpft sind.

Der Arduino Nano steuert den Entladeprozess, er misst laufend die Spannung und den Entladestrom des Akkus. Über die Eingänge A1 und A0 erfolgt die Analog-Digitalumsetzung im ATmega328-Mikrocontroller. Die Eingänge A2, A3 und A4 sind mit den Tastern S1, S2 und S3 verbunden. Mit S1 und S2 werden der Entladestrom und die Entladeschlussspannung eingestellt. S3 startet den Entladezyklus. Sechs weitere Ports steuern das zweizeilige LC-Display. LED1 blinkt, solange der Entladezyklus aktiv ist. U4 er-

## Akku vs. Kondensator

Bei Akkus oder Kondensatoren entspricht die Kapazität einer elektrischen Ladung:  $1As = 1 \text{ Coulomb} = 6,24 \times 10^{18} e$ , wobei  $e$  der kleinsten Elementarladung entspricht (Ladung eines einzelnen Elektrons). Hat man einen Akku eine Sekunde lang mit einem Ampere geladen, so ist eine Ladung von  $6,24 \times 10^{18}$  Elektronen transportiert worden. Bei Akkus und Batterien wird diese Ladung, oder auch Kapazität, in mAh ( $As \times 3600$ ) oder bei größeren Blöcken in Ah angegeben.

Die elektrische Kapazität  $C$  eines Kondensators wird in der Einheit Farad (F) angegeben. Im Unterschied zur Batterie wird dies durch die Einheiten  $As/V$  ausgedrückt:  $1F = 1 (As)/V$ .

zeugt eine stabile Referenzspannung von 2,5V, die wird für den Analog-Digitalumsetzer des Arduino und den Digital-Analogumsetzer U3 verwendet (der Arduino hat keinen internen Digital-Analog-Wandler). Der MCP4911 steuert mit einer Auflösung von 10 Bit den Entladestrom der Stromsenke, angeschlossen ist er über die SPI-Leitungen.

Unsere elektronische Last ist eine Stromsenke, quasi ein Verbraucher mit einstellbarem, aber konstantem Laststrom. Der variable Teil des Lastwiderstands ist hier ein MOSFET, dieser wird von einem Operationsverstärker (OP, hier U5a) so weit aufgesteuert, dass genau der voreingestellte Laststrom fließt. Es handelt sich also um einen Regelkreis, der Einflüsse von außen, wie zum Beispiel die Änderung der Akkuspannung, ausgleicht; die Regelung hält den Strom im gesamten Entladezyklus konstant.

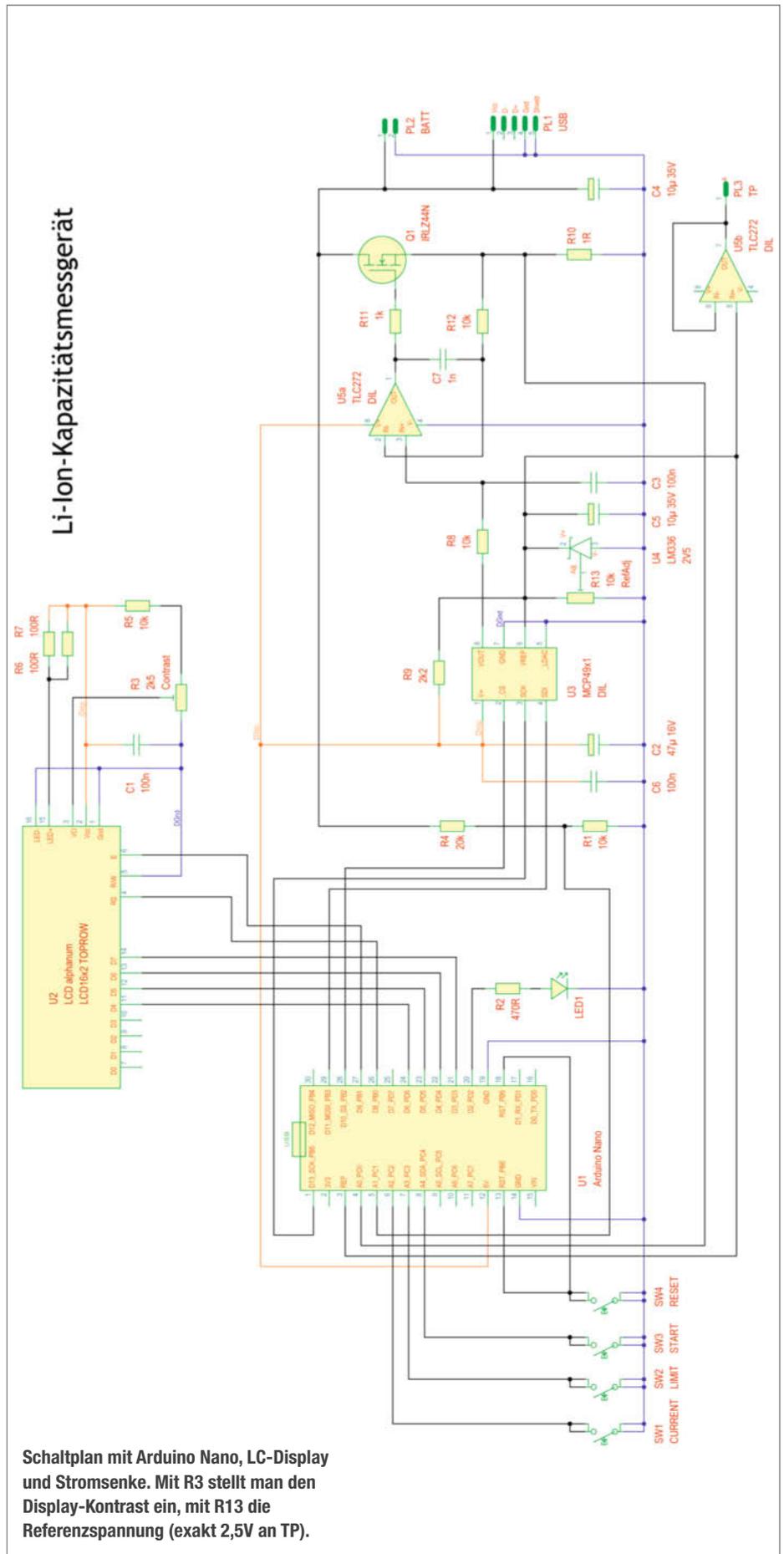
Am nichtinvertierenden Eingang des OPs (+) wird die Steuerspannung (Soll-Größe) vom Digital-Analogumsetzer angelegt, auf die geregelt werden soll. Am invertierenden Eingang (-) liegt die Spannung an, die dem tatsächlich fließenden Laststrom entspricht (Ist-Größe). Der OP vergleicht diese beiden Spannungen und erzeugt am Ausgang eine Regelspannung, die über das Gate des MOSFET Q1 den Laststrom regelt. Widerstand R10 dient vorrangig zum Messen des Laststromes, wandelt aber auch einen Teil der Verlustleistung in Wärme um. Der fließende Strom berechnet sich zu

$$I (\text{Laststrom}) = U (\text{Steuerspannung}) / R10$$

Der IRLZ44 ist ein sogenannter Logic-Level-MOSFET, der eine vergleichsweise geringe Spannung am Gate benötigt, um einen hohen Drainstrom fließen zu lassen. Dies ist für diese Schaltung besonders wichtig, da die Spannungsversorgung des OPs (und damit seine maximale Ausgangsspannung) nur 5V beträgt und der Spannungsabfall über R10 der Gate-Source-Spannung noch entgegenwirkt. Wir haben das Einschaltverhalten mit verschiedenen Entladeströmen getestet, eine Schwingneigung konnten wir nicht feststellen. Kleiner Exkurs: In der Regelungstechnik tritt eine Schwingneigung immer dann auf, wenn das Stellglied (hier die Ausgangsstufe Q1) *langsamer* arbeitet als der Regelmechanismus (hier der OP U5a).

### Verlustleistung

Die dem Akku entnommene Energie wird im Widerstand R1 und im MOSFET in Wärme umgesetzt, Q1 benötigt deshalb einen Kühlkörper. Wird eine Powerbank mit 2A entladen, entsteht eine Verlustleistung von  $5V \times 2A = 10W$ . Hiervon entfallen 4W auf R10 und 6W auf den MOSFET. R10 ist für 5 Watt ausgelegt und somit knapp an der Belas-





Messung der Kapazität einer Lithium-Ionen-Zelle 18650 mit unserem Prototyp



Ladeschalen mit USB-Steckerverbinder: Für die verschiedenen Bauformen der Akkus kann man für einen schnellen Wechsel einen Batteriehalter mit einem USB-Stecker versehen. Es bieten sich ausgediente USB-Kabel an, die man auf ein Minimum kürzt.

tungsgrenze. R10 fungiert ferner als Sicherung in dem Fall, falls der MOSFET wegen Überhitzung einen Drain-Source-Kurzschluss erzeugt. Er dient dann als Strombegrenzung und wird durch Überlast hochohmig.

## Aufbau

Für einen unkomplizierten Aufbau haben wir eine Platine entworfen, das Layout finden Sie ebenso wie die Firmware unter dem Link im Info-Kasten. Eine fertige Leerplatine werden Sie auch in unserem Shop erhalten. Beginnen Sie wie üblich mit den niedrigen Bauteilen (Widerstände, IC-Fassungen). Der Arduino und das LC-Display können sowohl mit Steckfassungen versehen als auch direkt eingelötet werden – Letzteres empfehlen wir nur bei genügend Vertrauen in die eigenen Lötkünste.

## Sketch

Über die Arduino-IDE lädt man die Firmware auf den Arduino Nano. Der Sketch ist bei Github herunterzuladen (siehe Link in der Kurzinfor). Vor dem Kompilieren sind zwei Bibliotheken zu installieren: *LiquidCrystal* lässt sich über den Bibliotheksverwalter installieren. Es handelt sich um die Arduino/Adafruit-Version 1.0.7. Die Bibliothek *DAC\_MCP49xx* ist bei Github verfügbar. Wir haben sie als ZIP-Datei heruntergeladen und anschließend über die Funktion */Sketch/Bibliothek einbinden/ZIP Bibliotheken hinzufügen* installiert. Nun kann der Sketch kompiliert und auf den Arduino hochgeladen werden.

`Setup()` initialisiert zuerst den Digital-Analog-Wandler und das LC-Display, danach konfiguriert es die Pins für die Taster als Eingänge und aktiviert die zuständigen Pull-up-Widerstände im Controller. Mit dem Kommando `analogReference(EXTERNAL)` wird dem Controller die externe Referenz (hier die 2,5V von U4) für den Analog-Digital-Wandler zugewiesen. Es schließt sich die Initialisierung der seriellen Schnittstelle an.

Die Hauptschleife `loop()` wird mit Hilfe des Interrupt-gesteuerten Zählers `millis()` in festen Abständen von 150ms für die Tastenabfrage durchlaufen; nach dem Betätigen von `START` ändert sich der Zyklus auf 1000ms. Die Messwerte werden nun jede Sekunde neu berechnet, angezeigt und über die serielle Schnittstelle ausgegeben. Mit einem Terminalprogramm lassen sich diese Daten aufzeichnen und gegebenenfalls weiterverarbeiten. Die weiteren Funktionen kann man den Kommentaren im Sketch entnehmen.

Nach Anlegen der Versorgungsspannung startet der Controller; auf dem LC-Display erscheint in der ersten Zeile „Strom Spannung“ und in der Zeile darunter die angewählten

## Definition der Abmessungen für Rundzellen

Die Kodierung 18650 resultiert aus den Abmessungen der Zelle. Hierbei stehen die ersten beiden Ziffern für einen Durchmesser von 18mm, die folgenden 650 für eine Länge von 65mm. Hierbei sind die 650 durch 10 zu teilen. Bei einer herkömmlichen Lithium-Knopfzelle CR2032 hat die Zelle einen Durchmesser von 20mm und eine Dicke von 3,2mm. Andere Zellen wie Mignon, Mikro und Mono lassen sich auch in dieses Schema eingruppierten.



## Powerbank-Innenleben

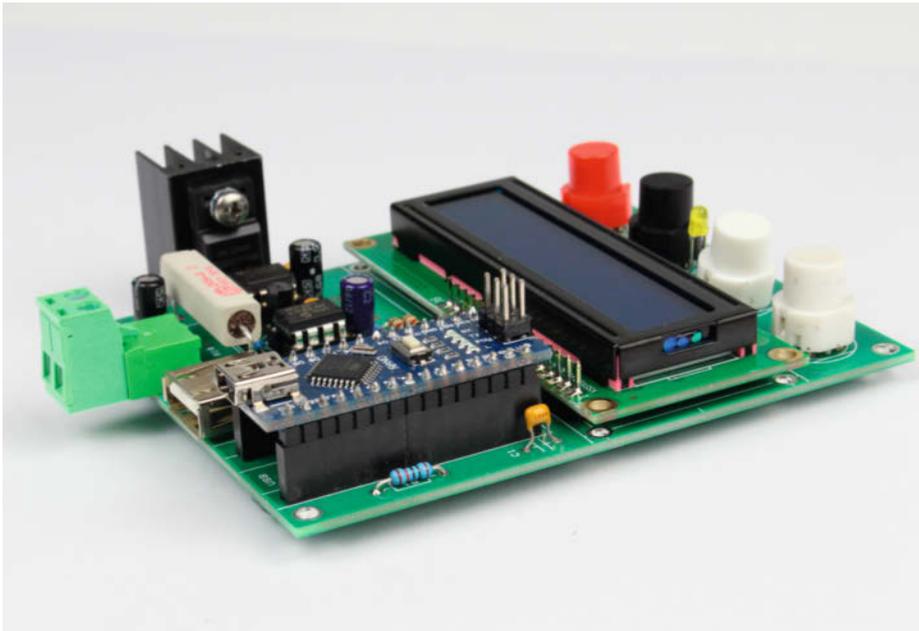
Die kleine Platine in jeder Powerbank erfüllt mehrere Funktionen. Sie enthält einen Aufwärtswandler, der die Gleichspannung des Akkus auf eine konstante Gleichspannung von 5V anhebt, einen Überlastschutz, der abschaltet, wenn der Ausgangsstrom von 0,5A überschritten wird, einen Tiefentladeschutz und eine Ladeelektronik. Nachteil der Schaltungen sind die Wandlungsverluste beim Wandeln auf 5V beziehungsweise beim Laden der Zelle.

Zuweilen sorgt eine Abschaltung der 5V-Ausgangsspannung für Verwirrung, wenn ein zu geringer Laststrom fließt. Dies ist besonders ärgerlich, wenn man plant, einen kleinen Verbraucher (Mikrocontrollerschaltung) längerfristig aus einer USB-Powerbank zu versorgen. Diese schaltet jedoch nach kurzer Zeit ab: die unten abgebildete bei Unterschreitung eines Stromes von 10mA nach ca. 30 Sekunden. Ein weiterer Nachteil ist der Ruhestrom, den diese Schaltung entnimmt (hier etwa 100µA). Um eine Tiefentladung und somit eine Beschädigung der Zelle zu vermeiden, sind Powerbanks regelmäßig wieder aufzuladen.



MOSFET überlastet und wird durchbrennen, zusammen mit dem dann überlasteten Shunt R10 besteht Brandgefahr. Kleine Anmerkung dazu: Die im Datenblatt angegebene maximale Verlustleistung des MOSFET ist für die Schaltverluste im Impulsbetrieb berechnet; im linearen Betrieb (wie hier) liegt sie weit darunter. Nur einige wenige MOSFET-Typen sind für linearen Betrieb bis zur Verlustleistungsgrenze zugelassen; darunter finden sich aber keine Logic-Level-MOSFETs.

—cm



Wenn die Schaltung in ein Gehäuse eingebaut werden soll, muss der Arduino Nano ohne Steckleisten montiert werden. Ein Seitenblech kann dann als Kühlkörper für Q1 dienen.

Werte, die man mit den Tastern ändern kann. Hierbei sind nur die im Sketch vordefinierten Werte möglich, die man gegebenenfalls anpassen kann. Die Entladung beginnt mit dem Tastendruck START, ein Abbruch ist über die RESET-Taste möglich.

### Messungen

Die Kapazität lässt sich recht genau bestimmen, da nur der Entladestrom und die Zeit eingehen; Letztere ist quazgenau. Die Messung des Stroms ist jedoch fehlerbehaftet, allein durch die Toleranz des Shunts R10. Durch die Temperaturabhängigkeit ist auch hier noch einmal mit einem Fehler von ca. 1,5% zu addieren. Fehler durch die Analog-Digitalumsetzung und Rundungsfehler der Firmware seien hier vernachlässigt.

Die entnehmbare Kapazität eines Akkus ist sehr vom Entladestrom abhängig; bei einer Messung der Kapazität ist dieser mit anzugeben. Die Messung des Energieinhalts birgt einen weiteren Faktor in der Fehlerrechnung, dies ist jedoch vornehmlich bei der Vermessung von Powerbanks von Bedeutung. Unser Gerät misst nicht direkt am Akku (was genauer wäre), sondern die Spannung am Ende des Kabels. Zur Orientierung: Bei einem Entladestrom von 1A fallen schon ca. 400mV alleine über ein kurzes USB Kabel ab.

Vor der Messung ist die Zelle mit einem geeigneten Ladegerät aufzuladen. Lassen sich die genauen Daten der Zelle nicht ermitteln, kann man die Ladeschlussspannung mit 4,2V und die Entladeschlussspannung mit 3,0V annehmen. Diese Werte gelten nicht für

LiFePo4-Zellen! Ein Entladestrom von 0,5A sollte für 18650-Zellen sinnvolle Messwerte liefern. Für das Entladen bietet sich eine Batteriehalterung des Typs 18650 an, die mit einem USB-A-Steckverbinder versehen ist.

Möchte man ausgediente Akkupacks einer weiteren Verwendung zuführen, kann man die einzelnen Zellen entnehmen, prüfen und anhand der gesammelten Daten zu einem neuen Satz zusammenstellen. Durch die häufigen Lade- und Entladezyklen haben die Zellen ihre anfängliche Kapazität zwar verloren, oftmals ist auch nur eine Zelle in einem Satz defekt. Per Definition hat eine Zelle ihr Lebensende erreicht, wenn sie nur noch 80% ihrer nominalen Kapazität hat.

Die Vermessung der abgebildeten Powerbank hat bei einem Entladestrom von 0,5A eine Energie von 5,7Wh ergeben. In der Powerbank ist eine Lithium-Ionen-Zelle der Größe 18650 verbaut. Eine separate Vermessung der Li-Ionen-Zelle ergab dagegen 6,6Wh. Die Verluste von 14 Prozent liegen im Wandler, Steckverbinder und im USB-Kabel begründet. Auf der Zelle hat der Hersteller die entnehmbare Energie von 7,4Wh aufgedruckt, diese wird sie neuwertig auch gehabt haben.

### Gefahren

Über den separaten Batterieanschluss ließen sich natürlich auch Akkus mit höheren Spannungen als 5V anschließen. In Kombination mit großen Entladeströmen entstehen allerdings Verlustleistungen im Shunt und im FET, für die die Bauteile nicht ausgelegt sind. Bei höheren Spannungen als 5V wird der

# Nähmaschine

Für etwa 80 Euro wurden sie beim Discounter in den vergangenen Jahren immer wieder verkauft und gebraucht sind sie bei eBay noch deutlich preiswerter: billige, rein mechanische Nähmaschinen. Was steckt drin – und was kann man daraus machen?

von Heinz Behling

Pleuelstangenmechanismus  
für Auf-/Abwärtsbewegung  
der Nadel

obere Antriebswelle

Nockenräder für  
Zier- und Nutstiche

Stofftransporteur

untere Antriebswelle

Pleuelstange für  
Kraftübertragung  
zwischen oberer  
und unterer  
Antriebswelle

Antriebsriemen

Antriebsmotor

**M**oderne Nähmaschinen sind komplexe, voll elektronisch gesteuerte Roboter, die nahezu alles können, was sich mit Stoff, Leder und Faden anstellen lässt. Der Preis solcher Geräte liegt dann aber auch schnell mal bei einem gut vierstelligen Betrag. Für unter hundert Euro hingegen vertreiben diverse Discounter (die mit den vierbuchstabigen Namen) ab und zu rein mechanisch arbeitende Maschinen wie die hier beschriebene, die unter dem Namen *Victoria* verkauft wird. Es gibt auf dem Markt aber noch zahlreiche, sehr ähnlich gebaute Modelle.

Wir haben mal reingeschaut, was unter dem Kunststoffgehäuse verborgen ist, und uns Gedanken gemacht, was man noch damit anstellen könnte.

### Massive Bauweise

Zuerst fiel nach Abnahme der Haube der wirklich stabile Metallgussrahmen der Maschine auf. Auch die Antriebswellen (oben für die Nadelbewegung, unten für Stofftransport und Unterfaden) sind aus dickem Stahl gefertigt, deutlich überdimensioniert und irgendwie für die Ewigkeit gebaut, vorausgesetzt, sie erhalten ab und zu ein Tröpfchen Öl. Entsprechende Bohrungen sind in den Lagergehäusen der Maschine vorhanden. Schmierstoff fand sich dort aber keiner mehr. Nach einer Ölung schnurrte die Mechanik dann aber wieder deutlich leiser und auch etwas schneller.

Schwächer gebaut ist der Mechanismus für die Steuerung der Zickzackstiche. Hintereinander liegende Nockenräder auf den Achsen der Einstellräder sind nur in dünnen Blechen gelagert. Die Hebel, die diese Nocken abtasten und so die Nadelbewegung steuern, sind ebenfalls labil. Dadurch ist dieser mechanische Programmspeicher fehleranfällig und nicht sehr langlebig. Bei unserer ge-

brauchten *Victoria* klemmten daher die Räder ab und zu, weil sich verbogene Hebel verhakten.

Das führte zur ersten Idee eines Nähmaschinen-Tunings: Der labile Einstellmechanismus ließe sich durch elektronisch gesteuerte Servos ersetzen. Zusammen mit ein paar Sensoren für die Motordrehzahl und die Nadelstellung könnte dann eine Elektronik, die nicht leistungsfähiger sein muss als ein gängiges Arduino-Board, aus der *Victoria* eine moderne Maschine machen. Platz dafür ist reichlich vorhanden, der Programmieraufwand wäre jedoch nicht unerheblich. Und die Servos müssten schnell und kräftig sein, was sich wiederum in deren Preis niederschlägt. Außerdem wären eine Menge an Befestigungen und Verbindungshebeln zu fertigen (3D-Druck oder Lasercut). Da kommt man dann bei den Kosten schnell in Regionen, in denen man auch schon gebrauchte, elektronische Maschinen bekommt.

Was aber kann man sonst noch mit den wirklich brauchbaren Teilen anfangen? Wie wäre es mit Sticken? Eine Stickmaschine muss zum einen einen Faden in Stoff oder Ähnliches nähen, wie eine Nähmaschine auch. Außerdem hat sie aber auch den Stoff in zwei Dimensionen zu bewegen, um die gestickten Muster zu erzeugen. Unsere mechanische *Victoria* und die vielen ähnlichen Maschinen bewegen den Stoff jedoch nur nach vorn oder hinten. Die wenigen Millimeter, die die Nadel beim Zickzack seitlich zurücklegt, sind zum Sticken viel zu wenig.

Allerdings könnte man den Stoff in einem Stickrahmen befestigen, der dann von einem XY-Tisch (ähnlich dem eines 3D-Druckers) unter der Nadelspitze der Maschine bewegt wird. Passende Tische gibt es in Fernost für etwa 70 Euro inklusive Motoren. Dann müsste man nur noch die Nadelbewegung mit den Tischbewegungen synchronisieren,



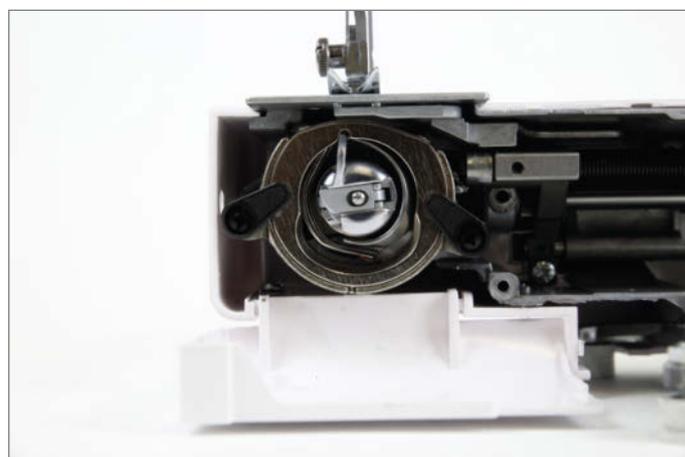
Der Motor treibt über einen Zahnriemen nur die obere Welle an.

denn der Stoff darf sich nicht vom Platz bewegen, solange die Nadel noch darin steckt. Als Eingriffe in die Maschine wären dann noch ein Hallsensor und ein Magnet an der oberen Antriebswelle sowie eine Schaltung erforderlich, die den Antriebsmotor starten und stoppen kann. Oder man ersetzt den Motor gleich durch einen kräftigen Schrittmotor, der sich wesentlich einfacher elektronisch steuern ließe. Hier lohnt sich der finanziellen Aufwand eher, denn Stickmaschinen sind deutlich teurer als Nähmaschinen.

Und so war der Grundstein gelegt für eines der nächsten Make-Projekte. Sobald unser Stickautomat fertig ist, werden wir Ihnen die Bauanleitung präsentieren. —hgb



Die Programmsteuerung für die verschiedenen Sticharten erfolgt über Nockenräder.



Dieser Mechanismus im Arm der Maschine sorgt dafür, dass der Oberfaden den Unterfaden umschlingt. Erst so kommt eine stabile Naht zustande.

# Schöner leben – mit 3D-Druck

Manche Maker können sich ein Leben ohne 3D-Drucker gar nicht mehr vorstellen, andere sind seit Jahren skeptisch und halten die Plastikteile aus den üblichen Druckern weder für schön noch für praktisch nutzbar. Kann 3D-Druck das tägliche Leben verbessern? Ein Selbstversuch.

von Sebastian Müller



Seit über einem Jahr bin ich Mitglied in der Freiburger offenen Werkstatt *FREILab*. Dort stehen auch mehrere 3D-Drucker **!**, ebenso im örtlichen Chaos Computer Club und in der Stadtbücherei. Ab und an hatte ich dort auch schon 3D-gedruckte Objekte gesehen, meist Dinge, die ich als Nippes diffamieren würde – kleine Star-Wars-Figuren oder Würfel. Aber kann man mit 3D-Druck auch sinnvolle Dinge ausdrucken? Ich war skeptisch.

Im Wahlkampf für die Stadtratswahlen in Freiburg im Jahr 2019 organisierte ich einen Vortrag „Barrierefrei Leben mit 3D-Druckern“, bei dem ganz sinnvolle Dinge gezeigt wurden, die etwa Menschen im Rollstuhl oder Blinden helfen, Situationen im Alltag zu meistern. Damit war mir klar: Es gibt also durchaus sinnvolle Anwendungen für die Technik, die nicht nur für Nerds oder die Industrie interessant sind. Meine Neugier war geweckt und ich wollte den Versuch wagen, wie sich das Alltagsleben durch 3D-Druck praktischer und schöner gestalten lässt – und dabei gleich selbst in die Technik einsteigen.

Beim Recherchieren war ich über die große Fülle der frei im Netz angebotenen Datenmodelle für den 3D-Druck überrascht, die man auf populären Seiten wie Thingiverse oder Cults3D findet (eine umfangreiche Liste solcher Webseiten findet man im Booklet zu Make 2/19, als PDF über den Link in der Kurzinformatik zu erreichen). Teilweise sind die Beschreibungen der Modelle sehr gut – dann ist klar, mit welchem Drucker und Material die jeweiligen Autoren gedruckt haben, welche Einstellungen sie verwendet haben und es gibt Hinweise auf Nachdrucke – zum Teil findet man so etwas leider nicht und muss eben selber experimentieren.

Um den Versuch nicht ausufern zu lassen, habe ich beschlossen, den ganzen Bereich der eher technischen Konstruktionen wegzulassen – Beispiele dafür gibt es in praktisch jeder Make-Ausgabe zu sehen. Stattdessen wollte ich mich auf solche Gegenstände beschränken, die einen Beitrag zu einem besseren Alltagsleben und speziell Wohnen ermöglichen. Sicherlich kann das bei manchen auch eine kleine Star-Wars-Figur leisten, aber für mich sollten praktische Dinge im Vordergrund stehen. (Wer dann doch nach was Druckbarem aus Star Wars sucht, findet bei Thingiverse etwa einen Storm-Trooper-Helm in Originalgröße – siehe Link in der Kurzinformatik.)

Beim Suchen fand ich schnell interessante Objekte aus den Bereichen Möbel, Besteck, Lampen und Badezimmer-Zubehör – Gegenstände, die mein tägliches Leben einfacher und komfortabler machen sollten und bei denen ich vielleicht sogar Geld spare. Gleichzeitig wollte ich ebensowenig

die Umwelt belasten wie auch meine Gesundheit gefährden, was vor allem die Wahl des Druckmaterials beeinflusst.

## Die Modelle

Alle in diesem Artikel vorgestellten Modelle habe ich mindestens einmal gedruckt (außer den Star-Wars-Helm) und auch im praktischen Gebrauch ausprobiert. Die Links zu allen Dateien haben wir unter dem Link in der Kurzinformatik gesammelt. Natürlich wären auch noch mehr Modelle druckbar gewesen, aber im *FREILab* muss man immer anwesend sein, wenn der Drucker druckt. Bei einem Werkstück, das etwa 25h drucken soll, geht das dann nicht mehr.

Es hilft immer, bei den einzelnen Download-Plattformen die Kommentare und Berichte von anderen Leuten zu lesen, die die Objekte mal ausgedruckt haben. Außerdem sollte man an die ganze Sache entspannt herangehen – gerade für Anfänger empfiehlt es sich, erstmal kleine Objekte zu drucken und zu sehen, ob das klappt, und auch einzukalibrieren, dass etwas nicht funktioniert und man den Druck noch mal neu starten muss. Geduld hilft ebenso wie die Druckplatte sauberzuhalten oder die Z-Achse zu justieren. Außerdem gibt es von den meisten Dingen immer noch leicht modifizierte Dateiversionen, die man mal ausprobieren kann.

Ebenfalls hilfreich für den Einstieg sind die Artikel aus den Make-Ausgaben 2/19 mit einer schönen Übersicht über Filamente und Druckparameter sowie die beiden Artikel aus Make 5/19 mit einem Vergleich verschiedener 3D-Drucker (siehe Liste in der Kurzinformatik). Ich habe alle meine Modelle mit den Prusa i3

## Kurzinformatik

- » **Lebensmittelechte Haushaltshelfer selber herstellen**
- » **Dekorative Lampenschirme und Vasen drucken**
- » **So klappt Möbelbau mit dem 3D-Drucker**

## Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, 30 Filamente für jeden Zweck, Make 2/19, S. 8
- » Make kompakt: 3D-Druck, Booklet zu Make 2/19, PDF-Download über den Link
- » Dominik Laa, Gehäuse aus dem 3D-Drucker, Make 2/19, S. 18
- » Helga Hansen, Was uns inspiriert: ThisAbles, Make 2/19, S. 88
- » Heinz Behling, So finden Sie den richtigen 3D-Drucker, Make 5/19, S. 8
- » Peter König, 3D-Drucker für Maker, Make 5/19, S. 18

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

MK3S im *FREILab* gedruckt und dabei den kostenlosen eigenen Slicer des Herstellers benutzt, der auch mit anderen Druckern zusammenarbeitet.



**!** Im Freiburger Makerspace *FREILab* stehen mehrere 3D-Drucker des Typs Prusa i3 MK3S, die für verschiedene Einsatzzwecke mit Düsen unterschiedlicher Durchmesser bestückt sind.

# Badezimmer, Besteck & Geschirr

Zuerst erschien mir die Idee eher abwegig, ich könnte Geschirr oder Besteck ausdrucken. Irgendwie fing ich bei meiner Recherche auf unterschiedlichen Plattformen aber dennoch genau damit an und fand das *Credit Card Cutlery* (Kreditkartenbesteck), das mir sehr nützlich erschien: Ein Besteck nicht größer als eine Kreditkarte, das man zum Campen oder unterwegs im Geldbeutel mitnehmen kann **2**.

Ausprobiert habe ich auch einen Toast-Entferner – im Grunde eine Zange, mit der man ohne Verbrennungen den Toast aus dem Toaster herausnehmen kann. Dazu kam ein Schwammhalter fürs Badezimmer, weil mich dort schon lange der Schwamm stört, der auf dem Waschtisch liegt, aber nicht gescheit abtropft. Schließlich druckte ich noch als Ausdruck des edlen Lebensgefühls eine Etagere.

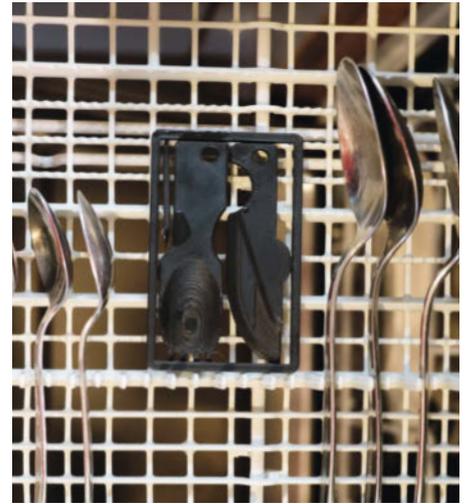
Bei allen Drucken von Gegenständen, die mit Lebensmitteln in Verbindung kommen, habe ich natürlich ein lebensmittelechtes Filament verwendet. Dabei kommt etwa Polypylen (PP) in Frage, was aber praktisch nirgends haftet (auch nicht auf den meisten Druckplattformen), oder PETG. Die 3D-Druck-Experten im *FREILab* rieten mir außerdem zu *Green-TEC* des Herstellers *Extruder*, der sein Material als hitzebeständig bis 120°C (nach ISO 306), lebensmittelecht und kompostierbar beschreibt. Es sollte bei 190°C Düsentemperatur mit einer beheizten Druckplatte (60°C) ausgedruckt werden.

## Kreditkartenbesteck

Normales Haushaltsbesteck auszudrucken erscheint mir etwas seltsam und auch nicht sozial akzeptabel: Was sollen Gäste denken, wenn ich ihnen Besteck aus gedrucktem schwarzem Plastik hinlege? Andererseits essen ja Menschen beim Camping und beim Grillen durchaus mit weißem Kunststoffbesteck. Das schon erwähnte Kreditkartenbesteck von Mike Fasig fand ich dann hinreichend sinnvoll, da es als Besteck für unterwegs seinen praktischen Nutzen hat, zumal man es immer dabei haben kann.

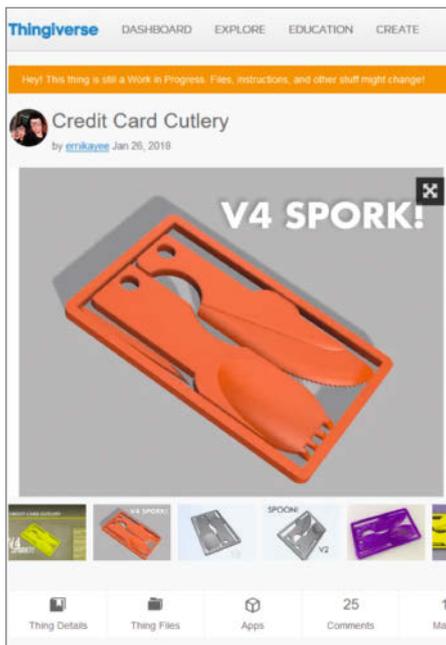
Das Download-Paket umfasst mehrere Dateien und ich wählte „V3 Spoon and Fork“ (Löffel und Gabel) und „V4 Spork and Knife“ aus (etwa „Gaffel“ und Messer – manche sagen zu einer Kreuzung aus Löffel und Gabel aber auch „Göffel“). Die Druckzeit mit beiden Dateien auf der Platte beträgt etwa zwei Stunden und der Preisrechner im *FREILab* meldete Materialkosten von 70 Cent.

Ich bekam noch den Tipp, mit Hilfe der verwendeten Software *PrusaSlicer* **3** das Modell auf die flache Seite zu legen („Place on Face“ oder „Auf Fläche legen“, je nach Spracheinstellung, auf der linken Seite im Fenster **4**). Damit wird diese Seite des Objekts eben. Das passt in diesem Fall gut, die STL-Datei aus dem Download-Paket steht von Haus aus seltsamerweise auf der Schmalseite.

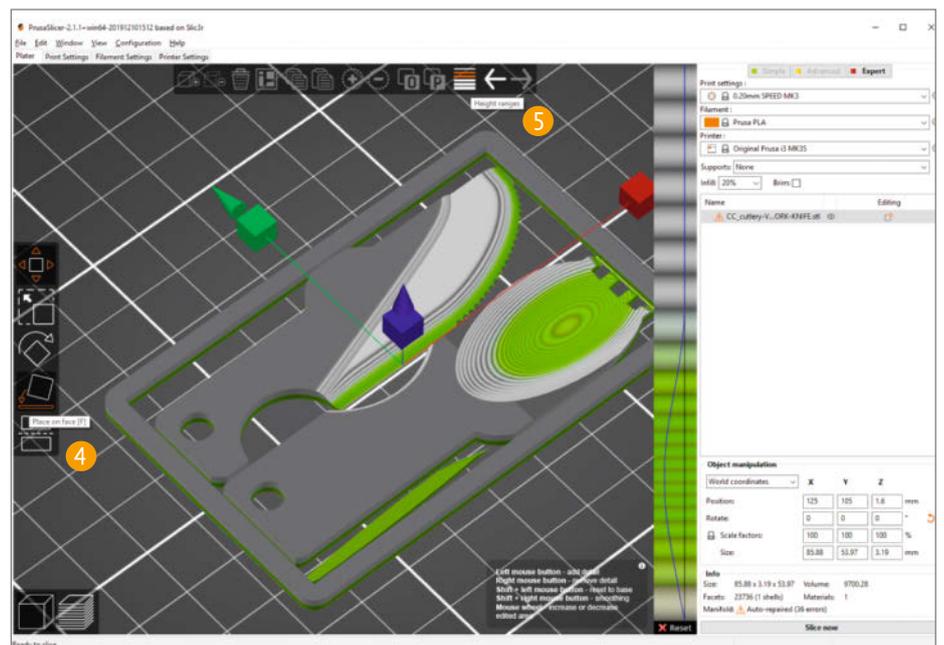


**6** Das mit dem lebensmittelechten *Green-TEC*-Filament gedruckte Kreditkartenbesteck überstand zwei Wochen in der Spülmaschine ohne sichtbare Veränderungen.

Grundsätzlich sollte man darauf achten, dass die Seite mit den meisten ebenen Flächen des Objekts auf dem Boden liegt, das spart auch den Ausdruck von Unterstützungsstrukturen (Support) und damit Material. Sollte der Druck eines Teils so liegend nicht funktionieren, lohnt sich hingegen oft der Versuch, ob es nicht stattdessen stehend klappt – man erlebt da durchaus Überraschungen.



**2** Das Kreditkartenbesteck auf Thingiverse gibt es in verschiedenen Kombinationen aus je zwei Esswerkzeugen.



**3** Die Software *PrusaSlicer* bietet raffinierte Funktionen wie die variable Schichtdicke und arbeitet nicht nur mit den Original-Prusa-Druckern zusammen, sondern auch mit vielen anderen Fused-Deposition-Modeling-Maschinen (FDM).



7 Sollte in keinem Haushalt mit Toaster fehlen – die Toast-Entfernungs-Zange.



8 Die Toastzange frisch aus dem Drucker, links sind noch Reste des Randes zu sehen, der die Haftung auf dem Druckbett verbessert, da die Grundfläche der Zange recht schmal ist.

Mit Hilfe der „Layers Editing“-Funktion (deutsch: „Höhenbereiche“ 5) im Prusa-Slicer kann man bestimmte Schichten dicker und andere dünner anlegen, um die Qualität des Ausdrucks an den filigranen Stellen zu steigern (im Screenshot erscheinen die dünneren Schichten grün eingefärbt). Dann werden auch die Zacken der Gabel schöner und die nicht so kritischen Teile kann man schneller drucken.

Ein erster Testdruck mit PETG in Schwarz klappte nicht, sodass ich es am nächsten Tag nochmal mit dem bereits erwähnten GreenTEC-Filament versuchte. Das ging. Wir haben das Besteck zwei Wochen lang in der Spülmaschine gehabt, um zu schauen, ob es dabei

Veränderungen gibt 6. Die konnten wir nicht feststellen.

### Toast-Entferner

Das dürfte vielen bekannt vorkommen: Man war zu faul, am Sonntag zum Bäcker zu laufen, aber es gibt leckeren Toast. Nur beim Herausheben aus dem Toaster fängt man sich – je nach Tiefe des Toasterschlitzes – regelmäßig kleinere Brandblasen ein. Abhilfe schafft die Toasterzange von Murray Clark 7. Die Druckzeit für das Werkzeug aus zwei beweglich gelagerten Teilen beträgt etwa zwei Stunden. Support wird nicht benötigt, aber meiner Erfahrung nach sollte man den

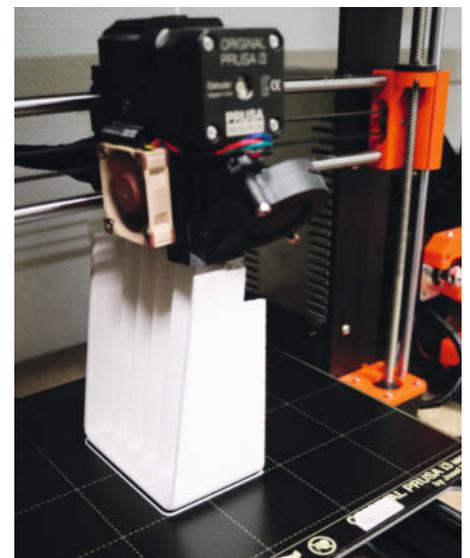
Infill-Wert auf 100 Prozent stellen. Ich habe das Gerät mit der Standardauflösung gedruckt (0,15mm Schichtdicke).

Der Druck ging liegend ohne große Probleme über die Bühne, man muss allerdings den für bessere Haftung auf dem Druckbett hinzugefügten Rand (Brim) entfernen, bevor man die Zange nutzen kann – lose Plastikfädchen will man ja nicht mitessen 8. Dann ein wenig das Gelenk 9 hin und her bewegen, damit es leichter geht. Als 3D-Druck-Anfänger faszinierte mich an diesem Objekt, dass man tatsächlich ein solches Drehgelenk in einem Stück drucken kann – auch wenn es sich dabei um eine Sollbruchstelle handelt. Denn der auf den Bildern ge-



10 Der Schwammhalter ist eine hohle Hülle und unten offen ...

11 ... deshalb druckt man ihn am besten auf der Rückseite stehend, so kommt man ohne Stützstrukturen aus.



zeigte Druck mit 60% Infill ist tatsächlich zerbrochen; ich werde mir die Zange jetzt noch mal drucken, mit einem Green-TEC-Filament, das auch höhere Temperaturen aushält und hoffentlich weniger spröde ist als PLA.

## Schwammhalter

Noch eine Lösung für ein notorisches Problem: Man hat im Bad oder in der Küche einen Schwamm, mit dem man Dinge und Flächen abwischt und der dann noch ein wenig feucht ist. Lässt man ihn im Waschbecken liegen, stört er dort beim Händewaschen oder Spülen; legt man ihn auf den Beckenrand, wird er auch nicht trocken. Mit dem Schwammhalter <sup>10</sup> hingegen bekommt der Schwamm seinen festen Platz und wird so gelagert, dass das Wasser nach unten aus ihm heraustreten und ins Becken ablaufen kann.

Ich habe meinen Halter nicht mit der Standard-0,4mm-Düse gedruckt, sondern mit einer auf 0,6mm gebohrten Düse und in der Slicer-Software die größte Schichtdicke ausgewählt <sup>11</sup>. Der Druck hat dann auch nur knapp 4 Stunden gedauert. Schließlich soll ein Schwammhalter ja auch einfach den Schwamm halten und muss nicht besonders edel aussehen. Er erfüllt im Badezimmer treu seine Dienste.



<sup>12</sup> Bitte zugreifen! Auf der Etage serviert schmecken die Süßigkeiten nochmal so gut.

## Etage

Das Reichen von unterschiedlichen Süßigkeiten zum Tee auf einer Etage ist Ausdruck eines gehobenen Lebensstils – leider sind entsprechende Teile aus Porzellan relativ teuer. Dank einer Vorlage bei *Cults3d.com* verbindet der 3D-Druck hier Tradition mit postmoderner Reproduzierbarkeit <sup>12</sup> – und das bei einem Materialpreis von weniger als 6 Euro. Gedruckt habe ich meine Etage wieder aus Green-TEC auf dem Prusa MK3 mit einer Schichtdicke von 0,20mm und dem

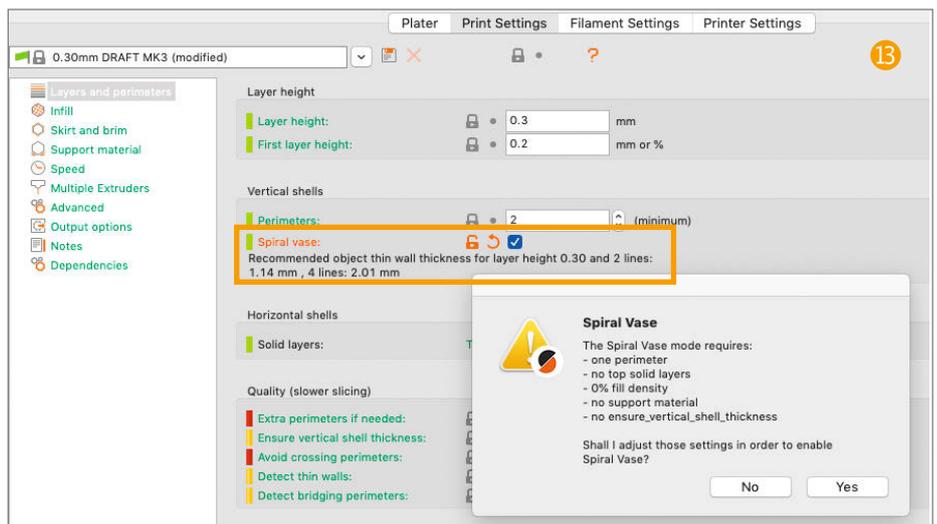
Speed-Profil dafür im Slicer. Der Druck dauert insgesamt mehr als 6 Stunden und man braucht zwei Durchgänge, da beide Teller in Originalgröße (etwa 14cm und 12cm Durchmesser) nicht zusammen auf die Druckplatte passen. Nach dem Druck entfernt man mit einem Tuch oder Schwamm lose Kunststoffreste und legt vorsichtshalber alles einmal in die Spülmaschine. Dann noch die Teile zusammenkleben und fertig. Wer passendes Gebäck sucht, findet übrigens beim selben Nutzer *OogiMe* auf Cults3D auch eine ganze Reihe von Plätzchenformen.

# Vasen

Über den Nutzen einer Etage kann man sicher streiten – und auch Vasen fallen für mich noch fast in die Nippes-Kategorie. Ich wollte aber unbedingt den Vasenmodus beim 3D-Druck ausprobieren und sehen, ob man damit auch dichte Objekte drucken kann.

Beim von mir verwendeten PrusaSlicer findet man die Checkbox für diesen Modus auf dem Reiter *Print Settings* oder *Druckeinstellungen* unterhalb der Menüleiste – einfach die Box anklicken und im folgenden Dialogfeld die Warnungen bestätigen <sup>13</sup>. Andere Slicer bieten Ähnliches, Cura zum Beispiel versteckt den Vasenmodus unter *Special Modes/Spiralize Outer Contour*.

Egal, wie er heißt, dieser Spiralvasen-Betriebsmodus schaltet die Füllung (Infill) ab, reduziert die Form auf die äußere Hülle und lässt diese oben offen. Außerdem legt er keine Unterstützerstrukturen an und macht den Druck weitestgehend wasserdicht – sofern die Vorlage nur kleine Überhänge hat. Der Druckkopf bewegt sich auf einer durchgehende Spirale nach oben und vermeidet dadurch die sonst üblichen sichtbaren Stellen beim Schichtwechsel.



Die meisten Druckvorlagen für Vasen sind schon für diesen Modus konstruiert. Daher braucht man sich nicht zu wundern, wenn das Modell zunächst aussieht wie ein solider Block – in der Vorschau auf die eigentlichen Werkzeugbahnen fehlt dann aber die Fül-

lung der obersten Schicht und aus dem Block wird so eine oben offene Vase <sup>14</sup>.

Wer statt Vasen Gehäuse drucken will, die auch dauerhaft ein paar Meter unter Wasser dicht halten sollen, findet in Make 2/19 ab Seite 18 viele praktische Tipps dazu. Meine



selbst gedruckten Vasen waren hingegen auch ohne besondere Tricks bis auf ein leichtes Schwitzen am Boden dicht. Damit das keine Folgen für den Teppich oder das Parkett hat, stellt man die Vase entweder auf eine Unterlage oder versieht ihren Boden mit einem Lack. Als Filament habe ich bei meinen großen Vasen das PLA *Multicolor Polarlicht* von *dasfilament.de* verwendet. So ergibt sich ein dezenter Farbverlauf.

### Tragbar ...

Mein Probestück war die *Wearable Planter Vase* von Colleen Jordan, eine sehr nette, sehr kleine Vase, die man sich umhängen kann **15**. Es empfiehlt sich, die Vase aufrecht und mit Stützstrukturen zu drucken – da das Datenmodell bereits eine Wandstärke und einen Hohlraum innen hat, muss der Vasenmodus hier deaktiviert bleiben. Da



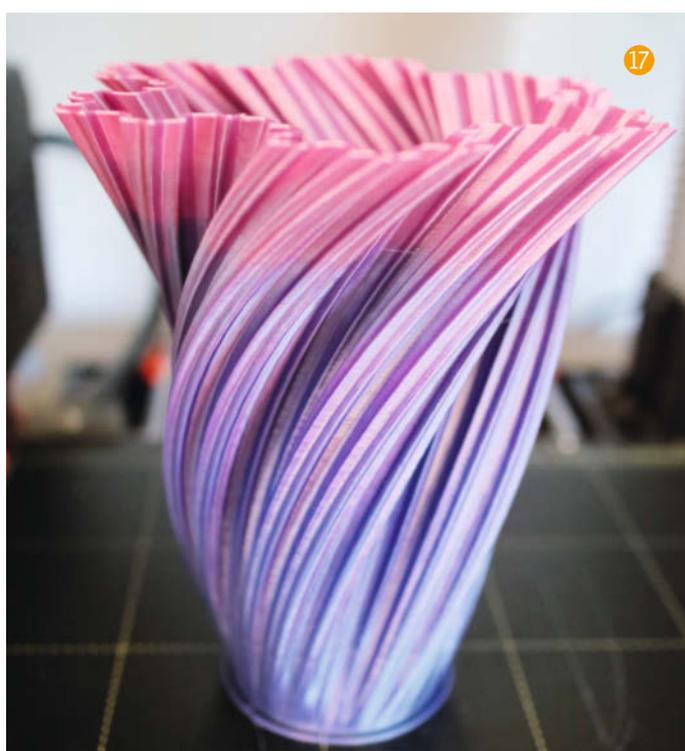
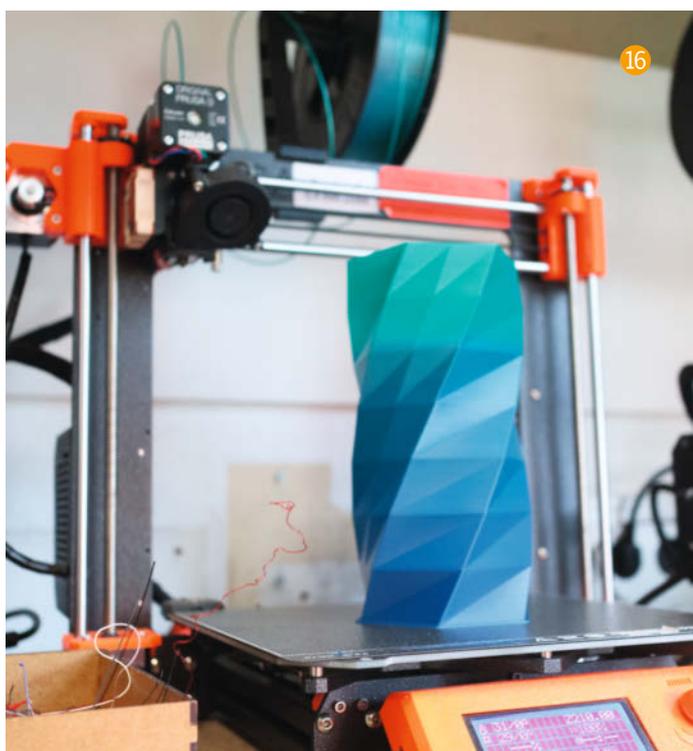
das Objekt nicht so groß ist, kommt es auch bei hohem Detailgrad in weniger als einer halben Stunde aus dem Drucker. Zusammen mit einer Kette oder Schnur hat man dann ein originelles Schmuckstück, in das man ein kleines Blümlein stecken kann.

### ... verdreht ...

Schon eher als Tischschmuck geeignet und durch das Farbverlaufsfilament sehr elegant anzuschauen ist die *Twisted 6-sided Vase Basic* von *Maak Mijn Idee* bei Thingiverse **16**. Das gewählte Filament bringt die Dreiecksformen dieses schon zum 3D-Druck-Klassiker gewordenen Objekts noch schöner zur Geltung. Die Vase habe ich mit der 0,4mm-Düse aufrecht und im Vasenmodus gedruckt. Mit dem Druckprofil für hohe Qualität hat das etwas mehr als 4 Stunden gedauert.

### ... und nerdig

Es gibt allein bei Thingiverse Dutzende einigermaßen geschmackvolle Vasen – um dieses Thema aber nicht ausufern zu lassen, stelle ich nur noch eine weitere vor: Die *Another Koch Snowflake Vase* von Amit Nehra habe ich mit einer 0,6mm-Düse gedruckt, was dann nur 2,5 Stunden dauerte **17**. Beim Download bekommt man zwei STL-Dateien, die eine mit modellierter Wandstärke und Hohlraum im Inneren, die andere massiv und gut für den Vasenmodus geeignet. Die Gestaltung orientiert sich an der sogenannten kochschen Kurve, dem ersten beschriebenen fraktalen Objekt, beziehungsweise der daraus konstruierbaren „Schneeflocke“, die den horizontalen Querschnitt bildet. Man kann aber auch einfach sagen, dass die daraus entstandene Form gut aussieht.



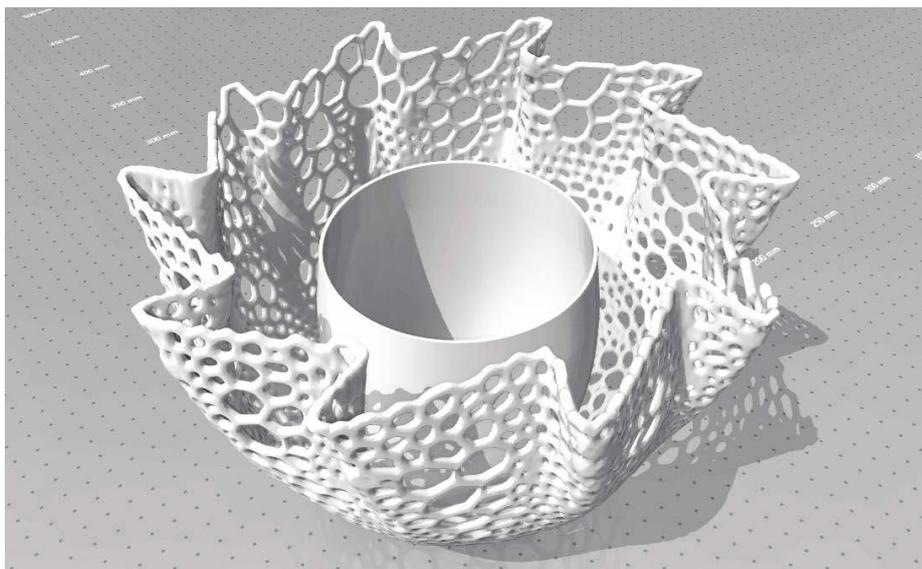
# Lampe

Auch Lampen scheinen ein populärerer Gegenstand zum Drucken zu sein. Im Netz findet man solche, die komplett vom Fuß bis zum Schirm als Vorlagen zum Drucken verfügbar sind, aber auch andere, die etwa auf günstige IKEA-Lampenaufhängungen oder Füße aufsetzen. So kann man durch einen selbstgedruckten Schirm ein Massenprodukt individualisieren und anpassen.

Bei allen Lampen wurden mir Druckzeiten von deutlich über einem Tag angegeben. Lampenschirme sind gemessen an den sonst im 3D-Druck üblichen Objekten nun mal eher groß. Aufgrund der Anwesenheitsregel im Makerspace *FREILab* war es mir nicht möglich, dort einen oder mehrere Schirme zu drucken. Daher habe ich mir einen Lampenschirm bei einem 3D-Druckdienst im Internet bestellt. Das hat prima geklappt, aber der Preis bewegte sich mindestens in ähnlichen Regionen wie der für einen fertigen Glasschirm.

## Voronoi statt Glas

Am Anfang stand ein Unfall: Bei einem Putzmannöver wurde der teure Glasschirm einer Stehlampe meiner Eltern beschädigt. Auf der Suche nach einem Ersatz habe ich die Lampenschirm-Modelle bei *Cults3d.com* angeschaut und mich für den *Voronoi Flower Lampshade* <sup>18</sup> entschieden. Wegen der langen Druckzeit habe ich den mit *Cults3d* verbundenen Druckdienst *Craftcloud by All3DP* genutzt und das Objekt dort bestellt. Der Dienst bot unterschiedlichste Optionen an, vom Drucken mit PLA für unter 50 Euro bis hin zu Metallen für mehrere hundert Euro. Ich entschied mich für weißes PLA. Nach einer Woche kam der saubere Druck in einem großen Paket mit viel Verpackungsmaterial mit DHL. Er liegt auf dem Stehlam-



<sup>18</sup> Der Voronoi-Lampenschirm hat im Inneren eine dünne Diffusor-Schale, damit das Leuchtmittel nicht durch die Löcher blendet.

penfuß zwar nicht fest auf, wird aber durch die Glühbirne gehalten – daher wackelt er, kann aber nicht runterfallen <sup>19</sup>.

Die meisten Druckmodelle sind bereits auf die weit verbreitete E27-Fassung ausgerichtet. Die hat einen Außendurchmesser von genau 27 Millimetern und ist als Fassung für die normalen Birnen in den meisten konventionellen Lampen zu Hause zu finden. Daneben gibt es noch die kleinen Mignon-Fassungen E14, in die meist kerzenförmige Glühlampen bis 40 Watt gedreht werden dürfen, die man oft bei kleineren Lampen findet. Verwendet man LED-Leuchten, ist die Wärmeentwicklung meist kein großes Problem mehr – andere Leuchtmittel sollte man gerade deswegen bei 3D-gedruckten Schirmen, speziell aus PLA, auch vermeiden – das Material wird ab 70°C bereits weich!



<sup>19</sup> Der Lampenschirm in Aktion

## Tools für Maker



PORTOFREI  
AB 15 €  
BESTELLWERT



heise shop

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

© Copyright by Maker Media GmbH.

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

# Möbel

Es gibt Situationen, da braucht man schnell bestimmte Möbel: Etwa für ein Fest, für einen Messestand oder eine Aktion in der Stadt. Oder einfach auch nur, weil man gerade umgezogen ist oder nur vorübergehend an einem Ort wohnt.

Aber kann man „richtige Möbel“ aus dem 3D-Drucker rauslassen? Die sind ja deutlich größer als der übliche Bauraum von vielleicht maximal 30cm in alle drei Dimensionen. Und selbst wenn man einen sehr großen Drucker zur Verfügung hat, braucht man für ein Möbel dann auch Unmengen an Filament und vor allem Druckzeit. Aber man ist in diesem Fall deutlich freier in der Formgebung und hat so die Möglichkeit, sehr viel spektakulärere Designs zu verwirklichen – etwa wie beim beleuchteten Hocker von Adafruit, den wir leider wegen der nötigen Druckdauer nicht nachgebaut haben (aber trotzdem verlinken).

Beim Recherchieren stieß ich aber schnell darauf, dass die meisten Projekte oder Anleitungen für Möbel aus dem 3D-Drucker nur die Verbindungsteile drucken und der eigentliche Korpus aus Holzplatten besteht. Diese verbinden entweder die Teile des Korpus direkt, was sich für Schränke gut eignet, oder das Konzept setzt darauf, nur Verbindungsteile mit Stangen oder Holzlatten zu verbinden und dann erst die Bretter etwa für die Regale darauf zu legen. Alles in allem schien mir aber der Gedanke bestechend, zuhause den Drucker für Verbindungselemente anzustellen, dann in den Baumarkt zu fahren, mir dort Platten zuschneiden zu lassen und dann daheim alles zu individuell angepas-

ten Möbelstücken zusammenzustecken – praktisch ohne Schrauben und fast ohne Werkzeug.

Da ich gerade keine Wohnung einzurichten hatte und entsprechende Offerten an Freunde, die gerade umziehen, leider auch negativ beschieden wurden, habe ich beschlossen, mir einfach einen neuen Nachttisch und ein Beistellschränkchen zu bauen. Dafür habe ich verschiedene Verbindersysteme ausprobiert.

## Universelle Verbinder

Die ersten Teile für ein Möbel, die ich mir ausgedruckt habe, stammten aus dem System *Universal Joint (plywood 6mm thick)* von Costantino Montanari. In jeder Datei ist jeweils eine Art Verbinder enthalten. Für ein konkretes Möbel braucht man diese nur noch in der gewünschten Anzahl auszudrucken und sich im Baumarkt 6mm dickes Plattenmaterial zurechtsägen zu lassen <sup>20</sup>.

Für meinen Nachttisch brauche ich für die Platte oben vier Ecken (*Giunto\_L.stl* <sup>21</sup>) und vier Kantenverbinder (*Rifinituara\_L.stl*, fehlen noch auf dem Bild). Für die Füße je zweimal *Giunto\_Piede\_1.stl* <sup>22</sup> und *Giunto\_Piede\_2.stl* <sup>23</sup>. Dann soll das Nachttischchen noch einen Zwischenboden haben, damit man nicht nur oben und in Fußnähe was daraufstellen kann. Dafür brauchte ich pro Zwischenboden noch vier *Giunto\_T.stl* <sup>24</sup>. Als besonderes Feature habe ich auf der rechten Seite und in die Platte oben ein Loch gebohrt, um Kabel zum Laden des Smartphones und für eine Mehrfachsteckdose hindurchzuführen <sup>25</sup>.

Die 3D-Teile habe ich in zwei Fuhren gedruckt, weil nicht alles auf einmal auf die Druckplattform passte <sup>26</sup>. Das hat dann mit schwarzem PLA, 20 Prozent Infill und dem Druckprofil 0,2mm *Speed* am Ende 5 und 4 Stunden gedauert <sup>27</sup>. Außerdem habe ich mir einen Prototyp aus Pappe gebastelt, um mir das Möbel vorab zu visualisieren <sup>28</sup>.

## Modulare Möbel

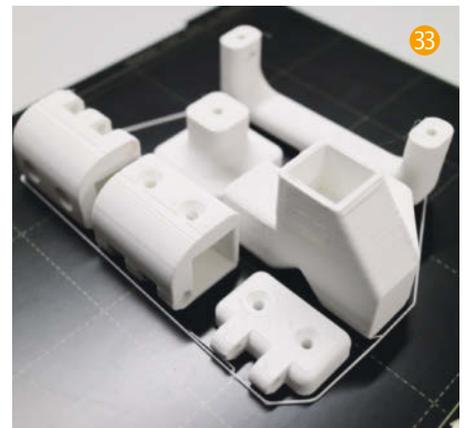
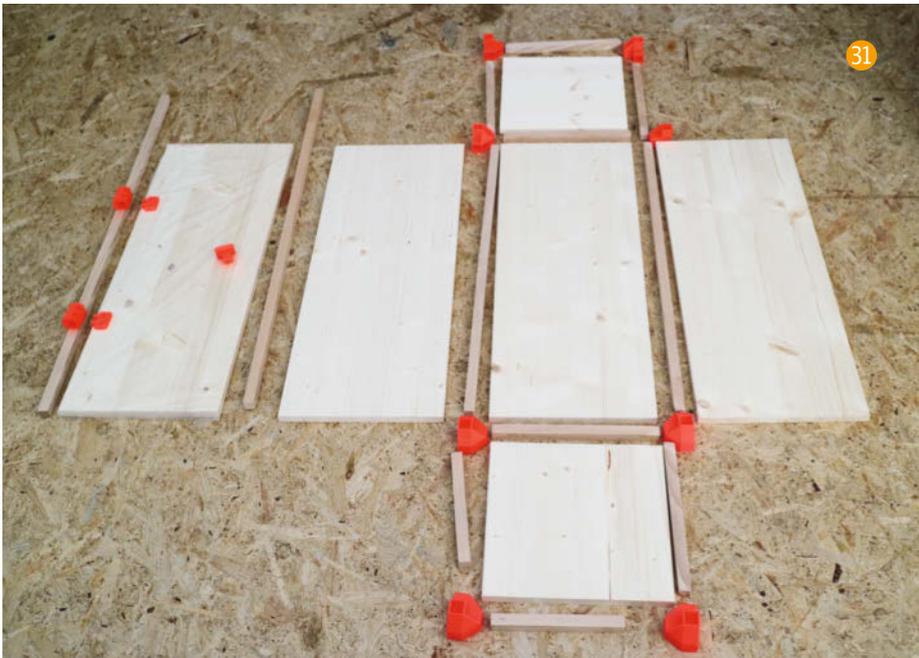
Das zweite System, das ich getestet habe, stammt vom Projekt *Chururata*. Chururata hat eine ganze Reihe von 3D-druckbaren Möbelverbindersystemen entwickelt. Das *Modular Furniture Connector Kit* bietet insgesamt 53 verschiedene Verbindungsstücke, darunter auch solche, um Regale an die Wand zu schrauben, Scharniere oder Türkäufe. Alle Teile des Systems sind durch ein ausgeklügeltes Abkürzungssystem benannt, das auf der Webseite erklärt wird.

Ich habe das System verwendet, um mir ein Beistellschränkchen für mein Sofa zu bauen <sup>29</sup>. Obendrauf ist Platz für Bücher und Getränke, außerdem sollten darunter meine Mülleimer verschwinden. Ich brauchte also eine Tür mit zwei Scharnieren <sup>30</sup>, einen Boden und einen Deckel, eine Rückwand und zwei Seitenwände <sup>31</sup>. Praktischerweise sind die Verbindungsstücke schon auf 18mm ausgelegt, sodass ich Standardplatten aus dem Baumarkt verwenden konnte. Als Streben mit dem vorgesehenen Querschnitt von 20mm x 20mm verwendete ich Kanthölzer aus Buche, die passten am besten in die Verbindungsstücke.





30 Die Scharniere (hier eine weiß gedruckte Variante) bekommen eine Achse aus einer Gewindschraube und gehören zu den wenigen Verbinderteilen, die mit Schrauben am Möbel befestigt werden müssen.



Als Einzelteile aus dem 3D-Drucker brauchte ich für oben hinten zweimal 02a90W, für oben vorne 07aTL und 07aTR, für unten zweimal 03a90FW und für vorne unten je 07dFL und 07dFR. Als Scharniere druckte ich zweimal 06aHR und 06bHW und als Türknauf 08d-knob aus 32. Das Ganze dauert mit der 0,6mm-Düse mit dem größten und schnellsten Profil Draft noch rund 9 Stunden 33.

Wenn man in den Baumarkt geht, hat man am besten die Verbindungsstücke schon gedruckt und dabei und kann beim Suchen nach den passenden Holzleisten testen, ob die auch gut reinpassen. Sollte es nichts exakt Passendes geben, kann man mit

einem Schleifgerät auch die Enden etwas verjüngen. Auf die gewünschte Länge zuzüngen klappt sogar mit einem guten alten Fuchsschwanz. Es ist sinnvoll, den Zusammenbau zunächst mal zu testen und die Verbindungsstangen gegebenenfalls zu kürzen, um Abweichungen beim Sägen oder beim Drucken noch auszugleichen.

Für den Korpus habe ich einfach 18mm-Leimholzplatten aus Fichte verwendet, aber selbstverständlich kann man sich im Baumarkt auch beliebiges anderes 18mm dickes Material zurechtsägen lassen. Selbst eine passende Marmorplatte für die obere Fläche wäre denkbar und sicher auch schön – das fertige Möbel wirkt stabil genug dafür. Vor-

sicht ist allerdings bei Span-, OSB- und Sperrholzplatten geboten – manche enthalten giftige Formaldehyde, aber auch sonstige Ausgasungen etwa aus dem verwendeten Leim oder Bindemittel können empfindliche Menschen reizen.

Beide getesteten Systeme haben jeweils ihre Grenzen: Beim *Universal Joint* gibt es keine Scharniere, daher kann man damit Regale bauen, aber keine Schränke. Beim *Modular Furniture Connection Kit* gibt es Schranktüren und Knäufe, aber für jeden Einlegeboden muss man die Holzteile unterbrechen und vier neue Konnektoren ausdrucken. Die Preisbilanz: Man kommt mit 3D-Druck-Hilfe beim Möbelbau zwar billiger weg als mit einem Kallax-Element von IKEA ähnlicher Größe, die einfachsten Kellerregale aus dem Baumarkt unterbietet man damit aber nicht. Der Vorteil liegt hier eher darin, dass sich auf diese Weise Möbel mit ganz individuellen Maßen zusammenstellen lassen.

# Für Behinderte

Eine Gruppe sollte man beim „Schöner Leben“ nicht vergessen: Menschen, die vielleicht eine Behinderung oder Beeinträchtigung haben und die deshalb Dinge nicht so einfach oder gut greifen können, schlechter sehen oder einen Rollstuhl nutzen. Speziell ihnen hilft ein 3D-Drucker im Alltag besonders gut.

So bietet IKEA zusammen mit der israelischen NGOs *Milbat* und *Access Israel* unter dem Namen *ThisAbles* eine Reihe von 3D-druckbaren Zusätzen zu seinen Möbeln (und auch denen anderer Hersteller) an, die deren Bedienung vereinfachen (siehe auch *Make 2/19*, S. 88). Man findet darunter etwa *Curtain Gripper*, mit dem man einen Vorhang leichter greifen und öffnen kann. Ähnlich funktioniert auch ein Schranktüröffner <sup>34</sup>.

Ein sehr schönes Projekt für Blinde ist *TouchMapper*, mit dem man leicht aus Open Street Map <sup>35</sup> 3D-druckbare Modelle zum Tasten von Karten und Stadtplänen erstellen und herunterladen kann. Es lassen sich unterschiedliche Detailgrade und Auflösungen auswählen. Der Druck dauert je nach Größe und Düse etwas um eine Stunde. Dabei werden die Daten aus Open Street Map geladen und dann in ein Relief umgewandelt. Sehbehinderte können mit ihrem Finger den Ausdruck abfühlen und sich so orientieren. Allerdings ist es hilfreich, wenn beim Fühlen eine sehende Person dabei ist, die erklärt, was sich wo befindet, denn eine

Braille-Beschriftung haben diese Drucke nicht <sup>36</sup>.

Es handelt sich auf der anderen Seite aber auch nicht um echte 3D-Modelle des gezeigten Ausschnitts, da etwa alle Gebäude dieselbe Höhe haben und Wege als tastbare Stege aus dem Untergrund hervortreten. Auch werden Hügel nicht als Relief ausgeprägt, hingegen tauchen Flüsse nicht als vertieftes Bett, sondern erhabenes Wellenmuster auf.

Viele Rollstuhlnutzende kommen nicht in Geschäfte oder andere Gebäude, weil eine Stufe ihren den Zugang blockiert. Für diese Fälle hat der Behindertenrechtsaktivist Raul Krauthausen eine einfache, aber lange (17 Stunden bei 10 Prozent Infill!) zu druckende Rampe beziehungsweise einen Keil entwickelt. Man kann den Keil mit einem weiteren kombinieren, um größere Stufen zu überwinden. Im Gegensatz zu einem Keil aus Holz oder Metall ist der aus dem Drucker leichter und einfacher zu transportieren.

## Fazit

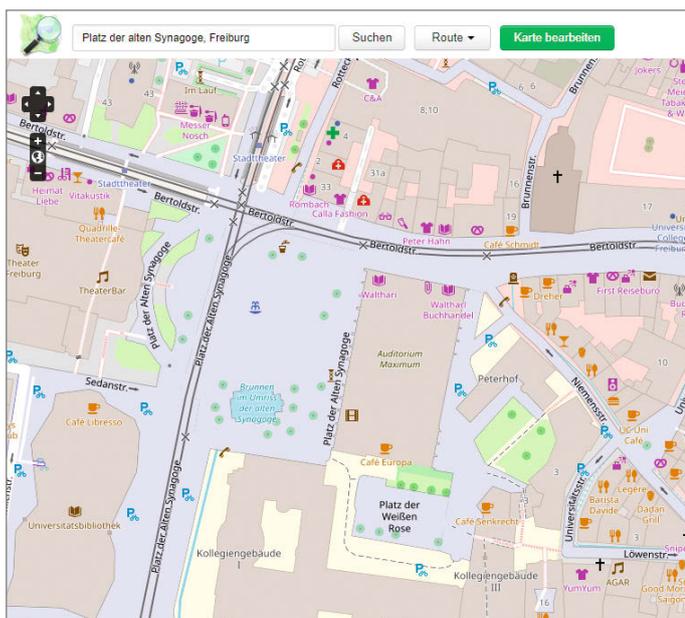
Wie sich in meinen Versuchen zeigte, bietet der 3D-Drucker eine Reihe von Möglichkeiten, das Alltagsleben jenseits von Maker-Projekten ganz praktisch zu verbessern und zu verschönern, gerade auch für besondere Bedürfnisse oder Ideen außerhalb der



<sup>34</sup> Den Schranktüröffner habe ich auch mal in meinem Badezimmer ausprobiert – er verhindert auch Fingerabdrücke bei Spiegeltüren.

Norm. Allerdings muss man sich ein wenig einarbeiten und Geduld mitbringen.

Als Einsteiger hat mir sehr geholfen, bei meinen Tests nicht alleine auf mich gestellt zu sein, sondern auf die Hilfe und Erfahrung von erfahrenen 3D-Druck-Experten aus dem *FREILab* zurückgreifen zu können. Inzwischen habe ich mir einen eigenen 3D-Drucker zugelegt, ebenfalls einen Prusa i3 MK3 (siehe auch Seite 120), sodass ich in Zukunft auch Drucke in Angriff nehmen kann, die länger dauern, als der Makerspace offen hat. —pek



<sup>35</sup> Aus den Kartendaten von Open Street Map in einem frei wählbaren Ausschnitt und Maßstab ...



<sup>36</sup> ... erzeugt Touch Mapper druckfähige und tastbare Planquadrate wie dieses der Umgebung des Platzes der Alten Synagoge in Freiburg.



# Toaststempel

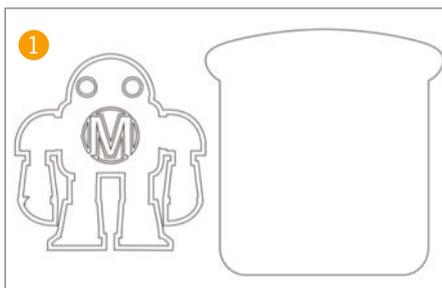
Ob für ein Frühstück mit den Liebsten oder eine nerdige Party:  
Mit diesem Prägestempel wird aus Toast Kunst. Yeah Toast!

von Bob Knetzger (Übersetzung: Niq Oltman)

Um individuelle Muster auf ein Stück Toastbrot zu prägen, braucht man nur einen selbstgebauten Prägestempel. Er besteht aus einer einfachen 3D-Form, die man mit minimaler Ausrüstung von Hand herstellen kann. Wer Zugang zu einem Lasercutter hat, kann das Projekt mit diesem in wenigen Minuten fertigen. Die Prägeform lässt sich auch prima 3D-drucken. Die gezeigte Version zaubert unser Maskottchen *Makey* auf den Toast, aber man kann natürlich auch jedes andere Motiv herstellen.

## Herstellung von Hand oder mit dem Lasercutter

Für die Herstellung von Hand klebt man einen Ausdruck des Motivs auf ein etwa 5mm dickes Stück Acrylglasplatte und sägt es aus. Es gibt verschiedene Arten von Acryl, aus denen man wählen kann: Extrudiertes Acryl lässt sich besser laserschneiden und kleben – gegossenes Acryl kann man dafür besser von Hand schneiden. ① zeigt unser



Beispielmotiv. Die Datei befindet sich unter den Downloads in der Kurzinfo. Die Rückplatte in Toastscheibengröße und die kleineren Teile für das Prägemuster schneidet man mit einer Säge aus dem Acryl. Es empfiehlt sich, langsam zu sägen, da Acrylglas spröde ist. Keine Sorge, wenn eine Ecke abbricht: die Teile werden auf die Rückplatte geklebt, so dass kleine Lücken oder Risse nicht in der geprägten Form sichtbar sind.

Meine Teile habe ich auf einem Glowforge-Lasercutter aus Acryl zugeschnitten ②



und 3. Der Lasercutter wird auf volle Leistung und Geschwindigkeit 1000 gestellt. In den Links in der Kurzinformatik gibt es die Vektor-Dateien im Illustrator- oder SVG-Format zum Herunterladen. Die Teile fügt man mit einem Acrylkleber auf Dichlormethan-Basis zusammen. Dies macht man am besten in einem gut gelüfteten Raum 4. Die Klebestellen müssen vollständig ausgehärtet sein, bevor der Stempel Lebensmittel berührt.

### Herstellung mit dem 3D-Drucker

Die Form ist so unkompliziert, dass man sie auch einfach 3D-drucken kann. In einem 3D-Konstruktionsprogramm wie TinkerCAD extrudiert man die 2D-Konturen aus der Vorlagedatei und fügt sie aneinander. Die Form sollte so ausgerichtet sein, dass die Rückplatte auf dem Druckbett liegt und zuerst gedruckt wird.

### Kreativ werden

Prägestempel-Ideen: Wie wäre es mit einem Motiv für ein opulentes Geburtstagsfrühstück, zum Valentinstag oder für eine Fete? Für eigene Designs kann man die bestehende Rückplatte als Basis nehmen. Nicht vergessen, dass die Form gespiegelt werden muss, damit sie auf dem geprägten Toast richtig herum erscheint.

### Ran an den Toast!

Den Prägestempel drückt man fest auf eine Scheibe Brot und toastet sie anschließend. Am besten geht das mit Weißbrot: es lässt sich mit guter „Auflösung“ zusammenpressen 5. Die in Form gepressten Linien bleiben weiß, während der Rest schön knusprig braun wird. —rehu

## Kurzinformatik

- » Individuelle Motive in Brot toasten
- » Prägeform von Hand, mit Lasercutter oder 3D-Drucker fertigen
- » Eigene Motive erstellen

### Checkliste

-  **Zeitaufwand:**  
etwa 1 bis 2 Stunden
-  **Kosten:**  
circa 10 bis 20 Euro
-  **Maschinen:**  
Lasercutter
-  **3D-Druck:**  
optional

Alles zum Artikel  
im Web unter  
[make-magazin.de/xet1](http://make-magazin.de/xet1)

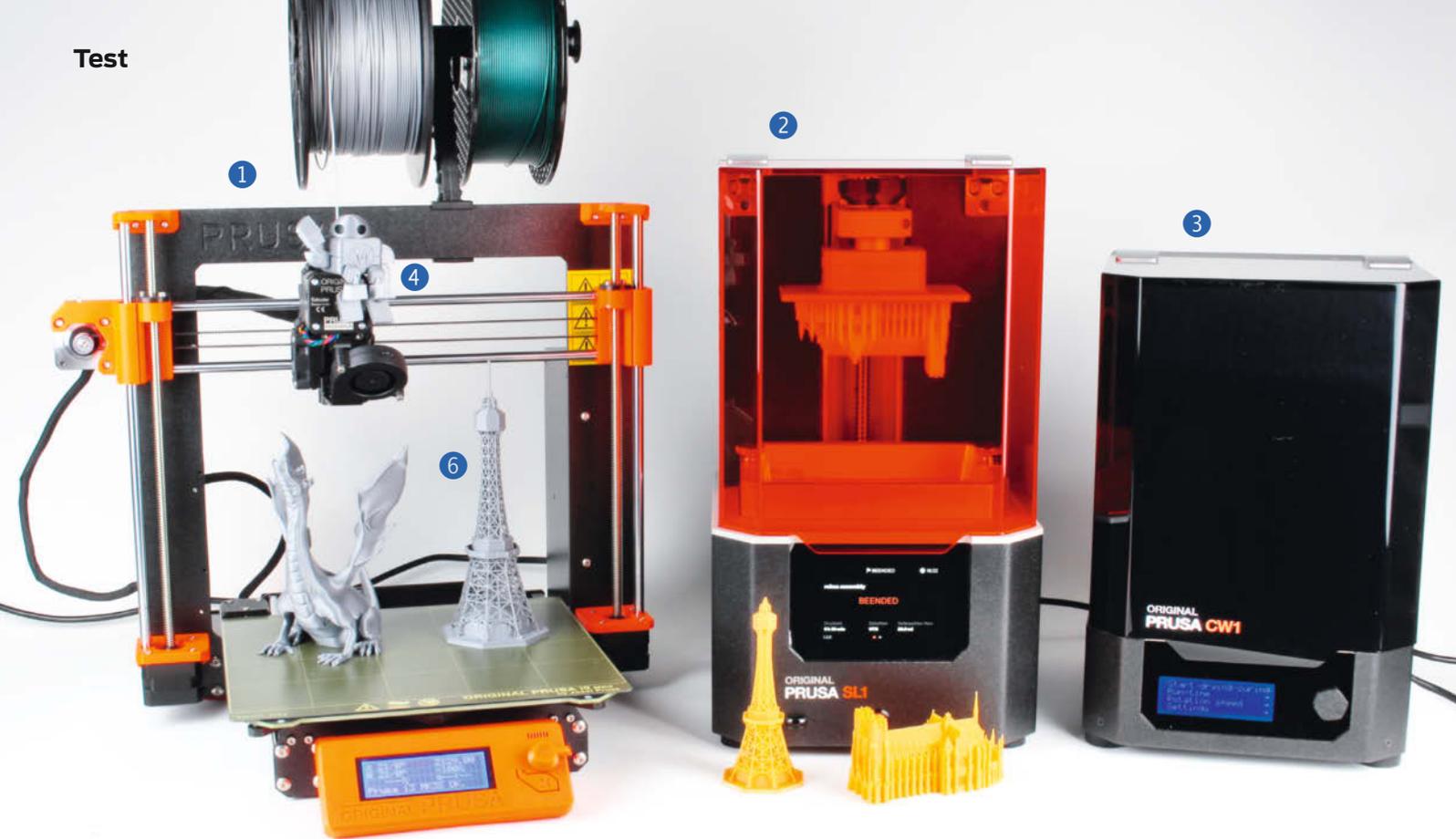
### Werkzeug

- » Lasercutter oder wahlweise Band-, Bügel- oder Gestellsäge
- » Kleiner Pinsel zum Auftragen des Acrylklebers
- » Alternativ 3D-Drucker statt des Lasercutters

### Material

- » Acrylglasplatte 5mm dick
- » Acrylkleber auf Dichlormethan-Basis





# SL1 und i3 MK3S 3D-Drucker von Prusa

Josef Průša aus Prag und seine Firma Prusa Research sind beim FDM-3D-Druck mit geschmolzenem Plastik eine große Nummer. Jetzt gibt es von ihm auch einen Flüssigharzdrucker mit UV-LCD. Wir haben von Prusa zwei Geräte zum Testen bekommen, die man eigentlich nicht vergleichen kann. Oder doch?

von Peter König

Schon vor Weihnachten war Bescherung in der Make-Redaktion. Aus Prag kamen zwei Geräte zum Testen, auf die wir schon sehr neugierig waren: Einmal der FDM-Drucker *Original Prusa i3 MK3S* (1), das aktuelle Spitzenmodell des Herstellers. Dazu noch der *Original Prusa SL1* (2), der erste Wurf der Firma in Sachen Resin-Druck. Und weil diese Technik zwar beim eigentlichen Druck leise und sauber ist, die Nachbereitung aber eine echte Panscherei mit Gummihandschuhen und Isopropanol, bekamen wir zusätzlich noch die optionale *Curing and Washing Machine* (3) zur Verfügung gestellt, die im Prinzip aus einem Magnetrührer und einer geheizten UV-Licht-Kammer mit Drehteller und Timer besteht.

Die Maschinencodes für beide Drucker bereitet man mit derselben Software vor,

dem kostenlosen *PrusaSlicer*, der sich auch für andere Drucker konfigurieren lässt und interessante Spezialfunktionen bietet (siehe auch Seite 108). Wir werden diese Open-Source-Software in einer der kommenden Ausgaben noch ausführlich vorstellen.

## FDM-Drucker: i3 MK3S

Die Bauform des i3 MK2S wird den allermeisten 3D-Drucker-Besitzern bekannt vorkommen – schließlich ist dies das Original zu den weitverbreiteten „Prusa-Klonen“, die meist billig aus Fernost kommen. Im täglichen Gebrauch des „echten“ Prusa merkt man allerdings auch schnell, was den Unterschied macht – in erster Linie die hochwertigen mechanischen Komponenten. Der i3 von Prusa Research ist absolut solide gebaut, druckt



sehr präzise und dabei auch noch leise. Bei der Druckqualität erreichte er im seit Jahren von uns genutzten Testverfahren die höchste Punktzahl, die je ein 3D-Drucker bei uns erreicht hat, und damit eine glatte Note *sehr gut* (4) Details und mehr Fotos von Testobjekten siehe Link in der Kurzinfor.

Die vorgefertigten Druckprofile im *PrusaSlicer* gehen hinunter bis zu einer Schichtstärke von 0,05mm. Unserer Erfahrung nach braucht man die aber allerdings eher nicht – in der Praxis sah unser 3cm kleiner Mini-Makey mit 0,15mm horizontaler Auflösung (5) sauberer aus als sein Zwilling mit dreimal so feinen Schichten, an dem manches unerwünschte Materialfädchen hing.

Viele kleine Details machen das Leben mit dem i3 MK3S leichter: So besteht das Druckbett aus einem kunststoffbeschichteten Fe-

derstahlblech, das von Magneten auf dem Heizbett gehalten wird. Nach dem Druck nimmt man es ab, biegt es etwas, und die Drucke lösen sich mühelos und wie von selbst. Vor jedem Druck misst der Kopf die Distanz zum Bett an neun Punkten ein, was nur wenige Sekunden dauert. Den einmal justierten Abstand zwischen Düse und Druckbett stellt der Drucker immer wieder zuverlässig her. Für unterschiedliche Druckbett-Auflagen (neben dem glatten Federstahl gibt es noch eine mit rauer Oberfläche) kann man unterschiedliche Z-Versatz-Presets speichern. Ein Filamentsensor erkennt, ob Material nachkommt, was nicht nur den Filamentwechsel weitgehend automatisiert, sondern auch vor Fehldrucken durch mangelnden Nachschub schützt.

### Resin-Drucker: SL1

Wer vom plastischschmelzenden FDM-3D-Druck zum lichterhärtenden, flüssigen Kunstharz (Resin) wechselt, muss umdenken, denn diese Drucktechnik funktioniert nach anderen Regeln. Während filigrane Streben nach schräg oben bei Gitterturmmodellen auf FDM-Maschinen selten sauber rauskommen ⑥, sind die für Resin-Drucker überhaupt kein Problem ⑦. Dafür gibt es gerade bei solchen delikaten Architektur-Miniaturen nach dem Druck ganz andere Herausforderungen zu meistern: Denn was der Drucker da so hauchzart mit Licht gebaut hat, muss in viel Isopropanol abgespült, sorgfältig getrocknet und mit UV-Licht nachgehärtet werden (mehr zur Technik allgemein siehe Link). Die mitgelieferte Spezialwaschmaschine (einzeln 700 Euro, im Bundle mit dem Drucker 400 Euro Aufpreis) macht das erträglicher, weil sie den Vorgang weitgehend automatisiert – überschüssiges Harz muss man aber doch noch von Hand mit dem Spachtel abstreifen und dabei aufpassen, dass man nicht den Drucker einsaut ...

Ob mit oder ohne Waschmaschine: Am Ende muss man das Objekt mit Hilfe eines angeschliffenen Metallspachtels vom Metall-Drucktisch abhebeln – und die Werkstücke sitzen überraschend fest und sind erstaunlich empfindlich. Als Abhilfe kann man den Slicer das Objekt nicht direkt auf die Bauplattform setzen, sondern durch einen automatisch generierten Wald von Stützen unterfüttern lassen. Doch die Stützautomatik ist nicht perfekt – wir konnten mehrmals kleine Fehler an exponierten Stellen unserer Objekte beobachten, für die der Slicer keine Stütze angelegt hatte.

Wir haben für unsere Testobjekte durchgehend das mitgelieferte Harz von Prusa benutzt. Das funktioniert sehr gut und ist im Vergleich zu anderem Material auf dem Markt mit 58 Euro pro Kilo noch relativ günstig. Für

Funktionsteile wie ein neues Ritzel für unser Nähmaschinenprojekt von Seite 106 erwies sich das Material allerdings als zu spröde, beim Anziehen der Schrauben zur Befestigung auf der Achse zerbrach das Teil. Da der SL1 aber mit der Standard-Wellenlänge von 405nm arbeitet, kann man auch beliebiges Harz von anderen Herstellern mit abweichenden Eigenschaften benutzen – der PrusaSlicer enthält bereits eine lange Liste fertiger Profile für Material von dritter Seite.

Verglichen mit echten Stereolithographie-Maschinen, die jede Schicht mit einem Laserstrahl zeichnen, arbeitet der SL1 recht schnell – das eingebaute UV-LCD belichtet standardmäßig jede Schicht in gerade mal 6 Sekunden. Unser 24mm hohes Test-Türmchen mit Schichtdicken von 0,05mm war nach 1 Stunde und 45 Minuten fertig ⑧ – auf dem i3 wäre der Druck bei identischer Schichtdicke nur eine halbe Stunde schneller gewesen.

### Einschätzung

Machen wir es kurz: Die beiden Drucker sind in ihrer jeweiligen Gerätekategorie das Beste, was wir jemals im Testlabor hatten, und für Vieldrucker ihren vergleichsweise hohen Preis auf jeden Fall wert. Etwas Geld kann man sparen, wenn man die Geräte als Kit kauft – einen Erfahrungsbericht über den Aufbau des i3 MK3 aus dem Bausatz lesen Sie online (Link am Ende des Artikels).

Der i3 MK3S arbeitet so zuverlässig, dass es schon fast langweilig ist: Druckauftrag anwerfen, weggehen, wiederkommen, perfekt. Mit dem SL1 ist es ähnlich – wir hatten während des gesamten Testzeitraums nur einen einzigen Fehldruck zu beklagen: ein massives Gebäudemodell, bei dem Schichten zu fest am Beckenboden hafteten und sich vom Werkstück abpölpelten. Alle anderen Probleme beim Harzdruck mit dem SL1 waren marginal und ausschließlich darauf zurückzuführen, dass die Automatik im Slicer besser noch ein paar mehr Stellen gestützt hätte – mit etwas Erfahrung ahnt man die Problemzonen aber voraus und kann noch manuell weitere Stützen einfügen. Positiv fiel in all diesen Fällen auf, dass Details höchstens verbogen oder



abgeknickt erschienen, sich aber in keinem Fall Fragmente vom Objekt lösten, die bei weiteren Drucken mit demselben Harz zu Problemen führen können.

Testet man zwei solche Spitzengeräte parallel, fängt man unwillkürlich an, beide zu vergleichen, obwohl das wie mit den sprichwörtlichen Äpfeln und Birnen ist. Deutlich zeigt sich, dass keiner der beiden Drucker den anderen ersetzen kann. Der SL1 punktet mit ultrafeinen Details, glänzend glatten Oberflächen und unsichtbaren Schichten – es spielt also keine Rolle, wie man die Objekte im Bauraum dreht. Genau das muss man aber erstaunlich oft machen, damit die Werkstücke überhaupt in den doch arg begrenzten Bauraum passen. Der i3 bringt größere, stabilere und aufgrund des Materialpreises günstigere Werkstücke zustande. Damit bestätigt sich wieder die Faustregel: Für Funktionsteile wie Roboterchassis oder Ersatzteile im Haushalt ist FDM-Druck immer noch praktischer, für Dekoration wie Gebäude auf der Modelleisenbahn oder Tabletop-Figuren ist das Harzverfahren das Nonplusultra. Wer beides drucken will, braucht derzeit noch beide Drucker. Tut uns leid! —pek

Alles zum Artikel im Web unter [make-magazin.de/x96f](https://make-magazin.de/x96f)

### 3D-Drucker von Prusa Research

Modell	i3 MK3S	SL1
Technik	FDM, 1,75mm Filament, Düse max. 300°, Heizbett max. 120°	LCD mit UV-LED, Harz empfindlich für Licht mit Wellenlänge 405nm
Bauraum	25cm x 21cm x 21cm	12cm x 6,8cm x 15cm
Gerätegröße	55cm x 40cm x 50cm (ohne Materialsple)	40cm x 23,7cm x 22,5cm
Bedienung und Schnittstellen	Display, SD-Karte, (optional) WLAN	LCD-Touchscreen, USB-Stick, WLAN, Ethernet
Preis Kit	769 €	1399 €
Preis Fertigergerät	999 €	1699 €

## Portenta H7

### Grafikfähiges Arduino-Board für KI



Bild: Arduino.cc

Auf dem neuesten, ab Ende März lieferbaren 68mm x 25mm großen Arduino-Board (MKR-Formfaktor) steckt eine Menge Hardware. Am auffälligsten ist der Prozessor – richtig: Prozessor und nicht Mikrocontroller. Es handelt sich um einen zweikernigen STM32H747, dessen M7- und M4-Kerne mit 480MHz beziehungsweise 240MHz und mit 8 bis 64 MByte SDRAM arbeiten sollen. Dafür braucht dieses Board nun auch ein Betriebssystem namens ARM Mbed OS, das in der Lage sein soll, neben MicroPython- und JavaScript-Anwendungen auch Arduino-Sketches laufen zu lassen. Außerdem wird TensorFlow Lite unterstützt: Arduino soll damit nun KI-fähig werden.

Weitere Highlights sind die Display- und Kamera-Anschlüsse sowie eine enorme Anzahl an IO-Ports, die nun an zwei je 80poligen High-Density-Konnektoren auf der Unterseite der Platine liegen. Dort sollen unter anderem 100MBit-Ethernet, vier UARTs, drei AD-Wandler (16bit) und 2 DA-Wandler (bis 1MHz) anliegen. Über den USB-Port erfolgt der Display-Anschluss, die Spannungsversorgung und Datentransfer als Host oder Device.

Neben WLAN (802.11b/g/n) und Bluetooth (5.1) stecken auf der Karte auch noch ein Battery Charger für 3,7V-LiPo-Zellen. Der Stromverbrauch soll sich im Standby-Modus bis auf 2,95 µA senken lassen.

Die technische Dokumentation inklusive der Port-Belegung finden Sie online (siehe Link). —hgb

► [make-magazin.de/xerg](https://make-magazin.de/xerg)

<b>Hersteller</b>	Arduino
<b>URL</b>	Arduino.cc
<b>Preis</b>	89,90 €

## ZeroBOY

### Spiele-Emulator im Gameboy-Gehäuse

Was passiert, wenn man einen Raspberry Pi Zero, die Software RetroPie und ein Gameboy-Gehäuse kombiniert? Ein ZeroBOY – eine portable Spielekonsole, auf der nicht nur alte Gameboy-Spiele laufen, sondern alle Games diverser Hersteller, die man emulieren kann: Atari, Commodore, Nintendo, Sega, Sony und alte Arcade-Spiele. ZeroBOY entstand als Projekt einer Facebook-Gruppe, die mittlerweile komplette Teilesätze zum Nachbau in einem eigenen Shop anbietet.

Das Komplett-Kit enthält eine Steuerungsplatine, das Gehäuse, Akku, Tasten, ein Steuerungskreuz, ein Display und diverse 3D-gedruckte Teile, die bei der Montage helfen. Ein Raspberry Pi gehört nicht zum Lieferumfang. Im Test benutzten wir statt eines Pi Zero einen Pi 3A+, der mit der aktuellsten Version des ZeroBOY jedoch kompatibel ist. Er wird mit der Steuerungsplatine verlötet, die unter anderem das Display ansteuert, die Tastendrücke kontrolliert, einen Lautsprecher steuert und den LiPo-Akku lädt.

Um das Display, zusätzliche Tasten und den LiPo-Akku im Gehäuse unterzubringen,

muss man selbigem mit Dremel, Stufenbohrer, Seitenschneider und Feile auf die Pelle rücken. Die Online-Anleitung dafür ist an vielen Stellen leider lückenhaft und man muss sich einiges selbst zusammenreimen.

Mit ein wenig Geschick sollte der ZeroBoy aber an einem Sonntagnachmittag zusammengebaut sein. Dann hat man eine faszinierende Daddelkischde für unterwegs. —dab

Der ZeroBOY wurde uns vom Hersteller für den Test zur Verfügung gestellt.

**Ausprobiert**  
— von Make: —



<b>Hersteller</b>	ZeroBOY
<b>URL</b>	<a href="http://www.zeroboy.eu">www.zeroboy.eu</a>
<b>Preis</b>	bis 31.3. 150 €, danach 224 €

## OnOff SHIM

### Ein-/Ausschalter für Raspberry Pi

Den Raspberry Pi sauber herunterzufahren ist ja noch mit einem Taster am GPIO-Port möglich (siehe Tipp in Make 2/19, Seite 43). Ihm aber danach vollständig den Strom abzudrehen, das ging bislang nur durch Ziehen des Netzteilsteckers, was der auf Dauer übel nimmt.

Diese kleine Platine ändert das: Sie wird entweder mit Hilfe einer noch auf das Modul zu lötenen Kontaktleiste auf den Port des Raspis gesteckt. Laut Hersteller passt dann aber keine andere Erweiterung mehr darauf. Zweite Montagemöglichkeit: Man lötet sie ohne Steckerleiste direkt auf die Pins des Raspberry-Ports, die dadurch nach oben aus dem OnOff SHIM herausragen. So lassen sich dann noch weitere Shields oder auch Kabel auf den Raspberry aufstecken.

Unter dem Betriebssystem Raspbian genügt nach Installation eines Treiberprogramms ein Druck auf den Taster der kleinen Erweiterung und das Betriebssystem fährt ordnungsgemäß herunter. Eventuell



Bild: Pimoroni

in Benutzung befindliche Daten werden dabei gespeichert. Datenverlust ist also ausgeschlossen. Anschließend erst wird die Stromversorgung zum Raspberry vollständig unterbrochen. Zum Einschalten muss der Taster lediglich erneut gedrückt werden, um den Einplatinencomputer wieder mit Strom zu versorgen und ihn das Betriebssystem booten zu lassen. —hgb

<b>Hersteller</b>	Pimoroni
<b>URL</b>	<a href="https://shop.pimoroni.de/products/onoff-shim">https://shop.pimoroni.de/products/onoff-shim</a>
<b>Preis</b>	6,30 €

## Makeblock Halocode

### Drahtloser Einplatinencomputer

Der chinesische Hersteller Makeblock ist bisher vor allem für programmierbare Roboter bekannt. Produkte wie der mBot sind bekannte Größen beim Einstieg ins Programmieren und die Robotik. 2019 hat Makeblock einen Einplatinencomputer auf den Markt gebracht, der speziell für den Bildungsbereich gedacht ist.

Mit 45mm Durchmesser und 10g Gewicht gehört der Halocode zu den kleinen Modellen. Er bringt 12 programmierbare LEDs, einen Bewegungssensor, vier Touch-Sensoren (I/O Pins), einen programmierbaren Taster und ein Mikrofon onboard mit. Ausgestattet mit dem ESP32 kann der Einplatinencomputer sogar mehrere Programme gleichzeitig ausführen. Über USB und die vier Pins kann man weitere Sensoren und Aktoren anschließen.

Der Einplatinenrechner ist außerdem mit WLAN und Bluetooth ausgestattet und kann mit der von Makeblock entwickelten freien Software *mBlock* programmiert werden. Über diese Software stehen auch die Programmierung von Spracherkennung und KI

in Form von Objekterkennung zur Verfügung. Sogar Fernsteuerung des Halocodes ist möglich: Legt man sich einen Account für die mBlock-Software an, kann man die *User Cloud Message*-Funktionen nutzen. Nachrichten, die über diese Funktion verschickt werden, werden von allen Halocodes empfangen, die mit dem eigenen Account verbunden sind.

Auch ohne Internet-Verbindung kann man mit mehreren Halocodes ein LAN aufbauen. Dabei steuert ein Halocode mehrere andere an. Insgesamt bietet der Halocode also sowohl hardware- als auch softwareseitig viele Möglichkeiten. Makeblock stellt zurzeit online einige Anleitungen und Projektvorschläge auf Englisch zur Verfügung. In diesen Projekten findet man zum Beispiel ein Käzchen, bei dem ein Servomotor und zwei LEDs gleichzeitig angesteuert werden. Für seine anderen Produkte stellt der Hersteller auf der „Makeblock Education“-Webseite einiges an Ressourcen zur Verfügung. Für den Halocode gibt es dort bisher nur ein Buch, das allerdings umfangreich ist und

**Ausprobiert**  
— von Make: —



viele Anwendungsmöglichkeiten bietet. Die Anleitungen sollen in der Zukunft auch auf Deutsch verfügbar sein. —esk

*Der Halocode wurde uns vom Hersteller für den Test zur Verfügung gestellt.*

<b>Hersteller</b>	Makeblock
<b>URL</b>	<a href="http://makeblock.com/steam-kits/halocode">makeblock.com/steam-kits/halocode</a>
<b>Preis</b>	41,90 €

## CW 5200

### Kühlaggregat für CO<sub>2</sub>-Lasercutter

CO<sub>2</sub>-Laserröhren arbeiten bei 15 bis 20 Grad am besten. Die schwache Kühlung billiger Lasercutter kann das aber nicht längere Zeit halten. Abhilfe bringt der CW 5200, denn er enthält neben einer Umwälzpumpe (max. 10l/min) und einem 8-Liter-Wassertank auch ein Kompressor-Kühlaggregat.

Nachdem die Wasserschläuche des Lasers über stabile 10mm-Schlauchanschlüsse an der Rückseite des Kühlers angeschlossen sind (Schlauchschellen werden mitgeliefert), muss man nur noch Wasser einfüllen, bis die Wasserstandsanzeige an der Gerätefront im grünen Bereich steht. Das Display an der Frontseite des etwa 30kg schweren Geräts zeigt die Wassertemperatur. Die elektronische Steuerung hat zwei Betriebsarten: In der ersten kühlt es das Wasser entsprechend der mit Tastern neben dem Display eingestellten Temperatur. Zum Kühlen von 25 Grad Zimmertemperatur auf 15 Grad brauchte der CW 5200

etwa 10 Minuten. Anschließend hielt er diesen Wert selbst beim dauerhaften Lasern mit hoher Leistung auf +0,1/-0,5 Grad genau ein (getestet mit einer 40-Watt-Röhre). Nachteil dieser Betriebsart: Es kann zur Kondenswasserbildung an der Röhre und damit zu Kurzschlüssen an deren Hochspannungsanschlüssen kommen. Im Test gab es jedoch bei Wasser-/Raumtemperaturen von 15/24 Grad keine Probleme.

Für hohe Luftfeuchtigkeit eignet sich die zweite Betriebsart, die das Wasser nur bis zu 3 Grad unter die Raumtemperatur kühlt und so Kondenswasser vermeidet. Es sollte aber nicht wärmer als 23 Grad in der Werkstatt sein, um noch im optimalen Temperaturbereich zu bleiben.

Das Gerät überwachte den Wasserdurchfluss und gab bei Blockierung lautstark Alarm. Über eine Anschlussbuchse an der Rückseite (passender Stecker mitgeliefert) kann dies auch einem entsprechend ausgestatteten Lasercutter mitgeteilt werden.

**Ausprobiert**  
— von Make: —



Insgesamt ist der CW 5200 empfehlenswert, wenn Sie mit Ihrem Lasercutter häufig länger arbeiten und dabei eine konstante Schneidleistung brauchen. —hgb

<b>Hersteller</b>	Guangzhou Teyu Electromechanical
<b>URL</b>	<a href="http://teyuchiller.com">teyuchiller.com</a>
<b>Preis</b>	ab 320 €

## 3D-Printer Enclosure

### Faltbares 3D-Druckergehäuse

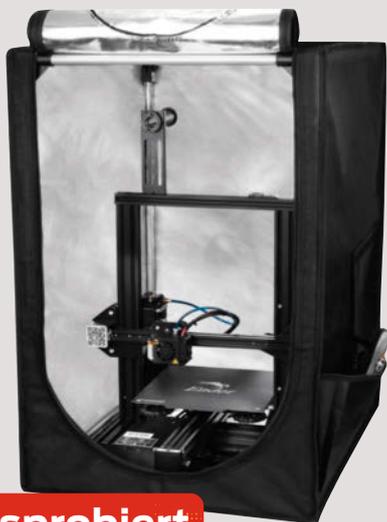


Bild: Crealty3D

**Ausprobiert**  
— von Make: —

Falls Sie mit Ihrem 3D-Drucker ab und zu auf Reisen gehen, etwa zu Messen oder Workshops, dann soll dieses Faltschrank das Gerät beim Druck vor Ort, auch im Freien, vor Feuchtigkeit, Zugluft und Staub schützen. Auseinandergenommen passt der Stoffschrank in einen Rucksack, zusammengesteckt ist er mit einem Gerüst aus Eisenrohren 900mm x 750mm x 700mm groß. Das reicht, um einen Ender 3, 3 Pro und 5plus, CR-10s und CR 10-s plus vom gleichen Hersteller und ähnlich große Geräte darin unterzubringen und damit zu drucken. Verschlossen wird das Druckerfach durch eine Textilklappe mit Fenster und Klettbandern.

Während des Drucks schützt die Faltschachtel das Gerät vor Zugluft und macht so vor allem im Freien und klimatisierten Räumen einen erfolgreichen Druckvorgang erst möglich. Außerdem dämpft es den Schall aus dem Inneren und soll durch eine Aluminium-Beschichtung auch flammhindernd sein. —hgb

<b>Hersteller</b>	Crealty3D
<b>URL</b>	<a href="https://dfrobot.com/product-1922.html">dfrobot.com/product-1922.html</a>
<b>Preis</b>	ab 40 € (zzgl. Versand und Steuern)

## Cubinote

### Post-it-Drucker mit WLAN

Post-its sind nicht nur praktische Erinnerungshelfer, sondern auch Planungshelfer und manchmal sogar Kunstobjekt. Die Webentwickler von heise online kleben ihre Post-its beispielsweise an ihre Whiteboards, um im Rahmen der agilen Entwicklung ihre Sprints zu planen. Und auch der Autor dieser Rezension klebt sich die Zettel auf den Schreibtisch und an die Wand – bislang leider mit seiner kaum leserlichen Handschrift verziert.

Dieses Manko kann der Post-it-Drucker Cubinote ausgleichen: Er schreibt per Thermodrucker schwarze Texte auf farbige Kleberollen (gelb, blau oder rot) und wirft 8cm x 10cm große Zettel aus. Die Daten nimmt der Drucker per WLAN oder Bluetooth entgegen. Die Konfiguration für das heimische WLAN ist etwas aufwendiger als für Bluetooth, im Test funktionierte es nicht auf Anhieb. Prinzipiell kann man den Cubinote aber auch ohne Router direkt per WLAN steuern.

Den Inhalt der Post-its erstellt man wahlweise in der kostenlosen Cubinote-App für Smartphones und Tablets oder auf dem PC unter Windows und Mac. Die App ist leider wesentlich unkomfortabler als das PC-Pro-



**Ausprobiert**  
— von Make: —

gramm und ihr fehlen auch Funktionen zur Textformatierung. Man kann jedoch Bilder importieren und QR-Codes erzeugen. Beim PC-Programm ist zudem eine Screenshot-Funktion dabei, sodass sich Graustufen-Bilder und Text in einem Post-it kombinieren lassen. Die Ausdrücke sind gut zu lesen und kleben dauerhaft. Damit ist der Cubinote eine coole Ergänzung für Werkstatt und Labor. —dab

Der Drucker wurde uns von Cubinote für den Test zur Verfügung gestellt.

<b>Hersteller</b>	Cubinote
<b>URL</b>	<a href="https://eu.cubinote.com/">https://eu.cubinote.com/</a>
<b>Preis</b>	150 €

## Huskylens

### Bilderkennungskamera mit Display

Vom chinesischen Open-Hardware-Hersteller DFRobot gibt es mit der Huskylens eine kleine Kamera, die Algorithmen zur Bilderkennung und ein Display mitbringt. Auf der Platine werkelt ein Kendryte K210 RISC-V-Prozessor mit 400MHz. Um das Arbeiten besonders einfach zu machen, ist auf der Rückseite der 2-Megapixel-Kamera ein Display mit 320 x 240 Pixeln angebracht. Wer eigene Projekte mit Bilderkennung umsetzen möchte, muss die Trainingsdaten zwar immer noch selbst erstellen – mit einem Klick pro Bild soll das aber so einfach wie möglich ablaufen. Sechs verschiedene Algorithmen zur Erkennung und Verfolgung von verschiedenen Objekten, Farben oder Gesichtern sind vorprogrammiert.

In der Praxis funktioniert das mit dem aktuellen Prototyp je nach Modus und Lichtverhältnissen entweder schon erstaunlich gut oder gar nicht. So erkannte die Kamera etwa unsere Monitore recht zuverlässig, konnte sich aber keine Gesichter dauerhaft merken. Auch die Dokumentation zur Anbindung an weitere Bastelhardware wie den Arduino



oder einen Raspi fehlte noch. Mit dem offiziellen Lieferstart im Februar 2020 sollen eine neue, bessere Firmware und die Doku vorliegen. Damit könnte die Kamera eine schöne Ergänzung für Maker-Projekte werden. —hch

Ein Prototyp wurde uns von DFRobot für den Test zur Verfügung gestellt.

<b>Hersteller</b>	DFRobot
<b>URL</b>	<a href="https://dfrobot.com/product-1922.html">dfrobot.com/product-1922.html</a>
<b>Preis</b>	ab 40 € (zzgl. Versand und Steuern)

# Strawbees Crazy Scientist Kit

## Strohalm-Baukasten-Set für freies Experimentieren

Ja, Sie haben richtig gelesen: In Zeiten des EU-weiten Verbots von Einwegplastik stellen wir ein Baukasten-Set vor, dessen Hauptbestandteil Kunststoff-Strohhalme sind. Bevor wir uns mit den Vorzügen und Nachteilen dieses Baukastens auseinandersetzen, sei also gesagt: Die Strohhalme dieses Sets kön-

nen immer wieder verwendet werden und sind vollständig recycelbar.

Make-Family-Lesern sind die Strawbees vielleicht schon bekannt. In Heft 4/19 haben wir ein Projekt des Erfinders dieses Baukasten-Sets, Erik Thorstenson, vorgestellt. Der Gedanke hinter dem System ist, dass es die Umsetzung und Anpassung von Konstruktions-Ideen möglichst leicht machen soll. Zum Crazy-Scientist-Kit gehören 1200 Bauteile – 400 Strohhalme in vier verschiedenen Farben und insgesamt 800 Steckverbinder.

Diese Steckverbinder machen es nicht nur möglich, die Strohhalme miteinander zu verbinden, sie erlauben es auch, mehrere Konstruktionen ineinander zu stecken, sodass Aufbauten mit frei beweglichen Teilen möglich sind. Zusätzlich zu den Baumaterialien gibt es ein Heft mit Anleitungen für 21 Projekte. Die Anleitungen sind sehr kurz und einfach gehalten. Sie bestehen aus Schemazeichnungen und umfassen pro Projekt eine Seite. Für Kinder sind diese Anleitungen zu abstrakt. Außerdem fehlen grund-

legende Angaben wie zum Beispiel die Länge der benötigten Strohhalme.

Alle Sets des Herstellers können um den Quirkbot – einen Strawbees-kompatiblen Mikrocontroller – ergänzt werden. Zusammen mit verschiedenen Motoren, Sensoren, LEDs und einer eigenen Programmieroberfläche kann man die Strawbees-Konstruktionen dann auch digitalisieren. Strawbees bietet auf seiner Online-Learning-Plattform noch weitere Projekte. Insgesamt sind die Sets für Menschen mit vielen eigenen Ideen und Erfahrung im Konstruieren und große Gruppen sehr gut geeignet. Wer hingegen einen Einstieg ins Bauen und Erfinden sucht, erhält hier momentan noch zu wenige Handreichungen. —esk

*Der Kit wurde uns vom Hersteller für den Test zur Verfügung gestellt.*

**Ausprobiert  
— von Make: —**



<b>Hersteller</b>	Strawbees
<b>URL</b>	<a href="http://strawbees.com/product/crazy-scientist-kit/">strawbees.com/product/crazy-scientist-kit/</a>
<b>Preis</b>	69,99 US-\$

## MetaFly

### Ferngesteuerter Mini-Falter

30cm Spannweite, keine 10 Gramm Gewicht, flügelschlagend und ferngesteuert – kann so was fliegen? Wir waren sehr gespannt, als die MetaFly in einem erstaunlich handlichen Karton in unser Büro flatterte. Vor dem ersten Flugversuch muss man allerdings noch die Flügel und Schwanzteile an die vorgesehenen Stellen des offen liegenden Bewegungsapparats am Rumpf stecken. Das dauert zwar nur zehn Minuten, liest sich aber einfacher, als es ist: Eigentlich weiß man gar nicht, wo man die filigrane, an ein Uhrwerk erinnernde Konstruktion überhaupt anfassen darf und mit welcher Kraft. Die Schwanzflosse bekamen wir erst an die vorgesehene Stelle geschoben, nachdem wir unter der Lupe einen winzigen Gussgrat an einem millimeterfeinen Plastikteil weggeschabt hatten ... danach kann man wieder Luft holen.

Der Sender braucht zum Betrieb vier AA-Batterien (nicht mitgeliefert). Über einen Steckkontakt an der Oberseite lädt man auch den Bordakku der MetaFly – das

ist in weniger als einer Viertelstunde erledigt. Die maximale Flugzeit gibt der Hersteller mit acht Minuten an, eigene Erfahrungswerte haben wir damit allerdings noch nicht. Wer unterwegs nicht durchs Laden die Senderbatterie leernuckeln will, bekommt derzeit für zehn Euro Aufpreis im Upgrade Kit noch eine Powerbank und einen USB-Adapter für den Bordakku dazu.

Auf Fotos erinnert die MetaFly zwar an einen Schmetterling, in der Luft ist sie allerdings eher wie eine aufgeschreckte Taube unterwegs – das Flattergeräusch ist deutlich hörbar und im 20-Personen-Konferenzraum des Verlags war bei den ersten Flugversuchen immer sehr schnell eine Wand im Weg. Auch wenn der Hersteller seinen Flattermann als zimmertauglich bewirbt, ist das Gerät eher ein Spielzeug für draußen, zumindest bis man sich etwas mit der Steuerung vertraut gemacht hat. Für die horizontale Schwanzflosse gibt es fünf Einstellungen für die Geschwindigkeit – in der flachsten Position soll die MetaFly bis zu



Bild: BionicBird

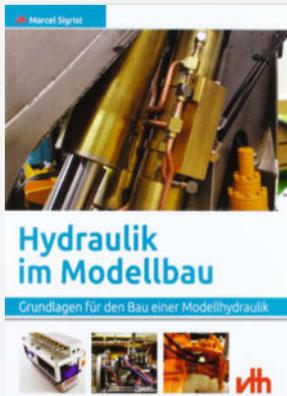
20km/h erreichen. Bei Sturmtief und Pisselwetter müssen wir die intensive Flugerprobung unter freiem Himmel noch etwas verschieben – wir freuen uns aber jetzt schon drauf. —pek

<b>Hersteller</b>	BionicBird
<b>URL</b>	<a href="http://bionibird.com">bionibird.com</a>
<b>Preis</b>	ab 89 €

**Ausprobiert  
— von Make: —**

## Hydraulik im Modellbau

Grundlagen für den Bau einer Modellhydraulik



Lust auf ein wirklich exotisches Thema abseits vom Maker-Mainstream? Selbst Hardcore-Robotertüftler staunen über das, was manche Modellbauer mit hydraulischen Antrieben leisten. Hydraulik-Zylinder eignen sich als kraftvolle Akteure mit äußerst geringem Platzbedarf aber nicht nur für authentische Bagger- und Planieraupenmodelle, sie könnten auch in der Hobby-Robotik ihren festen Platz finden. In der Maker-Szene sind sie allerdings noch weniger verbreitet als Pneumatik-Komponenten.

Doch womit anfangen? Das Buch gibt eine Übersicht käuflicher Teile, von Ausgleichsgefäßen, kompakten Hydraulikpumpen und Ventilen bis hin zu Miniatur-Zylindern. Hydraulik-Ventile werden anschaulich bebildert erklärt, ebenso wie der Fluid-Kreislauf in verschiedenen Konfigurationen. Dann geht es schnell zur Sache: Ein großer Teil des nicht allzu dicken Buches ist dem Thema Selbstbau gewidmet, da die käuflichen Produkte (r)echt teuer sind.

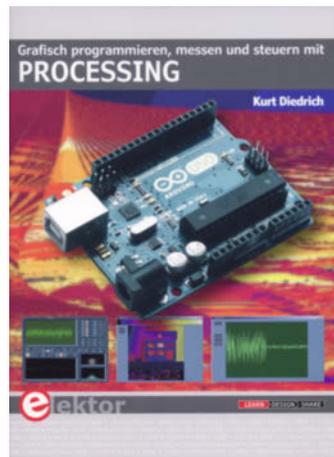
Wer nun nicht mindestens eine präzise Standbohrmaschine, eine Drehbank in Werkzeugmacher-Qualität und möglichst auch eine Fräsmaschine besitzt, kommt nicht allzu weit: Hydraulik verlangt – erst recht in miniaturisierter Form – äußerst enge Toleranzen, die mit einer „Mir egal, ich lass das jetzt so“-Mentalität unvereinbar ist. —cm

**Autor** Marcel Sigrüst  
**Verlag** wth Verlag für Technik und Handwerk  
**Umfang** 113 Seiten  
**ISBN** 978-3-88180-492-1  
**Preis** 24,90 €

## Grafisch programmieren, messen und steuern mit Processing

Processing ist speziell für Programmier-Quereinsteiger konzipiert worden, die schon für ihre ersten Programmzeilen mit schicken Grafiken auf dem Bildschirm belohnt werden sollen. Deshalb sind fast alle Processing-Bücher waschechte Einsteigerkost. Nicht so der vorliegende Band: Dessen Autor möchte erfahrene Programmierer zu Processing bekehren – noch dazu Leute, die sich bereits mit Arduino und Elektronik gut auskennen, denn im Buch werden etwa ein Oszilloskop auf Arduinobasis und ein spannungsgesteuerter Funktionsgenerator gebaut und LEDs über ein Bussystem und Multiplexer angesteuert.

Vorher widmet sich aber praktisch die ganze erste Hälfte des Buches dem Bau von GUIs – und zwar quasi zu Fuß: Da werden Schieberegler und Schaltflächen aus Rechtecken gezeichnet und Bitmap-Elemente ins



Programmfenster kopiert. Das ist verblüffend, denn für Processing gibt es bereits einschlägige GUI-Baukästen wie die Bibliothek *controlP5*, die solche Elemente von der Stange liefern.

Offen gesagt: Wir haben wenig Phantasie, wer von diesem Buch wirklich profitieren kann – die Mischung, was ausführlich erklärt und was vorausgesetzt wird, ist doch recht speziell. Gemessen am hohen Preis ist

besonders ärgerlich, dass das Buch in Schwarzweiß gedruckt wurde, obwohl bei vielen gezeigten Anwendungen unterschiedliche Farben verschiedene Parameter kodieren sollen. —pek

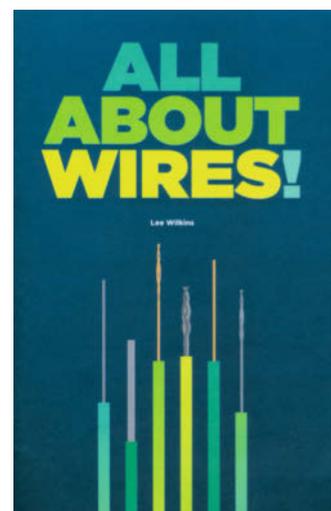
**Autor** Kurt Diedrich  
**Verlag** Elektor  
**Umfang** 296 Seiten  
**ISBN** 978-3-89576-343-4  
**Preis** 34,80 €

## All About Wires

Zine mit kleiner Kabel-Kunde

„Ständig fühle ich mich, als gäbe es in der Elektronik grundlegendes Geheimwissen, das alle kennen – nur ich nicht“, dachte sich Lee „Cyborg“ Wilkins beim Löten frustriert. Und sie schloss daraus, dass es nicht nur ihr so geht. Daraufhin hat sie „All About Wires“ geschrieben. In diesem Zine, einem illustrierten Heft, gibt sie ihr gesammeltes Wissen über Kabel mit Fokus auf das Löten weiter. Das Heft bietet auf wenigen Seiten einen knackigen Überblick über die Grundlagen: Aus welchen Materialien können Kabel bestehen und wie wirkt sich die Beschichtung aus? Wie bezeichnet man die unterschiedlichen Kabelführungen? Und wie funktionieren die Isolierungen? Es ist überraschend gut gestaltet und alle Informationen sind mit Illustrationen und Infografiken hinterlegt. Dank der visuellen Aufbereitung setzen sich beim Schmökern direkt mehr Informationen fest, als man merkt.

„All About Wires“ ist ein kurzweiliges Heft, das einen einsteigerfreundlichen Überblick über die unterschiedlichen Eigenschaften



von Kabeln gibt und erklärt, warum das überhaupt wichtig ist. Das Heft ist zwar für Einsteiger, allerdings ist es auf Englisch geschrieben – und damit vermutlich für viele Kinder nicht geeignet. —rehu

**Autor** Lee Wilkins  
**Umfang** 19 Seiten  
**Webseite** leecyb.org  
**Preis** 15,00 US-\$

# Lego-Modelle beleuchten

Belebe deine Lego-Konstruktionen mit Licht und Lichteffekten

Lego ist nicht nur bei Kindern „in“, auch sogenannte Adults Fans of Lego (AFOLs) bauen mit Lego und stellen sich ihre Creator-, Architecture-, Technics- und Themen-Modelle gerne in die Vitrine. Das durchgehend farbig bebilderte Buch von Alexander Ehle zeigt, wie man seine Modelle mit Licht aufmotzt und ihnen damit mehr Atmosphäre verleiht. Häuser bekommen Innenlicht, Fahrzeuge Scheinwerfer und Raumschiffe strahlende Triebwerke und Photonentorpedos.

Das erste Kapitel gibt zwar eine Übersicht, was es bereits an fertigen Lösungen gibt. Im Weiteren widmet sich das Buch aber dem Selbstbau und holt dafür

weit aus. Das beginnt bei Werkzeugen, geht über geeignete Kabel, LEDs und Stromversorgungen bis zur Einführung in Elektronikgrundlagen mit Erklärungen und Dimensionierungsvorschlägen zu konkreten Schaltungen. Auch Modifikationen fertiger Elemente und wie man wo Kabel verlegt, werden ausführlich behandelt.

Man merkt dem Autor die Begeisterung für das Thema an, in dem er knietief drin steckt. Die Texte sind kurzweilig und verständlich – auch für Elektronikneinsteiger – geschrieben, manchmal allerdings im Telegrammstil.

Ab der Mitte des Buches geht es um die eigentliche Ansteuerung des Lichts und wie man Fading-, Flacker- und viele weitere Effekte erzeugt. Dazu zeigt ein Kapitel, wie man die dafür erhältliche PFX Brick programmiert. Acht Beispiele vom Bully bis zur Lok zeigen exemplarisch, wie man das Theoretische praktisch an Modellen umsetzt. Wer seine Lego-Modelle besser in Szene setzen will, liegt bei dem Buch genau richtig. —*dab*



<b>Autor</b>	Alexander Ehle
<b>Verlag</b>	dpunkt.verlag
<b>Umfang</b>	356 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3864906879
<b>Preis</b>	32,90 €, eBook 25,99 €

# Smart Home mit FHEM

Individuelle und flexible Open-Source-Hausautomatisierung

FHEM ist ein Server für die Heimautomatisierung, der dank seiner hohen Flexibilität und Kompatibilität große Verbreitung gefunden hat. Durch dedizierte Softwaremodule ist es möglich, quasi jede Smart-Home-Komponente mit FHEM zu kontrollieren, egal welches Protokoll es von Haus aus mitbringt. Damit lassen sich verschiedene Produkte wie Philips Hue und FS20 unter einem Dach vereinen und zusätzlich noch Selbstbausensoren und Aktoren ankoppeln.

Das vorliegende Buch hilft zwar beim Einstieg in FHEM an sich, man muss aber schon ein ambitionierter Hobbyist sein oder bereits regelmäßig programmieren, um der Terminologie des Buches und dem Inhalt folgen zu können. FHEM ist selbst in der mittlerweile selten genutzten Programmiersprache Perl geschrieben. Sofern man Zisterziensermönch und tägliche Geißelung gewöhnt ist, kann man Gefallen an Perl finden. Alle anderen leiden still weiter und nutzen das Buch bei Syntaxfragen als (durchaus umfassendes) Nachschlagewerk. Inhaltlich hat es nämlich vieles zu bieten.

Die ersten Kapitel zeigen, wie man verschiedene Geräte über Kabel und Funksysteme an FHEM bindet, Gruppen zuordnet sowie mit Events verknüpft. Weiter geht es mit konkreten Beispielen wie bewegungsabhängiger Licht- und zeitabhängiger Rollladensteuer-

ung. Der Autor zeigt zudem, wie man die Webbenutzeroberfläche konfiguriert, Daten von anderen Servern abfragt und nutzt und Datenverläufe visualisiert. Die Integration von Sprachausgabe und Sprachsteuerung runden das Buch ab. Alle Kapitel sind farbig bebildert und sämtliche Konfigurationstexte in fliederfarbenen Kästen abgedruckt. Wer Klicki-Bunti hasst und eher auf Shell und vi steht, findet in dem Buch eine fundierte Einführung in FHEM. —*dab*

<b>Autor</b>	Peter A. Henning
<b>Verlag</b>	Hanser
<b>Umfang</b>	341 Seiten
<b>ISBN</b>	978-3-446-45873-4
<b>Preis</b>	36,99 €, eBook 29,99 €



# Impressum

**Make:** Nächste Ausgabe erscheint am 16. April 2020

## 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

**Leserbriefe und Fragen zum Heft:** info@make-magazin.de

Die E-Mail-Adressen der Redakteure haben die Form xx@make-magazin.de oder 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:** Beetlebum, Grace Dobush, Michael Gaus, Bob Knetzger, Miguel Köhnlein, Christian Koubek und Finn Koubek, Marc Latapie-Séré, Sebastian Müller, Niq Oltman, Uwe Rohne, Clemens Verstappen, Alex Wulff

**Assistenz:** Susanne Cölle (suc), Christopher Tränkmann (cht), Martin Triadan (mat)

**DTP-Produktion:** Nicole Judith Hoehne (Ltg.), Martina Bruns, Martina Fredrich, Jürgen Gonnermann, Birgit Graff, Angela Hilberg, Wolfgang Otto (Korrektorat), Astrid Seifert, Dieter Wahner

**Art Direction:** Martina Bruns (Junior Art Director)

**Layout-Konzept:** Martina Bruns

**Layout:** Nicole Wesche

**Fotografie und Titelbild:** Andreas Wodrich, Melissa Ramson

## 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

**Herausgeber:** Christian Heise, Ansgar Heise

**Geschäftsführer:** Ansgar Heise, Dr. Alfons Schröder

**Verlagsleiter:** Dr. Alfons Schröder

**Stellv. Verlagsleiter:** Daniel Bachfeld

**Anzeigenleitung:** Daniel Rohlfing (-844)  
(verantwortlich für den Anzeigenteil),  
www.heise.de/mediadaten/make

**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 Verlagsgesellschaft  
Meißberg 1  
20086 Hamburg  
Tel.: 040/3019 1800, Fax.: 040/3019 145 1800  
E-Mail: info@verlagsunion.de  
Internet: 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  
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. Honorararbeiten 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, ©Make Community LLC 2019 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

### Was würde ein Mal-Bot für euch zeichnen?



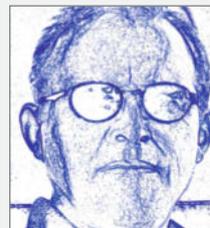
**Christian und Finn Koubek**  
Linz, zeigen uns auf Seite 80, wie man ein E-Bike mit Akkuschauberantrieb baut.

Egal was er zeichnet – wenn es sehr chaotisch aussieht, dann muss es ein Bild der Werkstatt am Ende des Tages sein. Falls es aber sauber aufgeräumt wirkt, dann kann es kein Bild der Werkstatt sein!



**Simona Petrauskaite**  
München, baut auf Seite 52 faszinierende Unendlichkeitsspiegel.

Ein Mandala. Eigentlich eine Mandala-Vorlage, die ich zeichnerisch ergänzen würde: So hätte ich eine Symbiose aus einer technischen Präzision und einer persönlichen Handschrift.



**Wolfgang Autenrieth**  
Krauchenwies, präsentiert auf Seite 88 das Schwabenboard.

Schön wäre ein Bilderahmen im Stil der 1840er-Jahre, der zu meinen eigenen Bildern passt. Derzeit sind Cyanotypien aus der „Steampunkzeit“ – eine Technik aus den Kinderschuhen der Fotografie – meine Passion.



**Jens Ahlers**  
Hannover, ist unser neuer Sales Manager – und größter Musikfreund.

Der Roboter würde garantiert eine Musikbühne für mich zeichnen, auf der dann verschiedene Künstler auftreten und ihre Songs spielen. Live-Musik ist meine große Liebe.

## Inserentenverzeichnis

ALLNET Computersysteme GmbH, Germering ..... 19  
BERNHARD Kunststoffverarbeitungen GmbH 3dk.berlin, Berlin ..... 23  
dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg ..... 59

Mouser Electronics Inc., München ..... 27  
Reichelt Elektronik GmbH & Co., Sande ..... 15  
Make:markt ..... 47

# Wissen schützt

4. Juni 2020, **Salzburg** • 9. Juni, **Köln** • 16. Juni, **Berlin** • 18. Juni, **Hannover** • 23. Juni, **Stuttgart**

Bis zum 15.2. **Wildcard** sichern und **20%** sparen!

*Was tun, wenn's brennt – richtige Vorbereitung ist mehr als die halbe Miete*

## Auszug aus dem Programm

- *IT-Security im Überblick – damit haben wir es akut zu tun, das kommt auf uns zu*  
(Jürgen Schmidt, heise Security)
- *IT-Sicherheitsgesetz 2.0 – was bedeutet die kommende gesetzliche Regulierung für die Praxis*  
(n.n.)
- *Notfall-Planung – so bereiten Sie sich und Ihre Kollegen richtig vor, auch ohne eigenes CERT*  
(n.n.)
- *Forensik und Incident Response: Möglichkeiten und Grenzen der Spurensuche*  
(n.n.)
- *Der Datenschutz-Notfall: Pflichten gemäß DSGVO und Tipps, um Bußgelder und Bloßstellung zu vermeiden*  
(Jörg Heidrich, Justitiar Heise Medien)
- *Monitoring und Einbruchserkennung – ein Überblick zu Markt & Techniken*  
(n.n.)

*Richtig Vorbeugen – Sinnvoll Eingreifen – Aus Erfahrung lernen*

# Im nächsten Heft

Die Make-Ausgabe 2/20 erscheint am 16. April 2020



Bild: shutterstock.com/Ralf Liebhold

## Lautsprecherboxen bauen

Aus dem selbstgebauten Boxenpaar klingt Musik gleich doppelt gut. Wir geben Ihnen Tipps zur Material- und Chassis-Auswahl und zeigen, wie der Bau in der Praxis gelingt – damit maßgeschneiderte Klangerzeuger an die Stelle der hässlichen Satelliten-Brüllwürfel von der Stange treten können.

Wir behalten uns Änderungen des Inhalts der kommenden Make-Ausgabe vor. Was auf dieser Seite steht, zeigt den aktuellen Planungsstand, mehr als zwei Monate vor Druckschluss der kommenden Ausgabe. Wenn uns bis dahin ein Thema spannender und dringender erscheint, werfen wir unsere Pläne schon mal um – auch wenn wir nicht vorhaben, das häufiger zu tun.



## ESP32-Teleskop

Zugegeben: Die ESP32-Cam von Seite 28 hat uns nachhaltig fasziniert. Deshalb bauen wir aus dem 5-Euro-Modul und einem ausgemusterten Teleobjektiv aus der Ära der Analogfotografie ein WLAN-Teleskop.

## Sicher bewässern

Na, wer gießt bei Ihnen die Pflanzen im Urlaub? Die nette, aber vielleicht neugierige Nachbarschaft oder doch der diskrete Kollege Arduino? Der befeuchtet, heizt und beleuchtet die Wohnungs-Flora optimal. Und gewisse Kniffe des Luxus-Bewässerungsautomaten verhindern die ungewollte Flutung der Wohnung. Wir zeigen, wie das geht.



Bild: shutterstock.com/Shannon West

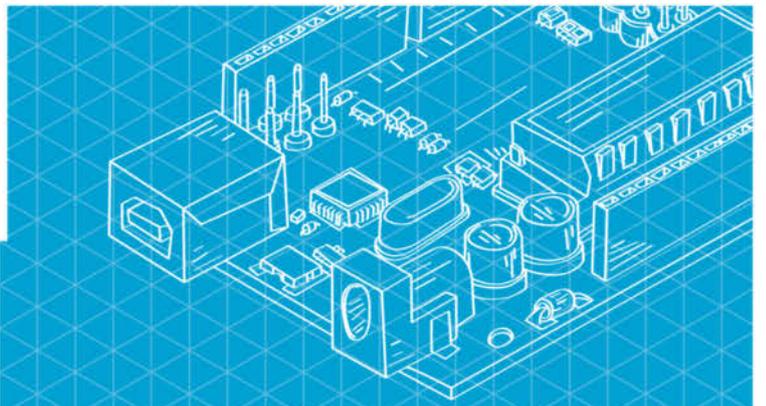
## Gesucht: Jahrmarktmaschinen

Ob Greifautomat mit Arduino-Steuerung, IoT-Boxsack, Schießbude mit Laser oder Infrarot oder ein elektronischer *Hau den Lukas* – wir suchen selbstgebaute Konstruktionen, die echtes Jahrmarktflair in den Partykeller oder aufs Festival bringen. Wenn Sie so etwas in petto haben, schreiben Sie uns mit einem Bild des Projekts: [mail@make-magazin.de](mailto:mail@make-magazin.de)



Bild: shutterstock.com/FooToo

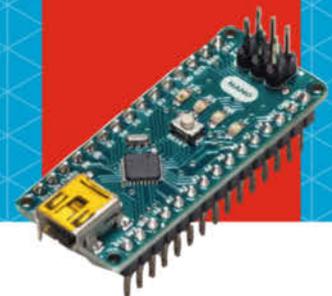
# Make:



## DAS KANNST DU AUCH!



**GRATIS!**



## 2x Make testen und 6 € sparen!

### Ihre Vorteile:

- ✓ **GRATIS dazu:** Arduino Nano
- ✓ **NEU:** Jetzt auch im Browser lesen!
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv\*
- ✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

**Für nur 15,60 Euro statt 21,80 Euro.**

\* Für die Laufzeit des Angebotes.

**Jetzt bestellen:** [make-magazin.de/miniabo](http://make-magazin.de/miniabo)

© Copyright by Maker Media GmbH.

# Messe

# der

# Macher



[maker-faire.de](http://maker-faire.de)

[#makerfaireberlin](https://twitter.com/makerfaireberlin)

Berlin

**Maker  
Faire®**

# 18.–19. April

📍 **Arena Berlin**

**Make:**  
make-magazin.de

**CONRAD**

**FLUX FM**

© Copyright by Maker Media GmbH

**HIMBEER**  
BERLIN MIT KIND